

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas beberapa literatur dan referensi yang relevan sebagai dasar dalam perancangan dan pengembangan alat. Tinjauan pustaka ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu kajian terhadap penelitian terdahulu dan pembahasan mengenai dasar-dasar teori yang mendukung sistem yang dirancang.

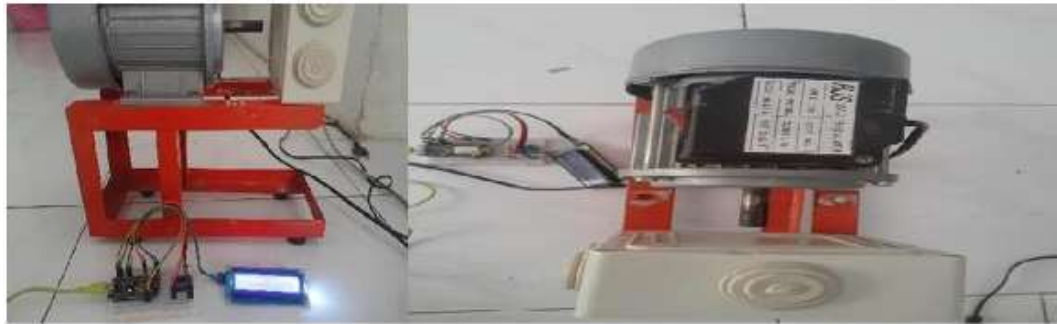
Penelitian-penelitian terdahulu dikaji untuk mengetahui perkembangan teknologi dan solusi yang telah ada, serta sebagai pembandingan terhadap rancangan sistem yang diusulkan dalam penelitian ini. Sedangkan dasar-dasar teori mencakup konsep dan prinsip kerja dari komponen utama yang digunakan.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Buwarda. dkk. (2023) dengan judul "*Monitoring Suhu, Vibrasi, dan Arus Motor Induksi 3 Fasa*" bertujuan untuk memantau kondisi motor secara *real-time* melalui parameter suhu, getaran, dan arus beban. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kegiatan monitoring motor yang masih dilakukan secara manual di lingkungan industri, sehingga akurasi dan kecepatan respon menjadi kurang efektif. Alat ini dirancang menggunakan sensor MLX90614 untuk membaca nilai parameter suhu, sensor piezoelektrik untuk membaca nilai parameter *vibrasi*, dan PZEM-004T untuk membaca nilai parameter arus, serta dikendalikan oleh ESP8266 yang terhubung ke *platform Thingspeak*. Hasil pengujian menunjukkan suhu rata-rata 55,58°C, *vibrasi* 9,1 mm/s, dan arus 0,11 A. Kelebihan dari alat ini adalah kemampuan pemantauan secara *real-time*. Namun, sistem proteksi yang digunakan yaitu pemutusan motor secara otomatis saat parameter melebihi batas dinilai belum cocok diterapkan di industri karena dapat mengganggu proses produksi. Selain itu, tampilan data yang hanya bisa diakses melalui Thingspeak juga dinilai kurang praktis.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bisri & Anzhory. (2024) dengan judul "*Alat Monitoring Getaran Motor Listrik Satu Fasa Berbasis Internet of Things (IoT)*" bertujuan untuk merancang alat monitoring getaran dan kecepatan putaran motor listrik berbasis IoT. Penelitian ini dapat dilakukan karena adanya masalah kerusakan bearing yang sering terjadi akibat getaran berlebih. Alat ini

dirancang menggunakan sensor ADXL335 dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, serta dikoneksikan ke aplikasi Blynk melalui jaringan *Wi-Fi*. Kelebihan dari alat ini adalah kemampuannya dalam mendeteksi getaran tidak normal secara *real-time* melalui perangkat Android. Namun, alat ini masih terbatas untuk motor satu fasa, yang saat ini sudah jarang digunakan di lingkungan industri modern. Rancangan alat dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Alat Monitoring Getaran Motor Listrik 1 Fasa¹

Penelitian yang dilakukan oleh Supono. dkk. (2020) dengan judul "*Perancangan Sistem Kendali dan Monitoring Tegangan Motor 3 Fasa Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Blynk*" bertujuan untuk memantau dan mengendalikan tegangan motor tiga fasa secara *real-time*. Sistem ini menggunakan sensor ZMPT101B untuk *monitoring* parameter tegangan dan mikrokontroler ESP32, dengan aplikasi Blynk sebagai antarmuka untuk menampilkan data dan mengontrol motor. Perancangan dibagi menjadi perancangan *software* dan *hardware*, termasuk fitur kendali *on/off* motor dan *monitoring* tegangan fasa R, S, dan T. Hasil pengujian menunjukkan akurasi yang cukup baik dengan tingkat kesalahan yang rendah dibandingkan pengukuran AVOMeter. Kelemahannya terletak pada ketergantungan koneksi internet dan belum tersedianya fitur notifikasi peringatan dini jika terjadi anomali.

Penelitian yang berjudul "*Rancang Bangun Sistem Kontrol Motor 3 Phase Berbasis IoT*" bertujuan untuk merancang sistem kendali motor induksi tiga fasa secara jarak jauh menggunakan teknologi *Internet of Things (IoT)*. Latar belakang dari penelitian ini adalah kebutuhan akan sistem pengendalian motor yang lebih

¹ (Bisri & Anzhory, 2024). *Alat Monitoring Getaran Motor Listrik Satu Fasa Berbasis Internet of Things (IoT)*. Sidoarjo: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

fleksibel, terutama dalam menghadapi ketidakmampuan motor induksi untuk menjaga kecepatan konstan saat terjadi perubahan beban secara mendadak. Teknologi *Internet of Things (IoT)* menjadi solusi dalam integrasi sistem kontrol yang lebih efisien dan *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan fungsi kendali dasar motor tiga fasa, yaitu menghidupkan, mematikan, serta membalik arah putaran motor dari jarak jauh. Rata-rata waktu respon perintah tergolong cepat dan tampilan antarmuka aplikasi Blynk juga responsif, sehingga mempermudah operator dalam mengakses sistem tanpa perlu hadir langsung di lokasi. Namun, sistem ini belum dilengkapi dengan fitur proteksi otomatis terhadap gangguan seperti *overcurrent* dan tegangan tidak stabil. Selain itu, tidak terdapat sensor untuk memantau parameter penting seperti tegangan, arus, atau kecepatan motor secara *real-time*, sehingga sistem hanya terbatas pada fungsi kontrol tanpa kemampuan *monitoring* (Ismail dkk 2023) . Rancangan alat dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Alat Untuk Mengontrol pergerakan Motor²

² (Ismail dkk, 2023). *Rancang Bangun Sistem Kontrol Motor 3 Phase Berbasis IoT*: Jurnal Teknik Mekanikal Bandar Udara, 2(1), 26.

Penelitian yang berjudul “*Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Overcurrent dan Over/Undervoltage terhadap Motor 3 Fasa Berbasis Arduino*” bertujuan untuk merancang sistem proteksi dan *monitoring* terhadap gangguan arus lebih (*overcurrent*) serta tegangan yang tidak stabil (*over/undervoltage*) pada motor induksi tiga fasa. Sistem ini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai pusat pengendali, sensor ACS712 untuk membaca nilai dari parameter arus, serta sensor ZMPT101B untuk membaca nilai dari parameter tegangan. Data dari sensor disimpan secara otomatis ke dalam modul microSD dan ditampilkan melalui layar LCD TFT. Operator juga dapat melakukan pengaturan batas proteksi melalui keypad. Proteksi otomatis dilakukan menggunakan modul relay yang akan memutus arus ketika parameter melebihi batas yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi *overcurrent* ketika arus melebihi 6 A, serta mendeteksi tegangan tidak stabil pada batas yang telah disetel. Tingkat akurasi pengukuran tegangan mencapai 98,73%, sementara pengukuran arus memiliki akurasi 91,4%. Meskipun sistem berfungsi dengan baik, masih terdapat beberapa kekurangan, di antaranya sistem belum menyimpan setelan proteksi setelah restart, belum mendukung pemantauan berbasis *Internet Of Things (IoT)*, serta tidak dilengkapi *notifikasi real-time* seperti buzzer atau peringatan ke operator saat terjadi gangguan. (Sahar dkk., 2024). Rancangan alat dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Alat Proteksi dan Monitoring Overcurrent dan Over/Undervoltage terhadap Motor 3 Fasa.³

³ (Gunawan & Sahar, 2024). *Rancang bangun sistem proteksi dan monitoring overcurrent dan over/under voltage terhadap motor 3 fasa berbasis Arduino*. Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM), 4(1), 32.

Perbandingan dari beberapa penelitian terdahulu yang relevan dan sesuai dengan tema sistem kontrol dan *monitoring* suhu, arus dan *vibrasi* motor 3 fasa yang berbasis *internet of things* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan variabel penelitian

No	Penulis dan Judul	Kelebihan	Kekurangan
1	Buwarda dkk. (2023) Monitoring Suhu, <i>Vibrasi</i> , dan Arus Motor Induksi 3 Fasa	Mampu memantau suhu, <i>vibrasi</i> , dan arus secara <i>real-time</i> melalui Thingspeak	Hanya menampilkan data via Thingspeak (cloud) tanpa tampilan lokal, Tidak ada pengendalian manual atau interaktif via <i>website</i> .
2	Bisri & Anzhory. (2024) Alat <i>Monitoring</i> Getaran Motor Listrik Satu Fasa Berbasis <i>Internet of Things</i>	Mampu Monitoring getaran (<i>vibrasi</i>) dan kecepatan motor satu fasa melalui Blynk	Pemantauan terbatas pada getaran, tanpa mencakup parameter arus dan suhu.
3	Supono dkk. (2020) Perancangan Sistem Kendali dan <i>Monitoring</i> Tegangan Motor 3 Fasa Berbasis <i>Internet of Things</i> Menggunakan Aplikasi Blynk	Dapat melakukan <i>monitoring</i> tegangan <i>real-time</i> dengan akurasi cukup baik.	Hanya memonitor parameter tegangan tanpa mencakup arus, suhu, dan <i>vibrasi</i> , Tidak tersedia fitur peringatan dini berupa buzzer pada sistem ini.
4	Ismail dkk. (2023) Rancang Bangun Sistem Kontrol Motor 3 Phase Berbasis IoT	Dapat menghidupkan, mematikan, serta membalik arah putaran motor dari jarak jauh	Sistem ini tidak memonitoring parameter penting seperti arus, suhu, atau getaran (<i>vibrasi</i>) motor. Hanya melakukan kontrol

No	Penulis dan Judul	Kelebihan	Kekurangan
			ON/OFF terhadap motor
5	Gunawan & Sahar. (2024) Rancang Bangun Sistem Proteksi dan <i>Monitoring Overcurrent</i> dan <i>Over/Undervoltage</i> terhadap Motor 3 Fasa Berbasis Arduino	<i>Monitoring</i> dapat dilakukan secara <i>offline</i> , memiliki tingkat akurasi yang tinggi.	Tidak memiliki koneksi IoT atau <i>dashboard website</i> , Pemantauan sistem terbatas pada parameter arus dan tegangan saja, tanpa mencakup parameter non-elektrikal lainnya.

Berdasarkan penelitian terdahulu, akan dirancang alat kontrol dan monitoring *real-time* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu memantau arus, suhu, dan getaran (*vibrasi*) pada motor induksi 3 fasa secara langsung. Sistem ini dapat memberikan informasi mengenai besarnya arus, suhu, dan tingkat *vibrasi*. Selain itu, sistem ini juga memiliki fitur kendali kecepatan motor dari jarak jauh yang bertujuan untuk mengurangi *vibrasi* dan arus berlebih, sehingga pengguna tetap dapat melakukan penyesuaian secara cepat melalui koneksi internet.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Variable Frequency Drive(VFD)

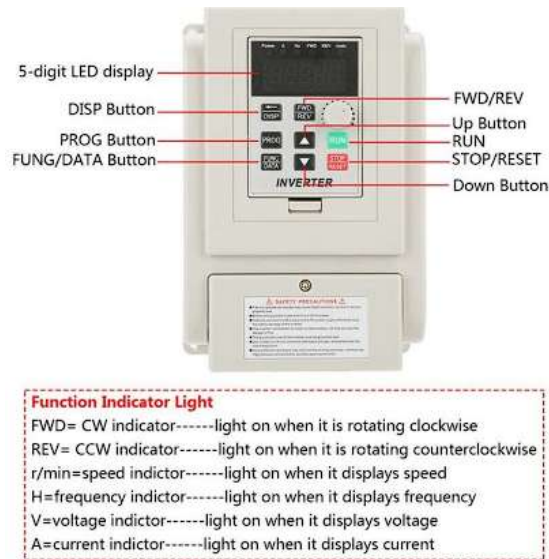
Salah satu perangkat yang banyak digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor induksi adalah *Variable Frequency Drive (VFD)*. “*Variable Frequency Drive (VFD)* merupakan alat pengatur kecepatan motor dengan cara memperbesar atau memperkecil frekuensi gelombang AC yang dipancarkan dengan batuan thyristor.”(Sumarta., 2024). Prinsip kerja VFD yang sederhana adalah:

1. Tegangan yang masuk dari jala-jala 50 Hz PLN di konversi dari AC ke DC melalui Blok Rectifier.
2. Tegangan DC yang dihasilkan kemudian dikonversikan kembali menjadi sumber AC melalui blok inverter, yang terdiri dari Semikonduktor aktif seperti

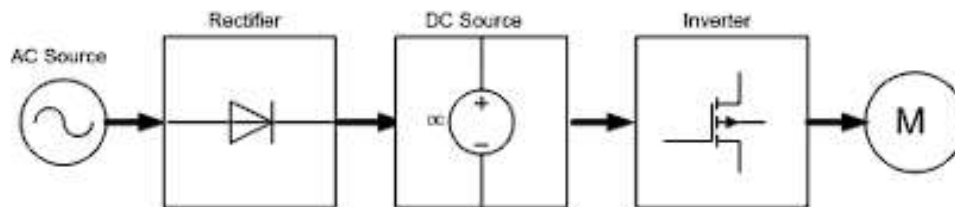
MOSFET. Dengan menggunakan frekuensi pensakelaran, untuk mencacah tegangan DC dan dimodulasi sehingga keluar frekuensi sesuai yang diinginkan.

3. Keluaran Blok inverter kemudian digunakan sebagai sumber tegangan motor induksi dengan frekuensi yang dapat diatur.

Gambar dari *Variable Frequency Drive (VFD)* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Variable Frequency Drive⁴



Gambar 2. 5 Diagram Block VFD⁵

Menurut Johar dkk. (2021) secara matematis hubungan kecepatan motor dengan perubahan frekuensi dapat dinyatakan dengan persamaan 1-1:

$$N_s = \frac{120 \times f}{p} \quad 1-1$$

⁴ (Muhammad dkk., 2024). *Sistem kontrol posisi menggunakan feedback control pada overhead crane* (Skripsi, Politeknik Negeri Ujung Pandang). Politeknik Negeri Ujung Pandang.

⁵ (Johar dkk., 2021). *erancangan VFD motor induksi 1 phase untuk pengaturan awal kecepatan mobil listrik*. *JEPCA (Journal of Electrical Power Control and Automation)*, 4(2), 48.

Dimana :

N_s = Medan Putar Stator

p = Jumlah Kutup

f = Frekuensi

Tabel 2. 2 Spesifikasi VFD

No	Parameter	Spesifikasi
1	Model	AT1-1500
2	Daya	1,5 kW ($\approx$ 2 HP)
3	Tegangan Input	1 fasa AC 220 V
4	Frekuensi Input	50-65 Hz
5	Tegangan Output	3 fasa AC 220 V
6	Frekuensi Output	0–400 Hz
7	Metode Kontrol	V/F Control
8	Terminal Input	L, N
9	Terminal Output	U, V, W

2.2.2 Internet of Things

Penerapan sistem monitoring secara real-time tidak terlepas dari pemanfaatan teknologi *Internet of Things (IoT)* yang memungkinkan perangkat saling terhubung melalui jaringan internet. “*Internet of Things (IoT)* adalah konsep di mana objek objek fisik atau perangkat elektronik yang berbeda dapat terhubung satu sama lain melalui jaringan internet, berbagi data dan informasi secara otomatis tanpa perlu campur tangan manusia. Ini membuka pintu bagi pengumpulan data yang lebih luas dan integrasi yang lebih baik antara dunia fisik dan dunia digital.” (Syahdi Nasution dkk., 2023)

2.2.3 Sensor Arus SCT 013

Salah satu sensor yang umum digunakan untuk pengukuran arus AC adalah sensor SCT-013. “Sensor SCT-013 merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur arus bolak balik (AC). Didalam sensor arus ini terdapat CT, yang mampu membaca arus AC yang mengalir. Sensor SCT 013-000 mampu membaca nilai arus hingga 100 A.”(Budiman & Muchtar, n.d.). Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, di mana arus yang mengalir pada konduktor utama akan menghasilkan medan magnet yang kemudian

diinduksikan ke kumparan sekunder di dalam sensor. Hasil induksi ini berupa sinyal arus kecil yang sebanding dengan arus utama, sehingga dapat diolah menjadi data pengukuran arus. Sensor SCT-013 memiliki beberapa varian, salah satunya SCT-013-000 yang mampu mengukur arus hingga 100 A. Dalam penelitian ini, sensor SCT-013 digunakan untuk mengukur arus yang mengalir pada motor induksi 3 fasa secara *real-time*. Data arus yang diperoleh akan dikirim ke mikrokontroler untuk diproses dan ditampilkan pada sistem *monitoring* berbasis IoT. Dengan penggunaan sensor ini, sistem dapat mendeteksi kondisi arus berlebih (*overcurrent*) secara dini, sehingga dapat dilakukan tindakan pengendalian seperti penurunan kecepatan motor melalui VFD untuk mencegah kerusakan pada sistem. Gambar dari sensor SCT 013 dapat dilihat pada Gambar 2.6.

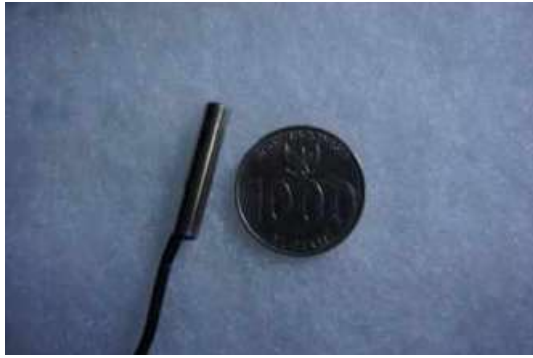


Gambar 2. 6 SCT 013 ⁶

2.2.4 Sensor Suhu NTC

Salah satu sensor yang banyak digunakan untuk mengukur suhu adalah sensor suhu NTC. “Sensor NTC merupakan jenis thermistor yang peka terhadap suhu, yang akan mengalami penurunan nilai resistansi ketika terjadi peningkatan suhu lingkungan” (Prayoga & Pramana, 2022). Kemampuannya dalam memberikan pembacaan suhu secara akurat dan stabil menjadikan sensor ini ideal untuk diaplikasikan pada pemantauan suhu motor induksi, terutama dalam kondisi lingkungan yang cenderung lembap atau bersuhu tinggi. Gambar dari sensor NTC dapat dilihat pada Gambar 2.7.

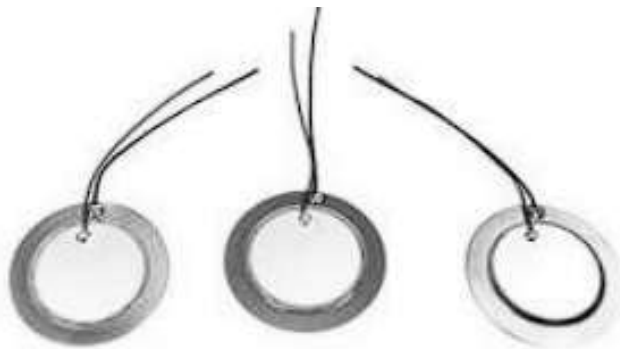
⁶ (Budiman & Muchtar, n.d.) *Analisa prototype pemantauan suhu dan arus tegangan AC kereta dengan menggunakan smart phone*. RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer), 7(1), 143–150.



Gambar 2. 7 Sensor NTC⁷

2.2.5 Sensor Getaran Piezoelektrik

Pemantauan kondisi mesin dapat dilakukan melalui pengukuran tingkat getaran yang terjadi selama proses operasi. “Piezoelektrik merupakan komponen elektronik yang cara kerjanya mengubah gelombang ultrasonik menjadi energi mekanik berbentuk getaran. Penerapan Piezoelektrik pada Microbial Fuel Cell dianggap sebagai desain pompa yang dapat membawa udara ke saluran katoda tanpa injeksi udara eksternal. Saat aktuator mengembang, itu menyebabkan volume saluran katoda mengembang dan udara ditarik ke dalam ruangan. Namun, saat aktuator bergerak ke dalam, volume di katoda berkurang dan udara dikompresi. Proses elektrokimia akan terjadi lebih cepat dan produksi listrik yang dihasilkan akan lebih besar.” (eko dkk., 2023). Gambar dari sensor Piezoelektrik dapat dilihat pada Gambar 2.8.



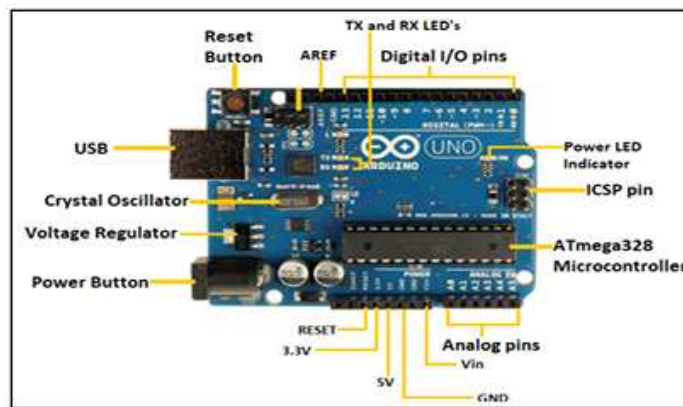
Gambar 2. 8 Sensor Piezoelektrik⁸

⁷(Rachmat & Ananda, 2024) Rancang Bangun Termometer Tubuh Digital Berbasis Sensor NTC W1209 10k. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 23(1), 21-38..

⁸ (Huda & Afrialson, 2022). *Prototype pembangkit listrik memanfaatkan rumble strip pada jalan berbasis piezoelectric*. DAM (Dinamika Akuntansi dan Manajemen), DAM-113.

2.2.6 Arduino UNO

Sebagai pusat pengendali sistem, penelitian ini menggunakan Arduino UNO untuk mengolah data dari setiap sensor yang digunakan. “Arduino UNO merupakan papan microcontroller ber-basis ATmega328P. Ini mempunyai 14 pin I/O digital (6 antara lain dapat dipergunakan sebagai output PWM), 6 in-put analog, resonator keramik 16MHz, koneksi USB, Steker, header ICSP, serta tombol reset. Ini seluruhnya berisi yang dibutuhkan sebagai mendukung microcontroller cukup sambungkan kekomputer menggunakan kabel USB atau mengoperasikan menggunakan adaptor AC-ke-DC ataupun baterai untuk memulai” (A. Widodo & Sumaedi, 2023). Gambar data *sheet* Arduino UNO dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 DataSheet Arduino UNO⁹

Blok diagram Arduino Uno yang ditampilkan pada Gambar 2.9 memberikan gambaran menyeluruh mengenai arsitektur dan komponen utama yang terdapat pada mikrokontroler tersebut. Arduino Uno menggunakan mikrokontroler ATmega328P sebagai pusat pengolahan data, yang berfungsi untuk menjalankan program dan mengontrol sistem. Board ini dilengkapi dengan memori internal untuk penyimpanan program serta berbagai pin *input/output*, baik digital maupun analog (ADC), yang digunakan untuk membaca data dari sensor dan mengendalikan aktuator. Selain itu, Arduino Uno memiliki fitur komunikasi serial melalui USB serta pin TX dan RX yang memungkinkan pertukaran data dengan perangkat lain. Didukung oleh komponen seperti regulator tegangan dan crystal oscillator, Arduino Uno mampu bekerja secara stabil dan efisien dalam sistem

⁹ (A. Widodo & Sumaedi, 2023), *Prototipe deteksi hujan berbasis Arduino Uno menggunakan rain drop sensor module*. Jurnal Teknik Informatika STMIK Antar Bangsa, 9(1), 18–24.

monitoring dan kontrol berbasis mikrokontroler. Pada penelitian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO R4 sebagai pengembangan dari Arduino UNO generasi sebelumnya. Arduino UNO R4 *WiFi* adalah salah satu produk terbaru dari Arduino yang menggabungkan kekuatan pemrosesan dan periferan baru yang menarik dari mikrokontroler RA4M1 dari Renesas dengan konektivitas nirkabel. “Arduino UNO R4 *WiFi* adalah board pertama di keluarga Uno yang memiliki konektivitas *WiFi*, dengan fitur-fitur seperti mikrokontroler 32-bit Arm Cortex-M4, modul *WiFi* ESP32-S3-MINI-1-N8, 14 pin I/O digital, 6 pin input analog, dan USB-C connector”.(Wiwid. S, dkk, 2023). Gambar Arduino UNO R4 dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Arduino UNO R4¹⁰

2.2.7 Relay

Pada penelitian ini, relay digunakan sebagai komponen pengendali untuk menghubungkan dan memutus kerja perangkat sesuai kondisi yang telah ditentukan. “Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Elektromekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*)” (Irawan dkk, 2023). Prinsip kerja relay dimulai ketika arus listrik dialirkan ke kumparan, sehingga menghasilkan medan magnet. Medan magnet inilah yang kemudian

¹⁰ (Wiwid. S dkk, 2023) *Perkembangan mikrokontroler dan implementasi Arduino untuk mendeteksi suara usus*. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Ceria (JPKMC), 1(2), 119–123.

menarik bagian mekanikal di dalam relay, sehingga menyebabkan perubahan posisi kontak. Kontak yang semula terbuka (*Normally Open/NO*) akan menjadi tertutup, sedangkan kontak yang semula tertutup (*Normally Closed/NC*) akan terbuka. Dengan mekanisme tersebut, relay memungkinkan pengendalian rangkaian listrik bertegangan atau berarus besar hanya dengan menggunakan sinyal listrik berdaya kecil. Oleh karena itu, relay banyak digunakan dalam sistem kontrol dan otomasi, seperti pada pengendalian motor listrik, rangkaian proteksi, serta aplikasi berbasis mikrokontroler. Gambar relay dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Relay¹¹

2.2.8 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Mengenai sistem perlindungan listrik, (Anwar, 2021) menjelaskan bahwa “*MCB* merupakan alat pengaman arus lebih pada saluran instalasi listrik yang disebabkan oleh hubung singkat dan beban lebih.”. *MCB (Miniature Circuit Breaker)* bekerja secara otomatis untuk memutus aliran listrik ketika terjadi arus lebih (*overload*) atau hubung singkat (*short circuit*). Mekanismenya terdiri dari dua sistem, yaitu *thermal* dan *magnetik*. Pada kondisi *overload*, arus listrik yang melebihi batas normal akan memanaskan bimetal di dalam *MCB* hingga melengkung dan memicu pemutusan arus secara perlahan. Sedangkan saat terjadi korsleting, lonjakan arus yang sangat cepat akan mengaktifkan kumparan elektromagnetik yang langsung menarik tuas pemutus dan memutuskan aliran listrik secara instan. Setelah trip, *MCB* dapat dinyalakan kembali secara manual jika

¹¹(Components, n.d.) *Omron 11-pin 3PDT relay 10A 110VAC coil (MKS3PI5AC110)*, diakses 2 April 2026, <https://www.rs-online.id/p/11-pin-3pdt-relay10a-110vac-coil/>.

masalah kelistrikan sudah diperbaiki. Gambar dari *MCB (Miniature Circuit Breaker)* dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 12 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)¹²

2.2.9 Motor Induksi 3 fasa



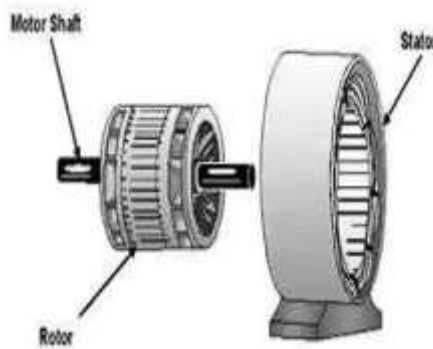
Gambar 2. 13 Motor Induksi 3 fasa¹³

Dalam dunia industri, motor induksi tiga fasa menjadi pilihan utama sebagai penggerak mesin karena mampu bekerja secara *kontinu* dengan tingkat efisiensi yang baik. “Motor induksi 3 fasa dapat diartikan sebagai suatu mesin yang menggunakan listrik 3 fasa sebagai sumber tenaganya yang berupa tegangan, kemudian di input kan pada bagian motor yang sering di sebut dengan stator, pada

¹² (Anwar, 2021). *Sistem proteksi tegangan sentuh pada instalasi listrik berbasis Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)*. Al Ulum Sains dan Teknologi, 6(2), 115.

¹³ (Laksono, 2020). *Rancang bangun dan analisis peralatan pendeteksi dini temperatur motor induksi 3 fasa dengan sensor LM35 berbasis PLC Zelio SR2B121BD*. Jurnal Teknik Elektro, 9(2), 365.

bagian stator inilah proses perubahan energi mulai terjadi, yaitu dengan dilanjutkannya tegangan ke lilitan motor. Lilitan motor akan terjadi proses magnetifikasi, yaitu proses terjadinya medan magnet yang kemudian membuat rotor bergerak, pergerakan rotor inilah yang kemudian di hubungkan dengan motor shaft dan akan dilanjutkan ke beban. Motor jenis ini memiliki dua struktur utama, yang pertama sering disebut dengan stator dan bagian yang kedua sering disebut dengan rotor. Stator adalah komponen atau bagian motor yang diam, dan pada bagian rotor merupakan bagian yang dapat bergerak. Cara kerja motor jenis ini pada dasarnya bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik, di mana pada motor jenis ini tidak ada tegangan yang langsung mengalir ke rotor, akan tetapi di induksikan dari bagian motor yang disebut dengan stator ke bagian rotor dengan melewati bagian jarak antara stator dan rotor, ketika belitan rotor diinduksikan arus dari stator, maka akan menimbulkan medan magnet yang kemudian membuat rotor menjadi berputar” (Dwi Artika Putra dkk., 2021). Gambar kontruksi motor induksi 3 fasa dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 14 Kontruksi Motor Induksi¹⁴

Motor induksi yang digunakan memiliki spesifikasi 1 HP (0.75 kW) beroperasi pada kecepatan putaran yang sesuai dengan *nameplate* yang sudah tertera pada motor. Dengan spesifikasi ini, motor induksi 3 fasa ini termasuk dalam kategori mesin kecil kelas 1. Motor ini dirancang untuk aplikasi industri yang memerlukan tenaga yang andal dan efisien, serta mampu bekerja dengan stabilitas yang tinggi. Konstruksi *wye-delta* memungkinkan motor untuk memulai operasi

¹⁴ (Dwi Artika Putra dkk., 2021). *imulasi sistem proteksi motor induksi 3 fasa terhadap suplai tegangan tidak seimbang dengan metoda Simulink*. Jurnal SPEKTRUM, 8(3), 58

dengan torsi awal yang lebih tinggi dan arus awal yang lebih rendah, yang sangat menguntungkan dalam aplikasi yang memerlukan beban berat.

Dalam penggunaan motor induksi banyak mengalami kerusakan seperti kerusakan yang disebabkan getaran yang berlebihan dan arus yang tidak normal. Oleh karena itu, dibutuhkan solusi yang dapat mengatasi kerusakan secara dini pada motor listrik yaitu dengan memonitoring kinerja motor dari tegangan dan getarannya. Motor induksi memiliki standar operasional tertentu, terutama dalam hal getaran yang diizinkan. Nilai-nilai standar tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.15.

VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816					
Machine			Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid foundation
Vibration Velocity Vrms	in/s	mm/s			Class IV large soft foundation
	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71		good	
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80		satisfactory	
	0.18	4.50			
	0.28	7.10		unsatisfactory	
	0.44	11.2			
	0.70	18.0			
	0.71	28.0		unacceptable	
	1.10	45.0			

Gambar 2. 15 Standar getaran Mesin¹⁵

¹⁵ (Widodo dkk., 2021). *Analysis of vibration due to misalignment in the clutch cluster installation of centrifugal pump*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1108(1), 012037.