

Politeknik Caltex Riau

LAPORAN PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA
HUBUNG *STAR-DELTA* OTOMATIS BERBASIS *OUTSEAL CONTROLLER***

Jois Mardian

NIM. 2220305012

Pembimbing

Syahrizal, S.T., M.T.

PROGRAM STUDI

TEKNIK LISTRIK

POLITEKNIK CALTEX RIAU

2026

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA HUBUNG *STAR-DELTA* OTOMATIS BERBASIS *OUTSEAL CONTROLLER*

Jois Mardian

NIM. 222030512

Laporan Proyek Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh gelar **S.Tr.T**
di Politeknik Caltex Riau

Pekanbaru, 13 Mei 2026

Disetujui oleh:

Pembimbing 1 : Syahrizal, S.T., M.T.

NIP. 027511

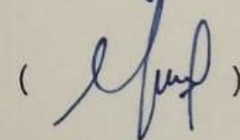
Penguji 1 : Ir. Muzni Sahar, S.S.T., M.Eng. IPM.

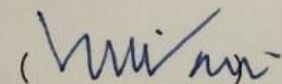
NIP. 068205

Penguji 2 : Dr. Hendri Novia Syamsir, S.T., M.Eng.

NIP. 157001

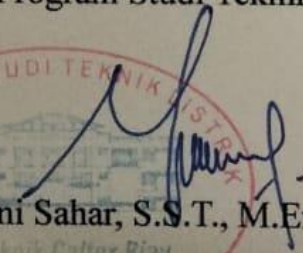
()

()

()

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Listrik


Ir. Muzni Sahar, S.S.T., M.Eng. IPM.
Politeknik Caltex Riau
NIP. 068205

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa penelitian yang berjudul:

RANCANG BANGUN PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA HUBUNG *STAR-DELTA* OTOMATIS BERBASIS *OUTSEAL CONTROLLER*

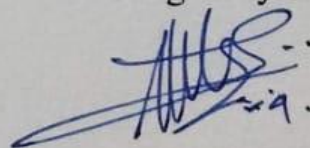
Menggunakan teknologi Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*) dalam penyusunan dokumen ini sebatas pada hal-hal berikut:

1. Pemrograman sistem proteksi motor induksi, termasuk logika bypass arus masuk, proteksi arus berlebih, dan proteksi kegagalan fasa.
2. Sinkronisasi pembacaan sensor multi-fasa menggunakan pustaka PZEM004Tv30 pada pengontrol.
3. Debugging dan pemformatan data keluaran serial untuk pemantauan dan pengumpulan data penelitian.

Penggunaan tersebut **tidak menyangkut substansi utama penelitian**, seperti analisis, penyusunan ide pokok, perumusan konsep ilmiah, atau penentuan hasil penelitian. Seluruh substansi utama dalam dokumen ini merupakan hasil pemikiran dan karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menerima konsekuensi sesuai ketentuan yang berlaku.

Pekanbaru, 13 Mei 2026

Yang menyatakan,



Jois Mardian

NIM. 2220305012

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa penelitian yang berjudul:

RANCANG BANGUN PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA HUBUNG *STAR-DELTA* OTOMATIS BERBASIS *OUTSEAL CONTROLLER*

Adalah benar hasil karya saya, dan tidak mengandung karya ilmiah atau tulisan yang pernah diajukan di suatu Perguruan Tinggi.

Setiap kata yang dituliskan tidak mengandung plagiat, pernah diteliti maupun

**RANCANG BANGUN PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA
HUBUNG *STAR-DELTA* OTOMATIS BERBASIS *OUTSEAL CONTROLLER***

Adalah benar hasil karya saya, dan tidak mengandung karya ilmiah atau tulisan yang pernah diajukan di suatu Perguruan Tinggi.

Setiap kata yang dituliskan tidak mengandung plagiat, pernah ditulis maupun diterbitkan orang lain kecuali secara tertulis diacu dalam dokumen ini dan disebutkan pada daftar pustaka. Saya siap menanggung seluruh akibat apabila terbukti melakukan plagiat.

Pekanbaru, 13 Mei 2026

Yang menyatakan,

Jois Mardian

NIM. 222030512

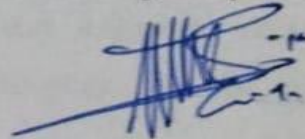
KESEPAKATAN PUBLIKASI

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini saya menyatakan:

1. Memberikan persetujuan kepada Politeknik Caltex Riau untuk menyimpan, mengolah dalam bentuk pangkalan data, merawat, mengalih media/formatkan dan mempublikasikan **Proyek Akhir** ini selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
2. Tidak melakukan alih media/format dan publikasi dalam bentuk makalah ilmiah dari bagian atau keseluruhan **Proyek Akhir** ini ke suatu publikasi ilmiah, pada seminar ataupun jurnal, skala nasional maupun internasional, kecuali ada persetujuan dari saya dan Dosen Pembimbing Utama, dan mencantumkan nama saya, Dosen Pembimbing Utama dan nama-nama lain (jika ada) yang berkontribusi pada makalah.

Pekanbaru, 13 Mei 2026

Yang menyatakan,



Jois Mardian

NIM. 2220305012

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahim, puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini yang berjudul " Rancang Bangun Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Hubung *Star-Delta* Otomatis Berbasis *Outseal Controller* ". Laporan Proyek Akhir ini bertujuan untuk melengkapi tugas akhir penulis dalam menyelesaikan Pendidikan pada jenjang D4 Teknik Listrik Politeknik Caltex Riau.

Dalam penyusunan Proyek Akhir ini banyak sekali pihak yang telah memberikan bantuan, motivasi, dukungan, doa yang sangat luar biasa kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kemudahan, hingga dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir dan penulisan Proyek Akhir ini dapat diselesaikan tepat waktu.
2. Mama, Abang Ikhsan, S.T., Danis dan keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan mendukung setiap langkah penulis dalam menempuh Pendidikan.
3. Bapak Dr. Dadang Syarif Sihabudin Sahid, S.Si., M.Sc. Selaku Direktur Politeknik Caltex Riau.
4. Bapak Ir. Muzni Sahar, S.S.T., M.Eng, IPM. Selaku Kepala Program Studi Teknik Listrik dan juga dosen pembimbing.
5. Bapak Syahrizal, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran selama pelaksanaan Proyek Akhir dan penyelesaian penulisan laporan Proyek Akhir penulis.

6. Bapak Ir. Muzni Sahar, S.S.T., M.Eng, IPM. dan Bapak Dr. Hendri Novia Syamsir, S.T., M. Eng. Selaku dosen penguji proyek akhir penulis dan juga memberi arahan dan masukan penyelesaian proyek akhir ini.
7. Seluruh Dosen dan Staff Laboran Program Studi Teknik Listrik yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis dalam perkuliahan dan penyelesaian proyek akhir.
8. Partner terbaik dan teman hidup saya, Handriani Rosita, S.Kep., yang selalu menemani setiap langkah dan proses perjuangan ini. Terima kasih atas kesabaran, doa, serta dukungan tanpa henti yang telah menjadi kekuatan terbesar bagi saya dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
9. Muhammad Nauval Habibie, Andhika Maharputra, Hadi Yusran, Darel Clovis Vieri, dan Denis Syahputra yang sudah banyak membantu penulis, sehingga bisa menyelesaikan Proyek Akhir dengan tepat waktu.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

ABSTRAK

Motor induksi tiga fasa memiliki batasan arus masuk yang tinggi. Studi ini merancang sistem start Star-delta otomatis berbasis Outseal Controller untuk mengurangi lonjakan arus dan meningkatkan keselamatan melalui sistem proteksi terintegrasi dan pemantauan real-time sensor PZEM-004T. Metode penelitian menggunakan pengujian komparatif pada tiga konfigurasi: Star (Y), Delta (Δ), dan Star-Delta otomatis dengan beban resistor tetap 80 Ω dan variasi lampu 100W dan 200W. Hasil menunjukkan bahwa pada beban 100W, metode Star-delta otomatis berhasil mengurangi arus start menjadi 5,372 A dibandingkan dengan metode Delta yang mencapai 10,421 A, menghasilkan penghematan daya sesaat sebesar 1.839,5 Watt dan penghematan energi sebesar 0,00051097 kWh. Pada beban 200W, sistem ini memberikan efisiensi akselerasi sebesar 20,88% dengan penghematan energi kumulatif mencapai 0,00168185 kWh selama fase awal. Secara keseluruhan, sistem ini berhasil mencapai total penghematan daya sebesar 3.577,3 Watt. Implementasi ini membuktikan bahwa penggunaan Outseal Controller secara efektif meningkatkan efisiensi energi dan menjaga stabilitas sistem kelistrikan melalui fitur perlindungan yang andal.

Kata Kunci : Motor Induksi 3 Fasa, *Star-Delta*, *Outseal Controller*, Arus Starting

ABSTRACT

Three-phase induction motors have high inrush current limitations. This study designs an automatic star-delta starting system based on Outseal Controller to reduce inrush current and improve safety through an integrated protection system and real-time monitoring of the PZEM-004T sensor. The research method uses comparative testing on three configurations: Star (Y), Delta (Δ), and automatic Star-Delta with a fixed resistor load of 80Ω and a variety of 100W and 200W lamps. The results show that at a load of 100W, the automatic star-delta method successfully reduces the starting current to 5.372 A compared to the Delta method which reaches 10.421 A, resulting in an instantaneous power saving of 1,839.5 Watts and an energy saving of 0.00051097 kWh. At a load of 200W, this system provides an acceleration efficiency of 20.88% with a cumulative energy saving of 0.00168185 kWh during the starting phase. Overall, the system achieved a total power savings of 3,577.3 watts. This implementation demonstrates that the Outseal Controller effectively improves energy efficiency and maintains electrical system stability through its reliable protection features.

Keywords: *Inrush Current, Outseal Controller, PZEM-004T, Star Delta, Three Phase Induction Motor*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir ini. Laporan Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan mata kuliah Proyek Akhir di jenjang Pendidikan Diploma IV pada Program Studi Teknik Listrik Politeknik Caltex Riau.

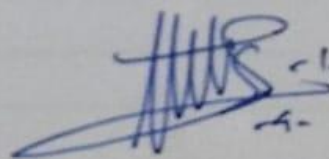
Pada kesempatan ini, Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah sangat banyak memberikan bantuan juga dukungan tiada hingga baik secara langsung ataupun tidak langsung. Ucapan terimakasih ini penulis tujukan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kemudahan, hingga dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir dan penulisan Proyek Akhir ini dapat diselesaikan tepat waktu.
2. Mama, Abang Ikhsan, S.T., Danis dan keluarga tercinta yang selalu mendoakan dan mendukung setiap langkah penulis dalam menempuh Pendidikan.
3. Bapak Dr. Dadang Syarif Sihabudin Sahid, S.Si., M.Sc. Selaku Direktur Politeknik Caltex Riau.
4. Bapak Ir. Muzni Sahar, S.S.T., M.Eng, IPM. Selaku Kepala Program Studi Teknik Listrik dan juga dosen pembimbing.
5. Bapak Syahrizal, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran selama pelaksanaan Proyek Akhir dan penyelesaian penulisan laporan Proyek Akhir penulis.
6. Bapak Ir. Muzni Sahar, S.S.T., M.Eng, IPM. dan Bapak Dr. Hendri Novia Syamsir, S.T., M. Eng. Selaku dosen penguji proyek akhir penulis dan juga memberi arahan dan masukan penyelesaian proyek akhir ini.

7. Seluruh Dosen dan Staff Laboran Program Studi Teknik Listrik yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis dalam perkuliahan dan penyelesaian proyek akhir.
8. Partner terbaik dan teman hidup saya, Handriani Rosita, S.Kep., yang selalu menemani setiap langkah dan proses perjuangan ini. Terima kasih atas kesabaran, doa, serta dukungan tanpa henti yang telah menjadi kekuatan terbesar bagi saya dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
9. Muhammad Nauval Habibie, Andhika Maharputra, Hadi Yusran, Darel Clovis Vieri, dan Denis Syahputra yang sudah banyak membantu penulis, sehingga bisa menyelesaikan Proyek Akhir dengan tepat waktu.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari laporan ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga penulis mohon kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penyusun dan pembaca. Akhir kata penulis ucapkan Terimakasih.

Pekanbaru, 13 Mei 2026



Jois Mardian

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
KESEPAKATAN PUBLIKASI	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR ISTILAH.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan manfaat.....	4
1.4.1 Tujuan.....	4
1.4.2 Manfaat.....	4
1.5 Metodologi Penelitian.....	4
1.6 Metode Pengujian	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
2.2 Landasan Teori.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1 <i>Star delta</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.2 <i>Outseal Controller</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.3 Motor Induksi	Error! Bookmark not defined.
2.2.4 Kontaktor.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.5 Modul Relay	Error! Bookmark not defined.
2.2.6 <i>Power Supply</i>	Error! Bookmark not defined.
2.2.7 Sensor Pzem-004T	Error! Bookmark not defined.
2.2.8 Arduino Mega 2560.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.

3.1 Desain Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2 Variabel Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3 Definisi Operasional	Error! Bookmark not defined.
3.4 Prosedur dan Alur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4.1 Tahap Studi Literatur	Error! Bookmark not defined.
3.4.2 Tahap Perancangan Sistem	Error! Bookmark not defined.
3.4.2.1 Perancangan Software.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.2.2 Perancangan Hardware	Error! Bookmark not defined.
3.5 Perancangan Sistem.....	Error! Bookmark not defined.
3.5.1 Diagram Blok Sistem	Error! Bookmark not defined.
3.5.2 Flowchart.....	Error! Bookmark not defined.
3.6 Analisa Data Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil Perancangan	Error! Bookmark not defined.
4.1.1 Realisasi Perancangan Hardware.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.2 Realisasi Perancangan <i>Software</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2 Pengujian dan Analisa.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Pengujian Alat	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Pengujian Software.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Analisa Data Pengujian.....	Error! Bookmark not defined.
4.4 Spesifikasi Unit Percobaan dan Data Teknis	Error! Bookmark not defined.
4.5 Analisis Grafik Perbandingan Metode Star, Delta, dan Star-Delta.....	Error!
Bookmark not defined.	
4.5.1 Analisis Grafik 1: Pengujian dengan Metode Star Beban 100 Watt ..	Error!
Bookmark not defined.	
4.5.2 Analisis Grafik 2: Pengujian dengan Metode Delta Beban 100 Watt	Error!
Bookmark not defined.	
4.5.3 Analisis Grafik 3: Pengujian dengan Metode Star Delta Beban 100 Watt	
.....	Error! Bookmark not defined.
4.5.4 Analisis Grafik 5: Grafik dan Data Gabungan phasa R Beban 100 Watt	
.....	Error! Bookmark not defined.
4.5.5 Analisis Grafik 4: Pengujian dengan Metode Star Beban 200 Watt ..	Error!
Bookmark not defined.	
4.5.6 Analisis Grafik 5: Pengujian dengan Metode Delta Beban 200 Watt	Error!
Bookmark not defined.	
4.5.7 Analisis Grafik 6: Pengujian dengan Metode Star Delta Beban 200 Watt	
.....	Error! Bookmark not defined.

4.5.8 Analisis Grafik 8: Grafik dan Data Gabungan phasa R Beban 200 Watt	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Outseal Controller</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2 Arsitektur <i>Outseal Controller</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3 Digital Input <i>Outseal Controller</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4 Digital Output <i>Outseal Controller</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5 <i>Outseal Controller</i> Mega V3.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6 <i>Outseal Studio</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.7 simbol instruksi NO	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.8 simbol instruksi NC	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.9 simbol instruksi Output	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.10 simbol instruksi Timer	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.11 simbol instruksi Counter	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.12 Motor Induksi Fasa 380/660 V.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.13 <i>Namplate</i> Motor Induksi tiga fasa 380/660V	Error! Bookmark not defined.
defined.	
Gambar 2.14 Sensor Pzem-004T	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.15 Arduino Mega 2560.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Pengasutan <i>Star-Delta</i> Berbasis <i>Outseal</i>	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 3.2 Flowchart <i>Star delta</i> Otomatis	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.3 Rancangan Desain Elektrikal <i>Star-Delta</i> Berbasis <i>Outseal</i>	34
Gambar 3.4 Perancangan Mekanik	35
Gambar 4.1 Panel Bagian Tampak Depan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.2 Panel Tampak Bagian Dalam	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.3 Ladder Diagram Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Hubung <i>Star-Delta</i> Otomatis Berbasis <i>Outseal Controller</i>	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4.4 Data Pengujian Metode Star dengan beban lampu 100watt dan Load Resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.5 Grafik Pengujian Metode Star dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.6 Grafik Pengujian Metode Star Pada phasa R dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.7 Grafik Pengujian Metode Star Pada Phasa S dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.8 Grafik Pengujian Metode Star Pada Phasa T dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.9 Data Pengujian Metode Delta dengan beban lampu 100 watt dan Load Resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.10 Data Pengujian Metode Delta dengan Arus Belitan pada beban lampu 100watt dan Load Resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.11 Grafik Pengujian Metode Delta Pada Phasa R dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.12 Grafik Pengujian Metode Delta Pada Phasa S dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.13 Grafik Pengujian Metode Delta Pada Phasa S dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.14 Grafik Pengujian Metode Delta Pada Phasa T dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.15 Data Pengujian Metode Star Delta dengan beban lampu 100watt dan Load Resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.16 Grafik Pengujian Metode Star Delta dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.17 Grafik Pengujian Metode Star Delta Pada Phasa R dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.18 Grafik Pengujian Metode Star Delta Pada Phasa S dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.19 Grafik Pengujian Metode Star Delta Pada Phasa T dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.20 Grafik Pengujian Metode Star, Delta, dan Star Delta dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.21 Data Pengujian Metode Star, Delta dan Star Delta Pada Phasa R dengan beban 100 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.22 Data Pengujian Metode Star dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω .
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.23 Grafik Pengujian Metode Star Pada Phasa R dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.24 Grafik Pengujian Metode Star Pada Phasa R dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.25 Grafik Pengujian Metode Star Pada Phasa S dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.26 Grafik Pengujian Metode Star Pada Phasa T dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.27 Data Pengujian Metode Delta dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω .
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.28 Data Pengujian Metode Delta dan Arus Belitan pada beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.29 Grafik Pengujian Metode Delta dan Arus Belitan dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.30 Grafik Pengujian Metode Delta Pada Phasa R dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.31 Grafik Pengujian Metode Delta Pada Phasa S dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.32 Grafik Pengujian Metode Delta Pada Phasa T dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.33 Data Pengujian Metode Star Delta dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.34 Grafik Pengujian Metode Star delta dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.35 Grafik Pengujian Metode Star Delta Pada Phasa R dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.36 Grafik Pengujian Metode Star Delta Pada Phasa S dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.37 Grafik Pengujian Metode Star Delta Pada Phasa T dengan beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 4.38 Grafik Pengujian Metode Star, Delta, dan Star Delta Pada beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**
 Gambar 4.39 Data Pengujian Metode Star, Delta, dan Star Delta Pada beban 200 watt & Load resistor 80 Ω**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu.....**Error! Bookmark not defined.**
 Tabel 2.2 Spesifikasi *Outseal Controller***Error! Bookmark not defined.**
 Tabel 2.3 Notasi Variabel *Outseal Studio***Error! Bookmark not defined.**
 Tabel 4.1 Komponen Bagian Depan Panel Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Hubung *Star-Delta* Otomatis Berbasis *Outseal Controller*.**Error! Bookmark not defined.**
 Tabel 4.2 Komponen Bagian Dalam Panel Pengasutan Motor Induksi 3 Fasa Hubung *Star-Delta* Otomatis Berbasis *Outseal Controller*.**Error! Bookmark not defined.**
 Tabel 4.3 Data Pengamatan Uji Teknis**Error! Bookmark not defined.**
 Tabel 4.4 Fungsi Pengujian Alat**Error! Bookmark not defined.**
 Tabel 4.5 Cara Kerja Alat.....**Error! Bookmark not defined.**
 Tabel 4.6 Fungsi Pengujian *Software***Error! Bookmark not defined.**
 Tabel 4.7 Cara Kerja *Software***Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR ISTILAH

No	Istilah / Singkatan	Keterangan
1	Arduino	Platform elektronik open-source berbasis mikrokontroler yang menjadi basis <i>Outseal Controller</i> .
2	DOL (<i>Direct On Line</i>)	Metode pengasutan motor induksi dengan menghubungkan motor langsung ke tegangan jala-jala.
3	FLA (<i>Full Load Ampere</i>)	Arus beban penuh yang merupakan batas kapasitas arus nominal pada motor.
4	HMI (<i>Human Machine Interface</i>)	Antarmuka visual yang menghubungkan manusia dengan sistem kendali mesin.
5	Inrush Current	Lonjakan arus sesaat yang terjadi ketika motor atau beban listrik pertama kali dinyalakan.
6	Kontaktor	Saklar elektromagnetik yang digunakan untuk memutus dan menghubungkan arus listrik daya besar.
7	Ladder Diagram	Bahasa pemrograman grafis yang digunakan untuk merancang logika kontrol pada PLC.
8	Motor Induksi	Mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak melalui induksi elektromagnetik.
9	NC (<i>Normally Close</i>)	Kontak saklar yang dalam kondisi normal atau tidak berenergi berada pada posisi tertutup.
10	NO (<i>Normally Open</i>)	Kontak saklar yang dalam kondisi normal atau tidak berenergi berada pada posisi terbuka.
11	<i>Outseal Controller</i>	Perangkat PLC lokal berbasis open-source yang kompatibel dengan Arduino.
12	Overcurrent	Kondisi ketika arus listrik yang mengalir melebihi nilai batas aman yang ditentukan.
13	PLC (<i>Programmable Logic Controller</i>)	Komputer digital yang digunakan untuk otomasi proses industri dan kendali mesin.
14	PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	Teknik manipulasi lebar pulsa untuk mengontrol daya pada perangkat elektronik.

15	PZEM-004T	Modul sensor untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi.
16	Relay	Saklar elektrik untuk mengendalikan sirkuit daya besar dengan sinyal daya rendah.
17	RPM (<i>Revolutions Per Minute</i>)	Satuan ukuran untuk menyatakan kecepatan putaran mesin atau motor per menit.
18	Star-Delta	Metode pengasutan motor 3 fasa untuk memperkecil arus start (Star ke Segitiga).
19	VDC (<i>Volt Direct Current</i>)	Satuan tegangan listrik arus searah yang digunakan pada rangkaian kontrol.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan pesatnya perkembangan teknologi saat ini, berbagai jenis teknologi baru banyak bermunculan. (Istiqlalayah, 2017). Kemajuan industri di negara kita mengalami perkembangan yang pesat, baik pada Perindustrian besar maupun perindustrian yang kecil. Seiring perkembangan tersebut, kebutuhan akan peralatan produksi yang tepat sangat penting untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Sebagian besar peralatan industri menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama. Motor induksi adalah motor yang paling banyak digunakan saat ini, karena memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, lebih ringan dan memiliki efisiensi yang tinggi serta mudah dalam pemeliharaannya dibandingkan dengan motor DC (Evalina & Azis, 2018).

Energi listrik adalah kebutuhan penting dalam semua sektor kehidupan manusia di seluruh dunia, mulai dari rumah tangga, bisnis, hingga industri. Energi listrik merupakan komponen penting dalam menggerakkan mesin pabrik. Energi listrik digunakan untuk menggerakkan mesin, termasuk motor induksi. Motor induksi adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan medan magnet dan memiliki *slip* antara medan stator dan medan motor (Rinto dkk., 2016.). Motor induksi adalah salah satu jenis motor arus bolak-balik yang banyak digunakan di industri, bahkan mencapai 30% dari total energi yang digunakan (Yuniarti dkk, 2021.). Motor induksi tiga fasa berdaya tinggi sering ditemui di pabrik. Dibandingkan dengan jenis motor lainnya, motor tiga fasa merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan pada industri besar maupun kecil. Dalam jenis motor induksi tiga fasa terdapat 2 tipe utama, yaitu motor induksi *squirrel cage* dan motor induksi *slip ring* (Addawami & Yhuto Wibisono Putra, 2022).

Perbedaan kapasitas motor induksi dapat memengaruhi arus starting motor. Semakin besar kapasitas motor listrik, semakin besar pula nilai arus startingnya. Selain kapasitas daya motor listrik, nilai arus starting juga dipengaruhi oleh arus

nominal motor. Untuk mengurangi arus starting, metode pengasutan *Star-Delta* digunakan. Saat mulai, motor terhubung dalam konfigurasi star, dan setelah motor berjalan, diubah menjadi konfigurasi delta untuk menjaga arus tetap normal. Dengan arus starting yang lebih rendah, *drop* tegangan dari PLN tidak terlalu signifikan, kualitas listrik menjadi lebih baik, dan motor tidak akan cepat rusak (Alfariki dkk., 2024).

Dalam proses produksi industri, motor induksi berkapasitas besar sering digunakan untuk mendukung berbagai aktivitas. Salah satu istilah penting yang terkait dengan motor induksi adalah pengasutan, yang berasal dari kata 'asut'. Istilah ini merujuk pada arus starting yang ditarik oleh motor saat dinyalakan, yang dapat mencapai 5 hingga 7 kali lipat dari arus nominalnya. Ketika pengasutan dilakukan dengan tegangan penuh, besarnya arus ini dapat menyebabkan penurunan tegangan sesaat yang signifikan. Penurunan tegangan ini berpotensi mengganggu peralatan lain dalam sistem, terutama peralatan yang sensitif terhadap fluktuasi tegangan (Ridlo Pramurti dkk., 2024)

Penggunaan teknologi sebagai alat bantu dalam aktivitas sehari-hari sangat penting untuk mempercepat penyelesaian tugas dan meningkatkan kemajuan Sumber Daya Manusia (SDM). Industri otomasi adalah bentuk kemajuan teknologi yang berkembang pesat. Penerapan inovasi teknologi di industri dapat membawa manfaat dalam meningkatkan produktivitas dan pendapatan industri. Selain itu, pemanfaatan teknologi dapat menghemat waktu pekerjaan dengan produktivitas yang tinggi, yang dikenal dalam dunia industri sebagai kontrol. Pada masa kini (Islahul Fatah dkk., 2024)

Bidang industri memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung kehidupan manusia. Industri sering menggunakan teknologi untuk memenuhi kebutuhan manusia yang semakin meningkat, mulai dari sistem kendali hingga keamanan dan kualitas produk. Dengan menerapkan teknologi yang tepat, individu akan mendapatkan keuntungan dan kemudahan. PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah teknologi sistem kendali yang dapat mengontrol diskrit dan analog. PLC tidak hanya digunakan di industri, tetapi juga sudah banyak digunakan

di berbagai bidang seperti otomotif, fasilitas umum, dan pendidikan melalui kurikulum pembelajaran. (Gea dkk., 2024)

Outseal Controller ialah sebuah merek dan perusahaan teknologi otomasi yang berasal dari Indonesia. Teknologi yang telah dikembangkan oleh *Outseal* meliputi PLC (*Programmable Logic Controller*) dan HMI (*Human Machine Interface*). *Outseal Controller* fokus dalam bidang otomasi dan instrumentasi. *Outseal Controller* dibuat sesuai standar industri dan kompatibilitas dengan Arduino, pemrograman yang digunakan menggunakan visual programming dengan diagram tangga berbahasa Indonesia untuk kemudahan pemahaman. (Amalia dkk., 2021.)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam pembuatan proyek akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang dan cara kerja sistem pengasutan *Star-Delta* menggunakan motor induksi 3 fasa berbasis *Outseal Controller*?
2. Apa keuntungan dan kelemahan dari penggunaan metode pengasutan *Star-Delta* dibandingkan metode *Direct On Line* (DOL)?
3. Berapa arus yang dihasilkan pada saat starting motor induksi 3 fasa dengan menggunakan pengasutan *Star Delta* dan *Direct On Line* (DOL)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perancangan proyek akhir ini adalah :

1. Kontrol *Star-Delta* menggunakan *Outseal Controller*.
2. Pengukuran arus dan tegangan menggunakan sensor PZEM-004T.
3. Sistem proteksi terhadap *overcurrent*, *overvoltage*, *undervoltage*, serta *phase failure* diimplementasikan melalui konfigurasi algoritma pada mikrokontroler Arduino.
4. Sinyal output dari *Outseal Controller* di kirim ke relay modul agar *Outseal Controller* tetap aman dan tidak langsung terhubung ke komponen lainnya.

1.4 Tujuan dan manfaat

Tujuan dan manfaat dari perancangan rangkaian *Star-Delta* berbasis *Outseal Controller* adalah :

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari dibuatnya dari proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui cara kerja dan rangkaian dari *Star-Delta* dengan menggunakan *Outseal Controller*.
2. Mengetahui kelebihan dan kekurangan dari penggunaan metode pengasutan *star delta* dibandingkan dengan *Direct On Line (DOL)*.
3. Mengetahui arus yang dihasilkan pada saat *starting* motor induksi 3 fasa dengan menggunakan pengasutan *Star Delta* dan *Direct On Line (DOL)*

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan didapatkan dari proyek akhir yang di rancang ini adalah :

1. Penggunaan *Outseal Controller* dalam rangkaian *Star-Delta* mampu mengendalikan rangkaian secara otomatis dari proses *switching* antara konfigurasi *Star* dan *delta*. Dengan memiliki kemampuan bekerja secara otomatis, motor dapat beroperasi dengan aman dan efisien serta juga dapat memungkinkan mengurangi kesalahan manusia saat mengubah konfigurasi.
2. Penggunaan *Outseal Controller*, arus awal motor saat dinyalakan dapat diminimalkan. Konfigurasi *star* dapat mengurangi arus yang mengalir ke motor pada saat *star*, yang membantu mencegah kerusakan pada sistem kelistrikan dan komponen motor.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan proyek akhir *Star-Delta* berbasis *Outseal Controller* ini adalah :

1. Studi Literatur

Dilakukan dengan cara membaca dan mempelajari buku-buku jurnal, dan paper penelitian terdahulu yang dapat dijadikan referensi dalam pembuatan proyek akhir ini.

2. Perancangan

Meliputi perancangan komponen yang di gunakan, Pemrograman pada *Outseal Controller* dan juga wiring perancangan dari *Star-Delta* berbasis *Outseal Controller*, serta penganggaran biaya yang dibutuhkan dalam penyelesaian proyek akhir.

3. Pengujian

Tujuan pengujian dalam rancang bangun proyek ini adalah untuk memastikan bahwa alat tersebut dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Pengujian dilakukan untuk mengidentifikasi kemungkinan kegagalan atau kesalahan yang dapat terjadi pada alat tersebut dan menemukan Solusi untuk mengatasinya sebelum alat tersebut diimplementasikan. Dalam pengujian ini nantinya akan diambil data yang dapat di analisa dalam tahap selanjutnya.

4. Analisa dan Hasil Pengujian

Analisis hasil pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa dan kinerja dari alat atau sistem yang di uji. Hasil pengujian digunakan untuk mengidentifikasi kelemahan, kekuatan, dan potensi masalah dari alat atau sistem tersebut, serta memberikan rekomendasi untuk perbaikan.

1.6 Metode Pengujian

Metode pengujian yang dilakukan dalam pembuatan proyek akhir *Star-Delta* berbasis *Outseal Controller* ini adalah :

1. Pengujian kontrol *star delta* menggunakan *Outseal Controller*.
2. Pengujian *overcurrent, overvoltage, undervoltage, dan phase failure*.
3. Pengujian arus starting dengan menggunakan pengasutan *Star Delta* dan *Direct On Line (DOL)*.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan informasi secara terstruktur, pembahasan proyek akhir ini dilakukan dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisikan penjelasan secara umum tentang sistem yang akan di bangun. Penjelasan tersebut meliputi latar belakang, rumusan masalah, Batasan masalah, manfaat penelitian, sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisikan penelitian terdahulu dan landasan teori untuk menunjang *Star-Delta* berbasis *Outseal Controller*.

BAB III PERANCANGAN

Bagian ini berisikan penjelasan mengenai perancangan *Star-Delta* berbasis *Outseal Controller*.

BAB IV JADWAL DAN PERKIRAAN BIAYA

Bab ini berisi informasi mengenai jadwal pengerjaan proyek akhir dan perkiraan biaya yang di butuhkan untuk pengerjaan proyek akhir.