

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan rancang bangun sistem monitoring ini, dilakukan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu yang memiliki tema, parameter, serta objek yang sejenis. Kajian difokuskan pada sistem akuisisi data kualitas daya (*power quality*) pada motor induksi 3 *Phase* guna mempertegas posisi kebaruan (*novelty*) dari penelitian yang dilakukan saat ini.

Referensi pertama dilihat dari penelitian ilmiah berjudul “Sistem Monitoring dan Data Logging Motor Induksi 3 *Phase* Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan BlynkCloud”. Penelitian tersebut berfokus pada perancangan sistem akuisisi data untuk memantau parameter kelistrikan serta anomali berupa ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*) pada motor induksi 3 *Phase*. Persamaan yang sangat kuat dengan penelitian penulis adalah digunakannya objek pengujian yang sama, yaitu motor induksi 3 *Phase*, dengan parameter monitoring yang berfokus pada aspek keandalan operasional motor. Namun, perbedaannya terletak pada arsitektur sistem dan media komunikasi; penelitian tersebut menggunakan jaringan nirkabel (Wi-Fi) dan NodeMCU untuk dikirim ke aplikasi smartphone, sedangkan penelitian yang penulis bangun menggunakan arsitektur SCADA berbasis kabel serial RS485 dengan protokol Modbus RTU yang dihubungkan langsung dari power meter ke KOMPUTER/Laptop. (Iskandar dkk., 2018).

Referensi penelitian terdahulu kedua dilihat dari publikasi ilmiah dengan judul “Sistem Monitoring Kualitas Daya Listrik Real-Time Berbasis IoT dengan Node-RED”. Penelitian tersebut membahas pengembangan sistem monitoring kualitas daya listrik tiga *Phase* menggunakan instrumen power meter Easton Smart X96-3RC yang diintegrasikan dengan minikomputer Raspberry Pi melalui komunikasi Modbus RTU serial RS485, di mana seluruh data yang diperoleh diolah dan divisualisasikan menggunakan platform Node-RED dalam bentuk dashboard interaktif. Persamaan penelitian tersebut dengan sistem yang penulis bangun terletak pada penggunaan platform arsitektur perangkat lunak Node-RED untuk

menyusun alur logika data (*flow-based programming*) serta penerapan protokol komunikasi Modbus RTU berbasis serial RS485 untuk mengambil parameter kelistrikan *Phase* secara *real-time*. (Riyanto dkk., 2025).

Referensi penelitian terdahulu ketiga diambil dari jurnal teknologi terapan dengan judul “*Three Phase Motor Speed Monitoring and Control System Using Raspberry Pi and Node RED in Molding Production at PT XYZ*”. Penelitian ini mengimplementasikan sistem monitoring dan kendali kecepatan motor induksi 3 *Phase* pada mesin pencampur bahan produksi cetakan (*molding*) menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) yang dijemputani oleh Raspberry Pi dan Node-RED melalui protokol Modbus. Persamaan dengan penelitian penulis adalah digunakannya objek material pengujian yang sama, yaitu motor induksi 3 *Phase*, serta pemanfaatan visualisasi visual dashboard Node-RED. (Alie & Irawan, 2025)

Referensi penelitian terdahulu keempat diambil dari jurnal ilmiah dengan judul “*Monitoring System Motor Induksi 3 Phase Berbasis Internet of Things*”. Penelitian tersebut berfokus pada perancangan sistem akuisisi data jarak jauh menggunakan sensor energi listrik PZEM-004T yang dipadukan dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan modul WiFi NodeMCU ESP8266 untuk mengirim data ke platform IoT ThingSpeak. Kelebihan dari penelitian ini adalah telah dilengkapi dengan sistem proteksi indikator gangguan berupa alarm buzzer yang akan otomatis aktif berbunyi saat arus terdeteksi melebihi 1 Ampere, serta sistemnya ekonomis karena menggunakan modul sensor yang ringkas. (Aryo dkk., 2020)

Dalam proses penelitian, penulis melakukan perancangan sistem berupa monitoring kualitas daya (*power quality*) pada motor induksi 3 *Phase* melalui perancangan hardware dan software. Komponen hardware utama yang digunakan pada pembuatan alat ini adalah motor induksi 3 *Phase* sebagai objek pengujian (aktuator), Acuvim II Multifunction Power Meter sebagai instrumen digital untuk mengukur parameter kelistrikan, serta modul komunikasi serial RS485 yang berfungsi sebagai media transmisi data dari power meter menuju komputer/laptop. Sementara itu, untuk perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam perancangan sistem ini adalah platform pemrograman visual Node-RED, yang berfungsi untuk mengolah alur data (*flow logic*) Modbus RTU sekaligus mendesain

antarmuka visual grafis (*dashboard* SCADA).

Mekanisme kerja sistem ini diawali saat motor induksi 3 *Phase* dioperasikan dalam kondisi tanpa beban (*no-load test*). Acuvim II Multifunction Power Meter akan langsung mendeteksi dan membaca parameter fisik elektrik secara riil. Data hasil pengukuran berupa nilai tegangan *Phase-ke-netral*, arus *Phase*, frekuensi, power factor, hingga persentase distorsi harmonisa (THD) akan dikonversi menjadi data biner internal. Data tersebut kemudian ditransmisikan secara langsung (*real-time*) melewati media kabel komunikasi serial RS485 dengan protokol Modbus RTU menuju port USB komputer. Perangkat lunak Node-RED di sisi komputer bertindak sebagai pemroses akhir yang menangkap register data Modbus tersebut, mengolahnya melalui blok fungsi, dan menampilkannya secara aktual pada monitor dalam bentuk visual gauge dan teks numerik.

Tabel 2.1 Perbandingan variabel penelitian

Kategori	Peneliti 1	Peneliti 2	Peneliti 3
Peneliti	Teguh Sandro Yatana Putra	Dien Fadhillah Rahman Riyanto, Danang Widjajanto, Isdawimah	Ahsanu Fuad dan Rismen Sinambela (2024)
Judul	Rancang Bangun Sistem Monitoring Power Quality berbasis SCADA pada Generator Sinkron 3 Phase	Sistem Monitoring Kualitas Daya Listrik Real-Time Berbasis IoT dengan Node-RED	Three Phase Motor Speed Monitoring and Control System Using Raspberry Pi and Node RED in Molding Production at PT XYZ
Kelebihan	Penelitian ini membahas tentang menggabungkan SCADA, Generator Sinkron dan Alat Digital Meter	Mampu mencatat data historis dan diakses secara remote lewat internet.	Objeknya sangat pas karena sudah menggunakan motor induksi 3 <i>Phase</i>
Kekurangan	-	Sistemnya dirancang untuk pengawasan panel distribusi industri secara umum, bukan spesifik pada beban motor listrik	Tidak mengukur parameter kualitas daya yang mendalam seperti distorsi harmonisa (THD)

Kategori	Peneliti 4	Peneliti 5	Peneliti 6
Peneliti	Ricky Febri Aryo, Basuki Winarno, Suluh Argo Pambudi	I Made Aryasa Wriyawan,Djoko Suhantono,I Gusti Ketut Abasana, dan Kasiani	Ahsanu Fuad dan Rismen Sinambela
Judul	Monitoring System Motor Induksi 3 <i>Phase</i> Berbasis Internet of Things	Upaya Peningkatan Kualitas Daya dan Penurunan harmonisa Peralatan listrik di workshop / laboratorium	Studi Kasus pengaruh Harmonisa Pada Pengipreasian Transformator
Kelebihan	Dilengkapi dengan sistem proteksi indikator berupa alarm <i>buzzer</i> saat arus melebihi 1 Ampere.	Kelebihan Dia memiliki Adanya Penjelasan tentang Kualitas Daya dan Harmonisa	Kelebihan nya Memiliki Penjelasan dari Harmonisa pada Trafo 3 <i>Phase</i>
Kekurangan	Masih membutuhkan dua modul mikrokontroler terpisah yang memperumit <i>wiring</i> hardware.	Kekurangan nya yaitu Bentuk Desain Alat Ringan, serta tidak ada kata berhasil yang dicantum	Kekurangannya yaitu Bentuk Desain Alat Ringan, dan Kekurangan Power Quality Didalamnya

Berdasarkan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu pada Tabel 2.1, diketahui bahwa penelitian-penelitian tersebut telah membahas topik yang relevan dengan penelitian ini, namun memiliki kelebihan dan kekurangan.

Metode penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Melakukan perencanaan ide dan deskripsi kerja.
2. Mengimplementasikan cara kerja alat kedalam *flow chart*.
3. Membuat blok diagram dan *single line diagram*.
4. Membuat desain rancang bangun berupa relisasi alat yang akan dibuat.
5. Menentukan komponen yang dibutuhkan dan menyesuaikan pemilihan komponen dengan kebutuhan plant.
6. Merealisasikan alat yang telah didesain.
7. Membuat program SCADA yang disesuaikan dengan alamat.
8. Melakukan pengujian dan pengambilan data.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Motor Induksi 3 Phasa

Motor induksi (MI) merupakan alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor induksi banyak dipakai sebagai penggerak untuk mengerjakan banyak proses di industri seperti menggerakkan blower (penghasil angin) berkapasitas besar yang dipakai untuk pembakaran di dalam tungku peleburan, menggerakkan conveyor (pengangkut bahan), menggerakkan pompa air untuk sirkulasi air pendingin dan lain –lain. Meskipun MI cukup handal tetapi pada kenyataannya dapat saja mengalami banyak masalah pada saat beroperasi yang menyebabkan kerusakan total pada motor induksi tersebut. Pada umumnya motor induksi kuat dan handal. Tetapi, lingkungan kerja, instalasi dan faktor produksi bisa menyebabkan kerusakan pada rotor dan stator. Kerusakan tersebut tidak hanya menurunkan efisiensikerja dari mesin, melainkan bisa menimbulkan pengaruh bahaya untuk produksi yang berkelanjutan dan keamanannya. Ada beberapa yang dapat mempengaruhi kerusakan motor yaitu tegangan, arus, frekuensi, keseimbangan kekebalan tegangan, temperatur, getaran, kebisingan (noise). Motor induksi yang digunakan secara terus –menerus akan mengalami proses penuaan motor secara alami yang dapat menyebabkan kerusakan pada motor induksi. Apabila kerusakan pada motor induksi tidak dapat dideteksi sedini mungkin akan dapat mengakibatkan kerusakan yang sangat parah dengan berbagai tipe kerusakan. Kerusakan motor akan menyebabkan hilangnya waktu produktif akibat perbaikan mesin yang cukup lama, pemeliharaan biaya yang sangat besar, akibat banyaknya komponen yang harus diganti. Kerusakan total motor induksi pada saat berlangsungnya proses produksi dapat mengakibatkan rendahnya mutu barang jadi yang dihasilkan hingga sampai berhentinya proses produksi itu sendiri. Salah satu contoh kerusakan motor induksi adalah Stress mekanik akibat pola operasi. Stress mekanik terjadi akibat kelebihan beban dan perubahan beban secara tiba – tiba yang dapat mengakibatkan kerusakan bearing dan patahnya rotor bar. (Nugraha & Triyanto, 2023)



Gambar 2.1 Motor 3 Phasa

Berdasarkan data resmi pada papan nama (nameplate) berikut 3 motor merek dan tipenya

- a) Thrige-Titan a/s (ASEA) dengan tipe MT71A14F130-6



Gambar 2.2 Spesifikasi Motor Pertama

1. Jenis Motor: Motor Induksi 3 Phase
2. Frekuensi Kerja: 50Hz
3. Kecepatan Putar Nominal: 920r / min (Motor 6 Pole)
4. Daya Output Motor: 0,18kW atau setara dengan 0,25 hp
5. Faktor Daya ($\cos\phi$): 0,63 (Catatan Khusus: Nilai $\cos\phi = 0,63$ yang tertera pada papan nama (nameplate) merupakan faktor daya nominal motor saat beroperasi pada kondisi beban penuh (*full-load*). Pada pengujian tanpa beban (*no-load test*), nilai $\cos\phi$ akan mengalami penurunan (*drop*) secara alami ke kisaran 0,25 akibat dominannya penyerapan arus reaktif induktif untuk magnetisasi stator)
6. Standar Desain & Proteksi: IEC34 / Kelas Isolasi B / IP54
7. Konfigurasi Tegangan dan Arus Nominal:
 1. Hubungan Segitiga (Delta): 220V dengan arus nominal 1,5 A
 2. Hubungan Bintang (Y): 380V} dengan arus nominal 0,85A

b) TECO Elec. & Mach. Pte Ltd / Frame D80M



Gambar 2.3 Spesifikasi Motor Kedua

1. Jenis Motor: Motor Induksi 3 Fasa
2. Frekuensi Kerja: 50Hz
3. Kecepatan Putar Nominal: 920r / min (Motor 6 Pole)
4. Daya Output Motor: 0,75kW atau setara dengan 1,0 hp
5. Standar Desain & Proteksi: IEC/EN 60034
6. Konfigurasi Tegangan dan Arus Nominal:
 1. Hubungan Segitiga (Delta): 220V dengan arus nominal 3,55 A
 2. Hubungan Bintang (Y): 380V } dengan arus nominal 2,05A

c) LM MOTOR INDUSTRY / Type AEEF / Frame 71



Gambar 2.4 Spesifikasi Motor Ketiga

1. Jenis Motor: Motor Induksi 3 Fasa
2. Frekuensi Kerja: 50Hz
3. Kecepatan Putar Nominal: 920r / min (Motor 6 Pole)
4. Daya Output Motor: 0,37kW atau setara dengan 0,5 hp
5. Standar Desain & Proteksi: CNS-2934 C4088
6. Konfigurasi Tegangan dan Arus Nominal:
 1. Hubungan Segitiga (Delta): 220V dengan arus nominal 1,70 A
 2. Hubungan Bintang (Y): 380V } dengan arus nominal 1,0 A

2.2.2 RS485

Pada penelitian ini komunikasi Modbus RTU yang digunakan adalah komunikasi serial RS485 (TTL to RS485). Modul RS485 (TTL to RS485) adalah modul yang memungkinkan TTL interface dari mikrokontroler ditransfer ke modul RS485. Mendukung komunikasi antara beberapa mikrokontroler, memungkinkan hingga 128 device di bus. (Mohammad Syafri Hidayat et al., 2022)

Struktur format pengiriman data dari master berupa alamat perangkat adalah alamat dari slave yang akan menerima data, dan function code adalah kode yang menentukan fungsi atau tindakan yang akan dilakukan. Berikut adalah beberapa contoh fungsi:

1. *Read DO (Digital Output)*
2. *Read DI (Digital Input)*
3. *Read AO (Analog Output)*
4. *Read AI (Analog Input)*
5. *Write single DO (Digital Output)*
6. *Write single AO (Analog Input)*
7. *Write multiple DO (Digital Output)*
8. *Write multiple AO (Analog Input)*

Modbus memiliki frame data yang berbeda disetiap jenisnya. Komunikasi serial pada modbusRTU menggunakan representasi nilai data biner yang dikompresi menjadi protocol komunikasi. Bingkai data Modbus RTU mengikuti perintah atau permintaan transfer data menggunakan mekanisme pengecekan kesalahan untuk memastikan bahwa data yang dikirimkan sudah benar (Elmech Technology, 2019).Format frame data protokol komunikasi Modbus RTU sebagai berikut
Address Field Bidang alamat bingkai pesan berisi dua karakter (ASCII) atau delapan bit (RTU). Perangkat slave individu diberikan alamat dalam kisaran 1 ... 247.
Function Field Bidang Kode Fungsi memberi tahu slave yang dituju fungsi apa yang harus dilakukan. Fungsi berikut didukung oleh

1. *Polling Modbus01*
2. *Read Coil Status02*
3. *Read Input Status03*

4. *Read Holding Registers*

Untuk Peneliti Terdahulu itu memakai RS485 tetapi tidak berhasil dikarenakan dia juga memakai Raspberry Phi, tetapi saya berpegang teguh bahwasanya RS485 saja bisa membaca dari EMG25 dan juga tanpa ada mikro yang lain, saya bisa meyakinkan bahwasanya bisa terbaca. Dan juga memakai Modbus, dan juga Node-Red. untuk RS485 bisa dioptimalkan, cara mengatasi yaitu dengan ada suatu tambahan mikro yang akan melindungi RS485.



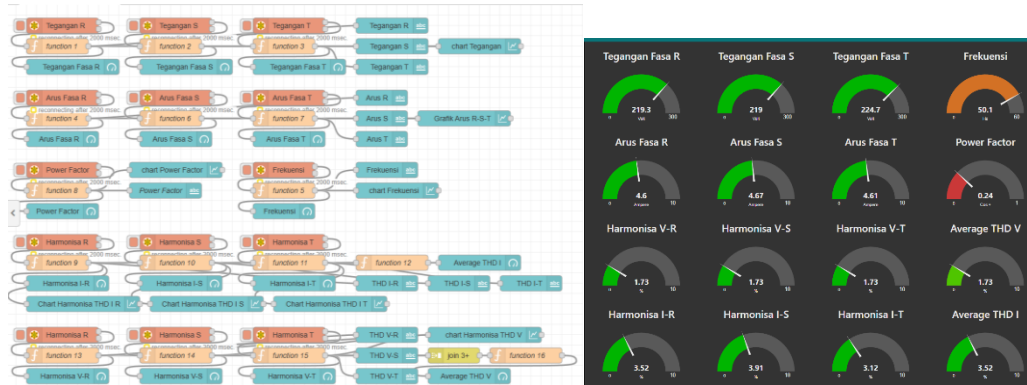
Gambar 2.5 RS485 Convert To USB

2.2.3 *Node-Red*

Node-RED adalah sebuah tool berbasis browser untuk membuat aplikasi Internet of Things (IoT) yang mana lingkungan pemrograman visualnya mempermudah penggunaanya untuk membuat aplikasi sebagai “flow”. (Wiguna & Subari, 2017)

Lanskap Bahasa pemrograman sangatlah luas dan meliputi berbagai jenis gaya dan paradigma pemrograman. Bahasa imperatif berorientasi objek saat ini menguasai dunia pemrograman, namun begitu sebetulnya ada alternatif untuk pengembangan atau produksi software dan juga untuk membuat prototipe ide dengan cepat. Node-RED mengambil jalur alternatif tersebut untuk pengembangan software. Pertama ia adalah Bahasa pemrograman visual. Daripada membuat aplikasi sebagai barisan kodingan. Node-RED fokus ke program sebagai flow. software yang khusus digunakan untuk visualisasi data dan pemrosesan dalam bidang akusisi data, kendali dan instrumentasi, serta otomasi industri. Pada proyek akhir ini penulis menggunakan software Node-RED pada raspberry pi dengan serial komunikasi yang digunakan yakni RS485 dengan serial Modbus RTU. Monitor akan menampilkan objek-objek seperti text numeric, gauge yang berfungsi untuk menunjukkan berapa tegangan, arus frekuensi dan cosphi yang dikeluarkan oleh

generator pada saat diberi beban atau tanpa beban, dapat dilihat tampilan awal panel Node-RED pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.6 Node-RED

2.2.4 Kualitas Daya dan Harmonisa

Power Quality atau kualitas daya listrik adalah ukuran tingkat kualitas jaringan listrik yang dikaitkan dengan tingkat efisiensi dan penggunaan energi listrik. Kualitas daya listrik juga merupakan syarat harus dipenuhi agar peralatan-peralatan listrik berbasis komponen.

elektronik yang sensitif terhadap variasi tegangan dapat berfungsi dengan benar. Jika kualitas daya tidak terpenuhi karena adanya harmonisa maka dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan tersebut.

Harmonik atau Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Pada dasarnya, harmonik adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonik yang ditimbulkan pada bentuk gelombang aslinya, sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonik. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50Hz, maka harmonik keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100Hz, harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi 150Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya.

Pengaruh harmonisa pada sistem distribusi setiap sistem distribusi dapat dipengaruhi oleh harmonisa walaupun dengan akibat yang berbeda. Namun

demikian komponen tersebut akan mengalami penurunan kinerja bahkan akan mengalami kerusakan, salah satu dampak yang umum dari gangguan harmonisa adalah panas lebih dari kawat netral dan transformator sebagai akibat timbulnya harmonisa ketiga yang dibangkitkan oleh peralatan listrik satu *Phase*. Pada keadaan normal, arus beban setiap *Phase* dari beban linear yang seimbang pada frekuensinya dasarnya akan saling mengurangi sehingga arus netralnya menjadi nol. Sebaliknya beban non-linear satu *Phase* akan menimbulkan harmonisa atau tidak bagusnya kualitas daya pada 1 *Phase* dari 3 *Phase* tersebut yang akan mengakibatkan harmonisa kelipatan tiga ganjil (harmonisa ke-3, harmonisa ke-9, harmonisa ke-15, dan seterusnya) yang sering juga disebut dengan zero sequence harmonisa lihat pada tabel 2.2. Harmonisa ini tidak menghilangkan arus netral tetapi menghasilkan tegangan pada arus netral yang lebih tinggi dari pasa. (Fuad Ahsanul, 2024)

1) Standar Batas Harmonisa IEEE 519-2014

Untuk menjaga kualitas daya pada sistem kelistrikan, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) mengeluarkan regulasi **IEEE Std 519-2014** sebagai acuan batas toleransi distorsi harmonisa yang diizinkan pada sistem tegangan rendah (≤ 1.000 V), seperti yang disajikan pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.2 Batas Distorsi Tegangan (THD V) Berdasarkan IEEE 519-2014

Tegangan Bus pada PCC (V)	Distorsi Tegangan Individual (%)	Total Harmonic Distortion / THDV (%)
$V \leq 1$ kV (Sistem Rendah)	5,0%	8,0%
$1 \text{ kV} < V \leq 69$ kV	3,0%	5,0%
$69 \text{ kV} < V \leq 161$ kV	1,5%	2,5%

Catatan: Untuk pengujian pada instalasi laboratorium ini (220V/380V), batas maksimum Total Harmonic Distortion Tegangan (THD_V) yang diizinkan adalah 8,0% (atau 5,0% untuk batas ketat sistem operasi standar).

Tabel 2.3 Batas Distorsi Arus (THD I)
Berdasarkan IEEE 519-2014 ($V \leq 120$ " V"~69" kV")

Rasio I_{sc}/I_L	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	Total Harmonic Distortion / TDD / THDI (%)
< 20	4,0%	2,0%	1,5%	5,0%
$20 < 50$	7,0%	3,5%	2,5%	8,0%
$50 < 100$	10,0%	4,5%	4,0%	12,0%

2.2.5 ACUVIM II Digital Power Meter

Power Meter adalah alat yang mampu mengukur dan menampilkan parameter-parameter listrik dari sistem jaringan 3 *Phase*. Itu memungkinkan bisa digunakan di aplikasi seperti Energy Metering dan sejenis nya, yang mana dapat digunakan untuk pengukuran sistem tegangan rendah dan tegangan menengah. Power meter memiliki spesifikasi untuk pengukuran yang mana spesifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel 2.5 dibawah ini

Tabel 2.4 Spesifikasi Pengukuran Power meter

Function Symbol	Function	Keterangan
V/U	Voltage	Mengukur Tegangan <i>Phase-ke-netral</i> dan <i>Phase-ke-Phase</i>
I	Current	Mengukur Arus listrik aktual yang mengalir pada tiap <i>Phase</i>
F	Frequency	Mengukur Frekuensi kerja sistem jaringan listrik (Hz)
PF	Power Factor	Mengukur Faktor daya rata-hari (<i>average</i>) maupun per <i>Phase</i>
THD	Total Harmonic Distortion	Mengukur Persentase distorsi harmonisa tegangan (THDV) dan arus (THDI).



Gambar 2.7 Acuvim II

Pada Gambar 2.4 menunjukkan bentuk fisik dari Acuvim II *Digital Energy Power Meter*.

2.2.6 Kontaktor

Pengertian fungsi dan wiring dari kontaktor bisa disebut *Magnetic Contactor*, karena prinsip kerja dari kontaktor tersebut menggunakan medan magnet yang timbul oleh arus listrik yang didalam kontaktor tersebut ada sebuah kumparan untuk menjadi magnet karena dialiri oleh arus listrik. (Adhimanata & Dhiya, 2024)

Kontaktor merupakan salah satu komponen yang dapat digunakan sebagai kontak / kontak berkapasitas besar dengan daya yang minimal. Kontaktor terdiri dari koil, beberapa kontak biasanya terbuka (NO) dan beberapa kontak normal tertutup (NC). Ketika kontaktor normal, NO terputus, dan ketika kontaktor bekerja, NO ditutup. Jika kontak yang biasanya tertutup berlawanan, yaitu, kontak yang biasanya tertutup akan ditutup dalam kondisi normal, dan kontak yang biasanya tertutup akan terbuka dalam kondisi kerja. (Arzaq et al., 2021) Berikut Gambar 2.5 kontaktor (Schneider, 2026).



Gambar 2.8 Kontaktor

2.2.7 Current Transformer

Current Transformer (CT) adalah transformator khusus yang dirancang untuk menurunkan arus listrik tinggi ke tingkat yang lebih rendah dan terukur. Sistem kelistrikan—baik di jaringan listrik, pabrik, atau gedung komersial seringkali membawa arus yang terlalu besar (ratusan atau ribuan ampere) untuk diukur langsung oleh meter atau ditangani dengan aman oleh relai proteksi. CT mengatasi masalah ini dengan mengurangi arus tinggi ini ke kisaran standar yang mudah dikelola (biasanya 5 ampere atau 1 ampere), memungkinkan meter, relai, dan perangkat lain untuk memantau dan mengontrol sistem tanpa risiko. Berikut Gambar 2.6 *Current Transformer* (CT): Howig CT Ratio 10/5 A, Class 1.0. (Howig, 2026).



Gambar 2.9 *Current Transformers*

2.2.8 MCB

MCB adalah kependekan dari miniature circuit breaker atau miniatur pemutus sirkuit. MCB adalah sebuah perangkat elektromekanikal yang dapat melindungi rangkaian listrik dari arus yang berlebihan dengan cara memutuskan arus tersebut secara otomatis saat melewati batas tertentu. (Kurniawan et al., 2019)

MCB memiliki fungsi memutuskan arus listrik secara otomatis, untuk melindungi rangkaian listrik ketika arus yang melewati MCB melebihi nilai yang ditentukan. Akan tetapi pada saat kondisi normal, MCB memiliki fungsi sebagai saklar yang dapat menghubungkan dan memutuskan aliran arus listrik secara manual. Pada dasarnya MCB memiliki fungsi yang sama seperti sekering (FUSE), yakni memutuskan aliran arus listrik rangkaian saat terjadi kelebihan arus akibat hubung singkat (short circuit), atau akibat kelebihan beban (*overload*). Saat setelah arus listrik sudah normal, MCB dapat dinyalakan kembali, sedangkan sekering (FUSE) tidak. Pada umumnya saat kondisi mati, MCB memiliki fungsi seperti halnya saklar ON/OFF biasa, yakni menyambung dan memutuskan aliran arus listrik secara manual. Namun

pada saat kondisi tertentu seperti kelebihan beban atau hubung singkat, MCB memiliki fungsi sebagai pemutus aliran arus listrik secara otomatis. (Kurniawan et al., 2019)

MCB 3 Phase: CHNT C32 / 32 Ampere, 3-Pole.

MCB 1 Phase: Schneider C6 / 6 Ampere, 1-Pole.



Gambar 2.10 MCB

2.2.9 Push Button

Push button adalah komponen kontrol listrik yang berfungsi sebagai saklar manual untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik sementara waktu (ketika ditekan saja). Komponen ini bekerja berdasarkan prinsip kerja mekanis dan umumnya memiliki dua jenis kontak:

1. *Normally Open* (NO): Kondisi awal sebelum ditekan adalah terbuka (terputus). Ketika ditekan, kontak akan terhubung, biasanya digunakan sebagai tombol Start atau On.
2. *Normally Closed* (NC): Kondisi awal sebelum ditekan adalah tertutup (terhubung). Ketika ditekan, kontak akan terbuka (terputus), biasanya digunakan sebagai tombol Stop atau Off.

Berikut Gambar 2.8 *Push Button*



Gambar 2.11 *Push Button*

2.2.10 Pilot Lamp

Pilot lamp (atau lampu pilot) adalah komponen listrik yang berfungsi sebagai lampu indikator atau penanda visual dalam suatu sistem panel kontrol listrik. Komponen ini tidak berfungsi untuk memutus atau menghubungkan arus, melainkan hanya memberikan informasi kepada operator mengenai kondisi atau status dari rangkaian panel tersebut. Beberapa fungsi standar berdasarkan warna pilot lamp di industri antara lain:

1. Lampu Merah: Biasanya menandakan bahwa sistem/motor dalam kondisi berhenti (Stop) atau terjadi kondisi gangguan (Fault/Trip).
2. Lampu Kuning: Biasanya digunakan untuk menandakan adanya peringatan (warning) atau indikasi bahwa pasokan tegangan listrik dari sumber (R-S-T) telah masuk ke dalam panel.
3. Lampu Hijau: Biasanya menandakan bahwa sistem/motor sedang beroperasi atau berjalan (Run/On).



Gambar 2.12 *Pilot Lamp*