

**PENGUKURAN KECEPATAN UNTUK PENGGERAK MOTOR INDUKSI
TIGA PHASA BERBASIS ARDUINO UNO**

SKRIPSI

Di ajukan Oleh:

MUHAMMAD HARIS

NIM: 200211020

Prodi Pendidikan Teknik Elektro



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM, BANDA ACEH 2024 M / 1446 H**

PENGESAHAN PEMBIMBING

**PENGUKURAN KECEPATAN UNTUK PENGGERAK MOTOR INDUKSI
TIGA PHASA BERBASIS ARDUINO UNO**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Fakultas Tarbiah Dan Keguruan (FTK) Universitas Islam
Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh Sebagai Salah Satu Beban Studi Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Dalam Pendidikan Teknik Elektro

Diajukan Oleh:

MUHAMMAD HARIS

NIM. 200211020

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

Prodi Pendidikan Teknik Elektro

Disetujui/Disahkan

Pembimbing



Mursvidin, M.T.

NIP. 198204052023211020

PENGESAHAN SIDANG

**PENGUKURAN KECEPATAN UNTUK PENGGERAK MOTOR INDUKSI
TIGA PHASA BERBASIS ARDUINO UNO**

Telah diuji oleh panitia ujian munaqasyah skripsi Prodi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Uin Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus serta diterima sebagai salah satu beban Studi Program Sarjana (S-1) dalam ilmu Pendidikan Teknik Elektro

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 26 September 2024

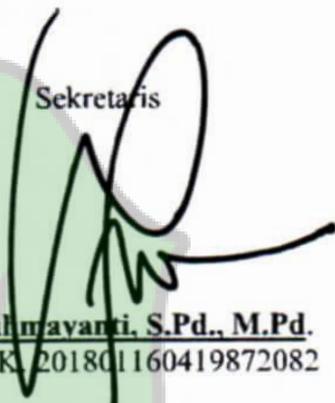
22 Rabiul Awal

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris


Mursyidin, M.T.
NIP. 1982204052023211020


Rahmayanti, S.Pd., M.Pd.
NIK. 201801160419872082

Penguji I

Penguji II


Muhammad Rizal Fachri, S.T., M.T.
NIP. 198807082019031018

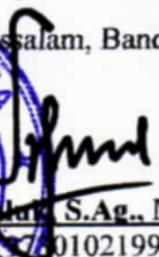

Muhammad Ikhsan, S.T., M.T.
NIP. 198610232023211028

Mengetahui:

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry

Darussalam, Banda Aceh




Prof. Saiful Mujib, S.Ag., MA., M.Ed., Ph.D.
NIP. 19701021997031003

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Haris
NIM : 200211020
Tempat /Tgl. Lahir : Garot Cut/ 17 Januari 2003
Alamat : Garot Cut, kec. Indrajaya, Kab. Pidie
Nomor HP : 082297728287

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini

Bila ini dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata ditemukan bukti bahwa saya bahwa saya telah melanggar pernyataan ini. Maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan keadaan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 10 September 2024



Yang menyatakan,

Muhammad Haris

Nim.200211020

ABSTRAK

Nama : Muhammad Haris
Nim : 200211020
Fakultas/Prodi : Tarbiyah dan Keguruan/Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengukuran Kecepatan Untuk Penggerak Motor Induksi
Tiga Fasa Berbasis Arduino Uno
Jumlah Halaman : 60 Halaman
Pembimbing Skripsi : Mursyidin, M.T
Kata Kunci : Motor Induksi Tiga Fasa, Pengukuran Kecepatan,
Arduino Uno, Sensor LM393.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat Pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa berbasis Arduino Uno. Motor induksi tiga fasa sering digunakan dalam aplikasi industri karena keandalannya, efisiensi tinggi, dan perawatan yang mudah. Namun, motor ini memiliki kelemahan seperti torsi awal yang rendah dan kesulitan dalam mengatur kecepatan, yang dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam operasi. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem kontrol berbasis Arduino Uno yang dapat mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa dengan mengubah frekuensi suplai listriknya. Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang menggunakan metode eksperimen. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa alat Pengukuran kecepatan ini mampu meningkatkan stabilitas dan efisiensi operasional motor induksi tiga fasa. Penggunaan sensor kecepatan yang sejajar dengan rotor motor memungkinkan sistem untuk merespon perubahan beban secara real-time, menjaga kecepatan tetap konstan dan mengurangi konsumsi energi. Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa, pengembangan alat Pengukuran kecepatan berbasis Arduino Uno ini efektif dalam mengatasi tantangan pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa, serta memiliki potensi aplikasi yang luas dalam industri.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji beserta syukur kehadirat Allah SWT yang mana telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan penulisan proposal ini. Sholawat bertangkaikan salam, tidak bosan-bosannya kita lantunkan kepada baginda kita, Nabi Besar Muhammad SAW yang mana oleh beliau telah membawa kita dari alam kebodohan kepada alam yang berilmu pengetahuan sebagaimana yang kita rasakan pada saat sekarang ini.

Berkat Rahmat Allah yang Maha Kuasa, peneliti mampu menyelesaikan penyusunan penulisan skripsi ini dengan judul: **“Pengukuran Kecepatan Untuk Penggerak Motor Induksi Tiga Phasa Berbasis Aduino Uno”**

Terimakasih pada pihak-pihak yang telah membantu dalam membantu menyelesaikan penyusunan Skripsi ini sehingga terselesaikan secara rangkum dan jelas. Pada kesempatan kali ini juga peneliti menyampaikan rasa terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian Skripsi ini, terutama kepada:

1. Terimakasih kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga peneliti mampu menyusun skripsi ini.
2. Terimakasih kepada Ibunda Hj. Rasyidah dan seluruh keluarga yang tidak bosan - bosannya mendukung dan memberikan semangat kepada peneliti sehingga termotivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.

3. Terimakasih kepada Bapak Safrul Muluk, M.A., M.Ed., Ph.D. selaku dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan yang telah memotivasi mahasiswa.
4. Terimakasih kepada Ibu Hari Anna Lastya, M.T. selaku Ketua Prodi dan seluruh Dosen dan Staf Pendidikan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama menduduki bangku kuliah.
5. Terimakasih kepada Bapak Mursyidin, M.T. selaku pembimbing skripsi yang telah sudi kiranya meluangkan waktu dan kesempatan juga begitu sabar membimbing peneliti sehingga telah terselesaikannya penyusunan skripsi ini.
6. Terimakasih kepada Fatin Alifa dan teman-teman Leting 20 PTE yang telah memberikan motivasi dan membantu peneliti dalam Menyusun skripsi ini.

Semoga Allah SWT meridhai penulisan ini dan bermanfaat kepada kita semua. Aamiin ya rabbal 'alamin.

Banda Aceh, 10 September 2024

Muhammad Haris

DAFTAR ISI

PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN SIDANG	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Definisi Operasional	6
F. Penelitian Terdahulu	8
BAB II PEMBAHASAN	12
A. Pengukuran Kecepatan.....	12
B. Motor Induksi Tiga Phasa	13
1. Pengertian Motor Induksi Tiga Phasa	13
3. Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Phasa	15
C. Arduino Uno.....	16
1. Pengertian Arduino.....	16
2. Fungsi Arduino Uno	18
D. Modul Sensor Kecepatan.....	19
E. <i>Variable Frequency Drive (VFD)</i>	20
F. Metode Yang di Gunakan	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
A. Rancangan Penelitian	24

1. Perancangan Keras (<i>HardWare</i>).....	26
2. Perancangan Perangkat Lunak (<i>Soft Ware</i>)	28
3. Pengujian Alat.....	29
4. Pengumpulan Data.....	31
B. Instrumen Penelitian.....	32
C. Teknik Analisa Data.....	32
BAB IV	34
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	34
A. Hasil Rancangan.....	34
1. Hasil perancangan <i>hardware</i>	35
2. Hasil perancangan <i>software</i>	37
B. Hasil pengujian.....	39
a. Hasil pengujian sensor LM393.....	39
b. Pengujian LCD	46
C. Pembahasan.....	47
BAB V.....	51
PENUTUP.....	51
A. Kesimpulan	51
B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
Lampiran – Lampiran.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Motor induksi tiga Phasa.....	14
Gambar 2.2 Bagian stator motor	14
Gambar 2.3 Rotor Sangkar (Squirrel Cage).....	15
Gambar 2.4 Rotor Belitan (Wound Rotor).....	15
Gambar 2.5 Arduino Uno.....	17
Gambar 2.6 Modul sensor kecepatan LM393	20
Gambar 2.7 Variable Frequency Drive (VFD)	21
Gambar 3.1 Flowchart penelitian	25
Gambar 3.2 program mengukur kecepatan dengan software Arduino uno	28
Gambar 3.3 Alur sistem kerja alat Pengukuran kecepatan.....	29
Gambar 3.4 Rangkaian blok diagram Pengukuran kecepatan	30
Gambar 4.1 rangkaian skematik alat pengujian pengukuran kecepatan	34
Gambar 4.2 rangkaian sensor LM393	35
Gambar 4.3 rangkaian LCD	36
Gambar 4.4 rangkaian VFD dengan motor induksi 3 phasa	36
Gambar 4.5 tampilan data pemrograman lcd	37
Gambar 4.6 tampilan data pemrograman keseluruhan	38
Gambar 4.7 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 30 hz	41
Gambar 4.8 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 35 hz	41
Gambar 4.9 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 40 hz	42
Gambar 4.10 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 45 hz	43
Gambar 4.11 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 50 hz	44
Gambar 4.12 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 55 hz	44
Gambar 4.13 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 60 hz	45
Gambar 4.14 grafik hasil pengujian perbandingan nilai kecepatan motor (RPM) pembacaan sensor LM393 dengan tachometer.....	46
Gambar 4.15 hasil Pengujian LCD.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penelitian.....	26
Tabel 3. 2 Tabel perbandingan pengujian sensor lm393 dengan tachometer	32
Tabel 4. 2 hasil pengujian perbandingan nilai kecepatan motor (RPM) pembacaan sensor LM393 dengan tachometer.....	40



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keputusan Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan.....	55
Lampiran 2 Coding Pengukuran Kecepatan	56
Lampiran 3 Foto kegiatan Penelitian	57
Lampiran 4 Spesifikasi Motor Induksi Tiga Phasa	58
Lampiran 5 Spesifikasi Modul Sensor Kecepatan LM393	60



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Motor induksi tiga fasa saat ini merupakan motor yang paling umum digunakan dalam berbagai aplikasi industri, unggul atas motor jenis lainnya karena desainnya yang simpel, daya tahan tinggi, perawatan yang mudah, dan efisiensinya yang tinggi. Namun, motor ini juga memiliki kelemahan, yaitu torsi awal yang rendah dan kesulitan dalam mengatur kecepatan. Dalam konteks produksi, pengendalian kecepatan motor menjadi sangat penting untuk menyesuaikan dengan kebutuhan proses produksi. Keberlanjutan dan efisiensi energi menjadi fokus utama dalam industri modern. Salah satu konsumen energi terbesar adalah motor induksi tiga fasa, dan pengaturan yang tepat dapat membantu mengurangi konsumsi energi dengan mengoptimalkan kecepatan operasinya. Banyak aplikasi industri melibatkan perubahan beban seiring waktu. Misalnya, dalam sistem konveyor atau transportasi otomatis, muatan yang diangkut dapat berubah secara dinamis. Oleh karena itu, kendali kecepatan yang dapat disesuaikan dan responsif menjadi sangat penting untuk mengatasi variasi ini.

Dalam banyak kasus, motor induksi harus beroperasi pada kecepatan tertentu, dan ketika beban meningkat, itu akan meningkatkan torsi motor, yang pada gilirannya akan meningkatkan arus induksi di rotor dan menyebabkan slip antara medan putar dan putaran rotor menjadi lebih signifikan. Perubahan ini dalam beban dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam kecepatan motor induksi. Oleh karena

itu, diperlukan sistem pengendalian untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja motor induksi.

Pada dasarnya motor induksi dioperasikan pada kecepatan yang konstan, jika beban berubah maka kecepatan motor juga akan berubah. Karena itu untuk mempertahankan agar kecepatan tetap konstan maka tegangan dan frekuensi harus diatur. Namun untuk mengatur tegangan agar didapatkan unjuk kerja yang diharapkan perlu mengatur ulang jumlah kutub stator dan cara lainnya adalah dengan mengubah frekuensi jaringan yang men-supply motor tersebut. Hal tersebut diperlukan dengan tujuan antara lain untuk mengurangi besarnya arus start, meredam getaran dan hentakan mekanis saat starting. Karena itu, banyak dilakukan penelitian tentang pengaturan putaran motor induksi tersebut. Salah satunya adalah dengan cara mengubah frekuensi catu daya yang masuk ke motor, untuk mengatur kecepatan motor.

Kecepatan normal atau kecepatan sinkron motor induksi tiga fase tergantung pada beberapa faktor, seperti desain motor dan frekuensi sistem daya listriknya. Dalam sistem tiga fase, kecepatan sinkron (kecepatan rotor yang ideal tanpa slip) dapat dihitung dengan rumus: Kecepatan Sinkron (N) = $(120 \times \text{Frekuensi Sistem}) / \text{Jumlah Kutub}$. Dalam rumus ini, N adalah kecepatan sinkron dalam RPM (Rotations Per Minute), frekuensi sistem adalah frekuensi daya listrik dalam Hertz (Hz), dan Jumlah Kutub adalah jumlah kutub pada motor¹. Untuk motor induksi tiga fase, kecepatan rotor akan selalu sedikit lebih rendah dari kecepatan sinkronnya karena

¹ Nur, MR, Arif, YC, & Qudsi, OA (2022). Perbandingan Respon Kecepatan dan Torsi Pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Metode Vector Control dan Scalar Control. *Jurnal EECCIS (Listrik, Elektronika, Komunikasi, Kontrol, Informatika, Sistem)*, 16 (2), 38-42.

adanya slip (selip), yang menyebabkan perbedaan antara kecepatan rotor dan kecepatan sinkron.

Penggunaan Arduino uno, yang merupakan platform mikrokontroler dengan biaya terjangkau dan sifatnya yang open-source, membuka peluang untuk pengembangan sistem monitoring kecepatan motor yang lebih efisien. Arduino Uno menawarkan fleksibilitas tinggi dalam pemrograman serta kemudahan dalam integrasi dengan berbagai jenis sensor, termasuk sensor kecepatan. Dengan demikian, sistem berbasis Arduino Uno berpotensi menjadi solusi yang ideal untuk pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa secara akurat dan real-time. Saat memantau kecepatan motor induksi digunakan sensor kecepatan yang bertugas mendeteksi dan mengukur kecepatan putaran motor. Sensor kecepatan ini bekerja dengan membaca perubahan putaran mesin melalui pembacaan encoder. Letak sensor ini biasanya sejajar dengan rotor motor induksi, artinya letaknya sejajar dengan rotor dan dapat berputar mengikuti rotor tersebut. Pada saat motor induksi beroperasi, perubahan kecepatan putaran motor akan mempengaruhi pembacaan dari sensor kecepatan tersebut. Sensor akan mendeteksi perubahan signifikan pada putaran mesin (RPM). Ini berarti bahwa ketika terjadi perubahan pada kecepatan motor, sensor akan merespons dengan mengukur perbedaan RPM dari nilai sebelumnya. Dengan informasi yang diberikan oleh sensor kecepatan ini, pengendali atau sistem otomatis dapat merespons terhadap perubahan kecepatan motor dengan mengambil tindakan yang sesuai. Misalnya, jika motor mengalami peningkatan beban dan kecepatannya mulai melambat, sensor kecepatan akan mendeteksi perubahan ini, dan sistem kontrol dapat meningkatkan daya yang

diberikan ke motor untuk menjaga kecepatan tetap konstan. Penggunaan sensor kecepatan sejajar dengan rotor motor adalah penting untuk memantau dan mengendalikan kinerja motor induksi dengan akurat, terutama dalam aplikasi industri di mana stabilitas dan kecepatan yang konsisten sangat penting. Dengan bantuan sensor ini, sistem pengendalian dapat merespons secara real-time terhadap perubahan dalam beban atau permintaan produksi, menjaga kecepatan motor tetap stabil, dan meningkatkan efisiensi operasional.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa menggunakan Arduino Uno. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyediakan data kecepatan yang akurat, yang dapat dimanfaatkan untuk pengawasan kinerja motor secara berkelanjutan. Pemantauan kecepatan yang efektif akan membantu mencegah kondisi operasi motor yang tidak sesuai, mengurangi risiko kerusakan, serta mendukung optimalisasi efisiensi energi. Selain itu, solusi berbasis Arduino Uno juga diharapkan mampu menekan biaya implementasi dibandingkan dengan solusi komersial yang lebih kompleks.

Dengan adanya sistem pengukuran yang terintegrasi ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan pada pengembangan teknologi monitoring motor induksi yang lebih efisien dan mudah diterapkan, baik di skala laboratorium maupun dalam industri. Pemilihan platform Arduino Uno juga menawarkan keuntungan dalam hal ketersediaan, fleksibilitas, serta potensi pengembangan lebih lanjut sesuai dengan kebutuhan aplikasi yang spesifik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk mengembangkan sistem pengukuran kecepatan untuk penggerak motor induksi tiga fasa berbasis

Arduino Uno. karena pentingnya monitoring kecepatan motor induksi dalam berbagai aplikasi industri, serta kebutuhan akan solusi yang lebih terjangkau, fleksibel, dan efisien. Dengan sistem yang diusulkan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efisiensi operasional motor induksi, mengurangi risiko kerusakan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka didapatkan rumusan masalahnya adalah:

1. Bagaimana merancang alat Pengukuran kecepatan motor induksi tiga phasa berbasis Arduino uno?
2. Bagaimana hasil uji alat Pengukuran kecepatan motor induksi tiga phasa berbasis Arduino uno?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahannya, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menghasilkan rancangan alat Pengukuran kecepatan motor induksi tiga phasa berbasis Arduino uno.
2. Untuk mengetahui hasil uji alat Pengukuran kecepatan motor induksi tiga phasa berbasis Arduino uno.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah :

1. Manfaat teoristik

Manfaat teoritis pada penelitian ini adalah untuk memberikan dasar bagi peneliti lain untuk melakukan penelitian yang serupa dan menambah pengetahuan mengenai Pengukuran kecepatan untuk penggerak motor induksi tiga fasa yang berbasis mikrokontroler.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi peneliti Menambahkan wawasan mengenai Pengukuran kecepatan untuk penggerak motor induksi tiga fasa yang berbasis mikrokontroler dan memperoleh pengalaman dalam melakukan penelitian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan dan masukan bagi penelilitlain.

b. Bagi masyarakat akan mendapatkan manfaat berupa penghematan energi dan biaya. Dengan pengaturan kecepatan yang lebih cerdas dan responsif, industri dan bisnis akan dapat mengurangi komsumsi energi mereka.

E. Definisi Operasional

Definisi operasional dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran Kecepatan

Pengukuran kecepatan adalah suatu sistem kontrol otomatis yang menggunakan umpan balik (feedback) untuk memonitor kecepatan suatu sistem dan menghasilkan sinyal kontrol yang sesuai untuk mempertahankan atau mengatur kecepatan tersebut sesuai dengan nilai yang diinginkan. Sistem kontrol ini dapat melibatkan berbagai jenis sensor untuk mengukur kecepatan, serta elemen pengendali untuk

menghasilkan sinyal yang mengubah input sistem dengan tujuan mencapai dan mempertahankan kecepatan yang diinginkan.²

2. Motor induksi Tiga fasa

Motor induksi tiga fasa adalah suatu tipe motor listrik yang menggunakan tiga fasa arus bolak-balik (AC) untuk menghasilkan medan putar yang memutar rotor motor. Motor ini didasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik yang pertama kali dijelaskan oleh Michael Faraday. Motor induksi tiga fasa sangat umum digunakan dalam berbagai aplikasi industri dan komersial karena kehandalan, efisiensi, dan daya tahan yang tinggi³.

3. Arduino Uno

Arduino Uno adalah salah satu model paling populer dalam keluarga Arduino. Menggunakan mikrokontroler ATmega328P, Arduino Uno menawarkan 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, dan berbagai fitur lainnya seperti kristal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset. Alat ini sangat cocok untuk pemula maupun profesional yang ingin mengembangkan proyek elektronik dan prototipe dengan mudah⁴.

² Alima, S. N., Fauziah, M., & Dewatama, D. (2020). PI Controller Untuk Mengatur Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa. *Aviation Electronics, Information Technology, Telecommunications, Electricals, Controls*, 2(2), 161-169.

³ Nugraha, AT, Marjuki, R., Agna, DIY, & Ivannuri, F. (2023). Sistem Kontrol Tegangan pada Generator Induksi 3 Fasa dengan Tegangan PLC. *Elektro: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 13 (01), 21-33.

⁴ Nugroho, BA, & Djaksina, YM (2022). Implementasi Mikrokontroler Arduino Uno dan Multi Sensor Pada Tempat Sampah. *Scientia Sacra: Jurnal Sains, Teknologi dan Masyarakat*, 2 (4), 70-77.

F. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dimaksudkan untuk dijadikan rujukan atau referensi guna memudahkan penelitian secara keseluruhan. Selain itu, seseorang harus menghindari asumsi kesamaan dengan penelitian ini. Oleh karena itu, dalam tinjauan pustaka ini dapat kami sertakan hasil penelitian sebelumnya sebagai berikut:

1. M Yusuf, V Prasetya, SD Riyanto, AA Rafiq (2019) berjudul "Desain Simulasi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa dengan Switching Space Vector Pulse Width Modulation" Motor induksi telah dimanfaatkan industri sebagai sumber energi mekanik. Motor induksi sangat handal, murah, dan mudah dalam perawatannya. Motor induksi sulit dikendalikan karena salah satu kategori plant nonlinier. Salah satu cara yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi adalah mengatur vektornya. Agar motor induksi mudah untuk dikendalikan seperti motor dc penguat terpisah, maka motor induksi dimodelkan dalam referensi sumbu putar (model d-q). Penelitian ini menerapkan skema pengaturan kecepatan motor induksi menggunakan Switching Space Vector Pulse Width Modulation (SVPWM). Sistem ini menghasilkan error steady state rata-rata di bawah 4 (empat) rpm atau sebesar 0,3 % dengan diberi torsi beban antara 5 Nm sampai 35 Nm.⁵
2. Rina Arjulino Nasution (2023) berjudul "Pengendalian dan Pemantauan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Internet Of Things Menggunakan

⁵ Yusuf, M., Prasetya, V., Riyanto, S. D., & Rafiq, A. A. (2019). Desain Simulasi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa dengan Switching Space Vector Pulse Width Modulation. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 6(1), 24-31.

Panel Surya" Proses pengendalian kecepatan motor induksi pada penelitian ini dilakukan melalui pengaturan frekuensi masukan motor induksi yang dihasilkan oleh inverter tiga fasa menggunakan metode pensaklaran PWM yang diatur melalui mikrokontroler. Aplikasi Blynk pada smartphone yang terhubung dengan jaringan internet akan memberikan perintah perubahan frekuensi input motor, yang selanjutnya mikrokontroler akan memberikan sinyal PWM untuk melakukan proses pensaklaran.⁶

3. Ahmad Ridwan (2022) berjudul.“Perancangan Sistem Kendali Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler” : Sistem kendali motor induksi merupakan suatu cara untuk mengendalikan motor dengan menggunakan jalur langsung (DOL), putaran dua arah (Maju Mundur), bintang-segitiga (bintang-delta), dan rangkaian sekuensial. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem kerja start dan pemasangan rangkaian kendali motor induksi tiga fasa menggunakan mikrokontroler.⁷
4. Teguh Yuwono, Resnu Mauliyana Mukti Wilutomo (2017) berjudul "Rancang Bangun Memonitor Arus dan Tegangan Serta Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Web Berbasis Arduino Due" Motor induksi 3 fasa harus bekerja dengan baik dan aman. Banyak jenis gangguan yang berpotensi mengganggu kinerja motor atau bahkan merusak motor itu sendiri, termasuk akibat ketidakstabilan daya yang meliputi ketidakseimbangan antara tegangan fasa dengan arus fasa yang lebih banyak. Pengawasan suatu kegiatan industri

⁶ RINA, A. N. (2023). PENGENDALIAN DAN PEMANTAUAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 FASA BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN PANEL SURYA.

⁷. PERANCANGAN DAN KONSTRUKSI SISTEM KONTROL MOTOR INDUKSI TIGA FASE BERBASIS MIKROKONTROLER Ridwan, A. Jurnal Teknik dan Sains Elektro (JuTEKS), 9(1).

khususnya pengawasan terhadap sistem proteksi merupakan hal yang sangat penting, hal ini bertujuan Gangguan yang terjadi pada motor induksi 3 fasa dapat dianalisis nilai dan jenis gangguannya. Perkembangan teknologi yang pesat memerlukan suatu sistem pemantauan yang praktis, cepat dan akurat.⁸

5. Muhammad Khalid (2024) berjudul “Mendesain Modul Trainer KIT Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino”: Bahan ajar berupa media cetak yang hampir sama dengan buku sering disebut dengan modul, modul berisi tentang teori dan semua tahapan kerja secara merinci pada praktikum yang dilakukan dalam ruang laboratorium. Metode penelitian melibatkan tahap desain, implementasi, dan evaluasi. Tahap desain mencakup perancangan modul trainer kit, pemilihan komponen elektronik, dan pengembangan perangkat lunak untuk mengintegrasikan perintah suara dengan kontrol motor DC.⁹

Berdasarkan Penelitian relavan diatas, peneliti menyimpulkan perbedaan antara penelitian yang terdahulu dengan penelitian sekarang adalah Penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada aspek pengendalian kecepatan motor induksi dengan berbagai metode canggih, seperti SVPWM, pengaturan frekuensi berbasis IoT, atau metode DOL dan bintang-segitiga, serta monitoring parameter lainnya. Sementara itu, penelitian saat ini lebih terfokus pada pengukuran

⁸ Wilutomo, R. M. M., & Yuwono, T. (2017). Rancang Bangun Memonitor Arus Dan Tegangan Serta Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Web Berbasis Arduino Due. *Gema Teknologi*, 19(3), 19-24.

⁹ Konstruksi dan pembuatan sistem kontrol motor induksi tiga fase yang berbasis mikrokontroler. A. Ridwan (2022). *Journal of Electrical Engineering and Science*, 9(1).

kecepatan motor induksi tiga fasa secara real-time menggunakan Arduino Uno, tanpa mengintegrasikan sistem kontrol otomatis atau parameter tambahan seperti arus dan tegangan.



BAB II

PEMBAHASAN

A. Pengukuran Kecepatan

Pengukuran kecepatan adalah proses untuk menentukan besar kecilnya laju perubahan posisi suatu objek dalam satuan waktu tertentu. Dalam konteks motor induksi tiga fasa, pengukuran kecepatan mengacu pada penghitungan kecepatan putaran rotor (rotational speed) yang dinyatakan dalam satuan revolusi per menit (RPM). Kecepatan putaran ini sangat penting untuk dipantau karena mempengaruhi kinerja motor dan efisiensi energi dalam sistem yang mengandalkan motor tersebut.

Pengukuran kecepatan adalah suatu perangkat atau sistem yang dirancang untuk mengatur dan mempertahankan tingkat kecepatan suatu mesin, perangkat, atau sistem dinamis pada nilai tertentu. Tujuan utama dari Pengukuran kecepatan adalah untuk memastikan bahwa kecepatan sesuai dengan nilai yang diinginkan atau setpoint yang telah ditentukan, serta memberikan respons yang cepat terhadap perubahan-perubahan yang terjadi.

Sistem Pengukuran kecepatan umumnya menggunakan mekanisme umpan balik (feedback) untuk terus memonitor kecepatan aktual dan membandingkannya dengan nilai setpoint. Berdasarkan perbedaan antara kecepatan aktual dan setpoint, Pengukuran menghasilkan sinyal kontrol yang mempengaruhi input atau parameter lain dari sistem untuk membawa kecepatan kembali ke nilai yang diinginkan. Pengukuran kecepatan sering diterapkan dalam berbagai konteks, termasuk pada motor listrik, kendaraan, sistem transportasi, dan mesin industri. Berbagai metode dan algoritma kontrol dapat digunakan, seperti PID (Proporsional-Integral-

Derivative) controller atau kontroler adaptif, tergantung pada kompleksitas sistem dan persyaratan aplikasi tertentu. Tujuan utama Pengukuran kecepatan adalah untuk mencapai kinerja yang stabil, akurat, dan responsif terhadap perubahan kondisi operasional.¹⁰

B. Motor Induksi Tiga Fasa

1. Pengertian Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa merupakan perangkat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, dengan menggunakan tenaga listrik dari sumber tiga fasa. Secara mendasar, motor induksi tiga fasa memiliki kecepatan yang tetap baik dalam keadaan tanpa beban (zero/no-load) maupun pada beban penuh (fullload). Kecepatan motor ini tergantung pada frekuensi operasionalnya, sehingga sulit diatur secara langsung. Namun, saat ini, kendali kecepatan dapat dilakukan menggunakan alat Pengukuran frekuensi. Dua bagian utama motor induksi adalah stator dan rotor. Stator merupakan bagian pasif yang terdiri dari badan motor, inti stator, belitan stator, bantalan, dan kotak terminal. Sedangkan rotor merupakan bagian yang berputar dan terdiri dari rotor sangkar, poros, dan bantalan. rotor. Penting untuk dicatat bahwa dalam motor induksi, tidak ada kontak langsung antara bagian rotor dan stator. Keduanya dipisahkan oleh celah kecil, mengeliminasi kebutuhan akan pelumas untuk mengurangi gesekan. Dibandingkan dengan motor DC, konstruksi motor induksi lebih sederhana karena tidak memerlukan komutator dan sikat arang, sehingga perawatannya lebih terfokus pada aspek mekanik.

¹⁰ Viantika, A., & Parwinoto, M. (2022). PERANCANGAN PENGUKURAN KECEPATAN KIPAS SECARA OTOMATIS DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA328. *SIGMA TEKNIKA*, 5(2), 305-313.



Gambar 2. 1 Motor induksi tiga Phasa

2. Konstruksi motor induksi terdiri atas dua bagian:

a. Stator

Stator adalah bagian motor induksi yang bersifat permanen dan tidak berputar. Komponen ini berupa kumparan yang dapat memasukkan medan listrik ke dalam rotor kumparan. Struktur stator motor induksi terdiri dari beberapa elemen antara lain: rangka stator, inti stator, dan belitan.

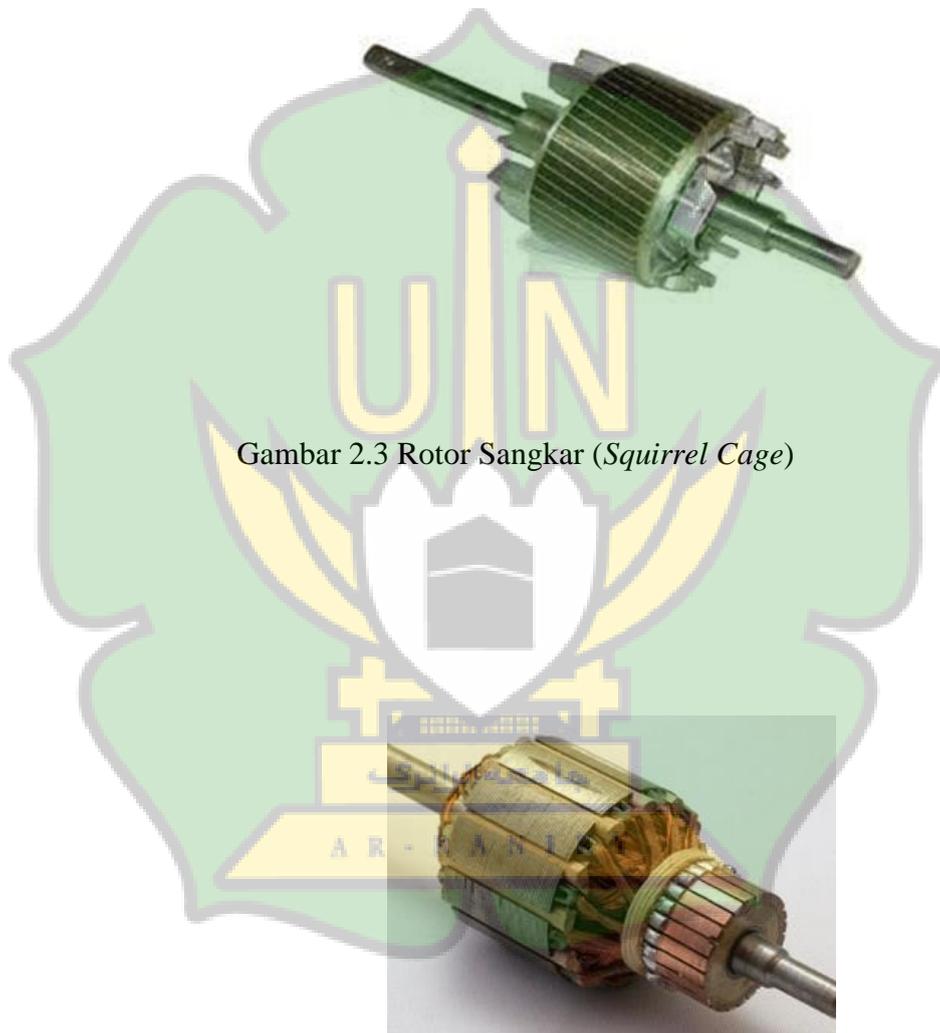


Gambar 2. 2 Bagian stator motor

b. Rotor

Rotor adalah bagian motor induksi yang bergerak akibat medan magnet dari medan listrik dan memindahkannya ke medan rotor. Struktur rotor motor induksi

terdiri dari beberapa bagian yaitu inti rotor, slot, bilah rotor dan poros. Motor induksi dibedakan menjadi dua jenis yaitu motor induksi dengan burrotor (sangkar tupai) dan motor induksi dengan rotor belitan (wound rotor) berdasarkan desain konstruksinya



Gambar 2.3 Rotor Sangkar (*Squirrel Cage*)

Gambar 2. 3 Rotor Belitan (*Wound Rotor*)

c. Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi yang bekerja didasarkan pada penggerak elektromagnetik dari stator ke rotor. Jika motor induksi tiga fasa stator dihubungkan dengan satu trafo

tiga fasa maka stator akan menghasilkan magnet permanen. Fluktuasi kumparan stator akan menyebabkan kumparan rotor terbentur sehingga mengakibatkan terbentuknya pengatur listrik (Emf) atau induksi tegangan. Akan ada arus yang mengalir pada kumparan rotor karena merupakan rangkaian tertutup. Kumparan rotor pembawa arus diposisikan pada jalur gaya fluks yang memancar dari kumparan stator, menyebabkan kumparan rotor menghadapi gaya Lorentz. Torsi ini cenderung menggerakkan rotor searah dengan medan induksi stator. Menurut Hukum Lenz, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator karena medan gerak stator akan memotong penghantar rotor sehingga menimbulkan arus.

Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor dikenal sebagai slip. Saat beban meningkat, kopel motor akan bertambah, mengakibatkan peningkatan arus induksi pada rotor. Akibatnya, slip antara medan putar stator dan putaran rotor juga akan meningkat. Oleh karena itu, ketika beban motor meningkat, kecepatan putaran rotor cenderung menurun. Jika sumber tegangan tiga fasa terhubung ke terminal stator, maka arus akan timbul pada kumparan tegangan (stator), menghasilkan fluksi.¹¹ Fluksi pada stator umumnya tetap konstan.

C. Arduino Uno

1. Pengertian Arduino

Arduino adalah platform pengembangan yang mencakup perangkat keras dan perangkat lunak, dirancang untuk pembuatan prototipe serta pengembangan proyek

¹¹ Nugraha, A. T., Marjuki, R., Agna, D. I. Y., & Ivannuri, F. (2023). Sistem Kontrol Tegangan pada Generator Induksi 3 Fasa dengan PLC Voltage. *Elektriase: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 13(01), 21-33.

elektronik. Salah satu elemen utama dalam ekosistem Arduino adalah mikrokontroler Arduino.¹²

Mikrokontroler dapat diprogram menggunakan berbagai bahasa, termasuk Assembly, C, dan bahasa tingkat tinggi yang dioptimalkan khusus untuk mikrokontroler tertentu, seperti Bahasa Arduino. Arduino Uno merupakan salah satu model yang paling terkenal dalam seri Arduino. Dengan menggunakan mikrokontroler ATmega328P, Arduino Uno menyediakan 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat berfungsi sebagai output PWM), 6 input analog, serta berbagai fitur lain seperti kristal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset. Perangkat ini sangat ideal bagi pemula maupun profesional yang ingin mengembangkan proyek elektronik dan membuat prototipe dengan mudah.



Gambar 2. 4 Arduino Uno

¹² Nugroho, B. A., & Djaksana, Y. M. (2022). Implementasi Mikrokontroler Arduino Uno dan Multi Sensor Pada Tempat Sampah. *Scientia Sacra: Jurnal Sains, Teknologi dan Masyarakat*, 2(4), 70-77.

2. Fungsi Arduino Uno

Adapun fungsi dari arduino adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan Input dan Output Digital: Arduino Uno memiliki 14 pin digital yang dapat digunakan sebagai input atau output untuk mengendalikan LED, tombol, sensor, dan actuator.
2. Pengolahan Input Analog: Arduino Uno memiliki 6 pin input analog yang memungkinkan pembacaan data dari sensor analog seperti sensor suhu, potensiometer, dan sensor cahaya.
3. Output PWM (Pulse Width Modulation): 6 dari 14 pin digital dapat menghasilkan sinyal PWM yang dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan motor, intensitas cahaya LED, dan perangkat lainnya.
4. Komunikasi Serial: Arduino Uno dapat berkomunikasi dengan komputer atau perangkat lain melalui port USB atau pin RX/TX. Ini memungkinkan transfer data antara Arduino dan perangkat eksternal.
5. Interupsi Eksternal: Pin 2 dan 3 pada Arduino Uno dapat digunakan untuk menangani interupsi eksternal, yang berguna untuk tugas-tugas yang memerlukan respon cepat terhadap peristiwa tertentu.
6. Konektivitas USB: Port USB memungkinkan pengguna untuk mengunggah program ke papan Arduino serta menyediakan komunikasi serial dengan komputer.
7. Catu Daya: Arduino Uno dapat diberi daya melalui koneksi USB, adaptor AC-DC, atau baterai, dengan regulator internal yang memastikan tegangan stabil untuk operasi.

8. Memori: Arduino Uno memiliki memori flash sebesar 32 KB untuk menyimpan program, SRAM sebesar 2 KB untuk penyimpanan variabel yang digunakan selama operasi, dan EEPROM sebesar 1 KB untuk menyimpan data yang perlu dipertahankan saat daya dimatikan.
9. Header ICSP (In-Circuit Serial Programming): Header ICSP memungkinkan pemrograman mikrokontroler ATmega328P menggunakan programmer eksternal.
10. Reset: Tombol reset memungkinkan pengguna untuk me-restart program yang berjalan di Arduino Uno tanpa perlu memutus daya.¹³

D. Modul Sensor Kecepatan LM393

Sensor LM393 merupakan sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan gerak benda. Pengukuran pada sensor ini mengukur suatu poros atau objek yang berputar pada suatu generator dan menghasilkan suatu tegangan yang seimbang dengan kecepatan putaran objek.¹⁴

Modul sensor kecepatan ini menggunakan IC LM393 dan sensor optocoupler. Sensor optocoupler bekerja dengan mendeteksi perubahan cahaya inframerah. Sensor ini terdiri dari dua komponen utama: pemancar dan penerima. Bagian pemancar mengandung LED inframerah (IR LED) yang bertugas mengirimkan

¹³ Khalid, M. (2024). Mendesain Modul Trainer Kit Pengendalian Kecepatan Motor Dc Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino (Disertasi Doktor, UIN AR-RANIRY Banda Aceh).

¹⁴ Mukhlis Sholihin, MS (2021). *PENERAPAN IoT (INTERNET of THINGS) TERHADAP RANCANG BANGUN SISTEM PERINGATAN BATASAN KECEPATAN DAN PENDETEKSI LOKASI KECELAKAAN BAGI PENGENDARA SEPEDA MOTOR BERBASIS ARDUINO* (Disertasi Doktor, Institut Teknologi Nasional Malang).

sinyal ke penerima. Sedangkan bagian receiver berfungsi untuk menangkap cahaya yang dipancarkan.

Modul sensor ini berfungsi mendeteksi gerakan benda yang ditempatkan di antara transmitter dan receiver pada sensor. Benda tersebut biasanya berupa disk encoder atau kisi. Ketika disk atau kisi berputar, akan ada momen dimana cahaya inframerah terhubung atau terhalang oleh kisi. Bila cahaya yang diindramatis maka rangkaian akan menjadi terbuka, sedangkan bila cahaya tidak terhalang maka rangkaian akan menjadi dekat. Cahaya yang ditangkap akan terputus-putus, menghasilkan pulsa on dan off. Pulsa ini kemudian dikonversi oleh mikrokontroler menjadi kecepatan data.



Gambar 2. 5 Modul sensor kecepatan LM393

E. *Variable Frequency Drive (VFD)*

VFD adalah perangkat yang mengubah frekuensi dan tegangan input AC (Alternating Current) untuk menghasilkan output AC yang bervariasi. Pada dasarnya, kecepatan beban yang digerakkan seringkali bervariasi dengan operasi

yang dilakukan. Dalam memvariasikan kecepatan motor induksi yang dapat menggerakkan beban ini yang disebut dengan *Variable Frequency Drive* (VFD). VFD perangkat yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor listrik dengan mengatur frekuensi dan tegangan yang diterapkan pada motor. Kecepatan pada motor induksi ini sangat bervariasi secara proporsional dengan suatu frekuensi keluaran *Variable Frequency Drive* (VFD)¹⁵.



Gambar 2. 6 *Variable Frequency Drive* (VFD)

F. Metode Yang di Gunakan

Peneliti disini menggunakan Metode penelitian eksperimen pendekatan penelitian eksperimental biasanya digunakan. Hal ini tidak menghalangi penerapan metodologi ini dalam penelitian ilmu sosial, termasuk penelitian di bidang pendidikan. Oleh karena itu, paradigma positivistik penelitian eksperimental pertama kali digunakan secara luas dalam ilmu-ilmu keras, termasuk fisika dan biologi, dan kemudian diperluas ke bidang sosial dan pendidikan.

Borg & Gall (1983) mengklaim bahwa karena penelitian eksperimental dilakukan di bawah kendali yang cermat atas faktor-faktor perancu selain dari

¹⁵ Munfiqoh, MK, & Aribowo, D. (2022). Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan *Variable Frequency-Drive* (VFD) Untuk Mendeteksi Aliran dan Tekanan Air Pada Modul Pumps Training System PT. Festo Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1 (2), 24-34.

faktor-faktor yang diuji, maka penelitian ini merupakan jenis penelitian yang paling sah secara ilmiah dan dapat dipercaya. Emmory menggambarkan penelitian eksperimental sebagai jenis penelitian unik yang bertujuan untuk mengidentifikasi variabel dan hubungannya. Definisi tradisional eksperimen adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui bagaimana suatu variabel perlakuan (variabel bebas) mempengaruhi variabel dampak (variabel terikat). Ada empat kategori penelitian eksperimental: eksperimen nyata atau murni, eksperimen semu, eksperimen lemah atau lemah, dan eksperimen subjek tunggal (single subject eksperimental).

Faktor-faktor yang dapat mengancam validitas internal suatu hasil penelitian eksperimen antara lain:

1. History, mencakup variabel-variabel yang diujikan (perlakuan), serta peristiwa spesifik yang terjadi antara penilaian pertama (pretest) dan kedua (posttest).
2. Maturation (kematangan), yaitu: proses perubahan atau pendewasaan subjek selama percobaan (misalnya, menjadi lebih mahir, lebih usang atau jenuh, dll.). Membuat eksperimen jangka pendek adalah salah satu metode untuk menyiasatinya.
3. Efek Testing, yaitu dampak hasil pengukuran pertama (pretest) terhadap hasil pengukuran kedua (post-test). Solusinya adalah dengan tidak melakukan pre-test.
4. Instrumentation, yaitu dampak yang disebabkan oleh modifikasi terhadap pengamat atau teknik pengukuran itu sendiri, yang dapat mengubah temuan pengukuran.

5. Selection, yaitu bias ada dalam proses memilih atau mengidentifikasi peserta untuk kelompok eksperimen (atau kelompok yang menerima perlakuan) dan kelompok kontrol/perbandingan.
6. Statistical regression, yaitu bahwa kelompok yang dipilih dengan menggunakan skor tinggi atau rendah mempunyai kecenderungan untuk mengalami kemunduran menuju rata-rata populasi.
7. Mortality, yaitu penurunan peserta saat menilai pengaruh eksperimen/perlakuan, baik pada kelompok eksperimen maupun kelompok pembanding.



BAB III

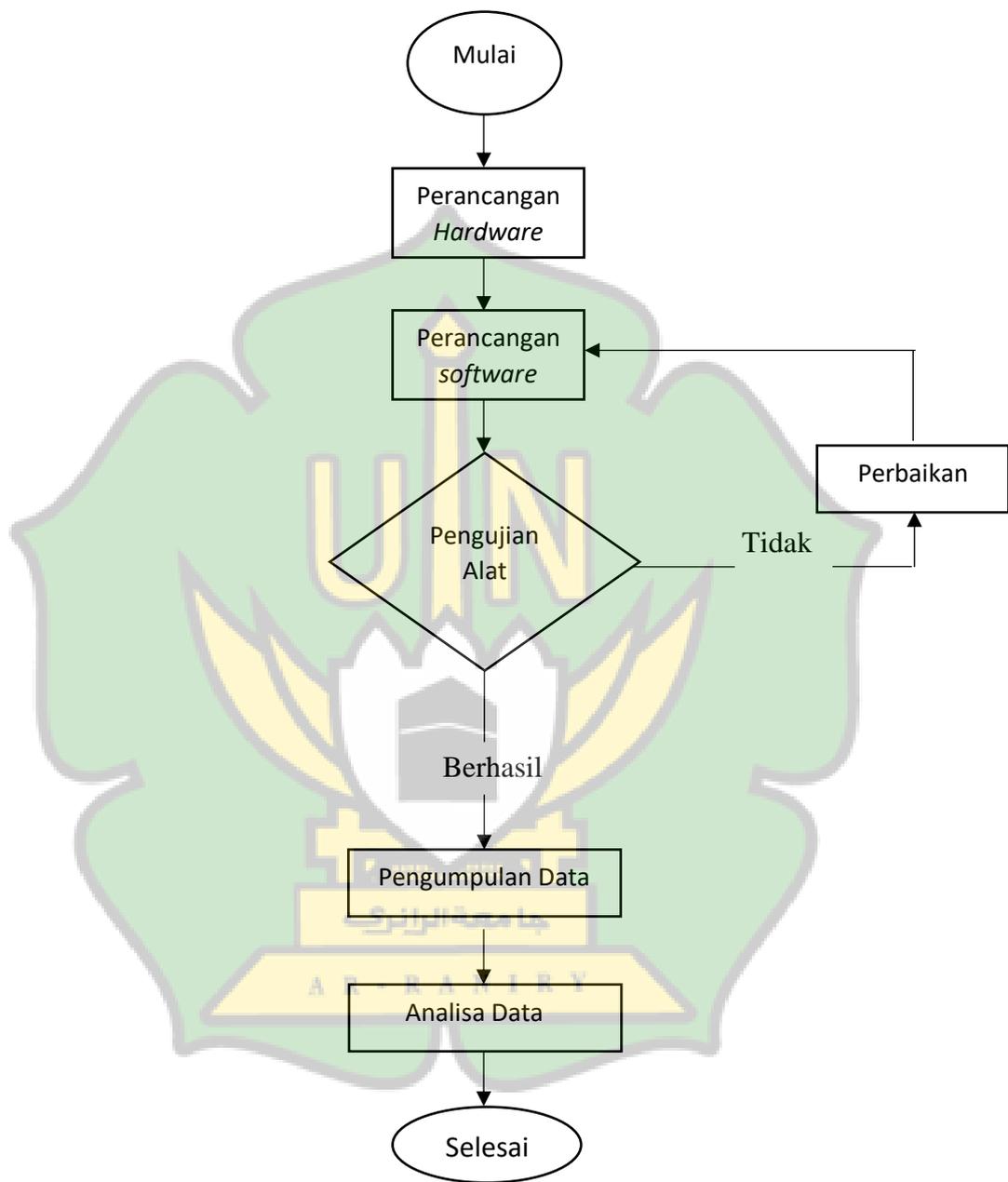
METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Pendekatan kuantitatif deskriptif adalah penelitian yang menyajikan data dalam bentuk angka-angka yang kemudian dideskripsikan dalam bentuk kalimat.

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimen adalah pendekatan penelitian kuantitatif yang diterapkan untuk memahami pengaruh variabel bebas (perlakuan) terhadap variabel terikat (hasil) dalam kondisi terkendali. Kondisi tersebut diatur agar tidak ada variabel lain selain variabel perlakuan yang mempengaruhi variabel terikat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat Pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroler dan untuk mengetahui hasil uji alat Pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroler.

Diagram Flowchart penelitian adalah diagram yang menggambarkan urutan penelitian itu. Urutan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *Flowchart* penelitian

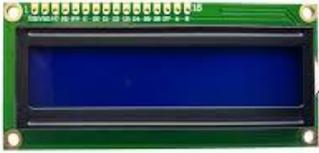
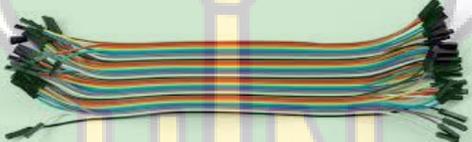
Tahapan – tahapan yang dijalankan dalam *flowchart* penelitian 3.1 sebagai berikut:

1. Perancangan Keras (*Hardware*)

Pada tahap ini dilakukan penyusunan konsep awal dan letak komponen perangkat keras agar peralatan dapat bekerja secara efisien. Alat dan bahan yang dipakai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

No	Alat dan bahan	Gambar	Jumlah
1	Arduino uno		1
2	VFD		1
3	Modul LM393		1

4	LCD		1
5	Kabel jumper		14
6	komputer atau laptop		1
7	motor induksi tiga fasa		1

8	multimeter		1
---	------------	---	---

2. Perancangan Perangkat Lunak (*Soft Ware*)

Pada tahap ini diperlukan perangkat lunak untuk merancang Pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa berbasis arduino uno. Arduino uno merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk pemograman arduino dan mikrokontroler.

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

const int sensorPin = 2; // Pin digital untuk sensor kecepatan LM393
volatile unsigned int pulseCount = 0; // Variabel untuk menghitung pulsa
unsigned long lastTime = 0; // Variabel untuk menyimpan waktu terakhir
unsigned int rpm = 0; // Variabel untuk menyimpan kecepatan dalam RPM
unsigned int pulsePerSecond = 0; // Variabel untuk menyimpan pulsa per detik
unsigned int pulsePerMinute = 0; // Variabel untuk menyimpan pulsa per menit
unsigned long lastMinuteTime = 0; // Variabel untuk menyimpan waktu terakhir dalam hitungan menit

// Inisialisasi LCD dengan alamat I2C 0x27 dan ukuran 16x2
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

void setup() {
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensorPin), countPulse, RISING); // Mengatur interupsi pada pin sensor
  lcd.init(); // Inisialisasi LCD
  lcd.backlight(); // Menyalakan backlight
  lcd.setCursor(0, 0); // Mengatur kursor ke baris pertama
  lcd.print("");
  lastMinuteTime = millis(); // Menginisialisasi waktu terakhir dalam hitungan menit
}

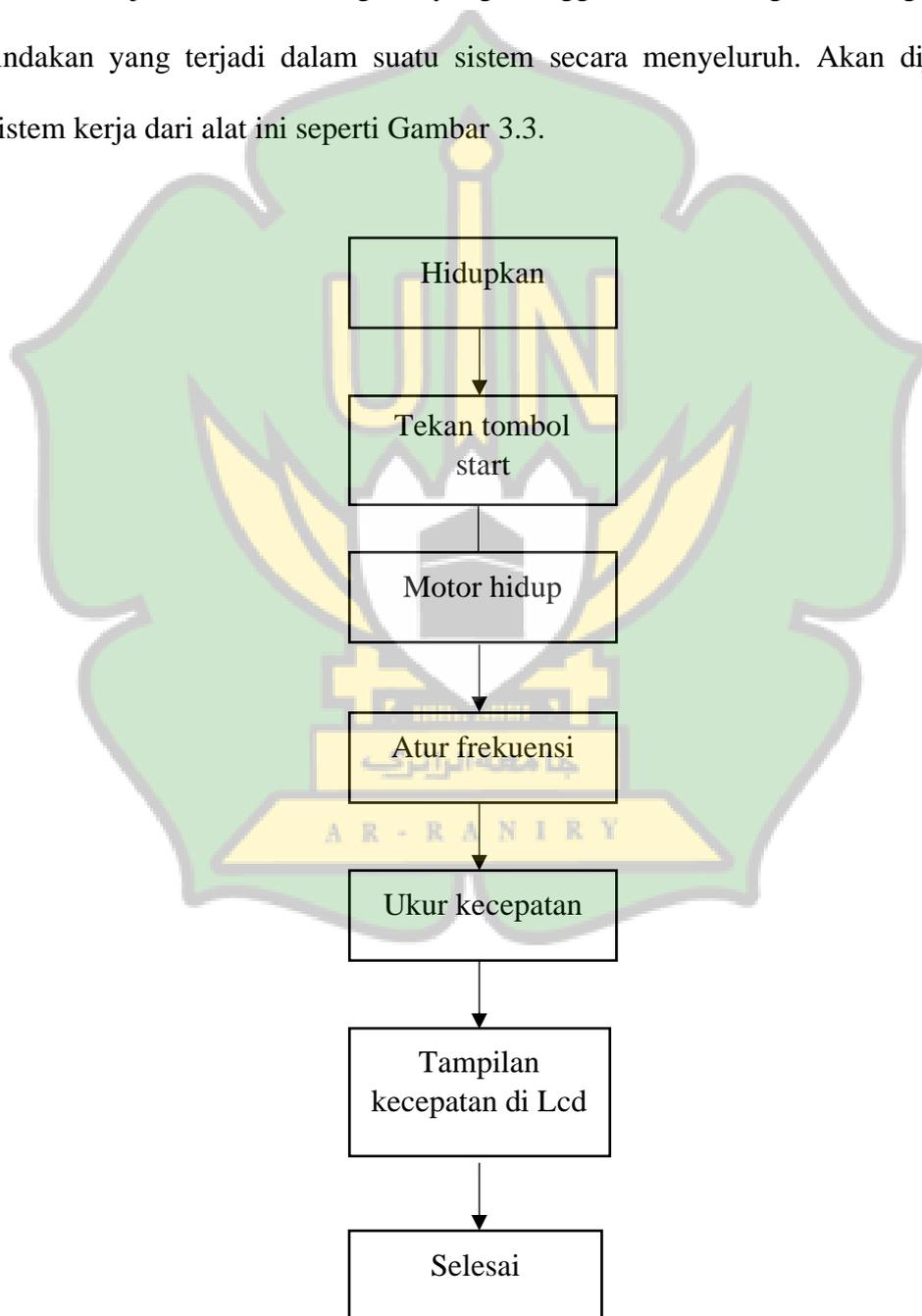
```

Gambar 3. 2 program mengukur kecepatan dengan *software* Arduino uno

Penelitian ini akan dilakukan pengujian di laboratorium listrik Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

3. Pengujian Alat

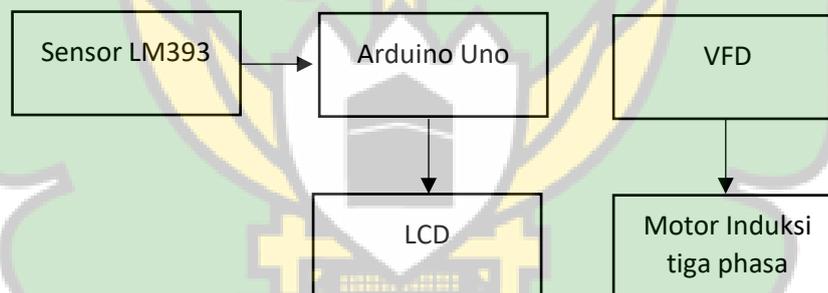
Alur kerja alat adalah diagram yang menggambarkan rangkaian langkah atau tindakan yang terjadi dalam suatu sistem secara menyeluruh. Akan dijelaskan sistem kerja dari alat ini seperti Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Alur sistem kerja alat Pengukuran kecepatan

Proses pengujian alat diawali dengan menghubungkan kabel ke colokan dan menekan tombol start pada Variable Speed Drive (VSD) untuk mengaktifkan motor induksi. Setelah motor beroperasi, frekuensi pada VSD diatur sesuai dengan kebutuhan untuk mengendalikan kecepatan motor. Kecepatan motor diukur menggunakan sensor LM393, yang bekerja dengan membaca putaran disk encoder yang terpasang pada rotor motor. Sensor ini mendeteksi setiap putaran disk, dan data kecepatan yang diperoleh kemudian ditampilkan pada layar LCD.

Adapun blok diagram Pengukuran kecepatan untuk penggerak motor induksi tiga fasa berbasis Arduino uno dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Rangkaian blok diagram Pengukuran kecepatan

Adapun fungsi dari masing-masing blok yang terdapat pada diagram blok penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sensor LM393: Mengukur kecepatan putaran motor induksi dan mengirimkan data ke Arduino.

2. Arduino Uno: Menerima sinyal pulsa dari sensor kecepatan LM393 dan Menghitung kecepatan motor dalam RPM berdasarkan jumlah pulsa yang diterima.
3. *Variable Frequency Drive* (VFD): digunakan untuk mengontrol frekuensi dan tegangan motor induksi tiga fasa. Pengaturan dilakukan langsung pada panel kontrol VFD.
4. Motor Induksi Tiga Fasa: Motor ini digerakkan dan kecepatannya diatur oleh VFD.
5. LCD: menampilkan kecepatan motor yang diukur oleh sensor LM393 dan diproses oleh arduino.

4. Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data yang dilakukan disini yaitu dari sensor yang digunakan pada motor, sensor tersebut berupa sensor LM393 untuk mengukur kecepatan putar. Dan dari program arduino digunakan untuk mengambil data langsung dari sensor LM393 yang terhubung dengan motor, kemudian data tersebut disimpan di memori arduino. Setelah diketahui datanya, maka akan dicatat dalam sebuah tabel sehingga dapat diketahui hasil pengukuran kecepatan putar. Proses akuisisi data diuji di laboratorium kelistrikan. Jika terjadi masalah pada saat pengujian, maka akan dilakukan pengujian baru agar alat dapat digunakan sesuai rencana.

B. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian pada penelitian ini merujuk pada alat atau perangkat yang digunakan untuk mengumpulkan data. Alat pengumpulan data dalam penelitian ini adalah observasi. Observasi merupakan proses mengamati dan mencatat dengan sistematis gejala-gejala yang sedang diselidiki. Metode observasi melibatkan pengamatan dan pencatatan sistematis terhadap fenomena yang sedang diamati. Dalam konteks yang lebih umum, observasi faktual tidak hanya terbatas pada pengamatan yang dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pada penelitian ini sensor LM393 mengukur kecepatan putaran motor kemudian program arduino mengambil data langsung dari sensor LM393 yang terhubung dengan motor, kemudian data tersebut disimpan di memori Arduino dan hasilnya keluar di LCD. Tabel perbandingan pengujian sensor lm393 dengan tachometer dapat dilihat pada table 3.2.

No	Frekuensi VFD (Hz)	Tegangan Output (V)	Kecepatan Motor (RPM)		Galat (%)
			Nilai Sensor	Nilai Tachometer	
1	30				
2	35				
3	40				
4	45				
5	50				
6	55				
7	60				
Nilai rata-rata galat					

C. Teknik Analisa Data

Selanjutnya menganalisis data yang telah dikumpulkan dari tabel melalui proses observasi. Peneliti menganalisis keakuratan data yang dihasilkan dari sensor

LM393 pada hasil keluaran nilai kecepatan(RPM) yang ditampilkan pada LCD akan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan alat ukur.¹⁶

Untuk menghitung nilai error pada sensor LM393 membandingkan dengan alat ukur tachometer, dapat dilihat pada rumus dibawah ini:

Menghitung nilai eror (Galat)

$$Galat (\%) = \frac{\text{nilai pembacaan sensor} - \text{nilai alat ukur}}{\text{nilai alat ukur}} \times 100 \dots \dots (\text{Pers 3.1})$$

Keterangan :

Nilai pembacaan Sensor: Nilai dari sensor LM393

alat ukur: Nilai dari Tachometer



¹⁶ Jailani, M. S. (2023). Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 1-9.

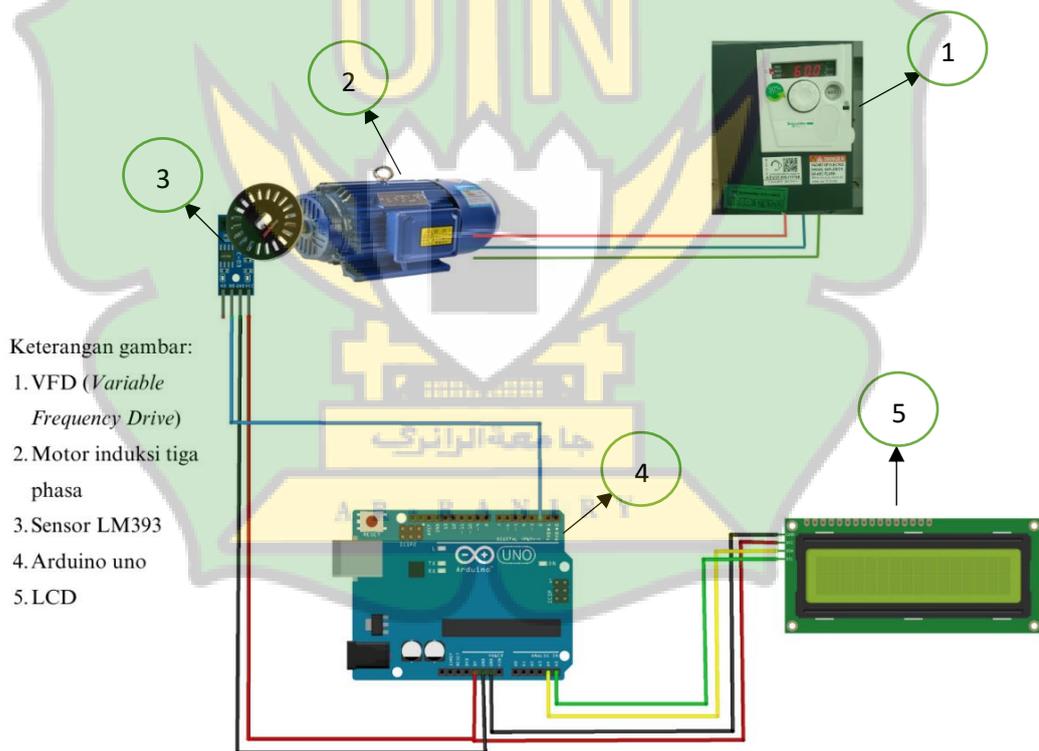
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancangan

Pada penelitian ini peneliti akan merancang sebuah alat Pengukuran kecepatan untuk penggerak motor induksi tiga phasa berbasis Arduino uno. Pada penelitian ini menggunakan 1 sensor LM393, motor tiga phasa, vfd, Arduino uno, dan lcd.

Adapun bentuk dari perancangan alat, peneliti membuat rangkaian skematik, kemudian menggabungkan seluruh komponen dan sensor seperti pada gambar 4.1.



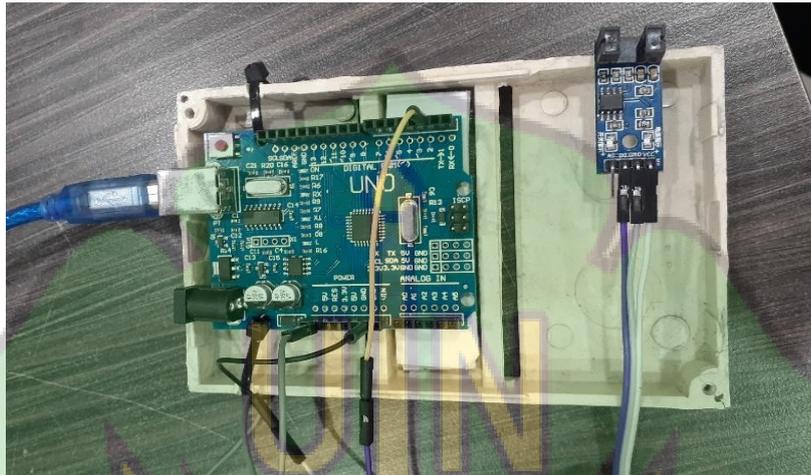
Gambar 4. 1 rangkaian skematik alat pengujian pengukuran kecepatan

1. Hasil perancangan *hardware*

a. Rangkaian sensor LM393

Sensor LM393 ini berperan sebagai mengukur putaran kecepatan motor.

Diagram rangkaian sensor LM393 bisa dilihat dalam gambar dibawah ini 4.2



Gambar 4. 2 rangkaian sensor LM393

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa sensor LM393 terhubung dengan Arduino, Rangkaian sensor ini terdiri dari modul LM393 dan sebuah disk encoder yang dipasang pada poros rotor motor induksi. Modul LM393 menerima tegangan input dari Arduino Uno melalui pin 5VDC, dan output sensor dikembalikan ke pin digital Arduino Uno. Rangkaian ini berfungsi untuk mendeteksi kecepatan putaran motor dengan membaca gerakan disk encoder, Saat disk encoder berputar.

b. Rangkaian Arduino dengan LCD

Pada penelitian ini rangkaian LCD berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran kecepatan motor yang diukur oleh sensor LM393 yang di proses melalui Arduino. Rangkaian LCD dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 rangkaian LCD

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa LCD terhubung ke Arduino, Dimana Gnd LCD terhubung ke pin Gnd Arduino, Vcc LCD terhubung ke pin 5v Arduino, Sda LCD terhubung ke pin A4 arduino, Scl LCD terhubung ke pin A5 arduino.

c. Rangkaian *Variable frequency drive* (VFD) dengan motor induksi tiga phasa

VFD berperan sebagai mengatur frekuensi motor induksi tiga phasa, peneliti disini menggunakan vfd yang sudah terhubung langsung dengan motor 3 phasa. Rangkaian dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 rangkaian VFD dengan motor induksi 3 phasa

Pada gambar diatas terlihat tampilan depan VFD dengan beberapa tombol kontrol.dan MCB terhubung ke jalur daya dan motor, yang berfungsi sebagai pengaman tambahan dalam rangkaian. Dan terdapat terminal block yang menandai sambungan untuk sumber daya (R, S, T, N) dan koneksi ke motor (R, S, T). Ini adalah titik koneksi utama untuk menyambungkan kabel dari sumber listrik dan motor.

2. Hasil perancangan *software*

Pada perancangan software ini, peneliti menggunakan *app* Arduino uno sebagai tempat pembuatan coding/pemograman untuk menjalankan pengukuran sensor dan menampilkan hasil di LCD. Data pemograman lcd dapat dilihat pada gambar 4.7.

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);  
  
void setup() {  
  // Inisialisasi LCD  
  lcd.init();  
  
  // Nyalakan backlight LCD  
  lcd.backlight();  
  
  // Tampilkan pesan pertama di baris pertama  
  lcd.setCursor(0, 0); // Kolom 0, Baris 0  
  lcd.print("pengujian LCD,oleh!");  
  
  // Tampilkan pesan kedua di baris kedua  
  lcd.setCursor(0, 1); // Kolom 0, Baris 1  
  lcd.print("haris");  
}
```

Gambar 4. 5 tampilan data pemograman lcd

Pada gambar 4.5 diatas peneliti telah membuat coding/pemograman untuk pengujian lcd agar memastikan bahwa lcd ini bekerja sesuai yang diinginkan. Kemudian peneliti membuat coding/pemograman keseluruhan untuk menjalankan pengukuran kecepatan motor induksi tiga phasa dengan sensor

LM393 yang hasilnya akan ditampilkan dilcd. Data pemograman keseluruhannya dapat dilihat pada gambar 4.6.

```

void loop() {
  unsigned long currentTime = millis(); // Mendapatkan waktu saat ini

  // Menghitung kecepatan setiap detik
  if (currentTime - lastTime >= 1000) {
    noInterrupts(); // Menonaktifkan interupsi sementara
    pulsePerSecond = pulseCount; // Menyimpan pulsa per detik
    rpm = (pulseCount * 60) / 20; // Mengonversi pulsa menjadi RPM (dengan asumsi 20 slot pada cakram)
    pulseCount = 0; // Mengatur ulang penghitung pulsa
    lastTime = currentTime; // Memperbarui waktu terakhir
    interrupts(); // Mengaktifkan kembali interupsi

    // Menambahkan pulsa per detik ke pulsa per menit
    pulsePerMinute += pulsePerSecond;

    // Jika sudah mencapai satu menit, tampilkan pulsa per menit
    if (currentTime - lastMinuteTime >= 60000) {
      /*lcd.setCursor(0, 0); // Mengatur kursor ke baris pertama
      lcd.print("PPM: ");
      lcd.print(pulsePerMinute); // Menampilkan pulsa per menit di LCD
      pulsePerMinute = 0; // Mengatur ulang penghitung pulsa per menit
      lastMinuteTime = currentTime; // Memperbarui waktu terakhir dalam hitungan menit*/
    }

    // Menambahkan pulsa per detik ke pulsa per menit
    pulsePerMinute += pulsePerSecond;

    // Jika sudah mencapai satu menit, tampilkan pulsa per menit
    if (currentTime - lastMinuteTime >= 60000) {
      /*lcd.setCursor(0, 0); // Mengatur kursor ke baris pertama
      lcd.print("PPM: ");
      lcd.print(pulsePerMinute); // Menampilkan pulsa per menit di LCD
      pulsePerMinute = 0; // Mengatur ulang penghitung pulsa per menit
      lastMinuteTime = currentTime; // Memperbarui waktu terakhir dalam hitungan menit*/
    }

    lcd.setCursor(0, 1); // Mengatur kursor ke baris kedua
    lcd.print(" RPM: ");
    lcd.print(rpm); // Menampilkan kecepatan di LCD
    delay(0); // Menambahkan delay 5 detik
  }
}

/ Fungsi interupsi yang dipanggil setiap kali ada sinyal naik pada pin sensor
void countPulse() {
  pulseCount++; // Menambah penghitung pulsa setiap kali terjadi interupsi
}

```

Gambar 4. 6 tampilan data pemograman keseluruhan

Pada gambar 4.6 terlihat bahwa peneliti telah membuat coding/pemograman

untuk pengujian pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa dengan menggunakan sensor lm393 yang hasilnya ditampilkan dilcd.

B. Hasil pengujian

a. Hasil pengujian sensor LM393

Pada percobaan ini peneliti menguji mengukur kecepatan motor menggunakan sensor LM393 yang menghasilkan pulsa untuk setiap putaran motor. Proses pengukuran dan perhitungan dilakukan dengan Sensor dipasang pada motor induksi untuk mendeteksi setiap putaran motor.

Setelah itu peneliti juga membandingkan hasil pengukuran kecepatan yang dihasilkan oleh sensor lm393 dengan menggunakan pengukuran alat ukur tachometer. Peneliti juga mencari nilai eror atau galat dengan menggunakan rumus galat.

$$\text{Galat (\%)} = \frac{\text{nilai pembacaan sensor} - \text{nilai alat ukur}}{\text{nilai alat ukur}} \times 100$$

$$\text{Galat (\%)} = \frac{816 - 895}{895} \times 100$$

$$\text{galat (\%)} = \frac{-7900}{895}$$

$$\text{galat (\%)} = 8,82$$

setelah peneliti melakukan pengukuran terhadap nilai error perbandingan antara nilai kecepatan (RPM) pembacaan sensor dengan nilai kecepatan (RPM) pembacaan alat ukur tachometer pada pengujian ke -1 terdapat nilai eror/galatnya sebesar 8,82.

Agar lebih jelas hasil pengujian dan pengukuran perbandingan nilai error/galat kecepatan motor (RPM) dapat dilihat pada table 4.3

Tabel 4. 1 hasil pengujian perbandingan nilai kecepatan motor (RPM) pembacaan sensor LM393 dengan tachometer.

No	Frekuensi VFD (Hz)	Tegangan Output (V)	Kecepatan Motor (RPM)		Galat (%)
			Nilai Sensor	Nilai Tachometer	
1	30	216	816	895	8,82
2	35	253	1050	1046	0,38
3	40	291	1209	1193	1,34
4	45	327	1353	1344	1,12
5	50	370	1503	1495	0,53
6	55	408	1653	1642	1,10
7	60	415	1815	1793	1,34
Nilai rata-rata galat					0,43

Adapun penjelasan dari table 4.3, hasil pengujian perbandingan nilai kecepatan motor (RPM) pembacaan sensor LM393 dengan tachometer dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pada pengujian 30 Hz, terlihat bahwa ada perbedaan yang cukup besar antara pembacaan kecepatan oleh sensor dan tachometer. Kecepatan yang terukur oleh sensor adalah 816 RPM, sementara tachometer menunjukkan 895 RPM, menghasilkan galat sebesar 8,82%. Galat ini menunjukkan bahwa sensor membaca kecepatan lebih rendah daripada kenyataan. Hal ini bisa terjadi karena pada frekuensi rendah, ada kemungkinan inersia motor lebih signifikan, sehingga sensor mungkin tidak merespons perubahan kecepatan secara akurat. Selain itu, faktor lain seperti akurasi sensor pada kecepatan rendah juga dapat mempengaruhi hasil.



Gambar 4. 7 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 30 hz

2. Pada pengujian 35 Hz, perbedaan antara sensor dan tachmeter menjadi sangat kecil. Sensor mencatat 1050 RPM, sedangkan tachometer mencatat 1046 RPM, menghasilkan galat sebesar 0,38%. Ini menunjukkan bahwa pada frekuensi yang lebih tinggi dari 30 Hz, sensor mulai memberikan pembacaan yang lebih akurat dan hampir sesuai dengan tachometer. Kecilnya galat ini bisa menjadi indikasi bahwa pada rentang frekuensi ini, performa sensor untuk mendeteksi kecepatan motor sudah optimal.



Gambar 4. 8 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 35 hz

3. Pada pengujian 40 Hz, sensor mencatat kecepatan 1209 RPM, sementara tachometer mencatat 1193 RPM. Hasil ini memberikan galat positif sebesar 1,34%. Galat positif menunjukkan bahwa sensor memberikan pembacaan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kenyataan. Meskipun galat masih kecil, ada kecenderungan sensor untuk mulai overestimate (membaca lebih tinggi) kecepatan motor.



Gambar 4. 9 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 40 hz

4. Pada frekuensi 45 Hz, galat yang dihasilkan adalah 1,12%, dengan sensor menunjukkan kecepatan sedikit lebih tinggi dari tachometer (1353 RPM vs 1344 RPM). Sama seperti pada 40 Hz, perbedaan ini masih relatif kecil dan berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor tetap dapat memberikan pengukuran yang cukup akurat pada frekuensi ini. Perbedaan yang kecil ini bisa disebabkan oleh faktor lingkungan atau ketidakakuratan minor dari sensor, yang wajar terjadi dalam pengukuran kecepatan dinamis.



Gambar 4. 10 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 45 hz

5. Pada frekuensi 50 Hz, yang merupakan frekuensi nominal untuk banyak motor induksi, galat hanya sebesar 0,53%, dengan sensor mencatat 1503 RPM dan tachometer 1495 RPM. Ini menunjukkan bahwa pada frekuensi nominal, performa sensor dalam mendeteksi kecepatan motor hampir sempurna. Hal ini juga menunjukkan bahwa tegangan output dari VFD (370 V) memberikan kecepatan motor yang sangat sesuai dengan parameter yang diharapkan pada frekuensi ini. Kesalahan yang sangat kecil menandakan bahwa sistem sudah terkalibrasi dengan baik pada frekuensi standar ini.



Gambar 4. 11 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 50 hz

6. Pada frekuensi 55 Hz, sensor mencatat 1653 RPM, sementara tachometer mencatat 1642 RPM, dengan galat sebesar 1,10%. Pada frekuensi yang lebih tinggi dari nominal, sensor kembali menunjukkan kecenderungan overestimate dengan perbedaan yang relatif kecil. Hal ini mungkin terjadi karena sensitivitas sensor terhadap perubahan frekuensi yang lebih cepat. Namun, galat ini tetap berada dalam rentang yang bisa diterima, dan tidak akan memengaruhi performa sistem secara signifikan.

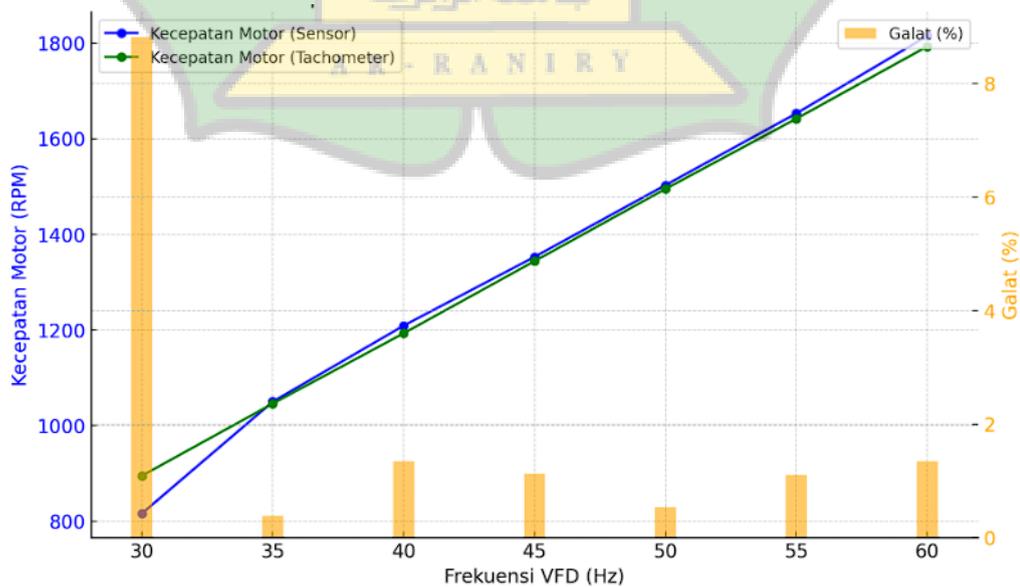


Gambar 4. 12 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 55 hz

7. Pada frekuensi maksimum 60 Hz yang diuji, sensor mencatat kecepatan 1815 RPM, sementara tachometer mencatat 1793 RPM. Galat sebesar 1,34% menunjukkan bahwa sensor memberikan pembacaan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan sebenarnya. Ini adalah fenomena yang biasa terjadi pada frekuensi tinggi di mana sensor mungkin kurang responsif terhadap kecepatan motor yang cepat berubah atau ada sedikit kesalahan dalam pembacaan sinyal.



Gambar 4. 13 hasil tampilan pengukuran pada pengujian 60 hz



Gambar 4. 14 grafik hasil pengujian perbandingan nilai kecepatan motor (RPM) pembacaan sensor LM393 dengan tachometer.

Grafik diatas menggambarkan hubungan antara frekuensi Variable Frequency Drive (VFD) terhadap kecepatan motor induksi tiga fasa yang diukur menggunakan sensor LM393 dan alat ukur tachometer. Selain itu, grafik juga menampilkan nilai galat atau kesalahan pengukuran sensor dibandingkan dengan tachometer dalam bentuk persentase (%).

Grafik garis biru menunjukkan kecepatan motor yang diukur dengan sensor, sedangkan garis hijau menunjukkan kecepatan yang diukur dengan tachometer. Sedangkan batang kuning menunjukkan persentase galat antara kecepatan motor yang diukur dengan sensor dan tachometer untuk setiap nilai frekuensi. Grafik ini menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi VFD mengakibatkan peningkatan kecepatan motor secara konsisten. Galat pengukuran paling besar terjadi pada frekuensi rendah (30 Hz), dan galat menurun di frekuensi yang lebih tinggi, yang mungkin menunjukkan bahwa sensor dan tachometer lebih akurat pada frekuensi yang lebih tinggi.

b. Pengujian LCD

Pengujian LCD pada penelitian ini berfungsi untuk menampilkan informasi berupa tulisan dan data dari data input RTC dan input Keypad yang dibaca oleh Arduino Uno. Untuk mengetahui apakah rangkaian LCD yang telah dibuat dapat bekerja sesuai yang diinginkan maka dilakukan pengujian LCD yang dihubungkan dengan Arduino Uno.



Gambar 4. 15 hasil pengujian LCD

C. Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat Pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa dengan menggunakan Arduino Uno sebagai pusat kendali. Fokus utama penelitian ini adalah untuk mengukur kecepatan motor dengan sensor LM393 dan membandingkannya dengan tachometer guna menguji keakuratan alat yang dirancang. Langkah awal penelitian dimulai dengan perancangan perangkat keras yang menjadi inti dari sistem Pengukuran kecepatan motor induksi.

Komponen utama yang digunakan peneliti dalam perancangan ini yaitu sensor kecepatan LM393, Arduino Uno, Variable Frequency Drive (VFD), dan LCD Display. Sensor LM393 kemampuannya dalam mendeteksi perubahan kecepatan motor melalui perubahan frekuensi sinyal yang dihasilkan oleh putaran motor. Sensor ini dikenal memiliki respon yang cepat terhadap perubahan kecepatan dan mampu bekerja dalam rentang kecepatan yang luas, kemudian Arduino Uno sebagai pusat kendali sistem karena keunggulannya dalam kemudahan pemrograman dan konektivitas dengan berbagai sensor dan modul lainnya. Arduino Uno berfungsi untuk mengolah data dari sensor kecepatan dan menampilkan informasi tersebut ke LCD. Kemudian VFD digunakan untuk

mengontrol frekuensi daya yang diterima oleh motor induksi, sehingga memungkinkan pengaturan kecepatan motor sesuai kebutuhan. Sedangkan LCD Display berfungsi sebagai media tampilan untuk menunjukkan hasil pengukuran kecepatan motor secara real-time kepada pengguna, dengan kemampuan menampilkan karakter yang jelas dalam berbagai kondisi cahaya.

Peneliti melakukan Perancangan perangkat keras dengan mempertimbangkan berbagai faktor seperti akurasi pengukuran, responsivitas sistem, dan kemudahan pemantauan oleh pengguna. Semua komponen dirangkai sedemikian rupa sehingga sistem dapat bekerja secara sinergis dalam mengontrol dan menampilkan kecepatan motor induksi tiga fasa.

Kemudian peneliti melakukan Tahap pengujian dilakukan mengevaluasi kinerja alat yang telah dirancang. Pengujian ini melibatkan pengukuran kecepatan motor pada berbagai frekuensi yang dihasilkan oleh VFD, mulai dari 30 Hz hingga 60 Hz. Hasil pengukuran ini kemudian dibandingkan dengan pengukuran menggunakan tachometer sebagai alat referensi. Setiap perubahan frekuensi yang diterapkan pada VFD menghasilkan perubahan kecepatan motor yang diukur oleh sensor LM393. Data yang diperoleh dari sensor ini diolah oleh Arduino Uno dan ditampilkan di LCD. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor LM393 memiliki akurasi yang tinggi dengan nilai kesalahan yang sangat kecil.

Untuk memastikan keakuratan pengukuran, hasil dari sensor LM393 dibandingkan dengan hasil pengukuran dari tachometer. Berdasarkan data yang diperoleh, nilai kesalahan rata-rata antara pengukuran sensor dan tachometer adalah sekitar -0,43%. Hasil ini menunjukkan bahwa alat yang dirancang mampu

memberikan pengukuran yang sangat mendekati nilai sebenarnya, sehingga dapat diandalkan untuk aplikasi pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa. Selain itu, responsivitas alat juga diuji dengan mengamati waktu yang dibutuhkan sistem untuk merespons perubahan frekuensi yang diatur melalui VFD. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki respons yang cepat terhadap perubahan frekuensi, sehingga cocok digunakan dalam aplikasi di mana perubahan kecepatan motor terjadi secara dinamis.

Kemudian peneliti juga melakukan Pengujian tampilan LCD untuk memastikan bahwa hasil pengukuran kecepatan motor dapat ditampilkan dengan jelas dan akurat. LCD yang digunakan mampu menampilkan informasi dalam bentuk angka yang mudah dibaca, bahkan dalam kondisi pencahayaan yang kurang ideal. Kecepatan pembaruan data pada LCD juga diuji, dan hasilnya menunjukkan bahwa LCD mampu memperbarui data dengan cepat sesuai dengan data yang diterima dari Arduino Uno.

Terdapat kelebihan dan kekurangan pada sistem Pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa berbasis arduino uno ini. Kelebihan pada penelitian ini Sensor LM393 yang digunakan dalam sistem ini mampu mendeteksi kecepatan motor induksi dengan akurasi yang tinggi, seperti yang terlihat dari hasil pengujian yang menunjukkan tingkat kesalahan sangat kecil (sekitar -0.43%) dibandingkan dengan alat ukur tachometer. Sistem ini mampu merespons perubahan kecepatan motor secara real-time. Kemudian penggunaan Arduino Uno sebagai pusat kendali membuat sistem dapat mengolah data dari sensor dan menampilkan hasilnya di LCD secara cepat dan efisien. Dengan adanya Variable Frequency Drive (VFD),

sistem memungkinkan pengguna untuk mengontrol frekuensi suplai daya yang diterima motor, sehingga kecepatan motor dapat diatur sesuai kebutuhan operasional. Kemudian penggunaan LCD memungkinkan pemantauan kecepatan motor secara langsung dan real-time, sehingga pengguna dapat melihat perubahan kecepatan dengan mudah. Dengan sistem pengendalian kecepatan yang presisi, motor induksi dapat dioperasikan pada efisiensi optimal, sehingga mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional.

Sedangkan kekurangannya pada pengujian frekuensi rendah (30 Hz), sensor cenderung memberikan hasil pengukuran yang lebih rendah dari yang sebenarnya, seperti yang ditunjukkan oleh perbedaan signifikan antara pembacaan sensor dan alat tachometer. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mungkin memiliki keterbatasan dalam merespons perubahan kecepatan pada frekuensi rendah, sehingga perlu dilakukan kalibrasi lebih lanjut. Kemudian alat yang dirancang hanya berfungsi untuk memonitor dan menampilkan kecepatan motor induksi, tanpa fitur kontrol otomatis untuk menjaga kecepatan tetap stabil saat terjadi perubahan beban. Dalam aplikasi industri, sistem kontrol otomatis yang dapat menyesuaikan frekuensi motor secara real-time sangat dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi fluktuasi kecepatan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Adapun Kesimpulan yang dapat di ambil dari perancangan Pengukuran kecepatan untuk penggerak motor induksi tiga fasa berbasis Arduino uno adalah sebagai berikut:

1. Peneliti berhasil merancang alat Pengukuran kecepatan motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroler Arduino Uno, yang secara efektif menggabungkan komponen-komponen seperti sensor LM393 dan Variable Frequency Drive (VFD). Desain alat ini dirancang untuk memungkinkan Pengukuran kecepatan motor secara presisi, dengan antarmuka pengguna berupa tampilan LCD yang menunjukkan data kecepatan secara real-time. Alat ini juga dilengkapi dengan kemampuan untuk menyesuaikan kecepatan motor melalui perubahan frekuensi, yang dapat diatur secara langsung melalui sistem yang dirancang.
2. Hasil dari proses pengujian menunjukkan bahwa alat ini bekerja sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Sensor LM393 memberikan hasil pengukuran kecepatan dengan tingkat akurasi yang tinggi, di mana kesalahan pengukuran sangat kecil dibandingkan dengan alat ukur standar seperti tachometer. Dari hasil pengujian, rata-rata kesalahan pengukuran dibandingkan dengan tachometer adalah sekitar -0,43%, yang menunjukkan bahwa alat ini mampu memberikan pengukuran yang sangat mendekati nilai sebenarnya. Selain itu, sistem menunjukkan respons yang cepat terhadap perubahan

frekuensi yang diatur melalui VFD, membuktikan bahwa alat ini mampu mengendalikan kecepatan motor dengan efisien. Pengujian ini juga menunjukkan bahwa tampilan data pada LCD mudah dibaca dan memberikan pembaruan informasi yang cepat, bahkan dalam kondisi pencahayaan yang kurang ideal. Hal ini menunjukkan bahwa alat ini tidak hanya efektif dalam pengendalian kecepatan, tetapi juga andal dalam menampilkan data secara real-time, sesuai dengan perubahan input yang diterima.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan peneliti adalah sebagai berikut:

1. Meskipun alat ini telah menunjukkan kinerja yang baik dalam pengujian laboratorium, disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut di berbagai kondisi operasional, seperti lingkungan dengan suhu ekstrem atau beban motor yang bervariasi. Pengujian ini akan membantu memastikan keandalan alat dalam kondisi nyata yang mungkin berbeda dari lingkungan pengujian awal.
2. disarankan untuk menambahkan fitur konektivitas IoT (Internet of Things) yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian kecepatan motor dari jarak jauh. Hal ini akan sangat berguna dalam aplikasi industri di mana akses langsung ke alat mungkin terbatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Alima, S. N., Fauziah, M., & Dewatama, D. (2020). PI Controller Untuk Mengatur Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa. *Aviation Electronics, Information Technology, Telecommunications, Electricals, Controls*, 2(2), 161-169.
- Jailani, M. S. (2023). Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*,
- Nugraha, A. T., Marjuki, R., Agna, D. I. Y., & Ivannuri, F. (2023). Sistem Kontrol Tegangan pada Generator Induksi 3 Fasa dengan PLC Voltage. *Elektriase: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*,
- Nugroho, B. A., & Djaksana, Y. M. (2022). Implementasi Mikrokontroler Arduino Uno Dan Multi Sensor Pada Tempat Sampah. *Scientia Sacra: Jurnal Sains, Teknologi dan Masyarakat*,
- Khalid, M. (2024). Mendesain Modul Trainer Kit Pengendalian Kecepatan Motor Dc Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino (Disertasi Doktor, UIN AR-RANIRY Banda Aceh).
- Ridwan, A. (2022). Rancang Bangun Sistem Kontrol Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro dan Sains*,
- Rina, A. N. (2023). Pengendalian Dan Pemantauan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Internet Of Things Menggunakan Panel Surya.
- Viantika, A., & Parwinoto, M. (2022). Perancangan Pengukuran Kecepatan Kipas Secara Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler

Atmega328. Sigma Teknika,

Wilutomo, R. M. M., & Yuwono, T. (2017). Rancang Bangun Memonitor Arus Dan Tegangan Serta Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Web Berbasis Arduino Due. Gema Teknologi,

Yusuf, M., Prasetia, V., Riyanto, S. D., & Rafiq, A. A. (2019). Desain Simulasi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa dengan Switching Space Vector Pulse Width Modulation. Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering).

Mukhlis Sholihin, MS (2021). Penerapan IoT (Internet of Things) Terhadap Rancang Bangun Sistem Peringatan Batasan Kecepatan Dan Pendeteksi Lokasi Kecelakaan Bagi Pengendara Sepeda Motor Berbasis Arduino (Disertasi Doktor, Institut Teknologi Nasional Malang).

Munfiqoh, MK, & Aribowo, D. (2022). Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Frequency-Drive (VFD) Untuk Mendeteksi Aliran dan Tekanan Air Pada Modul Pumps Training System PT. Festo Indonesia. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1 (2), 24-34.

Jailani, M. S. (2023). Teknik Pengumpulan Data Dan Instrumen Penelitian Ilmiah Pendidikan Pada Pendekatan Kualitatif dan Kuantitatif. *IHSAN: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 1-9.

Lampiran – Lampiran

Lampiran 1

Surat Keputusan Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan


KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH
NOMOR: B-4218/Un.08/FTK/KP.07.6/05/2024

TENTANG:
PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA
DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA
DEKAN FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

Menimbang :

- bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi mahasiswa pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh maka dipandang perlu menunjuk pembimbing skripsi;
- bahwa yang namanya tersebut dalam Surat Keputusan ini dianggap cakap dan mampu untuk diangkat dalam jabatan sebagai pembimbing skripsi mahasiswa;
- bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Keputusan Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Mengingat :

- Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
- Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen;
- Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;
- Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2012, tentang perubahan atas peraturan pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang pengelolaan keuangan Badan Layanan Umum;
- Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014, tentang penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
- Peraturan Presiden Nomor 64 Tahun 2013, tentang perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
- Peraturan Menteri Agama RI Nomor 44 Tahun 2022, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
- Peraturan Menteri Agama Nomor 14 Tahun 2022, tentang Statuta UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
- Keputusan Menteri Agama Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelegasian Wewenang Pengangkatan, Pemindahan dan Pemberhentian PNS di Lingkungan Depag RI;
- Keputusan Menteri Keuangan Nomor 293/Kmk/05/2011, tentang penetapan UIN Ar-Raniry Banda Aceh pada Kementerian Agama sebagai Instansi Pemerintah yang menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum;
- Surat Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh Nomor 01 Tahun 2015, Tentang Pendelegasian Wewenang kepada Dekan dan Direktur Pascasarjana di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

MEMUTUSKAN

Menetapkan : Keputusan Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh tentang Pembimbing Skripsi Mahasiswa.

KESATU : Menunjukkan Saudara :
Mursyidin, MT
Untuk membimbing Skripsi

AR-RANIRY

Nama : **Muhammad Haris**
NIM : 200211020
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengukuran Kecepatan untuk Penggerak Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Arduino Uno

KEDUA : Kepada pembimbing yang tercantum namanya diatas diberikan honorarium sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku;

KETIGA : Pembiayaan akibat keputusan ini dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Nomor SP DIPA.025.04.2.423925/2024, Tanggal 24 November 2023;

KEEMPAT : Surat Keputusan ini berlaku selama enam bulan sejak tanggal ditetapkan;

KELIMA : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan dirubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam Surat Keputusan ini.

Tembusan:

- Sekjen Kementerian Agama RI di Jakarta;
- Dirjen Pendidikan Islam Kementerian Agama RI di Jakarta;
- Direktur Perguruan Tinggi Agama Islam Kementerian Agama RI di Jakarta;
- Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara (KPPN) di Banda Aceh;
- Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh di Banda Aceh;
- Kepala Bagian Keuangan dan Akuntansi UIN Ar-Raniry Banda Aceh di Banda Aceh;
- Yang bersangkutan;
- Arsip.

Ditetapkan di : Banda Aceh
Pada tanggal : 20 Mei 2024
Dekan,


Safrul Muluk





Lampiran 2

Coding Pengukuran Kecepatan

```
void loop() {
  unsigned long currentTime = millis(); // Mendapatkan waktu saat ini

  // Menghitung kecepatan setiap detik
  if (currentTime - lastTime >= 1000) {
    noInterrupts(); // Menonaktifkan interupsi sementara
    pulsePerSecond = pulseCount; // Menyimpan pulsa per detik
    rpm = (pulseCount * 60) / 20; // Mengonversi pulsa menjadi RPM (dengan asumsi 20 slot pada cakram)
    pulseCount = 0; // Mengatur ulang penghitung pulsa
    lastTime = currentTime; // Memperbarui waktu terakhir
    interrupts(); // Mengaktifkan kembali interupsi

    // Menambahkan pulsa per detik ke pulsa per menit
    pulsePerMinute += pulsePerSecond;

    // Jika sudah mencapai satu menit, tampilkan pulsa per menit
    if (currentTime - lastMinuteTime >= 60000) {
      /*lcd.setCursor(0, 0); // Mengatur kursor ke baris pertama
      lcd.print("PPM: ");
      lcd.print(pulsePerMinute); // Menampilkan pulsa per menit di LCD
      pulsePerMinute = 0; // Mengatur ulang penghitung pulsa per menit
      lastMinuteTime = currentTime; // Memperbarui waktu terakhir dalam hitungan menit*/
    }

    // Menambahkan pulsa per detik ke pulsa per menit
    pulsePerMinute += pulsePerSecond;

    // Jika sudah mencapai satu menit, tampilkan pulsa per menit
    if (currentTime - lastMinuteTime >= 60000) {
      /*lcd.setCursor(0, 0); // Mengatur kursor ke baris pertama
      lcd.print("PPM: ");
      lcd.print(pulsePerMinute); // Menampilkan pulsa per menit di LCD
      pulsePerMinute = 0; // Mengatur ulang penghitung pulsa per menit
      lastMinuteTime = currentTime; // Memperbarui waktu terakhir dalam hitungan menit*/
    }

    lcd.setCursor(0, 1); // Mengatur kursor ke baris kedua
    lcd.print(" RPM: ");
    lcd.print(rpm); // Menampilkan kecepatan di LCD
    delay(0); // Menambahkan delay 5 detik
  }
}

/ Fungsi interupsi yang dipanggil setiap kali ada sinyal naik pada pin sensor
void countPulse() {
  pulseCount++; // Menambah penghitung pulsa setiap kali terjadi interupsi
}
```

Lampiran 3

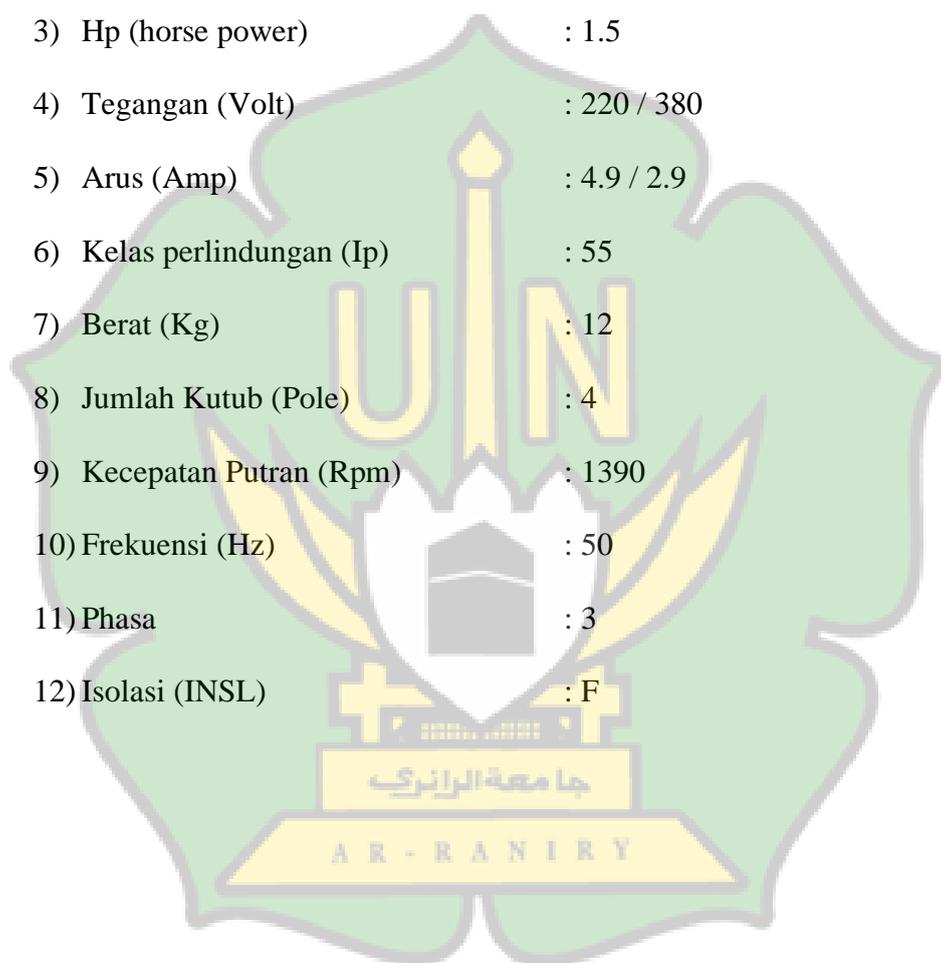
Foto kegiatan Penelitian

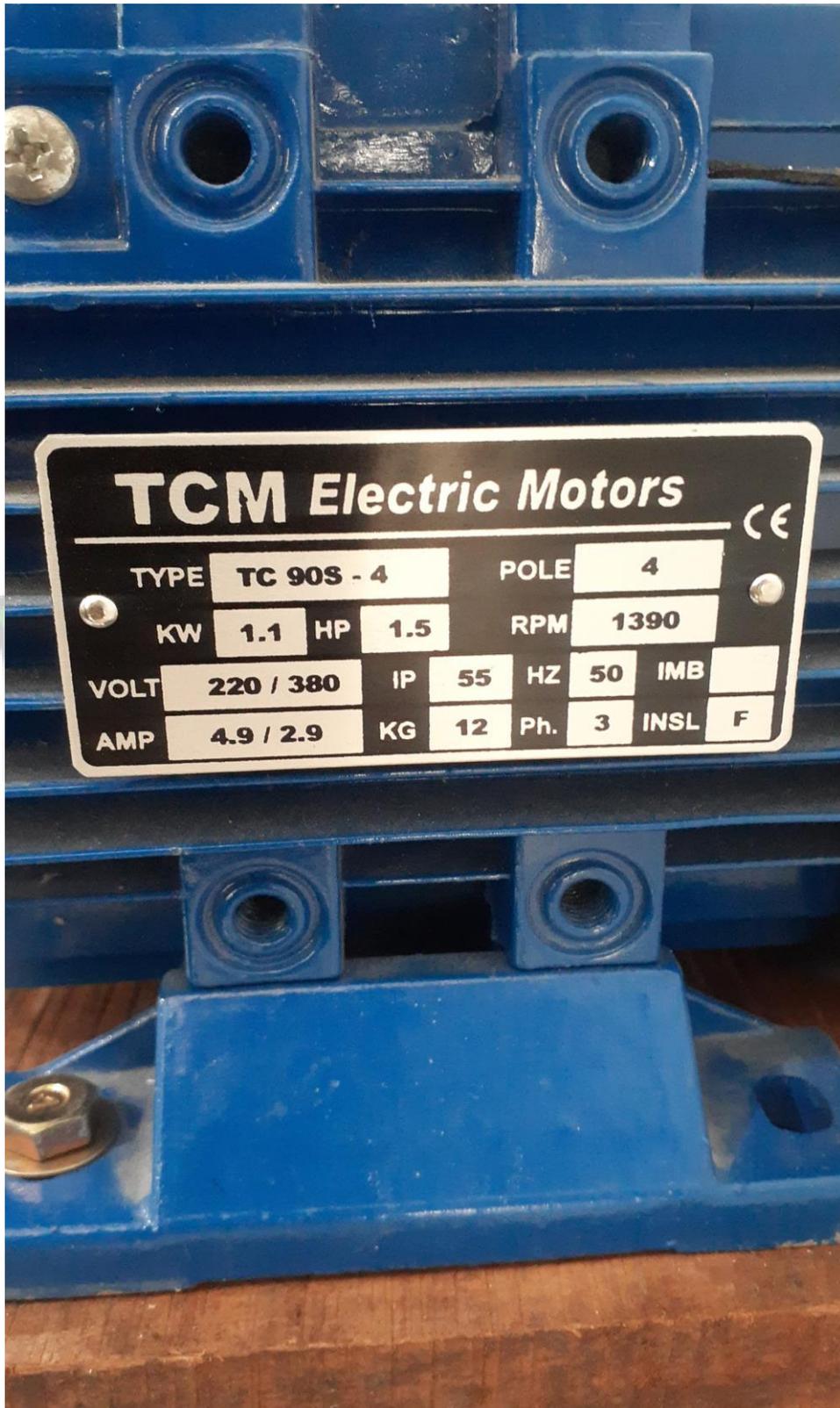


Lampiran 4

Spesifikasi Motor Induksi Tiga Phasa

1) Tipe Motor	: TC 90S - 4
2) Daya (Kw)	: 1.1
3) Hp (horse power)	: 1.5
4) Tegangan (Volt)	: 220 / 380
5) Arus (Amp)	: 4.9 / 2.9
6) Kelas perlindungan (Ip)	: 55
7) Berat (Kg)	: 12
8) Jumlah Kutub (Pole)	: 4
9) Kecepatan Putran (Rpm)	: 1390
10) Frekuensi (Hz)	: 50
11) Phasa	: 3
12) Isolasi (INSL)	: F





Gambar Motor Induksi Tiga Phasa

Lampiran 5

Spesifikasi Modul Sensor Kecepatan LM393

- 1) Chip utama : LM393 (dual comparator)
- 2) Tipe sensor : Optocoupler dengan slot inframerah (IR)
- 3) Tegangan operasi : 3.3V - 5V DC
- 4) Konsumsi arus : 15mA
- 5) Output : Sinyal digital (HIGH atau LOW)
- 6) Jarak deteksi : Bekerja pada jarak sangat dekat (di dalam slot)
- 7) Frekuensi respons : Hingga 100 kHz
- 8) Indikator LED : Terdapat LED yang menyala ketika sensor mendeteksi objek
- 9) Antarmuka : 4 pin (VCC, GND, OUT, dan EN/NC)



Gambar Modul LM393