



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETIDAKSEIMBANGAN
PEMBEBANAN TRAFD DISTRIBUSI 3 PHASE MENGGUNAKAN
ARDUINO MEGA 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 :

Rama Alya Rozin Pintaka

NIM. 40040619683044

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

2023

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETIDAKSEIMBANGAN
PEMBEBANAN TRAFODISTRIBUSI 3 PHASE MENGGUNAKAN
ARDUINO MEGA BERBASIS IoT**

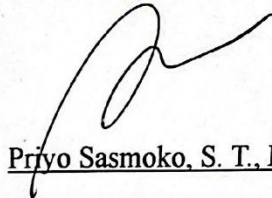
Diajukan Oleh:

Rama Alya Rozin Pintaka

NIM. 40040619683044

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA BAIK OLEH

Dosen Pembimbing,



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

NIP. 197009161998021001

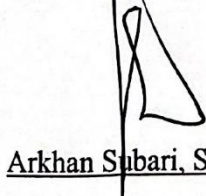
Tanggal : 5 Juli 2023

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



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

NIP. 197710012001121002

Tanggal : 29 Juli 2023

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETIDAKSEIMBANGAN
PEMBEBANAN TRAF0 DISTRIBUSI 3 PHASE MENGGUNAKAN
ARDUINO MEGA BERBASIS IoT**

Diajukan Oleh:

Rama Alya Rozin Pintaka

NIM. 40040619683044

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada:

Hari : Jumat

Tanggal : 14 Juli 2023

Penguji 1

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

NIP. 197710012001121002

Penguji 2

Yuniarto, S. T., M. T.

NIP. 197106151998021001

Penguji 3

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

NIP. 197009161998021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro

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

NIP. 197710012001121002

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Rama Alya Rozin Pintaka

NIM : 40040619683044

Program Studi : Diploma IV Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro – PT PLN (Persero)

Judul Tugas Akhir : **RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETIDAKSEIMBANGAN PEMBEBANAN TRAFODISTRIBUSI 3 PHASE MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA BERBASIS IoT**

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 yang secara tertulis 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, 4 Juli 2023



buat pernyataan,

Rama Alya Rozin Pintaka

NIM. 40040619683044

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan seluruh pihak. Sehingga Tugas Akhir saya persembahkan untuk:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.
2. Keluarga tercinta, Bapak Joko Siswanto dan Ibu Sri Rahayu yang telah memberikan segenap doa, dukungan, dan usaha untuk menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir ini. Juga keluarga besar yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
3. Bapak Arkhan Subari selaku Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah memberi arahan selama perkuliahan.
4. Bapak Priyo Sasmoko selaku dosen pembimbing Kerja Praktik dan Tugas Akhir saya yang telah membimbing dan memberi arahan serta saran selama mengerjakan Tugas Akhir.
5. Para dosen dan karyawan Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang telah membimbing selama perkuliahan.
6. Bapak Adi Dwi Wasono dan Bapak Titoni Danu Prasetyono serta rekan kerja PT PLN (Persero) ULP Banyumas UP3 Purwokerto yang telah membimbing saya selama menjalankan Kerja Praktik.
7. Para sahabat penulis, Trio Gati Putra Pamungkas, Igbalul Krido Amalluddin, Desdurisa Hilmi, Latifah Puji Retnaningsih, Dian Novitasari, Adib Zuhair, Latiefa Achsani, Firman Ardiansyah Kusuma, Alan Pungguh Wicaksono, Hayun Saputri, Mahfudhoh Ulin Nuha, dan Syahdun Nurzaqi. Terima kasih telah menjadi tempat penulis bercerita, berkeluh kesah, serta memberikan semangat selama menyelesaikan masa perkuliahan dan tugas akhir ini.
8. Teman-teman D4 Kerjasama PLN-UNDIP angkatan 2019 yang telah memberi dukungan selama perkuliahan berlangsung.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena atas berkah rahmat karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketidakseimbangan Pembebanan Trafo Distribusi 3 Phase Menggunakan Arduino Mega Berbasis Iot”. Penyusunan Tugas Akhir ini bertujuan untuk salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Program Studi Teknik Listrik Industri.

Dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, penyusun mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

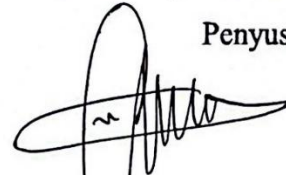
1. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Arkhan Subari, S. T., M. Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
3. Bapak Yuniarto, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
4. Bapak Drs. Eko Ariyanto, M.T., selaku Dosen Wali dari mahasiswa kelas PLN 2019.
5. Bapak Priyo Sasmoko, S. T., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
6. Teman-teman Program D-4 Kerjasama PT PLN (Persero) angkatan tahun 2019 yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama 4 tahun bersama-sama.
7. Seluruh pihak yang telah membantu yang tidak bias penulis sebutkan satu-persatu.

Dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini, penulis tidak luput dari kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik

dan saran yang diberikan pembaca, agar kedepannya laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Semarang, 4 Juli 2023

Penyusun,



Rama Alya Rozin Pintaka

NIM. 40040619683044

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
ABSTRAK.....	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Tugas Akhir.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Tugas Akhir.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	5
2.2.2 Sistem Listrik 3 Fasa.....	7
2.2.3 Transformator.....	9

2.2.4 Prinsip Kerja Transformator.....	10
2.2.5 Jenis Hubungan Belitan Transformator 3 Fasa	11
2.2.6 Persentase Pembebanan Transformator 3 Fasa	13
2.2.7 Daya Listrik.....	14
2.2.8 Karakteristik Beban pada Listrik Bolak-balik (AC)	16
2.2.9 Ketidakseimbangan Beban Transformator	19
2.2.10 Perhitungan Persentase Ketidakseimbangan Beban.....	20
2.2.11 Standar Ketidakseimbangan Beban.....	20
2.2.12 Dampak Ketidakseimbangan Beban	21
2.2.13 Internet of Things.....	21
2.3 Komponen Utama	22
2.3.1 Miniatur Transformator 3 Fasa.....	22
2.3.2 Arduino Mega.....	22
2.3.3 Modul Sensor PZEM-004T	23
2.3.4 <i>Zero Crossing Detector</i>	24
2.3.5 Modul Wemos D1 ESP8266	26
2.3.6 <i>Website</i> ThingSpeak	27
2.3.7 LCD 20x4 with I2C.....	27
2.3.8 Catu Daya.....	28
2.3.9 Modul MP1584	29
2.3.10 Buzzer	29
2.3.11 Lampu Pijar	30
2.3.12 Sakelar.....	30
2.3.13 Kipas Angin.....	31

BAB III RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETIDAKSEIMBANGAN PEMBEBANAN TRAF0 DISTRIBUSI 3 PHASE MENGUNAKAN ARDUINO MEGA BERBASIS IoT	32
3.1 Perencanaan <i>Hardware</i>	32
3.1.1 Perancangan Kerangka.....	32
3.1.2 Diagram Blok.....	32
3.2 Cara Kerja Tiap Blok	34
3.2.1 Rangkaian Catu Daya.....	34
3.2.2 Arduino Mega 2560.....	35
3.2.3 Rangkaian Sensor.....	37
3.2.4 Rangkaian <i>Switch</i> Beban.....	38
3.2.5 Rangkaian Output.....	38
3.3 Perancangan <i>Software</i>	41
3.3.1 <i>Flowchart</i> Mikrokontroler	41
3.3.2 <i>Flowchart</i> Thingspeak	42
3.3.3 Cara Kerja <i>Software</i>	42
BAB IV PEMBUATAN ALAT RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETIDAKSEIMBANGAN PEMBEBANAN TRAF0 DISTRIBUSI 3 PHASE MENGUNAKAN ARDUINO MEGA BERBASIS IoT	44
4.1 Pembuatan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	44
4.1.1 Rangkaian Catu Daya.....	47
4.1.2 Langkah-langkah Pembuatan Rangkaian.....	48
4.1.3 Langkah-langkah Pembuatan Alat	49
4.2 Pembuatan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	51
4.2.1 Pemrograman Arduino Mega 2560 dengan Aplikasi Arduino IDE	51
4.2.2 Pembuatan <i>Project IoT</i> Pada <i>Website Thingspeak</i>	53

BAB V PENGUKURAN DAN PENGUJIAN ALAT.....	58
5.1 Peralatan yang Digunakan.....	58
5.2 Prosedur yang Dilakukan Dalam Pengukuran dan Pengujian Alat.....	58
5.3 Pengukuran Alat.....	58
5.3.1 Rangkaian Catu Daya.....	58
5.3.2 Rangkaian Sensor PZEM-004T	60
5.3.3 Rangkaian LCD I2C.....	61
5.3.4 Rangkaian Buzzer	62
5.4 Pengujian Alat.....	62
5.4.1 Pengujian Sensor PZEM-004T	62
5.4.2 Pengujian Tampilan LCD dan <i>Thingspeak</i>	64
5.5 Percobaan Alat Ketidakseimbangan Beban	64
5.6 Perbandingan Data Arus Netral Pengukuran dan Perhitungan	67
5.7 Hasil Persentase Ketidakseimbangan Beban	70
5.8 <i>Data Logger</i> dan Notifikasi Ketidakseimbangan Beban	73
5.9 Analisis Pembahasan Hasil Pengukuran dan Pengujian	75
BAB VI PENUTUP	79
6.1 Kesimpulan	79
6.2 Saran.....	80
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Representasi Pin Analog dan Digital Input Pada Arduino Mega 2560 Pada Simulasi Ini	36
Tabel 4-1 Daftar Alat Yang Dibutuhkan.....	45
Tabel 4- 2 Daftar Bahan Yang Dibutuhkan	46
Tabel 5- 1 Pengukuran Rangkaian Catu Daya	59
Tabel 5- 2 Hasil Pengukuran Input Tegangan dan L-N Beban pada Sensor	60
Tabel 5- 3 Hasil pengukuran Rangkaian LCD	61
Tabel 5- 4 Hasil Pengukuran Tegangan <i>Input</i> Buzzer.....	62
Tabel 5- 5 Pengujian Sensor PZEM-004T	63
Tabel 5- 6 Pengujian Tampilan LCD dan Thingspeak	64
Tabel 5- 7 Hasil Percobaan Ketidakseimbangan Beban	65
Tabel 5- 8 Hasil Perbandingan Arus Netral Pengukuran dan Perhitungan	68
Tabel 5- 9 Hasil Persentase Ketidakseimbangan Beban	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Hubungan Koneksi Bintang	8
Gambar 2. 2. Hubungan Koneksi Delta	9
Gambar 2. 3. Konfigurasi Transformator	10
Gambar 2. 4. Transformator 3 Fasa Hubungan Belitan Bintang-Bintang (Y-Y) ...	11
Gambar 2. 5. Transformator 3 fasa hubungan belitan delta-delta (Δ - Δ)	12
Gambar 2. 6. Transformator 3 fasa hubungan belitan star-delta (Y - Δ)	12
Gambar 2. 7. Transformator 3 fasa hubungan belitan delta-Star (Δ - Y)	13
Gambar 2. 8. Transformator 3 fasa hubungan belitan zig-zag (Z - Z)	13
Gambar 2. 9. Segitiga Daya	16
Gambar 2. 10. Gelombang Sinusoidal Beban Resistif	17
Gambar 2. 11. Gelombang Sinusoidal Beban Induktif	18
Gambar 2. 12. Gelombang Sinusoidal Beban Kapasitif	18
Gambar 2. 13. Vektor Diagram Arus Seimbang	19
Gambar 2. 14. Vektor Diagram Arus Tidak Seimbang	19
Gambar 2. 15. Trafo 3 Fasa	22
Gambar 2. 16. Papan Arduino Mega 2560	23
Gambar 2. 17. Modul Sensor PZEM-004T	23
Gambar 2. 18. Rangkaian <i>Zero Crossing Detector</i>	24
Gambar 2. 19. Proses Deteksi Persimpangan Nol	25
Gambar 2. 20. Gelombang Output <i>Zero Crossing Detector</i>	25
Gambar 2. 21. Modul Wemos D1 ESP8266	26
Gambar 2. 22. Arsitektur <i>Website ThingSpeak</i>	27
Gambar 2. 23. LCD 20x4 with I2C	27
Gambar 2. 24. Diagram Blok Catu Daya	28
Gambar 2. 25. MP1584	29
Gambar 2. 26. Buzzer	29
Gambar 2. 27. Beban Lampu	30
Gambar 2. 28. Sakelar DPST	30
Gambar 2. 29 Beban Induktif	31

Gambar 3. 1. Perencanaan <i>Box</i> Modul Simulasi.....	32
Gambar 3. 2. Diagram Blok Alat	33
Gambar 3. 3. <i>Schematic</i> Catu Daya 5 VDC	34
Gambar 3. 4. <i>Schematic</i> Arduino Mega 2560 Dengan Komponen Lain.....	36
Gambar 3. 5. Rangkaian Sensor PZEM-004T dengan Arduino.....	37
Gambar 3. 6. Rangkaian <i>Switch</i> Beban.....	38
Gambar 3. 7. Rangkaian Buzzer	39
Gambar 3. 8. Rangkaian LCD.....	39
Gambar 3. 9. Rangkaian ESP-8266 Wemos D1 Mini	40
Gambar 3. 10. <i>Flowchart</i> Mikrokontroler.....	41
Gambar 3. 11 <i>Flowchart</i> Thingspeak.....	42
Gambar 4. 1. Tampilan Tempat Simulasi Tampak Atas	44
Gambar 4. 2. Tampilan Tempat Simulasi Tampak Samping Kanan.....	45
Gambar 4. 3. <i>Schematic</i> Rangkaian Catu Daya	47
Gambar 4. 4. <i>Board</i> Rangkaian Catu Daya.....	48
Gambar 4. 5. Pembuatan Jalur Rangkaian Pada <i>Board</i> PCB.....	48
Gambar 4. 7. Melubangi <i>Box</i> Akrilik.....	49
Gambar 4. 8. Merangkai Komponen.....	50
Gambar 4. 9. Menghubungkan Komponen dengan Penghantar	50
Gambar 4. 10. Aplikasi Arduino IDE.....	51
Gambar 4. 11. Memilih <i>Board</i> Arduino	51
Gambar 4. 12. Memilih <i>Port</i> USB.....	52
Gambar 4. 13. Pembuatan <i>Script</i> Program.....	52
Gambar 4. 14. <i>Done Compiling</i> dan <i>Done Uploading</i>	53
Gambar 4. 15. Pembuatan Akun <i>Thingspeak</i>	54
Gambar 4. 16. Halaman Verifikasi <i>Email</i>	54
Gambar 4. 17. Tautan Verifikasi <i>Email</i>	55
Gambar 4. 18. Mengisi Identitas <i>Channel</i>	55
Gambar 4. 19. Tampilan Pada <i>Channel</i>	56
Gambar 4. 20. <i>API Keys Account</i>	56
Gambar 4. 21. <i>Script</i> Menghubungkan Arduino ke Wifi	57

Gambar 4. 22. <i>Script</i> Menghubungkan Arduino ke Thingspeak.....	57
Gambar 5. 1. Hasil Percobaan LCD (1)	61
Gambar 5. 2. Hasil Percobaan LCD (2)	62
Gambar 5. 3. Tampilan Pencatatan Data	74
Gambar 5. 4. Tampilan Pengaturan Pemberitahuan.....	74
Gambar 5. 5. <i>Data Trigger</i> Pada Saat <i>Unbalanced</i> >25 %.....	75
Gambar 5. 6. Notifikasi Ketidakseimbangan Beban >25%	75
Gambar 5. 7. Vektor Keadaan Seimbang Kondisi ke-13	76
Gambar 5. 8. Vektor Keadaan Tidak Seimbang Kondisi ke-12	76
Gambar 5. 9. Vektor Kondisi ke-16 Sudut Sama Besar 120°	77
Gambar 5. 10. Vektor Kondisi ke-17 Sudut Tidak Sama Besar	77
Gambar 5. 11. Hubungan Persentase Ketidakseimbangan Beban dengan Arus Netral	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rangkaian Alat Keseluruhan	85
Lampiran 2. <i>Script</i> Pemrograman Arduino Mega 2560	86
Lampiran 3. <i>Script</i> Pemrograman ESP-8266 Wemos D1 Mini.....	93
Lampiran 4. <i>Datasheet</i> Arduino Mega 2560.....	102
Lampiran 5. <i>Datasheet</i> Sensor PZEM-004T.....	119
Lampiran 6. Bukti Fisik Laporan Tugas Akhir	126
Lampiran 7. <i>Log Book</i> Bimbingan Tugas Akhir	128

ABSTRAK

Trafo distribusi merupakan suatu komponen yang digunakan untuk penyaluran listrik dari gardu distribusi ke konsumen atau pelanggan. Sistem menggunakan jaringan tegangan rendah dengan transformator distribusi yang memiliki sisi sekunder belitan hubungan Bintang atau "Wye" sehingga arus pada setiap fasa (R, S, dan T) memiliki nilai yang sama serta arus pada netral bernilai nol dalam teorinya. Tetapi pada kenyataannya di lapangan, arus pada tiap-tiap fasa tidak memiliki nilai yang sama dan nilai arus netral tidak bernilai nol yang dapat mengakibatkan rugi-rugi, hal ini dikarenakan adanya pembagian pembebanan setiap fasa yang tidak rata pada saat trafo dioperasikan serta waktu penyalaan beban konsumen yang tidak sama. Kebutuhan daya yang terus meningkat perlu diikuti dengan penyaluran energi listrik yang andal dan aman maka loses-loses yang terjadi pada trafo harus dikurangi. Maka dari itu, diperlukan peralatan yang dapat memantau arus dan tegangan setiap fasa serta persentase ketidakseimbangan beban transformator distribusi yang dapat memberikan informasi kepada pengguna (operator) melalui IoT, sehingga dapat dilakukan pemantauan kapanpun dan dimanapun oleh operator serta dapat melakukan tindak lanjut jika terdapat pembebanan yang tidak merata. Parameter yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu monitoring arus dan tegangan serta ketidakseimbangan beban yang dapat diakses secara *online*. Berdasarkan situasi tersebut maka dibuatlah sistem monitoring ketidakseimbangan beban. Sistem dibuat menggunakan modul Wifi ESP-8266 Wemos D1 Mini sebagai sarana mengirimkan data pembacaan oleh sensor dan peringatan ke *website Thingspeak* saat terjadi ketidakseimbangan beban diluar aturan yang berlaku ($>25\%$ SPLN 12:1978). Data informasi tersebut diperoleh dari pembacaan sensor PZEM-004T (dengan persentase kesalahan 0,02-0,05%), kemudian diproses oleh Arduino Mega 2560. Saat terjadi ketidakseimbangan beban, mikrokontroler akan memerintahkan buzzer untuk bunyi dan mengirimkan peringatan ke *Twitter* melalui *website Thingspeak*. Dalam tugas akhir ini, pengendalian beban dilakukan secara manual dengan mensimulasikan pembebanan pada setiap fasa sehingga muncul arus netral.

Kata kunci : Arduino Mega 2560, Susut, Arus, Arus Netral, Ketidakseimbangan Beban, Transformator, Sensor PZEM-004T, ESP-8266 Wemos D1 Mini, Thingspeak, Beban Induktif

ABSTRACT

Distribution transformer is a component that is used to distribute electricity from distribution substations to consumers or customers. The system uses a low-voltage network with a distribution transformer that has a secondary winding with a star or “Wye” connection so that the current in each phase (R, S, and T) has the same value and the current in neutral is zero in theory. But in reality in the field, the current in each phase does not have the same value and the neutral current value is not zero which can result in losses, this is due to the uneven distribution of the loading of each phase when the transformer is operated and when the load is turned on. dissimilar consumers. The ever-increasing power requirements need to be followed by a reliable and safe distribution of electrical energy, so the losses that occur in the transformer must be reduced. Therefore, equipment is needed that can monitor the current and voltage of each phase as well as the percentage of distribution transformer load imbalance that can provide information to users (operators) via IoT, so that operators can monitor anytime and anywhere and can follow up if there is an unexpected load. equally. The parameters used in this final project are current and voltage monitoring and load imbalance which can be accessed online. Based on this situation, a load imbalance monitoring system was created. The system is made using the ESP-8266 Wemos D1 Mini Wifi module as a means of sending reading data by sensors and warnings to the Thingspeak website when there is a load imbalance outside the applicable regulations (> 25% SPLN 12:1978). The information data is obtained from the reading of the PZEM-004T sensor (with an error 0.02-0.05%), then processed by the Arduino Mega 2560. When a load imbalance occurs, the microcontroller will order the buzzer to sound and send a warning to Twitter via the Thingspeak website. In this final project, load control is done manually by simulating the loading on each phase so that a neutral current appears.

Keywords : Arduino Mega 2560, Losses, Current, Neutral Current, Load Unbalanced, Transformer, PZEM-004T Sensor, ESP-8266 Wemos D1 Mini, Thingspeak, Inductive Load.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jaringan distribusi merupakan jaringan yang berhubungan langsung dengan beban atau konsumen yang terdiri dari adanya trafo. Trafo distribusi merupakan suatu komponen yang digunakan untuk penyaluran listrik dari gardu distribusi ke konsumen atau pelanggan. Dalam pendistribusiannya kepada konsumen, sistem menggunakan jaringan tegangan rendah dengan transformator distribusi yang memiliki sisi sekunder belitan hubungan Bintang atau "Wye" sehingga arus pada setiap fasa (R, S, dan T) memiliki nilai yang sama serta arus pada netral bernilai nol dalam teorinya.

Akan tetapi pada kenyataannya di lapangan, arus pada tiap-tiap fasa tidak memiliki nilai yang sama dan nilai arus netral tidak bernilai nol, hal ini dikarenakan adanya pembagian pembebanan setiap fasa yang tidak rata pada saat trafo dioperasikan serta waktu penyalan beban konsumen yang tidak sama.

Pembagian beban (nilai arus) yang tidak merata akan menimbulkan suhu berlebih pada trafo dan akan menurunkan efisiensi kerja trafo distribusi serta mengakibatkan munculnya arus netral, sehingga terjadi rugi-rugi (susut teknis) akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah.

Kebutuhan daya yang terus meningkat perlu diikuti dengan penyaluran energi listrik yang andal dan aman maka loses-loses yang terjadi pada trafo harus dikurangi. Maka dari itu, diperlukan peralatan yang dapat memantau arus dan tegangan setiap fasa serta persentase ketidakseimbangan beban transformator distribusi yang dapat memberikan informasi kepada pengguna (operator) melalui IoT, sehingga dapat dilakukan pemantauan kapanpun dan dimanapun oleh operator serta dapat melakukan tindak lanjut jika terdapat pembebanan yang tidak merata. Sehingga dibuatlah Tugas Akhir yang mengambil objek tersebut yang kemudian membuat suatu prototype alat dengan judul **"RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETIDAKSEIMBANGAN PEMBEBANAN TRAFO**

DISTRIBUSI 3 PHASE MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA BERBASIS IOT”.

Alat ini bekerja dengan mendeteksi arus dan tegangan, kemudian akan muncul ketidakseimbangan beban transformator yang telah diolah oleh program. Penelitian ini berupa *prototype* yang diuji pada 1 unit transformator 3 fasa 750 watt yang dihubungkan dengan beban.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang penyusun kemukakan pada tugas akhir ini yaitu,

1. Merancang sistem transformator distribusi, sensor arus, sensor tegangan, Arduino Mega dan ESP8266 Wemos D1 Mini serta sistem perancangan *software* pada mikrokontroler Arduino Mega.
2. Menampilkan data parameter kedalam Thingspeak.
3. Ketidakseimbangan pembebanan pada trafo 3 fasa.
4. Pengaruh nilai arus pada tiap fasa terhadap ketidakseimbangan pembebanan trafo 3 fasa.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui cara merancang dan membuat *prototype* sistem monitoring ketidakseimbangan beban transformator 3 fasa dengan website Thingspeak berbasis Arduino Mega.
2. Memberikan informasi pengukuran arus dan tegangan trafo setiap penghantar pada sistem tiga fasa serta persentase ketidakseimbangan beban melalui *Internet of Things*.
3. Dapat menganalisis data hasil pengukuran ketidakseimbangan beban
4. Memudahkan petugas operator untuk memantau beban transformator distribusi dimanapun dan kapanpun.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Bagi Penulis

- a. Menerapkan ilmu dan teori yang didapatkan selama bangku perkuliahan.
 - b. Agar dapat memahami prinsip kerja Monitoring Ketidakseimbangan Pembebanan Trafo Distribusi 3 Phase Menggunakan Arduino Mega Berbasis IoT
2. Bagi Pembaca
- Dapat menjadi referensi bacaan untuk mahasiswa Teknik Elektro yang sedang menyusun Tugas Akhir dengan pokok permasalahan yang sama.

1.5 Batasan Masalah

1. Mengukur arus penghantar R, S, T , dan N serta tegangan fasa-netral tiap penghantar serta menghitung persentase ketidakseimbangan beban.
2. Pengukuran dilakukan pada sisi sekunder trafo.
3. Penyeimbangan beban dilakukan secara manual.
4. Menggunakan beban resistif dan induktif berupa lampu pijar serta kipas angin sebagai simulasi.
5. Prinsip kerja sensor PZEM-004T dalam membaca arus dan tegangan.
6. Menampilkan arus, tegangan, dan ketidakseimbangan beban .
7. Monitoring menggunakan LCD dan *IoT (Website Thingspeak)*.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Sistematika dari Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

ABSTRAK

ABSTRACT

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang hal-hal yang melatarbelakangi pembuatan Tugas Akhir, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan Tugas Akhir, manfaat Tugas Akhir, dan sistematika penyusunan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang teori mengenai elemen-elemen yang terkait dalam pembuatan alat, diantaranya sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia, transformator distribusi, dan ketidakseimbangan beban.

BAB III RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETIDAKSEIMBANGAN PEMBEBANAN TRAFO DISTRIBUSI 3 PHASE MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA BERBASIS IoT

Bab ini berisi tentang perancangan dan identifikasi cara kerja alat sebagai monitoring ketidakseimbangan beban yang disertai dengan diagram blok dan flowchartnya.

BAB IV PEMBUATAN ALAT RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KETIDAKSEIMBANGAN PEMBEBANAN TRAFO DISTRIBUSI 3 PHASE MENGGUNAKAN ARDUINO MEGA BERBASIS IoT

Bab ini berisi tentang penjelasan dan pembahasan pembuatan alat mulai dari rangkaian simulasi berupa *hardware* maupun *software* serta keseluruhan alat sehingga dapat bekerja dengan semestinya.

BAB V PENGUKURAN DAN PENGUJIAN ALAT

Bab ini berisi tentang pengukuran pada rangkaian, kemudian dilakukan pengujian alat secara menyeluruh.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil kerja alat serta buku laporan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN