

**RANCANG BANGUN MONITORING KONTROL
KECEPATAN PUTAR MOTOR INDUKSI
3 FASA BERBASIS IOT**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Sarjana Terapan

WISNU BACHTIAR FANANI

NIT: 08.20.021.1.07

**PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN PELAYARAN
POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
TAHUN 2025**

**RANCANG BANGUN MONITORING KONTROL
KECEPATAN PUTAR MOTOR INDUKSI
3 FASA BERBASIS IOT**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Sarjana Terapan

WISNU BACHTIAR FANANI
NIT. 08 20 021 1 07

**PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN PELAYARAN
POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
TAHUN 2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wisnu Bachtiar Fanani

Nomor Induk Taruna : 08.20.021.1.07

Program Studi : Diploma IV Teknik Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

RANCANG BANGUN MONITORING KONTROL KECEPATAN PUTAR MOTOR INDUKSI 3 FASA BERBASIS IOT

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 09 Agustus 2024



Wisnu Bachtiar Fanani

**PERSETUJUAN SEMINAR HASIL
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : RANCANG BANGUN MONITORING KONTROL
KECEPATAN PUTAR MOTOR INDUKSI 3 FASA
BERBASIS IoT

Nama : Wisnu Bachtiar Fanani

Nomor Induk Taruna : 08.20.021.1.07

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

SURABAYA, 20 November 2024

Menyetujui

Pembimbing I



Antonius Edy Kristiyono, M.Pd.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 196905312003121001

Pembimbing II



Hadi Setrawan, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



Akhmad Kasan Gupron, M.Pd

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 198005172005021003

**PENGESAHAN SEMINAR HASIL
KARYA ILMIAH TERAPAN
RANCANG BANGUN MONITORING KONTROL
KECEPATAN PUTAR MOTOR INDUKSI 3 FASA BERBASIS
IOT**

Disusun dan Diajukan Oleh :

WISNU BACHTIAR FANANI

NIT. 08.20.021.1.07

D-IV TRKK


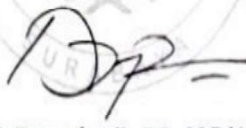
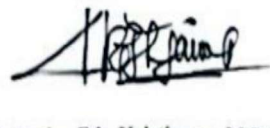
Telah dipresentasikan didepan Panitia Ujian Karya Ilmiah Terapan
Politeknik Pelayaran Surabaya
Pada Tanggal 23 Desember 2024

Menyetujui

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III

		
<u>(Edi Kurniawan, S.ST.MT.)</u>	<u>(Dyah Ratnaningsih, S.S., M.Pd.)</u>	<u>(Antonius Edy Kristivono, M.Pd.)</u>
<u>Penata (III/c)</u>	<u>Penata Tk. I (III/d)</u>	<u>Penata Tk. I (III/d)</u>
NIP. 198312022019021001	NIP. 198003022005022001	NIP. 196905312003121001

Mengetahui :
Ketua Prodi Teknologi Rekayasa
Kelistrikan Kapal



AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 198005172005021003

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala limpah rahmat, kasih karunia dan berkat yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun *Monitoring Control* Kecepatan Putar Motor Induksi 3 Fasa Berbasis *IoT*”. Penelitian tugas akhir ini adalah dalam maksud untuk menyelesaikan program studi Sarjana Terapan di Politeknik Pelayaran Surabaya.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penyajian materi dan teknik penulisan dalam karya ilmiah terapan ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan koreksi dan saran untuk meningkatkan kualitas proposal ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Bapak Moejiono, M.T M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah menyediakan sarana dan prasarana untuk kelancaran penyelesaian KIT.
2. Bapak Antonius Edy Kristiyono, M.Pd.M.Mar.E. dan Hadi Setiawan ST.,MT. selaku dosen pembimbing yang telah mendidik dengan baik dan sabar.
3. Bapak Akhmad Kasan Gupron, M.Pd selaku Ketua Prodi Elektro yang telah membantu membimbing dan mendidik secara sabar.
4. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan semangat dan doa.

Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan proposal ini. Kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan dan semoga penelitian ini akan bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 25 Agustus 2024

Wisnu Bachtiar Fanani

ABSTRAK

WISNU BACHTIAR FANANI, Rancang Bangun Monitoring Kontrol Kecepatan Putar Motor Induksi 3 Fasa Berbasis *IoT*. Dibimbing oleh Antonius Edy Kristiyono, M.Pd.M.Mar.E. dan Hadi Setiawan ST.,MT.

Seiring berkembangnya sektor industri, perusahaan berlomba-lomba untuk menciptakan produk yang berkualitas dan terjangkau. Untuk mendukung produksi, bermunculan alat-alat otomasi yang membantu proses produksi sehingga lebih cepat. Salah satu mesin yang banyak digunakan oleh pabrik-pabrik besar adalah motor induksi 3 fasa. Motor induksi 3 fasa sering digunakan dalam menggerakkan peralatan-peralatan di industri karena memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, ringan, memiliki efisiensi yang tinggi, dan mudah dalam pemeliharaannya. Penelitian ini memanfaatkan piranti sensor *hall effect* A3114, Sensor PZEM-PP4T, LCD 20x4, modul ESP32, *Relay*, Mitsubishi D700, Sensor MCP 4725.

Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa kinerja sensor untuk pengukuran kecepatan, tegangan, dan arus pada motor 3 fasa memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Pengujian terhadap kecepatan motor menunjukkan perbedaan nilai kecepatan (Rpm) antara sensor *hall Effect* dan tachometer, dengan rata-rata persentase akurasi sebesar 4,12%, yang mengindikasikan bahwa sensor *hall Effect* memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Untuk pengukuran tegangan, sensor Pzem dibandingkan dengan Multitester menghasilkan rata-rata persentase akurasi sebesar 0,90%, menandakan bahwa sensor pzem sangat andal. Sementara itu, pengujian arus menunjukkan perbedaan nilai antara sensor pzem dan multitester dengan rata-rata persentase akurasi sebesar 0,98%, yang menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Secara keseluruhan, sistem ini dapat diandalkan untuk pengukuran parameter operasional motor 3 fasa karena memiliki akurasi yang konsisten dan baik. Dengan penelitian ini maka sistem monitoring motor induksi 3 fasa yang semula dikerjakan secara manual berubah menjadi otomatis dan memiliki tingkat efisiensi kerja yang cukup tinggi.

Kata Kunci : Kecepatan Putar, Monitoring, Motor Induksi 3 Fasa, *Hall Effect*

ABSTRACT

WISNU BACHTIAR FANANI, *Design and Construction of IoT-Based 3-Phase Induction Motor Rotation Speed Control Monitoring. Supervised by Antonius Edy Kristiyono, M.Pd.M.Mar.E. and Hadi Setiawan ST.,MT.*

Along with the development of the industrial sector, companies are competing to create quality and affordable products. To support production, automation tools have emerged that help the production process so that it is faster. One of the machines that is widely used by large factories is a 3-phase induction motor. 3-phase induction motors are often used in driving equipment in industry because they have a simple construction, are relatively cheap, lightweight, have high efficiency, and are easy to maintain. This study utilizes the A3114 hall effect sensor device, PZEM-PP4T Sensor, 20x4 LCD, ESP32 module, Relay, Mitsubishi D700, MCP 4725 Sensor.

The tests carried out showed that the performance of the sensor for measuring speed, voltage, and current on 3-phase motors has a high level of accuracy. Testing of motor speed shows a difference in speed value (Rpm) between the hall effect sensor and the tachometer, with an average accuracy percentage of 4,12%, indicating that the hall effect sensor has a fairly good level of accuracy. For voltage measurement, the Pzem sensor compared to the Multitester produces an average accuracy percentage of 0,90%, indicating that the pzem sensor is very reliable. Meanwhile, current testing shows a difference in value between the pzem sensor and the multitester with an average accuracy percentage of 0,98%, indicating a fairly high level of accuracy. Overall, this system can be relied on for measuring operational parameters of 3-phase motors because it has consistent and good accuracy. With this research, the 3-phase induction motor monitoring system which was originally done manually has changed to automatic and has a fairly high level of work efficiency.

Keywords: *Rotational Speed, Monitoring, 3 Phase Induction Motor, Hall Effect*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL KARYA ILMIAH TERAPAN.....	iii
PENGESAHAN SEMINAR HASIL KARYA ILMIAH TERAPAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Review Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori	8
BAB III METODE PENELITIAN	18
A. Perancangan Sistem	18
B. Perancangan Alat/Software/Desain	23
C. Rencana Pengujian.....	27

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	29
A. Pengujian Statis	29
B. Pengujian Dinamis	34
C. Penyajian Data	37
D. Analisa Data	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	42
A. Kesimpulan.....	42
B. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Review Penerlitian Sebelumnya	6
Tabel 4. 1 Pengujian <i>Inverter</i>	31
Tabel 4. 2 Pengujian Sensor <i>Hall effect a3144</i>	33
Tabel 4. 3 Pengujian Keseluruhan	35
Tabel 4. 4 Pengujian Motor <i>Forward</i> dan <i>Reverse</i>	36
Tabel 4. 5 Pengujian Kecepatan Motor.....	38
Tabel 4. 6 Pengujian Tegangan Motor.....	39
Tabel 4. 7 Pengujian Arus Motor	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Motor Induksi 3 Fasa	10
Gambar 2. 2 Sensor <i>Hall effect</i>	11
Gambar 2. 3 Sensor PZEM	12
Gambar 2. 4 LCD	13
Gambar 2. 5 ESP32	13
Gambar 2. 6 <i>Blynk</i>	14
Gambar 2. 7 <i>Relay</i>	15
Gambar 2. 8 <i>Inverter</i>	16
Gambar 2. 9 Sensor MCP 4725	17
Gambar 3. 1 Blok diagram.....	18
Gambar 3. 2 <i>Flowchart System Reverse Forward</i>	22
Gambar 3. 3 <i>Wiring</i> Perancangan Alat.....	24
Gambar 3. 4 Desain Tampilan Alat.....	24
Gambar 4. 1 Progam Motor ke Blynk	29
Gambar 4. 2 Pengujian PZEM	30
Gambar 4. 3 Pengujian <i>Inverter</i>	31
Gambar 4. 4 Pengujian <i>Inverter</i>	31
Gambar 4. 5 Pengujian Motor 3 Fasa	32
Gambar 4. 6 Pengujian LCD.....	33

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Saat ini, industri berkembang sangat pesat bersamaan dengan perkembangan teknologi, mulai dari peralatan mekanik, elektrik, maupun perangkat lunak lainnya. Perusahaan bersaing untuk menggunakan alat yang lebih canggih dalam menunjang kegiatan operasionalnya. Hal ini dapat dilihat dari munculnya banyak alat otomasi yang mampu membantu pengoperasian dengan menggunakan kontroler yang dapat memudahkan *engineer*. Salah satunya adalah motor listrik. Jenis penggerak yang sering dipakai dalam dunia industri adalah motor induksi 3 fasa.

Motor induksi 3 fasa merupakan alat listrik yang mampu mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, listrik yang diubah adalah listrik 3 fasa. Motor induksi 3 fasa sering digunakan dalam menggerakkan peralatan- peralatan di industri karena memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, ringan, memiliki efisiensi yang tinggi, dan mudah dalam pemeliharaannya dibandingkan dengan motor DC. Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Tidak semua tenaga listrik yang diserap oleh motor induksi berubah menjadi tenaga mekanik yang berguna, tetapi sebagian hilang dalam bentuk tenaga panas (Evalina, et al., 2018).

Motor induksi 3 fasa harus bekerja dengan baik dan aman. Namun, banyak jenis gangguan yang berpotensi mengganggu kinerja motor atau bahkan merusak motor itu sendiri, diantaranya karena ketidak stabilan daya yang meliputi ketidak seimbangan tegangan antar fasa dan arus fasa lebih. Oleh

sebab itu, memonitor aktivitas industri khususnya memonitor gangguan pada motor induksi 3 fasa sangat penting untuk dilakukan, hal ini bertujuan agar gangguan yang terjadi pada motor induksi 3 fasa dapat dianalisa nilai dan jenis gangguannya (Wilutomo & Yuwono, 2017).

Perkembangan teknologi yang sangat pesat menuntut suatu sistem monitoring yang praktis, cepat, dan akurat. Memonitoring aktivitas industri, khususnya monitoring kontrol kecepatan putar motor 3 fasa sangat penting dilakukan karena motor induksi memiliki kelemahan yaitu tidak mampu mempertahankan kecepatannya dengan konstan apabila terjadi perubahan kecepatan maupun torsi beban. Apabila hal ini dibiarkan dan tidak dilakukan perbaikan, maka motor induksi 3 fasa akan cepat mengalami kerusakan yang besar. Sedangkan apabila memakai metode lama, monitoring sinyal keluaran motor masih menggunakan alat ukur manual seperti multimeter yang menjadikan *engineer* kurang fleksibel karena harus menghubungkan alat ukur dengan motor (Luthfi, et al., 2022).

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan tersebut, penelitian ini akan merancang sebuah alat monitoring kontrol kecepatan putar motor induksi 3 fasa berbasis *IoT*. *Internet of Things (IoT)* merupakan sebuah konsep di mana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. *IoT* adalah sebuah konsep yang terhubung dengan perangkat sebagai media komunikasi berbasis internet.

Dalam penelitian ini, alat yang dibuat akan terhubung dengan *blynk* yang menampilkan informasi kecepatan aktual dan kecepatan yang diinginkan (*set*

point). Ketika *blynk* telah terhubung pada internet, sistem membaca data dari sensor PZEM (untuk pengukuran daya) dan sensor *Hall effect* (untuk pengukuran kecepatan atau posisi). Kemudian terdapat LCD 20x4 yang menampilkan informasi terkait Voltase, Arus, dan Kecepatan dari motor induksi 3 fasa. Dengan adanya alat ini, akan memudahkan *engineer* untuk memantau kinerja dari motor induksi dengan jarak jauh dan mendeteksi adanya kerusakan secara cepat.

B. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara membuat rancang bangun system monitoring kecepatan putar motor induksi 3 fasa berbasis *Internet of Things*?
2. Bagaimana keakuratan mengintegrasikan sensor PZEM dan sensor *Hall Effect* dalam sistem monitoring untuk memperoleh data yang akurat mengenai tegangan, arus dan kecepatan motor induksi 3 fasa dapat membuat *system* monitoring dan perawatan menjadi lebih efektif dan efisien?
3. Bagaimana cara membangun komunikasi antara alat pengontrol kecepatan putar motor induksi 3 fasa dan *blynk* yang digunakan untuk media monitoring?

C. Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya mencakup pengujian pada motor induksi 3 fasa dengan spesifikasi tertentu dan tidak mencakup motor jenis lain atau aplikasi di luar sistem pengendalian kecepatan.
2. Pengujian dibatasi pada penggunaan koneksi Wi-Fi untuk komunikasi data,

tanpa mempertimbangkan jenis koneksi atau protokol jaringan lainnya yang mungkin juga dapat digunakan.

3. Fokus penelitian pada penggunaan sensor *rotary encoder* dan PZEM- 004T untuk pengukuran kecepatan dan parameter listrik, tanpa mempertimbangkan sensor atau perangkat tambahan yang mungkin dapat meningkatkan sistem.
4. Penelitian hanya mengukur kinerja sistem dalam kondisi operasional normal dan tidak mencakup pengujian di bawah kondisi ekstrem atau kegagalan komponen.
5. Sistem ini diintegrasikan dengan *platform IoT* tertentu untuk pemantauan dan kontrol, tanpa mengeksplorasi atau membandingkan dengan *platform IoT* lainnya.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Dengan cara merancang dan mengembangkan sebuah sistem monitoring kecepatan putar motor induksi 3 fasa berbasis *IoT* yang efektif dan efisien.
2. Dengan cara mengetahui tingkat keakuratan integrasi sensor PZEM dan sensor *Hall Effect* dalam sistem monitoring untuk memperoleh data yang akurat mengenai tegangan, arus, dan kecepatan motor induksi 3 fasa, serta menganalisis dampaknya terhadap efektifitas dan efisiensi sistem monitoring dan perawatan motor.
3. Dengan cara merancang komunikasi yang efektif antara *blinky* dengan ESP32 sebagai alat pengontrol, dan memonitoring motor induksi 3 fasa

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari adanya penelitian ini adalah:

1. Menciptakan alat pengontrol kecepatan putar motor induksi 3 fasa berbasis *Internet of Things*.
2. Menjadikan software *blynk* yang dapat digunakan sebagai alat monitoring kecepatan putar motor induksi 3 fasa.
3. Untuk membangun komunikasi antara alat pengontrol kecepatan putar motor induksi 3 fasa dan *blynk* yang akan digunakan sebagai media monitoring.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Di dalam bab ini, *review* penelitian sebelumnya memiliki peran yang sangat penting dalam memahami hasil dan perbedaan dari penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, penulis memerlukan informasi yang terperinci dari berbagai penelitian sebelumnya untuk mendukung argumen dan temuan dalam penelitiannya. Berikut adalah *review* penelitian sebelumnya :

Tabel 2.1 *Review Penelitian Sebelumnya*

No	Penulis	Judul	Hasil	Perbedaan
1	Rejani Erwanda (2016)	RANCANG BANGUN PROTOTIPE PENGENDALI KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN PENGATURAN TEGANGAN BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO DAN ANDROID SMARTPHONE	Penelitian ini menciptakan sistem control kecepatan putar motor induksi 3 fasa dilakukan dengan memanfaatkan fasilitas komunikasi bluetooth dari perangkat android smartphone dengan jangkauan jarak 8 meter pada kondisi indoor dan jarak 14 meter pada kondisi outdoor. (hasil jurnal penulis)	Perbedaan utama antara jurnal ini dan penelitian saya adalah pada sistem kontrol kecepatan motor induksi 3 fasa. Jurnal ini menggunakan teknologi Bluetooth untuk kontrol jarak dekat melalui aplikasi mobile. Sebaliknya, penelitian saya menggunakan web server dan modul WiFi pada ESP32, yang memberikan fleksibilitas lebih besar dalam jarak kontrol dan memungkinkan integrasi dengan berbagai platform <i>IoT</i> .
2	Heru Susanto1, Amir Hamzah 2	PENERAPAN KONSEP INTERNET OF THINGS (<i>IoT</i>) SEBAGAI MONITORING TEGANGAN DAN ARUS PADA MOTOR INDUKSI 1 PHASE	Jurnal ini menjelaskan tentang bagaimana memonitoring tegangan dan arus pada motor induksi 1 fasa	Perbedaan utama antara jurnal ini dan penelitian saya terletak pada jenis motor induksi yang digunakan. Jurnal ini menggunakan motor induksi 1 fasa, sedangkan penelitian saya menggunakan motor induksi

3	Denny Hendra Prastiko 1, Agus Supardi2	PENGENDALI DAN MONITORING KECEPATAN PUTAR MOTOR INDUKSI 3 FASA BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) DAN EXPANSION DENGAN HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)	Jurnal ini membahas tentang pengendalian sistem menggunakan <i>Variable Frequency Drive</i> (VFD) untuk variasi frekuensi <i>input</i> daya, serta penggunaan sensor untuk mendeteksi kecepatan putar motor induksi 3 fasa	Perbedaan antara penelitian ini dan penelitian saya terletak pada teknologi kontrol dan platform yang digunakan. Penelitian saya lebih fokus pada integrasi dengan Internet of Things (<i>IoT</i>) dan penggunaan teknologi nirkabel, sementara penelitian ini lebih tradisional menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) dan Human Machine Interface (HMI) dengan fokus pada kendali frekuensi menggunakan <i>Variable Frequency Drive</i> (VFD).
4	Athaya Atsig1, Ta'ali2, Muldi Yuhendri3	SMART CONTROL AND MONITORING SYSTEM MOTOR INDUKSI 3 FASA	Penelitian ini menghasilkan pengoperasian trainer untuk pengontrolan motor induksi 3 fasa berbasis web access melalui protocol komunikasi modbus dengan arah putaran bisadi set untuk forward dan reverse.	Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian saya yaitu terletak pada metode penelitian yang digunakan. Dalam penelitian tersebut metode yang digunakan adalah eksperimental, sedangkan metode dalam penelitian saya adalah research and development. Selain itu piranti elektronik yang digunakan juga berbeda.
5	Lukman Dika Setyo Pradana	PERANCANGAN MONITORING RPM MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA PENGGERAK GENERATOR	Penelitian ini menghasilkan system monitoring RPM motor pada penggerak generator digunakan TCRT 5000. Digunakan rangkaian op amp komparator inverting untuk membuat rangkaian pengkondisian sinyal.	Perbedaan penelitian ini dengan penelitian saya adalah dalam penelitian saya monitoring dapat dilakukan melalui bylink yang sudah terintegrasi dengan alat.

B. Landasan Teori

Landasan teori penelitian ini membangun definisi dan konsep *variabel* penelitian secara sistematis, termasuk penjelasan konsep-konsep kunci, serta hubungan antar *variabel*. Teori-teori pendukung dari berbagai disiplin ilmu dan literatur terkait digunakan untuk memperkaya pemahaman topik penelitian. Landasan teori ini mengarahkan penelitian dengan fokus, menyediakan dasar solid untuk interpretasi hasil, dan berkontribusi pada pemahaman ilmiah di bidang yang diteliti. Landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) mengacu pada pengidentifikasian suatu objek yang direpresentasikan secara *virtual* di dunia maya atau internet. Jadi dapat dikatakan bahwa *Internet of Things* adalah bagaimana suatu objek yang nyata di dunia ini digambarkan di dunia maya (*internet*). *Internet of Things* memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan elektronik dan peralatan listrik yang menggunakan internet. Hal ini berspekulasi bahwa di sebagian waktu dekat komunikasi antara komputer dan peralatan elektronik mampu bertukar informasi di antara mereka sehingga mengurangi interaksi manusia. Hal ini juga akan membuat pengguna internet semakin meningkat dengan berbagai fasilitas dan layanan internet. Penggunaan *Internet of Things* memberikan banyak manfaat yaitu pekerjaan dapat dilakukan lebih cepat, mudah, dan efisien (Adani & Salsabil, 2019).

Internet of Things telah berkembang dari konvergensi teknologi

nirkabel, *micro-electromechanical system* (MEMS), dan *Interent*. “*A Things*” pada *Internet of Things* dapat didefinisikan sebagai subjek. Sejauh ini *Internet of Things* paling erat hubungannya dengan komunikasi *machine-to-machine* (M2M) di bidang manufaktur dan listrik, perminyakan, dan gas. Meskipun konsep ini kurang populer hingga tahun 1999, namun *IoT* telah dikembangkan selama beberapa dekade. Alat *Internet* pertama, misalnya, adalah mesin *Coke* di *Carnegie Melon University* di awal 1980-an. Para programmer dapat terhubung ke mesin melalui *Internet*, memeriksa status mesin dan menentukan apakah ada atau tidak minuman dingin yang menunggu mereka, tanpa harus pergi ke mesin tersebut. Istilah *Internet of Things* mulai dikenal tahun 1999 yang saat itu disebutkan pertama kalinya dalam sebuah presentasi oleh Kevin Ashton, *cofounder and executive director of the Auto-ID Center* di MIT (Darmawan, et al., 2020).

Tahapan proses kerja dari *Internet of Things* dengan memanfaatkan pemrograman di setiap perintah untuk sebuah intruksi kepada mesin tanpa bantuan manusia. Dengan menggunakan sambungan atau koneksi internet, seperti bagaimana mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan tersebut. penggunaan sensor secara *real time* mengkonversikan ke dalam mesin format yang dimengerti sehingga akan mudah dipertukarkan antara berbagai bentuk format data.

Arsitektur dari *Internet of Things* terdiri atas beberapa jaringan dan sistem yang kompleks serta *security* yang sangat ketat, jika ketiga unsur

tersebut dapat dicapai, maka kontrol otomatisasi di dalam *Internet of Things* dapat berjalan dengan baik, juga dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama sehingga menghasilkan profit yang banyak bagi suatu perusahaan (Susanto, et al., 2022).

2. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi 3 fasa adalah perangkat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dan arus yang dikonversi adalah arus 3 fasa. Motor induksi juga disebut motor asinkron, dan motor induksi 3 fasa sering digunakan untuk menggerakkan peralatan industri. Motor induksi 3 fasa memiliki struktur yang sederhana, murah, dan mudah perawatannya (Kharisma et al., 2022).



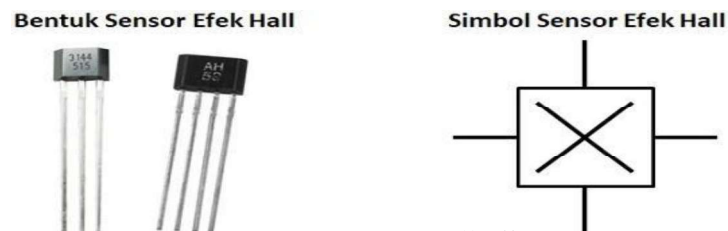
Gambar 2. 1 Motor Induksi 3 Fasa

Sumber: <https://www.binaindojaya.com/sedia-motor-listrik-3-phase-ketahui-keuntungannya-untuk-industri>

3. Sensor *Hall effect* a3144

Hall effect sensor pada dasarnya digunakan untuk detektor medan magnet telah banyak dimanfaatkan untuk alat peraga yang biasanya dipadukan dengan mikrokontroler, salah satunya Arduino. *Hall effect* sensor terdiri dari sebuah lapisan silikon dan dua buah elektroda pada masing-masing pada sisi silikon. Lapisan silikon berfungsi untuk mengalirkan arus listrik, sedangkan elektroda berfungsi untuk

menghasilkan perbedaan tegangan pada *output*nya ketika lapisan silikon dialiri arus listrik. Ketika tidak ada medan magnet yang mempengaruhi, maka arus yang mengalir pada silikon tersebut akan tepat ditengah-tengah silikon. Elektrode sebelah kiri dan elektrode sebelah kanan memiliki tegangan yang sama sehingga menghasilkan beda tegangan 0 volt pada *output*. Ketika terdapat medan magnet mempengaruhi *hall effect* sensor maka arus yang mengalir akan berbelok mendekati/menjauhi sisi yang dipengaruhi oleh medan magnet, sehingga terdapat beda potensial diantara kedua elektroda dari *hall effect* sensor, dimana beda potensial tersebut sebanding dengan kuat medan magnet yang diterima oleh *hall effect* sensor (Pambuka & Rahardjo, 2018).



Gambar 2. 2 Sensor *Hall effect*

Sumber: <https://teknikelektronika.com/pengertian-sensor-efek-hall-hall-effect-sensor-prinsip-kerja-efek-hall/>

4. Sensor PZEM-004T

PZEM-004T adalah modul *detector* yang sangat lengkap memiliki arus, tegangan, daya, factor daya, frekuensi, energi dan *power factor*. PZEM-004T adalah sebuah modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur Tegangan, Arus, Daya, Frekuensi energi dan *Power* Faktor (Amalia et al. 2020). Dengan kelengkapan fungsi ini maka modul PZEM-004T sangat ideal untuk digunakan sebagai proyek maupun eksperimen alat pengukur

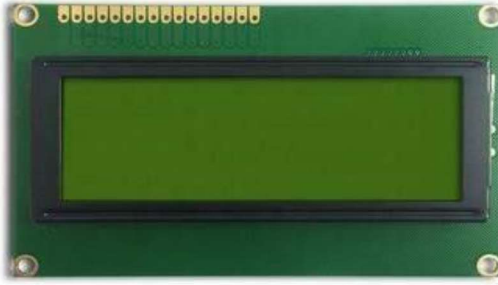


Gambar 2. 3 Sensor PZEM

Sumber: https://www.tokopedia.com/ofstore/pzem-004t-pzem-004-t-sensor-arus-current-sensor-ac-ttl-serial?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=pdp-seo

5. LCD 20x4

Liquid Crystal Display (LCD) adalah komponen yang biasa digunakan untuk menampilkan suatu simbol, angka maupun huruf. LCD terdiri dari beberapa pin yang berfungsi untuk pengontrolan pemakaiannya. LCD 20 x 4 memiliki 20 kolom dan 4 baris untuk menampilkan karakter dan membutuhkan arus 0.1 – 0.25 mA dengan tegangan 5V (R, 2019). LCD adalah sebuah peraga kristal cair. Prinsip kerja LCD adalah mengatur cahaya yang ada, atau nyala LED. Dibandingkan dengan *seven segment*, banyak orang yang lebih suka memakai LCD karena pemakaian daya yang sangat rendah, selain itu juga karena jumlah karakter yang ditampilkan semakin banyak. Konfigurasi penyemat LCD yang terdiri dari 16 penyemat, masing-masing penyemat mempunyai fungsi yang berbeda. LCD terdiri dari dua bagian utama, bagian pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf/angka (Sarmidi et al, 2018).

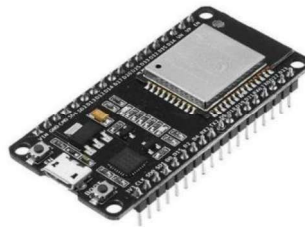


Gambar 2. 4 LCD

Sumber: <https://m.indonesian.lcdlcm.com/sale-14365701-20x4-character-lcd-modules-0-6x0-6-dot-pitch-1-16-duty-drive-mode.html>

6. Modul ESP32

Microcontroller ESP32 adalah sebuah *chip* sebagai pengontrol dalam suatu rangkaian elektronika. Secara umum, istilah Arduino, ATmega, dan NodeMCU mungkin sudah tidak asing ketika melihat proyek alumni dikerjakan di departemen sistem komputer dan *microcontroller*. ESP32 adalah modul *microcontroller* dengan kemampuan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*.



Gambar 2. 5 ESP32

Sumber: <https://www.tokopedia.com/wiksatech/esp32-esp-32-wifi-bluetooth-dual-core-development-board-IoT>

Menurut para ahli Alasdair Allan, dalam berbagai publikasinya di *Make Magazine* dan O'Reilly, memuji ESP32 sebagai pilihan yang ideal untuk proyek-proyek *IoT* dan perangkat yang memerlukan konektivitas

nirkabel. Dalam buku "*Getting Started with ESP32*" oleh Neil Kolban, dijelaskan bahwa ESP32 adalah "evolusi alami dari ESP8266" dengan tambahan fitur-fitur seperti *dual-core*, dukungan BLE (*Bluetooth Low Energy*), dan kemampuan penghematan daya. Hal ini menjadikannya *platform* yang kuat untuk aplikasi yang lebih kompleks.

7. *Blynk*

Blynk dirancang untuk *Internet of Things* dengan tujuan dapat mengontrol *hardware* dari jarak jauh, dapat menampilkan data sensor, dapat menyimpan data, visual dan melakukan banyak hal canggih lainnya (Sulistiyorini, et al., 2022). *Blynk* memungkinkan penghubungannya dengan berbagai perangkat keras seperti *Microcontroller* lainnya (seperti Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, dan ESP32) dan sensor-sensor untuk kemudian diintegrasikan dengan aplikasi seluler atau menggunakan *gadget*. Awak kapal menggunakan aplikasi *Blynk* untuk memantau suhu mesin pendingin dari jauh. Teknisi dapat dengan mudah mengontrol suhu melalui *smartphone*. Suatu hari, saat mendapat notifikasi suhu tinggi, teknisi langsung mengambil tindakan dari jarak jauh.



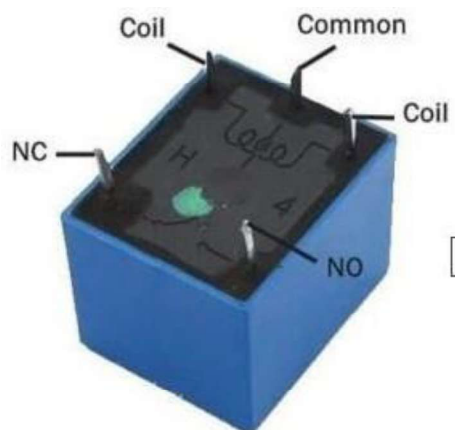
Gambar 2. 6 *Blynk*

Sumber: [blynk-logo.png \(250×250\) \(bp.blogspot.com\)](https://bp.blogspot.com)

8. Relay

Relay adalah suatu peralatan yang didesain untuk mengamankan peralatan system tenaga listrik pada kondisi tidak normal. *Relay* adalah susunan piranti, baik elektronik maupun magnetic yang direncanakan untuk mendeteksi suatu kondisi ketidak normalan pada peralatan listrik yang bisa membahayakan peralatan tersebut. Jika bahaya itu muncul maka *relay* pengaman akan secara otomatis memberikan sinyal atau perintah untuk membuka pemutus tenaga (*circuit breaker*) agar bagian yang terganggu dapat dipisahkan dari *system* yang normal.

Relay dapat mengamankan peralatan dengan cara mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang dirasakanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut phasa, frekuensi, impedansi dan sebagainya. Alat tersebut akan mengambil keputusan seketika dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga atau hanya memberikan tanda tanpa membuka pemutus tenaga. Di samping itu *relay* juga berfungsi untuk menunjukkan lokasi dan macam gangguanya.



Gambar 2. 7 Relay

Sumber : <https://misel.co.id/apa-itu-relay-berikut-pengertian-jenis-dan-fungsi-relay-yuk-simak/>

9. Mitsubishi D700

Mitsubishi D700 adalah seri dari *inverter* atau *AC drive* yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor listrik. *Inverter* ini dapat mengubah frekuensi dan tegangan yang diberikan ke motor, memungkinkan kontrol yang lebih baik atas kecepatan dan torsi motor. *Inverter* seri D700 dari Mitsubishi dirancang untuk aplikasi yang sederhana dan mudah digunakan, seperti dalam pengaturan mesin, konveyor, dan aplikasi lain yang memerlukan pengendalian kecepatan motor (Mahardi, et al., 2021).



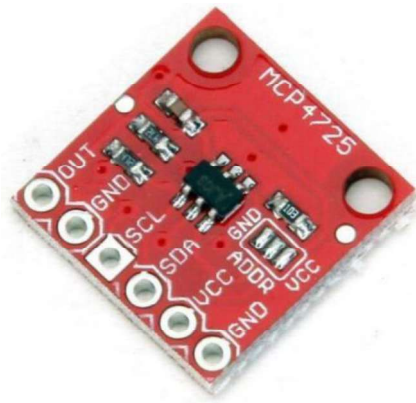
Gambar 2. 8 Inverter

Sumber : <https://id.lanenelectric.com/inverter/mitsubishi-inverter/mitsubishi-fr-d700-compact-inverter-fr-d720-0.html>

10. Sensor MCP 4725

MCP4725 adalah sebuah *Digital-to-Analog Converter* (DAC) atau konverter digital ke analog dari *Microchip Technology*. Ini adalah sensor yang memungkinkan data digital dari mikrokontroler atau komputer untuk diubah menjadi sinyal analog, biasanya tegangan, yang dapat digunakan

untuk mengendalikan perangkat lain seperti aktuator atau amplifier audio. MCP4725 adalah DAC dengan resolusi 12-bit, artinya dapat menghasilkan 4096 level tegangan berbeda dari *input* digital yang diberikan. Selain itu, MCP4725 memiliki antarmuka I²C, yang memungkinkan komunikasi sederhana dengan berbagai perangkat lain. DAC ini sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan konversi sinyal digital menjadi analog dengan presisi tinggi, seperti dalam instrumentasi, pengaturan volume, dan aplikasi lainnya di bidang elektronik (Elektrologi, 2024).



Gambar 2. 9 Sensor MCP 4725

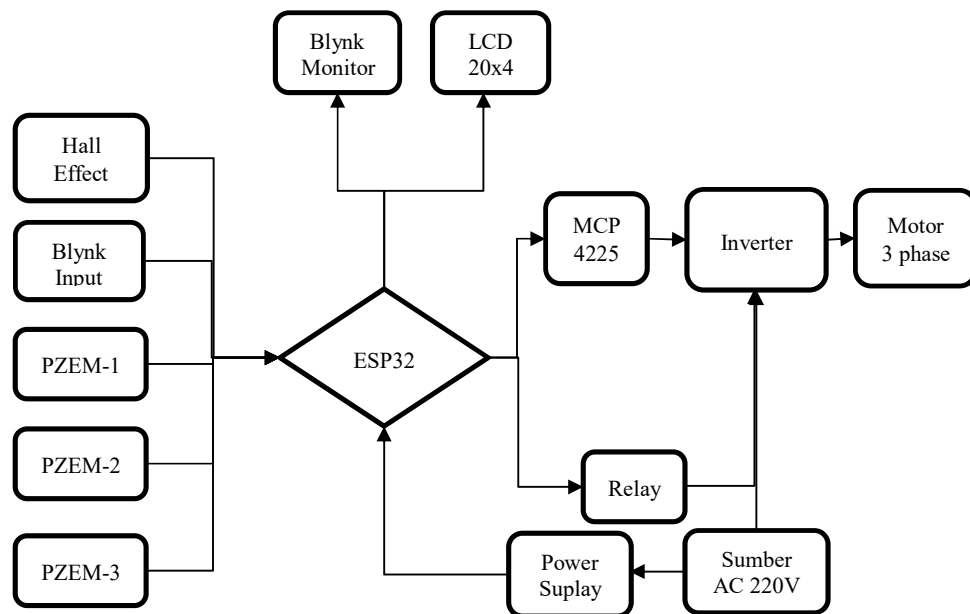
Sumber : <https://electronics.semaf.at/MCP4725-I2C-DAC-Breakout>

BAB III METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian ini menggunakan metode *Research and Development*. Metode *Research and Development (RnD)* adalah pendekatan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada melalui proses penelitian sistematis dan pengujian yang berulang. Metode ini banyak digunakan di bidang pendidikan, teknologi, bisnis, dan industri untuk menciptakan inovasi yang sesuai dengan kebutuhan pasar atau pengguna. Menurut Sugiyono, dalam bukunya "*Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D)*", Research and Development (R&D) adalah Metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut.

1. Blok Diagram



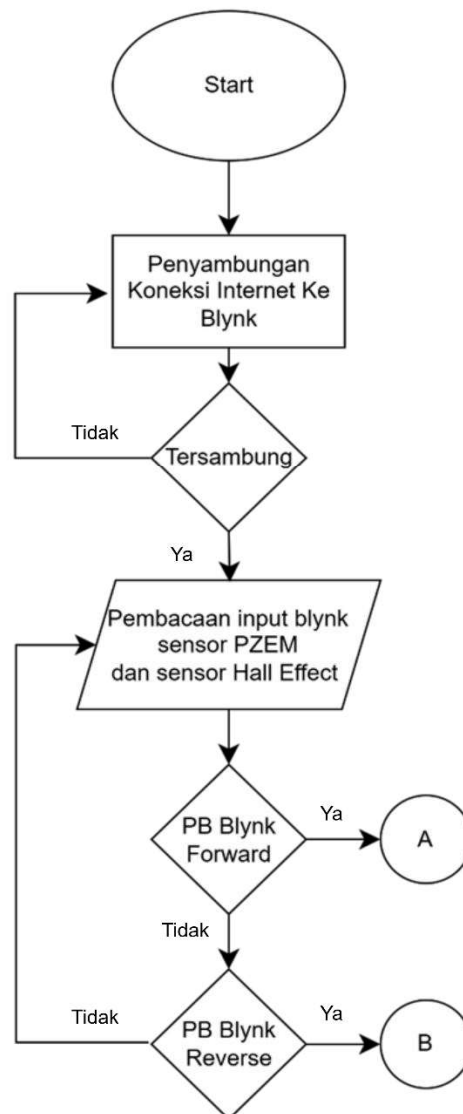
Gambar 3. 1 Blok Diagram
Sumber: Dokumen Pribadi

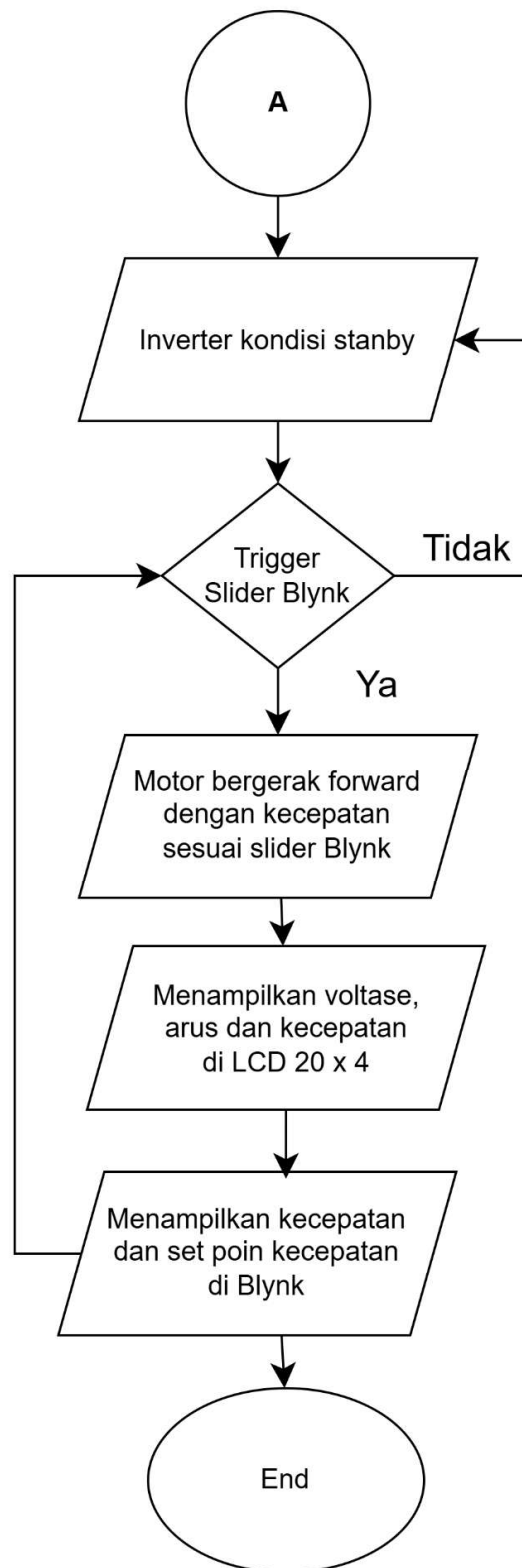
Pada Gambar 3.1 motor tiga fasa berbasis *IoT* yang dikendalikan oleh ESP32. Pada sistem ini, ESP32 bertindak sebagai pusat kendali yang terhubung dengan berbagai sensor dan aktuator. Terdapat tiga sensor PZEM yang digunakan untuk memantau parameter listrik, seperti tegangan, dan arus dari tiga jalur listrik R,S,T, serta sensor *Hall effect* untuk mendeteksi medan magnet, biasanya untuk mengukur kecepatan atau posisi motor. ESP32 juga terhubung dengan platform *Blynk*, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan sistem secara jarak jauh melalui aplikasi seluler. Untuk menampilkan informasi seperti status sistem atau data sensor, digunakan LCD 20x4 yang terhubung dengan ESP32. Selain itu, terdapat komponen MCP 4225, sebuah potensiometer digital yang dikendalikan oleh ESP32, yang berfungsi untuk mengatur tegangan atau arus yang masuk ke *inverter*. *Inverter* ini mengubah arus DC menjadi arus AC tiga fasa yang diperlukan untuk menggerakkan motor tiga fasa.

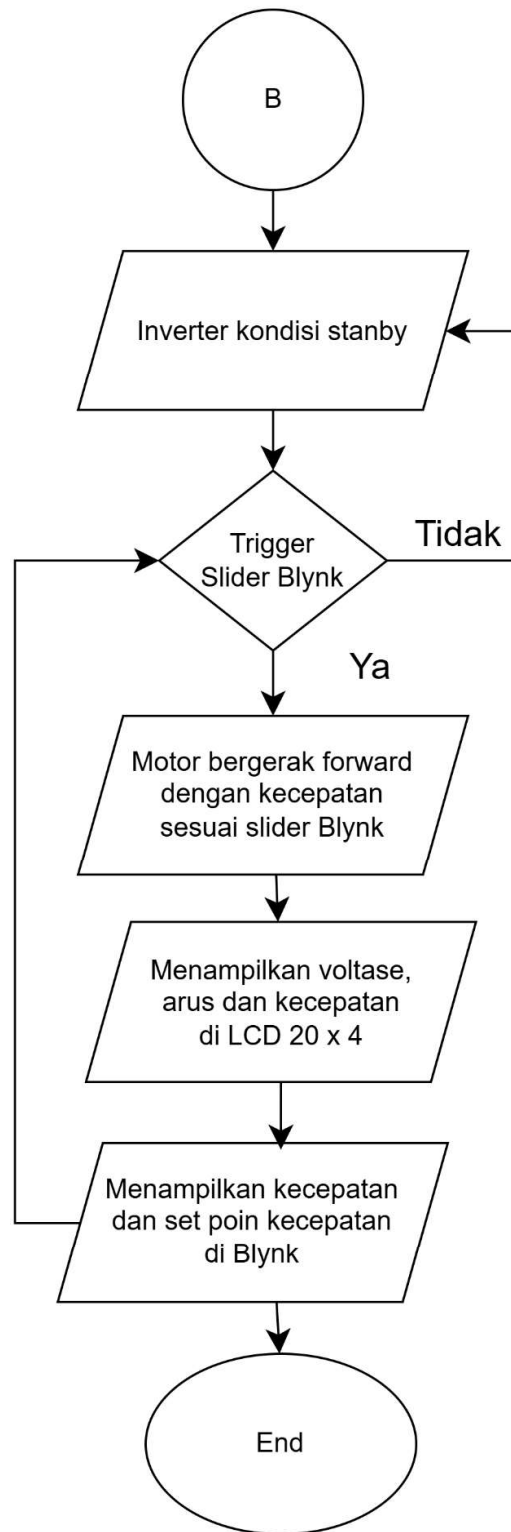
Sistem ini juga dilengkapi dengan *relay* yang digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan komponen, seperti mengendalikan suplai daya ke *inverter* atau motor. Sumber daya utama berasal dari tegangan AC 220V, yang kemudian diubah menjadi tegangan rendah 5V oleh *power supply* untuk memenuhi kebutuhan ESP32 dan komponen lainnya. Secara keseluruhan, diagram ini menggambarkan sistem otomatisasi motor tiga fasa dengan kendali jarak jauh melalui *IoT*, yang mampu memantau dan mengendalikan motor secara efisien.

2. Flowchart System

Flowchart tersebut menggambarkan alur kerja dari sebuah sistem yang mengendalikan motor menggunakan aplikasi *Blynk* untuk mengatur kecepatan dan arah motor. Secara keseluruhan sistem ini mengontrol motor melalui aplikasi *Blynk* dengan berbagai *input* dan *feedback* dari sensor dan display.







Gambar 3. 2 *Flowchart System Reverse Forward*
Sumber: Dokumen Pribadi

Sistem mencoba untuk terhubung ke aplikasi *Blynk* melalui koneksi internet. Jika tidak terhubung, sistem akan terus mencoba sampai berhasil terhubung. Setelah terhubung, sistem membaca data dari sensor PZEM (untuk pengukuran daya) dan sensor *Hall effect* (untuk pengukuran kecepatan atau posisi). Jika tombol "PB *Blynk Forward*" ditekan, sistem akan melanjutkan ke bagian A, dimana motor bergerak putaran (*forward*). Jika tombol "PB *Blynk Forward*" tidak ditekan, maka sistem akan memeriksa apakah tombol "PB *Blynk Reverse*" ditekan. Jika ya, sistem akan melanjutkan ke bagian B, di mana motor bergerak mundur (*reverse*).

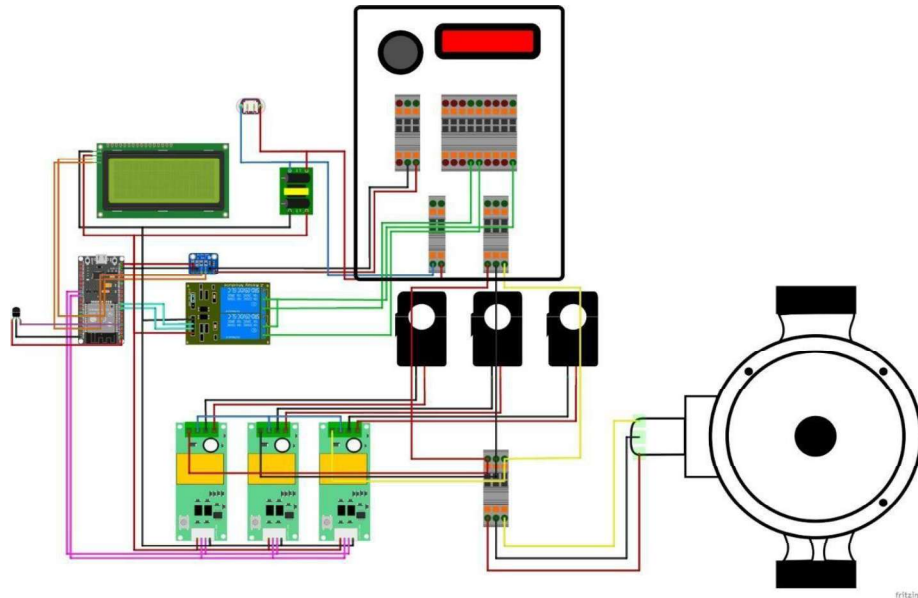
Kemudian *Inverter* dalam keadaan *standby* menunggu perintah lebih lanjut. Motor akan bergerak maju sesuai kecepatan yang diatur oleh slider di aplikasi *Blynk*. Sistem ini akan menampilkan informasi voltase, arus, dan kecepatan di layar LCD. Informasi kecepatan aktual dan kecepatan yang diinginkan (*set point*) ditampilkan di aplikasi *Blynk*.

Kemudian *Inverter* dalam keadaan *standby* menunggu perintah lebih lanjut. Motor akan bergerak mundur sesuai kecepatan yang diatur oleh slider di aplikasi *Blynk*. Sistem ini menampilkan Voltase, Arus, dan Kecepatan di LCD 20x4. Informasi kecepatan aktual dan kecepatan yang diinginkan (*set point*) ditampilkan di aplikasi *Blynk*.

B. Perancangan Alat/Software/Desain

Perancangan alat pada penelitian “rancang bangun monitoring kontrol kecepatan putar motor induksi 3 fasa berbasis *IOT*” sebagai berikut :

1. Skema *Wiring* Perancangan Alat

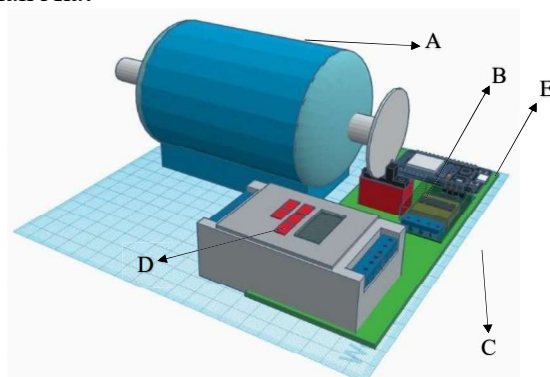


Gambar 3. 3 *Wiring* Perancangan Alat
Sumber: Dokumen Pribadi

Keterangan:

- a. Motor Induksi 3 fasa
- b. PZEM-004T
- c. ESP32
- d. Sensor *hall effect* a3144
- e. Mitsubishi D700

2. Desain Tampilan Alat



Gambar 3. 4 Desain 3D Perancangan Alat
Sumber: Dokumen Pribadi

Keterangan:

a. Motor induksi 3 fasa

Motor induksi di kapal adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk menggerakkan berbagai mesin di atas kapal. Fungsinya adalah memastikan operasi mesin berjalan lancar dan efisien, sehingga mendukung kelancaran perjalanan serta keselamatan awak kapal dan penumpang.

b. Sensor *hall effect* a3144

Sensor *hall effect* digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Sensor ini bisa mendeteksi keberadaan, kekuatan, dan arah medan magnet. Sensor *hall effect* bisa memiliki beberapa fungsi, diantaranya mengukur kecepatan putaran objek, seperti roda atau motor. Sensor akan mendeteksi perubahan medan magnet ketika magnet melewati sensor, yang kemudian diubah menjadi sinyal listrik untuk menentukan kecepatan rotasi. Dalam sistem kontrol posisi, sensor *hall effect* dapat digunakan untuk menentukan posisi suatu objek berdasarkan medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen. Sensor *hall effect* juga dapat digunakan untuk mengukur arus listrik dengan mendeteksi medan magnet yang dihasilkan oleh arus tersebut.

c. ESP32

ESP32 berfungsi sebagai *microcontroller* yang mengelola dan mengkoordinasikan berbagai aspek kontrol motor. ESP32 menangani pemrosesan data dari sensor seperti *rotary encoder* untuk

mengukur kecepatan dan posisi motor. Selain itu, ESP32 dapat mengirim dan menerima data melalui koneksi *Wi-Fi* atau *Bluetooth*, memungkinkan pemantauan dan kontrol motor secara *real-time* dari jarak jauh. *Microcontroller* ini juga dapat menjalankan algoritma kontrol kecepatan dan mengirimkan sinyal kontrol ke motor untuk mencapai kecepatan yang diinginkan. Dengan kemampuannya untuk berintegrasi dengan berbagai perangkat *IoT*, ESP32 meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi sistem kontrol motor induksi.

d. Mitsubishi D700

Inverter Mitsubishi D700 atau dikenal juga sebagai *variable frequency drive* (VFD) digunakan untuk mengontrol kecepatan dan torsi motor listrik AC. Fungsi utama dari *inverter* ini adalah mengubah frekuensi dan tegangan daya yang disuplai ke motor listrik untuk memungkinkan pengendalian kecepatan motor secara halus. Hal ini sangat penting dalam aplikasi di mana kecepatan variabel diperlukan, seperti dalam mesin produksi, pompa, atau kipas. Dengan mengatur kecepatan motor sesuai kebutuhan, *inverter* dapat membantu mengurangi konsumsi energi. Dalam banyak aplikasi, motor sering berjalan pada kecepatan konstan meskipun kebutuhan bervariasi, sehingga penggunaan *inverter* dapat mengoptimalkan penggunaan energi. *Inverter* seperti Mitsubishi D700 dilengkapi dengan fitur perlindungan yang membantu melindungi motor dari kondisi yang dapat merusaknya, seperti *overcurrent*, *overvoltage*, dan *overheating*. Dalam sistem

otomatisasi, *inverter* dapat dikontrol oleh *Programmable Logic Controller* (PLC) atau sistem kontrol lainnya untuk memberikan kontrol presisi terhadap proses industri.

e. PZEM-004T

PZEM-004T pada alat kontrol kecepatan putaran motor induksi 3 fasa berbasis *IoT* berfungsi sebagai alat pengukur untuk memantau dan mengukur berbagai parameter listrik dari motor, seperti tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, dan faktor daya. Dengan menyediakan data yang akurat tentang konsumsi energi dan kondisi operasional motor, PZEM-004T memungkinkan sistem kontrol untuk melakukan penyesuaian yang diperlukan agar motor beroperasi dengan efisien. Informasi yang dikumpulkan oleh PZEM-004T dapat dikirim ke *platform IoT* melalui *microcontroller* seperti ESP32, memungkinkan pemantauan dan analisis energi serta kontrol motor secara *real-time* dari jarak jauh.

C. Rencana Pengujian

Rencana pengujian untuk penelitian rancang bangun monitoring dan kontrol kecepatan putar pada motor induksi 3 fasa berbasis *IoT* mencakup beberapa langkah utama. Pertama, uji koneksi *IoT* untuk memastikan *microcontroller* (seperti ESP32) dapat terhubung dengan jaringan dan mengirim serta menerima data dari *platform IoT*. Selanjutnya, lakukan pengujian pada integrasi sensor seperti *rotary encoder* dan PZEM-004T untuk memastikan data kecepatan dan parameter listrik yang akurat. Pengujian kecepatan motor melibatkan pengaturan dan pengukuran kecepatan untuk memastikan respons yang tepat sesuai perintah

dan data yang ditampilkan.

Uji respons kontrol dan *feedback* untuk memverifikasi penyesuaian sistem berdasarkan data sensor, serta pengujian konsumsi energi dengan PZEM-004T untuk mengevaluasi efisiensi energi. Periksa stabilitas koneksi jaringan dan keamanan data yang dikirim, lalu lakukan uji skala penuh dan ketahanan sistem dalam kondisi operasional yang bervariasi. Terakhir, verifikasi antarmuka pengguna di *platform IoT* untuk memastikan tampilan data dan kemudahan kontrol yang efektif.