

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Landasan teori merupakan dasar yang digunakan sebagai pedoman dan acuan dalam memahami serta menganalisis permasalahan yang dibahas pada proyek akhir ini. Melalui landasan teori, penulis memperoleh pemahaman yang mendukung proses perancangan, pengujian, hingga analisis hasil penelitian. Materi yang dibahas meliputi konsep dasar pengendalian kecepatan motor induksi 3 fasa menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD), serta teori mengenai komponen utama yang digunakan dalam sistem, yaitu motor induksi 3 fasa, *Variable Speed Drive* (VSD), modul RS485, Arduino Mega 2560, dan sensor *proximity*.

Selain itu, landasan teori diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang kuat dalam pelaksanaan proyek akhir sehingga setiap tahapan, mulai dari perancangan, pengujian, hingga analisis hasil, memiliki acuan yang jelas. Dengan demikian, pembahasan yang dilakukan dapat mendukung penyusunan argumen penelitian serta menjadi dasar dalam menarik kesimpulan sesuai dengan hasil yang diperoleh. Adapun teori-teori yang berkaitan dengan pembuatan proyek akhir ini akan dijelaskan pada subbab berikut.

2.2.1 Motor Induksi 3 Fasa

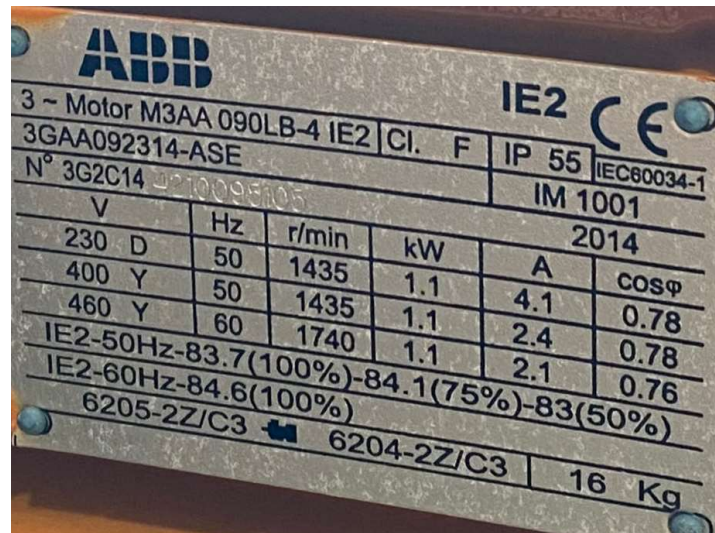


Gambar 2.1 Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi 3 fasa merupakan peralatan listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor ini bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, yaitu medan magnet berputar

yang dihasilkan oleh kumparan stator menginduksi arus pada rotor sehingga menghasilkan torsi yang menyebabkan rotor berputar. Untuk mengatur kecepatan motor induksi 3 fasa ada banyak cara yang dapat dilakukan, salah satunya mengatur kecepatan menggunakan *Variable Speed Drive (VSD)* yang dapat mengubah nilai frekuensi pada motor.

Nameplate motor yang akan digunakan pada proyek akhir ini yaitu dapat dilihat pada gambar berikut ini.



The image shows a metal nameplate for an ABB motor. It includes the ABB logo, model number 3 ~ Motor M3AA 090LB-4 IE2, and various technical specifications. The plate is divided into sections for voltage, frequency, speed, power, current, and efficiency. It also includes a table of performance data for different operating conditions.

V	Hz	r/min	kW	A	cosφ
230 D	50	1435	1.1	4.1	0.78
400 Y	50	1435	1.1	2.4	0.78
460 Y	60	1740	1.1	2.1	0.76

Additional specifications on the plate include: IE2, IP 55, IM 1001, 2014, 3GAA092314-ASE, N° 3G2C14, 6205-2Z/C3, 6204-2Z/C3, and 16 Kg.

Gambar 2.2 *Nameplate* Motor

Kecepatan sinkron merupakan kecepatan putaran medan magnet pada stator yang dipengaruhi oleh frekuensi sumber dan jumlah kutub motor. Nilai kecepatan sinkron digunakan sebagai acuan untuk menentukan slip pada motor induksi, sehingga dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$N_s = \frac{120 F}{P} \quad (2-1)$$

Keterangan :

N_s = Kecepatan putar medan magnet stator (rpm)

F = Frekuensi arus listrik (Hz)

P = Jumlah kutub magnet

Berdasarkan persamaan kecepatan sinkron, dapat diketahui bahwa kecepatan putaran medan magnet dipengaruhi oleh frekuensi sumber dan jumlah kutub motor. Oleh karena itu, pengaturan kecepatan motor

menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD) dilakukan dengan mengubah nilai frekuensi yang diberikan ke motor. Selain kecepatan sinkron, terdapat parameter lain yang perlu diperhatikan, yaitu slip. Slip menunjukkan selisih antara kecepatan sinkron dengan kecepatan putaran rotor saat motor beroperasi. Besarnya slip menggambarkan perbedaan antara kecepatan medan putar stator dengan kecepatan rotor dan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \quad (2-2)$$

Keterangan:

S = Slip (%)

N_s = Kecepatan putar medan magnet stator (rpm)

N_r = Kecepatan rotor (rpm)

Selain slip, karakteristik penting lainnya pada motor induksi adalah torsi. Torsi merupakan kemampuan motor dalam menghasilkan gaya putar pada poros untuk menggerakkan beban. Besarnya torsi dipengaruhi oleh daya keluaran motor dan kecepatan putarnya. Nilai torsi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$T = \frac{9550 \times P}{N} \quad (2-3)$$

Keterangan:

T = Torsi motor (Nm)

P = Daya motor (kW)

N = Kecepatan putar motor (rpm)

2.2.2 Variable Speed Drive (VSD)

Variable Speed Drive atau disebut juga dengan *Variable Frequency Drive* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai tegangan dan frekuensi yang masuk ke motor.



Gambar 2.3 *Variable Speed Drive (VSD)*

Prinsip kerja VSD yang diawali dengan mengubah sumber tegangan arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) melalui rangkaian penyearah (*rectifier*). Selanjutnya, tegangan DC tersebut diolah oleh rangkaian *inverter* sehingga dihasilkan kembali tegangan AC dengan frekuensi dan tegangan yang dapat diatur sesuai kebutuhan motor. Secara umum, VSD terdiri atas dua bagian utama, yaitu penyearah (*rectifier*) yang berfungsi mengubah tegangan AC menjadi DC, dan *inverter* yang mengubah kembali tegangan DC menjadi AC dengan frekuensi yang dapat disesuaikan. Melalui perubahan frekuensi keluaran tersebut, kecepatan putaran motor dapat dikendalikan secara fleksibel sesuai kebutuhan proses. Oleh karena itu, penggunaan VSD tidak hanya mempermudah pengaturan kecepatan motor, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi energi serta mengurangi arus awal saat motor dihidupkan. Perubahan frekuensi arus bolak-balik dari VSD ditentukan oleh periode pulsa yang memacu penyearah yang digunakan. Dengan mempercepat atau memperlambat periode pulsa yang memicu *thyristor*, frekuensi dan juga kecepatan motor dapat diatur. (Zira Rizqianti & Endi Permata, 2022). VSD yang digunakan yaitu VSD FGI F100M, untuk mencegah kegagalan sistem dari VSD, kabel *output* VSD diletakkan

terpisah dari kabel kontrol dan di *grounding* ke terminal PE VSD. Koneksi terminal VSD yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Koneksi Terminal VSD

485+	Jalur <i>Non-Inverting Modbus</i> dihubungkan ke terminal Pin A+ Modul RS485
485-	Jalur <i>Inverting Modbus</i> dihubungkan ke terminal Pin B- Modul RS485
Fasa R, S, T	Jalur yang dihubungkan ke sumber listrik AC
U, V, W	Jalur yang dihubungkan ke terminal motor induksi 3 fasa
PE	Jalur yang dihubungkan ke <i>ground</i> panel

PID (*Proportional–Integral–Derivative*) adalah metode pengendalian (*controller*) yang digunakan untuk mengatur suatu sistem agar keluaran (*output*) sesuai dengan nilai yang diinginkan (*set point*). PID bekerja dengan membandingkan nilai *set point* dengan nilai aktual yang diperoleh dari sensor. Selisih antara keduanya disebut *error*, yang kemudian digunakan untuk menghasilkan sinyal kendali sehingga *error* semakin kecil dan sistem menjadi stabil. Ada beberapa jenis pengendali yaitu sebagai berikut:

1. Pengendali P

Hanya menggunakan aksi *proportional*. Sistem memberikan respons yang cepat, tetapi masih terdapat *steady-state error*.

2. Pengendali PI

Menggabungkan *proportional* dan *integral*. *Controller* ini paling banyak digunakan pada pengaturan kecepatan motor karena mampu menghasilkan respons yang cepat sekaligus menghilangkan *steady-state error*. Kekurangannya, masih memungkinkan terjadi sedikit *overshoot*.

3. Pengendali PD

Menggabungkan *proportional* dan *derivative*. Respons menjadi lebih stabil dan *overshoot* berkurang, tetapi *steady-state error* masih dapat muncul.

4. Pengendali PID

Menggabungkan ketiga aksi, yaitu *proportional*, *integral*, dan *derivative*. Dengan penyetelan parameter yang tepat, PID mampu menghasilkan respons yang cepat, stabil, *overshoot* kecil, serta *steady-state error* yang sangat rendah. Persamaan umum pengendali PID adalah:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{d(e)t}{dt}$$

Keterangan:

$u(t)$ = Sinyal Kendali (*output controller*)

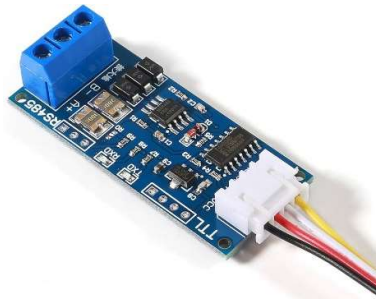
$e(t)$ = *Error* (*set point* – nilai aktual)

K_p = Konstanta *Proportional*

K_i = Konstanta *Integral*

K_d = Konstanta *Derivative*

2.2.3 RS485



Gambar 2.4 RS485

Modul RS485 to TTL merupakan serial komunikasi yang berfungsi untuk menghubungkan mikrokontroler. Modul ini mengubah sinyal komunikasi RS485 menjadi sinyal TTL, dan sebaliknya, sehingga pertukaran data dapat dilakukan dengan baik. Komunikasi RS485 digunakan sebagai media komunikasi digital antara Arduino Mega dan VSD melalui protokol Modbus RTU. Dengan komunikasi tersebut, Arduino dapat mengirimkan perintah, seperti *RUN*, *STOP*, dan pengaturan frekuensi, sehingga kecepatan motor dapat dikendalikan secara digital.

2.2.4 Arduino Mega 2560



Gambar 2.5 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah mikrokontroller berbasis Arduino yang menggunakan *chip* ATmega2560 sebagai pengendali utama. Pada *board* memiliki jumlah *pin digital* I/O yaitu 54 *pin*. 54 *pin* terdiri dari 15 *pin* PWM, 16 *pin analog input*, dan 4 *pin* UART. Arduino Mega 2560 dilengkapi sebuah port USB, *power jack* DC, ICSP header, *oscillator* 16MHz, dan tombol *reset*. Arduino mega 2560 sudah termasuk lengkap untuk segala sesuatu yang dibutuhkan (Mahendra Reza, Irma Salamah, 2020). Pada proyek akhir ini, Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai pusat pengendali sistem. Mikrokontroller ini menerima data dari sensor *proximity*, mengolah data sesuai program yang telah dibuat, kemudian mengirimkan perintah ke VSD melalui komunikasi RS485 untuk mengatur kecepatan putaran motor induksi 3 fasa. *Pin* mikrokontroller Arduino Mega 2560 yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Pin Mikrokontroller Arduino Mega 2560

Pin 2	<i>Input Interrupt</i> dari Sensor Kecepatan (<i>Proximity/Hall Effect</i>)
Pin 3-9	Baris 1-4 dan Kolom 1-3 <i>Matriks Keypad</i>
Pin A3	Kolom 4 <i>Matriks Keypad</i>
Pin 16 (TX2)	Transmisi Serial ke <i>Pin</i> DI (<i>Data Input</i>) Modul RS485
Pin 17 (RX2)	Penerimaan Serial dari <i>Pin</i> RO (<i>Receiver Output</i>) Modul RS485
Pin 20 (SDA)	Jalur Data Modul I2C LCD
Pin 21 (SCL)	Jalur <i>Clock</i> Modul I2C LCD
Pin A0	Output ke Modul Relai Indikator Berhenti (<i>STOP</i>)
Pin A1	Output ke Modul Relai Indikator Akselerasi (<i>ACCEL</i>)
Pin A2	Output ke Modul Relai Indikator Berjalan (<i>RUN</i>)

2.2.5 *Magnetic Contactor (MC)*



Gambar 2.6 *Magnetic Contactor (MC)*

Magnetic Contactor (MC) adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung/kontak dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal. Sebuah kontaktor terdiri dari koil, beberapa kontak *Normally*

Open (NO) dan beberapa *Normally Close* (NC). Pada saat satu kontaktor normal, NO akan membuka dan pada saat kontaktor bekerja, NO akan menutup. Sedangkan kontak NC sebaliknya yaitu ketika dalam keadaan normal kontak NC akan menutup dan dalam keadaan bekerja kontak NC akan membuka. Koil adalah lilitan yang apabila diberi tegangan akan terjadi magnetisasi dan menarik kontak-kontaknya sehingga terjadi perubahan atau bekerja. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetik adalah salah satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik. (Eko Susanto, 2013).

2.2.6 *Miniature Circuit Breaker* (MCB)



Gambar 2.7 *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

MCB bekerja dengan cara pemutusan hubungan yang disebabkan oleh aliran listrik lebih dengan menggunakan *electromagnet/bimetal*. cara kerja dari MCB ini adalah memanfaatkan pemuaian dari bimetal yang panas akibat arus yang mengalir untuk memutuskan arus listrik. Cara mengetahui daya maksimum dari MCB adalah dengan mengalikan kapasitas dari MCB tersebut dengan 220VAC. Beberapa kegunaan MCB yaitu membatasi penggunaan listrik, mematikan listrik apabila terjadi hubungan singkat (korslet), mengamankan instalasi listrik, membagi rumah menjadi beberapa bagian listrik, sehingga lebih mudah untuk mendeteksi kerusakan instalasi listrik. (Eko Susanto, 2013).

2.2.7 Sensor Proximity



Gambar 2.8 Sensor *Proximity*

Sensor *Proximity* merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan atau pergerakan suatu objek tanpa melakukan kontak langsung. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi benda logam yang berada dalam jangkauan sensor, kemudian menghasilkan sinyal digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler.

Pada proyek akhir ini, sensor *proximity* digunakan untuk mendeteksi putaran poros motor induksi 3 fasa. Setiap objek logam yang melewati sensor akan menghasilkan satu pulsa yang dikirimkan ke Arduino Mega 2560. Selanjutnya, Arduino menghitung jumlah pulsa yang diterima untuk menentukan kecepatan putaran motor dalam satuan *revolutions per minute* (RPM). Data kecepatan tersebut digunakan sebagai umpan balik (*feedback*) dalam proses pengendalian kecepatan motor menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD). Konfigurasi *pin* pada Sensor *Proximity* yaitu *Pin OUT* dihubungkan ke *pin 2*, *pin GND* ke GND Arduino, dan VCC ke 5V. Jalur komunikasi sensor dipasang rangkaian peredam berupa Kapasitor Keramik 104 (100 nF) dipasang antara kabel *output* sensor *proximity* dan GND.

2.2.8 Relay DC



Gambar 2.9 *Relay DC*

Relay DC merupakan sakelar elektromagnetik yang digunakan untuk mengendalikan beban listrik menggunakan sinyal arus searah (DC). *Relay* bekerja dengan memanfaatkan kumparan (*coil*) yang akan menghasilkan medan magnet ketika diberi tegangan DC. Medan magnet tersebut akan menggerakkan kontak *relay* sehingga dapat menghubungkan atau memutus rangkaian listrik.

Pada proyek akhir ini, *relay* DC digunakan sebagai penghubung antara Arduino Mega 2560 dengan beban, seperti lampu indikator. Arduino mengirimkan sinyal digital untuk mengaktifkan atau menonaktifkan *relay*, sehingga beban dapat dikendalikan secara otomatis tanpa membebani *pin* keluaran Arduino secara langsung.

2.2.9 Power Supply

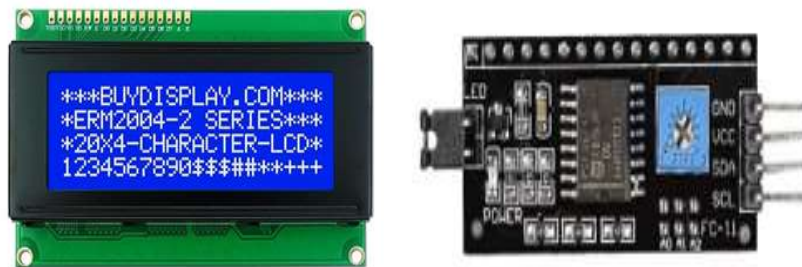


Gambar 2.10 *Power supply*

Power supply merupakan salah satu perangkat keras yang terdapat pada komponen elektronika yang memiliki fungsi sebagai penyuplai arus listrik

dengan terlebih dahulu mengubah tegangan dari AC jadi DC yang kemudian diubah menjadi daya atau energi yang dibutuhkan oleh komponen kecil lainnya, seperti peralatan arduino, AVR, *Programmable Logic Controller* dan lain-lain, kebanyakan peralatan elektronika yang kecil hanya mampu menerima tegangan yang berjumlah 12V-5V jadi akan lebih baik menggunakan *power supply* untuk mendapatkan tegangan.

2.2.10 LCD 20X4 dan IC I2C



Gambar 2.11 LCD 20x4 dan IC I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat keras yang berfungsi sebagai penampil hasil pengolahan data. LCD (*Liquid Crystal Display*) juga biasa dipakai untuk menampilkan karakter berupa teks. Sedikitnya diperlukan 10 bit yang diperlukan untuk menjalankan modul LCD. Pin-pin tersebut dapat dihasilkan melalui mikrokontroler atau *interfacing* melalui port-port dikomputer (PPI atau LPT). Dari 10 bit tersebut 2 pin digunakan untuk mengendalikan status (RS dan E) dan 8 bit untuk instruksi atau data karakter. Untuk aplikasi LED *back-light* (lampu latar) diaktifkan dengan menghubungkan A ke Vcc = 5 volt dan K dihubungkan ke *ground*. Gambar 4 menunjukkan sebuah modul LCD untuk tipe LCD 20x4 yaitu LCD dengan 4 baris dan 20 kolom (Sulistiyawan, n.d.).

I2C (*Inter-Integrated Circuit*) adalah protokol komunikasi serial yang memungkinkan berbagai perangkat elektronik, seperti mikrokontroler, sensor, dan modul, untuk berkomunikasi dengan mudah menggunakan dua saluran: SDA (Serial Data Line) dan SCL (Serial Clock Line). Dalam sistem I2C, terdapat satu perangkat master yang mengontrol komunikasi dan satu atau lebih perangkat slave yang merespons perintah dari master. Setiap perangkat slave memiliki alamat unik yang memungkinkannya dikenali oleh master. Protokol ini

efisien karena hanya memerlukan dua jalur komunikasi, mengurangi jumlah pin yang dibutuhkan pada mikrokontroler, dan mendukung konfigurasi multi-master. I2C banyak digunakan dalam aplikasi elektronik seperti penginderaan, pengukuran, pengendalian modul tampilan, dan koneksi memori, menjadikannya salah satu protokol komunikasi yang sangat populer dalam dunia mikrokontroler dan sistem tertanam karena fleksibilitas dan kemudahannya. Jalur komunikasi LCD dipasang rangkaian peredam berupa:

1. Resistor Pull-up 2.2k Ohm pada jalur SDA-5V dan SCL-5V.
2. Kapasitor Keramik 102 (1nF) parallel dari pin data ke GND.
3. Kapasitor Elco 470uF pada terminal catu daya modul I2C LCD.

2.2 Penelitian Terdahulu

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Zira Rizqianti dan Endi Permata bahwa penggunaan motor listrik di PT. Cemindo Gemilang tentunya mengakibatkan beberapa kendala dengan itu penggunaan pengasutan motor dengan jenis *Variable Speed Drive* dan *Soft Starter* diterapkan pada industri cemindo gemilang. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengasutan motor jenis *Variable Speed Drive* (VSD) dan *soft starter* pada *Fan Cooler System* di PT. Cemindo Gemilang. Hasil dari penelitian ini mengetahui hasil analisis pada penggunaan pengasutan motor, *load consumption* serta efisiensi penggunaan dari dua jenis pengasutan tersebut dimana pengasutan merupakan sistem untuk menjalankan motor pertama kali dengan tujuan agar arus *starting* tetap kecil serta *drop* tegangan pada sisi *supply* masih dalam batas toleransi. (Zira Rizqianti; Endi Permata, 2022).

Penelitian berikutnya yaitu oleh Mukhammad Bayu Riswan Maulana, Denda Dewatama, dan Mila Fauziyah bahwa *Lift* atau *Elevator* merupakan teknologi yang biasa digunakan pada gedung-gedung bertingkat seperti pada umumnya, teknologi ini dapat mempermudah mobilitas manusia menuju lantai gedung yang dituju dengan cepat dan efisien. Akan tetapi, kecepatan dan ketepatan putaran motor pada sistem penggerak *Lift* juga perlu di perhitungkan dari segi keamanan dan ketepatan waktu. Maka, dibutuhkan suatu metode untuk mempertahankan posisi dan kestabilan motor *lift*. Metode yang akan digunakan yaitu menggunakan (*Proportional Integral Derivative*) PID. Pengujian dilakukan dengan mengukur

kecepatan motor induksi 3 fasa dari lantai 1,2,3, dan 4 menuju lantai lainnya. *Lift* dikendalikan oleh mikrokontroller menggunakan algoritma PID untuk memastikan stabilnya motor induksi 3 fasa selama *lift* berjalan. Adapun komponen lainya seperti sensor *rotary encoder incremental* digunakan sebagai pembaca kecepatan putaran motor, rangkaian PWM *Analog Converter* sendiri difungsikan sebagai pengubah sinyal PWM menjadi tegangan analog yang mengatur perubahan frekuensi (*Variable Speed Drive*) VSD. Sewaktu pengujian parameter PID, didapati nilai parameter $K_p = 0.3$, $K_i = 0.3$, dan $K_d = 0.9$. Sehingga dihasilkan putaran motor induksi 3 fasa yang stabil dan terkontrol (Mukhammad Bayu Riswan Maulana; Denda Dewatama; Mila Fauziyah, 2024).

Penelitian terdahulu lainnya yaitu oleh Adibya Rizaldy Saputro, berfokus pada perancangan sebuah sistem *Soft PLC* untuk memberi instruksi kepada *Variable Speed Drive* untuk mengatur kecepatan berdasarkan frekuensi yang diatur pada sistem *Soft PLC*. Sistem *Soft PLC* yang di integrasikan dengan mikrokontroller dan *Variable Speed Drive* sebagai penerima dan menjalankan sebuah instruksi yang diterima dari *Soft PLC*. *Soft PLC* memberi instruksi dalam bahasa *ladder diagram* yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk mengatur *Variable Speed Drive*. *Modbus* diperlukan pada penelitian ini sebagai protokol komunikasi antara *Soft PLC* dengan sebuah mikrokontroller. *Soft PLC* digunakan sebagai solusi sebagai alih-alih pengontrol keamanan. Pengujian dilakukan dengan mengaplikasikan sistem *Soft PLC* yang diintegrasikan dengan *Variable Speed Drive* untuk mengatur motor induksi 3 fasa. Data yang diambil antara *Soft PLC* dengan penggeraknya yaitu data yang dihasilkan dari protokol komunikasi *modbus*. Penelitian ini mengarah ke pengurangan keseluruhan dalam biaya sistem kontrol terdistribusi (Adibya Rizaldy Saputro, 2023).

Tabel 2.3 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Kelebihan	Kekurangan
1.	Zira Rizqianti, (2022)	Analisis Pengasutan Motor Jenis <i>Variable Speed Drive</i> (VSD) Dan <i>Soft Starter</i> Pada <i>Fan Cooler</i> Sistem Di Pt. Cemindo Gemilang Tbk Bayah	Fokus pada penghematan energi dan efisiensi operasional. Dapat mengatur kecepatan motor dengan menggunakan VSD dan juga mengurangi lonjakan arus.	Terbatas pada aplikasi spesifik (<i>fan cooler</i>). Tidak membahas solusi berbasis mikrokontroler (seperti Arduino). Dan tidak mencakup aspek biaya, perawatan, atau integrasi otomatisasi yang lebih luas.
2.	Mukhammad Bayu Riswan Maulana, Denda Dewatama, Mila Fauziyah (2024)	Kontrol Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Arduino Mega 2560 Pada <i>Lift</i> 4 Lantai	Dapat disesuaikan untuk mengatur kecepatan motor induksi secara akurat. Terdapat modul dan sensor yang sesuai dengan Arduino, sehingga memudahkan pengembangan lebih lanjut.	Tidak ideal untuk aplikasi motor besar atau beban berat seperti <i>lift</i> dengan banyak lantai atau penggunaan intensif. Arduino tidak sehandal PLC di lingkungan industri yang keras. Perlu modul eksternal untuk menangani arus dan tegangan tinggi pada motor 3 fasa.

No	Peneliti	Judul	Kelebihan	Kekurangan
3.	Adibya Rizaldy Saputro., 2023	Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Menggunakan <i>Variable Speed</i> <i>Drive</i> Berbasis <i>Soft PLC</i>	<i>Soft PLC</i> memungkinkan pengaturan kecepatan motor yang lebih akurat dan dapat diprogram sesuai kebutuhan, dapat diintegrasikan dengan sistem otomasi industri yang sudah ada. <i>Variable Speed Drive</i> (VSD) dapat mengoptimalkan konsumsi energi dengan menyesuaikan kecepatan motor sesuai beban.	<i>Soft PLC</i> dan VSD lebih mahal dibandingkan solusi berbasis mikrokontroler seperti Arduino. Memerlukan pengetahuan untuk pemrograman dan pengaturan sistem. Untuk mengontrol motor induksi, diperlukan perangkat keras khusus selain <i>Soft PLC</i> .

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang telah menjadi referensi bagi penulis sehingga penulis melakukan pembuatan proyek akhir yang memfokuskan pada perancangan sistem kendali berbasis Arduino yang mampu memberikan perintah kepada VSD untuk mengatur kecepatan motor tiga fasa serta menerapkan fungsi *soft start* guna menghasilkan proses starting yang lebih halus dan meningkatkan kestabilan putaran motor. Dengan demikian, penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang menggabungkan fungsi pengendalian kecepatan dan *soft start* dalam satu sistem yang terintegrasi.