pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v23i2.xxxxx

RANCANG BANGUN MONITORING MOTOR INDUKSI TIGA FASA BERBASIS IOT *(INTERNET OF THINGS)*

Farah Salsabila Habib[1)], Fakhruddin Mangkusasmito[2)]
[1)] Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
**E-mail : fakhm17@gmail.com*

ABSTRACT

Three-phase induction motors are widely used as the primary drive in the industrial sector because of their high reliability in supporting production processes. This final-year research project developed an IoT-based monitoring system for three-phase induction motors to monitor voltage, current, power, and temperature in real time via a website, using PZEM-004T (voltage, current, power) and DS18B20 (temperature) sensors. Motor condition analysis was performed using a diagnostic approach based on the National Electrical Manufacturers Association (NEMA) MG-1 14.36 standard, by calculating the percentage of unbalanced voltage, unbalanced current, and motor load percentage. Testing was conducted on two motor conditions: a loaded Direct-on-Line (DOL) motor with specifications of 2,200 watts (3 HP) and an unloaded star-connected motor with specifications of 0.5 HP. Test results for the DOL motor showed a current sensor accuracy of 98.79% (error 1.21%), a voltage sensor accuracy of 99.38% (error 0.63%), and a power sensor accuracy of 98.87% (error 1.13%), with unbalanced voltage at 1.23% and unbalanced current at 2.99%, both of which indicate that the motor is in good condition. For the star-connected motor under no-load conditions, the IoT system recorded an unbalanced voltage of 2.37% (risky condition) and an unbalanced current of 8.79% (good condition), which are consistent with manual measurements taken using a digital multimeter and a digital clamp meter (unbalanced voltage of 2.04% and unbalanced current of 9.09%).

Keywords: *Three-phase induction motor, Internet of Things, PZEM-004T, DS18B20, real-time monitoring, unbalanced voltage, unbalanced current, motor load.*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era abad 21 ini penggunaan dan produksi energi listrik sangat tinggi. Salah satunya pada sektor industri pembangkitan yaitu PT Medco Ratch Power Riau. Pada sektor industri ini penggunaan motor induksi 3 fasa sangat berperan dalam kegiatan produksi. Dalam aplikasinya, motor induksi 3 fasa sudah banyak dijumpai di sektor industri untuk meningkatkan jumlah produksi, efisiensi waktu dan biaya produksi.

Perkembangan teknologi saat ini mendorong sektor industri membuat informasi dan *monitoring* suatu data untuk mempermudah pekerjaan. Menurut (Hartono & Nurcahyo, 2017) dalam [1] (Mubarok dkk., 2025) menjelaskan bahwa penerapan teknologi yang canggih di era revolusi industri 4.0 di mana penggabungan antara teknologi konvensional dan teknologi digitalisasi internet yang harus diimplementasikan, di mana penggunaan sensor, kontrol motor dan sistem berbasis internet. Hal ini supaya proses pekerjaan bisa lebih praktis dan lebih fleksibel untuk me-*monitoring* peralatan listrik.

Pada gambar 1.1. dibawah ini merupakan salah satu cara untuk memantau motor induksi tiga fasa yaitu menggunakan informasi sistem *monitoring* dari ruang CCR *(Central Control Room)* melalui layar DCS *(Distribudted Control System)*. Saat ini yang ditampilkan yaitu berupa data *monitoring* dalam kondisi *open* (nyala) atau *off* (mati). Sedangkan berdasarkan pengamatan langsung di lapangan belum tersedianya data parameter khusus dengan menggunakan sistem *internet of things* yang bisa memudahkan teknisi atau operator dalam memantau beberapa parameter khusus seperti tegangan, arus, daya dan suhu pada motor induksi 3 fasa dalam pemantauan jarak jauh secara praktis sehingga secara teknik konvensional seorang teknisi pembangkitan dalam mengambil data informasi dari sebuah motor induksi 3 fasa biasanya menggunakan alat ukur multimeter atau *clamp ampere*, lalu melakukan pencatatan secara manual.

Untuk menyempurnakan dan melengkapi permasalahan di lapangan tersebut, perlu dilakukannya penelitian rancang bangun *monitoring* supaya dapat membantu memudahkan teknisi atau operator untuk memantau secara *real time* berupa nilai tegangan, arus, daya dan suhu pada motor induksi 3 fasa, sehingga dapat meminimalisir *overcurrent* atau beban berlebih yang dapat mengakibatkan gangguan pada proses produksi.



Gambar 1.1 DCS System CCPP

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan. Penelitian ini menggunakan PZEMT-004T untuk membaca tegangan, arus dan daya pada motor induksi 3 fasa, *buck converter* untuk menstabilkan tegangan, ESP32 Devkit V1 sebagai mikrokontroler dan pengirim data ke server melalui pendekatan berbasis IoT *(Internet of Things)* dengan *dashboard website server* di lengkapi data *monitoring* berupa arus, tegangan, daya, suhu sebagai langkah upaya *preventive maintenance* berlokasi di PT Medco Ratch Power Riau. Penelitian ini penting dilakukan karena diharapkan dapat memberikan selangkah kecil kontribusi yang dapat diterapkan dalam memudahkan teknisi atau operator, khususnya dalam konteks sistem monitoring motor induksi 3 fasa berbasis IoT *(Internet of Things)* sebagai *preventive maintenance* di PT Medco Ratch Power Riau.

Penelitian Tugas Akhir/skripsi ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi sektor industri dalam monitoring peralatan listrik industri salah satunya motor induksi 3 fasa. Dengan mempertimbangkan kondisi di lapangan yang ada, maka penelitian tugas akhir yang akan diajukan yaitu "Rancang Bangun Monitoring Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis IoT *(Internet of Things)*".

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini memiliki tujuan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini membuat rancang bangun *monitoring* motor induksi tiga fasa berbasis IoT *(Internet of Things)* dengan *output monitoring* yaitu tegangan, arus, daya, suhu di motor induksi tiga fasa.
2. Penelitian rancang bangun *monitoring* motor induksi tiga fasa berbasis IoT *(Internet of Things)* ini dibuat untuk mengetahui diagnostik kondisi motor 3 fasa melalui pendekatan *unbalanced voltage, current* dan *persentase load motor.*
3. Penelitian rancang bangun *monitoring* motor induksi tiga fasa berbasis IoT *(Internet of Things)* ini dibuat untuk mengetahui perbandingan hasil pengujian sistem IoT *(Internet of Things)* dari alat yang dibuat dengan pengukuran konvensional?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian tugas akhir ini membatasi dan memiliki fokus terhadap rancang bangun *monitoring* motor induksi tiga fasa berbasis IoT *(Internet of Things)* yaitu sebagai berikut:

1 Penelitian ini hanya membahas perancangan dan implementasi sistem monitoring motor induksi tiga fasa berbasis *Internet of Things* (IoT). Parameter yang diukur dan dimonitoring pada penelitian ini terbatas pada tegangan, arus, daya, dan suhu motor.

2 Alat ini memiliki sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor PZEM-004T untuk pengukuran tegangan, arus, dan daya, serta sensor DS18B20 untuk pengukuran suhu motor serta ESP32 DevkitV1 sebagai mikrokontroller utama.

3 Analisis diagnostik kondisi motor dilakukan berdasarkan perhitungan *unbalanced voltage* dan *unbalanced current* menggunakan metode standar NEMA MG-1 yang dapat ditampilkan pada website yang telah di buat.

4 Pengujian sistem dilakukan pada dua lokasi, yaitu pada motor induksi 3 fasa *(sump pump motor)* dengan spesifikasi motor yang diuji yaitu tipe DOL *(Direct On Line)* menggunakan beban di PT Medco Ratch Power Riau dan pada motor induksi tiga fasa berdaya 0,5 HP dengan spesifikasi motor yang di uji yaitu tipe star tanpa beban di laboratorium vokasional Teknik Listrik Industri.

5 Sistem monitoring yang dibangun hanya menampilkan data secara *real-time* melalui website serta koneksi WIFI SSID yang terhubung dengan panel *monitoring* yang digunakan pada sistem IoT diasumsikan dalam kondisi stabil, sehingga penelitian ini tidak membahas penanganan jika terjadi gangguan jaringan.

6 Penelitian ini tidak membahas analisis biaya (*cost analysis*) maupun kelayakan ekonomis (*economic feasibility*) dari implementasi sistem monitoring yang dirancang.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

1.4.1 Manfaat Akademis

Penelitian tugas akhir ini memiliki manfaat penelitian dari segi akademis yaitu sebagai pembelajaran pada kajian penelitian tentang *monitoring* induksi tiga fasa berbasis IoT *(Internet of Things).*

1.4.2 Manfaat Praktis

Penelitian tugas akhir ini memiliki manfaat penelitian dari segi praktis yaitu sebagai upaya *preventive maintenance* di PT Medco Ratch Power Riau 275 MW dengan pemantauan melalui *website monitoring* yang dapat bisa diakses jarak jauh bagi

para teknisi, operator atau pihak yang berkepentingan.

BAB II PENDAHULUAN

2.1 Tinjauan Pustaka

Peneliti telah menelusuri studi terkait rancang bangun monitoring motor tiga fasa dari berbagai sumber informasi dari jurnal akademik nasional dengan menggunakan kata kunci *AC 3 Phase Induction Motor*. Kemudian menemukan beberapa jurnal terkait. Berikut akan disampaikan poin penting dari penelitian terdahulu, sehingga dapat melihat gap atau posisi pentingnya penelitian kami.

1. Yusro dkk (2025) yang berjudul Desain Sistem Monitoring Gangguan Motor Induksi Berdasarkan Nilai Suhu, Getaran, dan Konsumsi Arus meneliti tentang merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring motor induksi berbasis *Internet of Things* (IoT) melalui jaringan Local Area Network (LAN). Sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama dalam arsitektur komunikasi master-slave. Sensor suhu DS18B20, sensor getaran MPU6050, dan sensor arus SCT013-30A yang terhubung ke ADC ADS1115 digunakan untuk akuisisi data. Data disimpan pada database MySQL dan ditampilkan dalam bentuk grafik pada webserver lokal. Hasil penelitian menunjukkan pengujian pada motor dalam kondisi baik mencatat suhu rata-rata 39,38°C, getaran 1,65 mm/s, dan arus 0,40A, seluruhnya masih di bawah ambang batas. Pada motor yang terindikasi kerusakan, suhu masih dalam kisaran normal, namun getaran meningkat hingga 5,15 mm/s dan arus turun menjadi 0,15 A, yang menunjukkan adanya gangguan mekanis. Sistem ini berhasil mengidentifikasi perbedaan ini dan menampilkan status motor secara real-time berdasarkan ambang batas yang mengacu pada ISO 10816 untuk getaran, spesifikasi pabrikan untuk suhu, dan arus nominal dari nameplate motor. [3]
2. Mubarok dkk (2025) yang berjudul Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik pada Motor Induksi 3 Fase Berbasis *Internet of Things* dengan NodeMCU ESP8266 meneliti tentang monitoring daya listrik pada motor induksi 3 fase berbasis internet of things dengan NodeMCU ESP8266. Pada penelitian ini menggunakan metode ADDIE yaitu Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation. Perancangan ini menggunakan modul NodeMCU ESP8266, sensor PZEM-004T, LCD 16?2 I2C dan aplikasi Blynk. Hasil penelitian menunjukkan pada monitoring motor induksi 3 fase diperoleh persentase kesalahan saat pengukuran dengan multimeter dan pembacaan sensor PZEM-004T dengan nilai rata-rata yaitu untuk persentase pengukuran kesalahan arus sebesar 1,6%, persentase kesalahan tegangan sebesar 15,0%, dan persentase pengukuran kesalahan daya sebesar 10,9%. [1]
3. Fanani (2024) yang berjudul Rancang Bangun Monitoring Kontrol Kecepatan Putar Motor Induksi 3 Fasa Berbasis IoT *(Internet of Things)* meneliti tentang monitoring kontrol kecepatan putar pada motor induksi 3 fasa dengan ini memanfaatkan piranti sensor hall effect A3114, Sensor PZEM-PP4T, LCD 20x4, modul ESP32, Relay, Mitsubishi D700, Sensor MCP 4725. Metode yang digunakan yaitu metode pengujian yang dilakukan untuk menunjukkan bahwa kinerja sensor untuk pengukuran kecepatan, tegangan, dan arus pada motor 3 fasa memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Hasil pengujiannya adalah Pengujian terhadap kecepatan motor menunjukkan perbedaan nilai kecepatan (Rpm) antara sensor hall Effect dan tachometer, dengan rata-rata persentase akurasi sebesar 4,12%, yang mengindikasikan bahwa sensor hall Effect memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Untuk pengukuran tegangan, sensor Pzem dibandingkan dengan Multitester menghasilkan rata-rata persentase akurasi sebesar 0,90%, menandakan bahwa sensor pzem sangat andal. Sementara itu, pengujian arus menunjukkan perbedaan nilai antara sensor pzem dan multitester dengan rata-rata persentase akurasi sebesar 0,98%, yang menunjukkan tingkat akurasi yang cukup tinggi.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah diulas, dapat disimpulkan bahwa penelitian monitoring motor induksi 3 fasa berperan dalam menampilkan data parameter khusus dengan menggunakan sistem *internet of things* yang bisa memudahkan teknisi atau operator dalam memantau beberapa parameter khusus seperti tegangan, arus, daya, suhu pada motor induksi 3 fasa dalam pemantauan jarak jauh sehingga dapat meminimalisir *overcurrent* atau beban berlebih yang dapat mengakibatkan gangguan pada proses produksi. Hal ini menjadi faktor penguat bagi peneliti untuk meneruskan bahasan yang sama tentang Rancang bangun monitoring induksi 3 Fasa berbasi IoT *(Internet of Things)*.

Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan pendekatan menggunakan sensor PZEM004T, *back converter* untuk menstabilkan tegangan, sensor DS18B20. Sensor tersebut yang nantinya akan terhubung ke ESP32 dan hasil nilai sensor tersebut dapat ditampilkan secara *real-time* melaui *website*. Dengan demikian, tinjauan pustaka ini menjadi dasar bagi penyusunan penelitian yang akan dijelaskan lebih lanjut.

2.2 Dasar Teori

Motor induksi tiga fasa mempunyai medan magnet putar yang dihasilkan oleh pasokan tiga fase

yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, rotornya berbentuk sangkar tupai atau wound rotor (walaupun 90% memiliki rotor sangkar tupai), dan memiliki penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan motor jenis ini, sebagai pompa, kompresor, belt conveyor, jaringan listrik, dan grinder. Motor ini tersedia dalam ukuran 1/3 Hp hingga ratusan Hp.

Selain itu, dalam sistem distribuksi listrik tiga fasa memiliki dua jenis tegangan yaitu 1) Fasa to Fasa atau dikenal tegangan saluran, 2) Fasa to Netral atau dikenal tegangan fasa.

V_{L-L} = tegangan diukur antara dua penghantar fasa

V_{L-L} = R-S = 380 V – 400V

V_{L-L} = S-T = 380 V – 400V

V_{L-L} = R-T = 380 V – 400V

V_{L-L} = R-S = 380 V – 400V

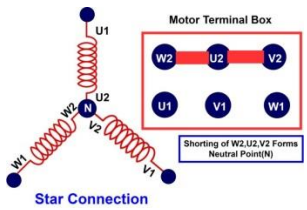
V_{L-N} = Tegangan diukur antara fasa dan netral

V_{L-N} = R-N = 220 V

V_{L-N} = S-N = 220 V

V_{L-N} = T-N = 220 V

Motor induksi tiga fasa dengan **hubungan Star (Y)** juga merupakan salah satu metode penyambungan lilitan stator yang paling umum digunakan pada sistem tenaga listrik tiga fasa. Pada konfigurasi ini, salah satu ujung dari masing-masing tiga lilitan stator disatukan membentuk sebuah titik netral *(neutral point)*, sedangkan ujung lainnya dihubungkan ke masing-masing saluran fasa R, S, dan T. Bentuk sambungan tersebut menyerupai huruf **Y**, sehingga dikenal sebagai hubungan **Star** atau **Wye**.



Parameter tegangan pada lilitan star

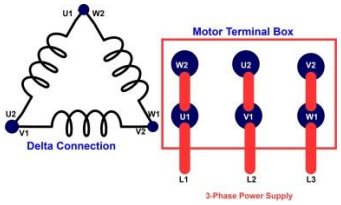
$$V_L = \sqrt{3} \times V_{ph}$$

$$V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

Parameter arus pada lilitar star

$$I_L = I_{ph}$$

Selain itu Motor induksi tiga fasa dengan hubungan delta ialah ujung dari setiap lilitan dihubungkan dengan pangkal lilitan berikutnya sehingga membentuk satu lintasan tertutup tanpa adanya titik netral. Masing-masing titik sambungan kemudian dihubungkan ke saluran fasa R, S, dan T.



Parameter tegangan pada lilitan delta

$$V_L = V_{ph}$$

Parameter arus pada lilitan delta

$$I_L = \sqrt{3} \times I_{ph}$$

$$I_{ph} = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

Disisi lain, untuk menguji persentase error dari sebuah sensor dan menuji akurasi sensor dapat melakukan pendekatan:

Pengujian Akurasi Sensor

$$\%\ error = \left|\frac{x - x'}{x}\right| \times 100\%$$

$x = nilai\ uji\ sensor$

$x' = nilai\ acuan$

Rata-rata akurasi $(\%) = \mathbf{100}\ \% - \%\ \boldsymbol{error}$

Selain itu, untuk melakukan analisa diagnostic kondisi motor dapat melakukan dengan pendekatan NEMA.

National Electrical Manufacturers Association (NEMA) mendefinisikan tingkat ketidakseimbangan tegangan melalui parameter yang dikenal sebagai *Line Voltage Unbalance Rate (LVUR).* Berdasarkan NEMA MG 1 Sub-bab 14.36 direkomendasikan bahwa *unbalanced voltage* sebaiknya tidak melebihi 1% dan maksimum operasi yang masih diperbolehkan adalah sekitar 5% dengan penurunan daya (*derating*).

Voltage unbalanced	*Action Recuired*	*Derating Factor*
≤ 1%	Tidak ada penurunan daya	1.00
2%	Penurunan daya motor hingga 95%	0.95
5%	Penurunan daya motor hingga 76%	0.76
≥ 5%	Tidak di rekomendasikan untuk beroperasi	N/A

Adapun untuk persentase unbalanced dan persentase unbalanced current dan persentase load motor dapat di jabarkan sebagai berikut:

% unbalanced voltage

$$= 100\% \times \frac{maximum\ voltage\ deviation\ from\ average\ voltage}{average\ voltage}$$

% unbalanced current

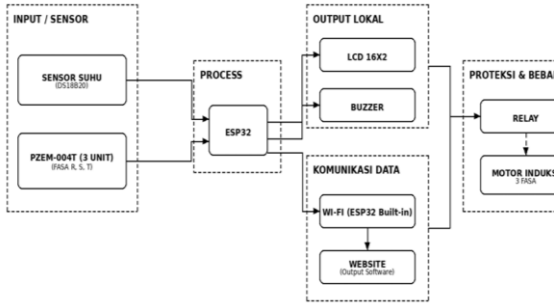
$$= 100\% \times \frac{maximum\ current\ deviation\ from\ average\ current}{average\ current}$$

Persentase Load Motor

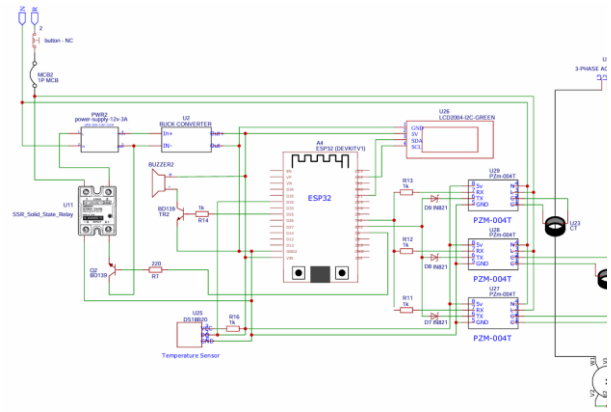
$$\%\ \text{Load Motor} = \frac{I\ actual}{I\ rated} \times 100\%$$

BAB III METODE PENELITIAN

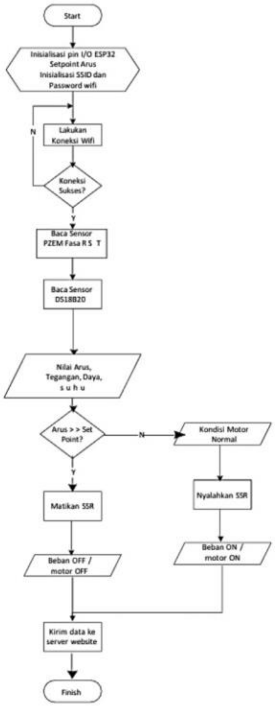
3.1 Diagram Blok



3.2 Wiring Diagram



3.3 Flowchart



BAB IV PEMBUATAN ALAT

4.1 Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan di perlukan untuk mendukung proses pembuatan perangkat keras *(hardware)*. Tabel 4-1 di bawah ini dapat dilihat daftar alat dan bahan yang dibutuhkan dalam membuat perangkat keras.

Tabel 4-1 Komponen Alat Penunjang

No.	Nama Alat Penunjang	Jumlah
1.	Kertas / alat tulis	1
2.	Pulpen	1
3.	Solder	1
4.	Timah Solder (Tnol)	1
5.	Box Panel 25 cm × 14,5 cm × 30 cm	1
6.	Tang	1
7.	Obeng minus	1
8.	Obeng Plus	1
9.	Lem	1
10.	Tie Cable	Disesuaikan

Dibutuhkan persiapan komponen untuk membuat PCB. Tabel 4.2 di bawah ini merupakan komponen yang dibutuhkan dalam membuat bagian PCB.

Tabel 4-2 Komponen Pada Perancangan PCB

No.	Nama Komponen pada PCB	Jumlah
1.	Papan PCB yang sudah di cetak	1
2.	ESP32	1
3.	Step Down LM2596	1
4.	Screw Terminal-2EDGK	5
5.	JST-4P PCB Connector	5
6.	BD139 Transistor NPN	5
7.	Dioda	7
8.	Kapasitor 2A104J	4
9.	Resistor 330 Ω	6

10.	Resistor 10k Ω	4
11.	Resistor 4700 Ω	1
12.	Buzzer	1
13.	Micro konektor	5

Selain itu, di perlukan nya beberapa komponen tambahan. Tabel 4.3 dibawah ini merupakan komponen yang dibutuhkan dalam perakitan komponen pada box panel.

Tabel 4-3 Komponen pada box panel

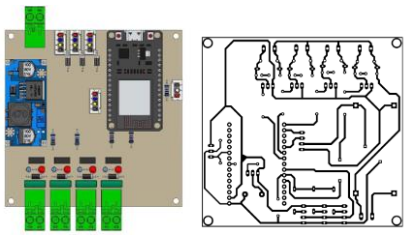
No.	Nama Komponen	Jumlah
1.	PCB yang sudah dirakit	1
2.	PSU 12V	1
3.	MCB Zenith 032N C4	1
4.	PZEM004T	3
5.	SSR-10 DA	1
6.	Push Button Emergency	1
7.	Sensor Suhu DS18B20	1
8.	Split CT untuk fasha R, S, T	3

Dalam perakitan semua komponen pada box panel, juga di perlukan komponen seperti kabel. Tabel 4-4 dibawah ini merupakan daftar kabel yang dibutuhkan.

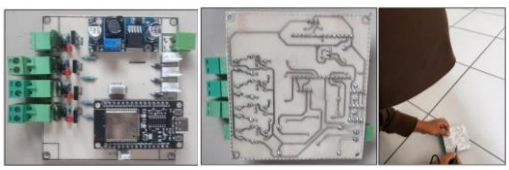
Tabel 4-3 Komponen Kabel dan Terminal

No.	Nama Kabel	Jumlah
1.	Kabel pelangi	Disesuaikan kebutuhan
2.	Kabel power supply merah hitam	Disesuaikan kebutuhan
3.	Skun Kabel Y	Disesuaikan kebutuhan
4.	Terminal Block Kabel 6P	2
5.	Kabel Power 3 Fasa Tambahan	1

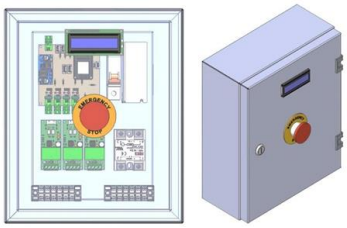
4.2 Perancangan Hardware



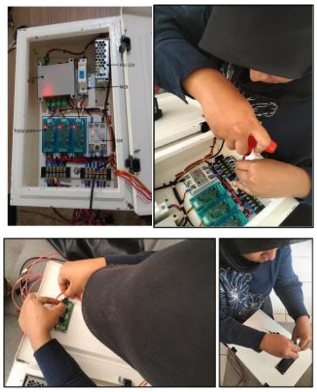
Desain Visual Minimal PCB



Proses dan Hasil Pembuatan PCB



Desain Visual Minimal Box Panel



Proses pasang tata letak komponen

BAB V PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA

HASIL PENGUJIAN PERTAMA DI MOTOR INDUKSI 3 FASA TYPE DOL

Pengujian ini dilakukan di motor 3 Fasa dengan beban. Spesfikasi motor tiga fasa yang di uji yaitu 3HP (2.2Kw) dengan type DOL. Suhu yang terukur saat pengujian berada di 29.7 ℃

5.1 Pengujian Akurasi Sensor Tegangan

Pengujian akurasi sensor PZEM004T dengan perbandingan nilai sensor yang tertampil di website/nilai sensor yang tertampil di LCD sebagai bahan perbandingan dan sensor yang tertampil di clamp meter (acuan).

Tabel 5-1

Fasa	Tertampil di Website	Tertampil di Clamp Meter	Selisih	Error
R	232.0 V_{AC}	229.5 V_{AC}	2.5	1.08%
S	237.5 V_{AC}	236.5 V_{AC}	1	0.42%
T	234.3 V_{AC}	233.4 V_{AC}	0.9	0.38 %
Rata-Rata Error (%)				**0.63 %**
Rata-Rata Akurasi (%)				**99.38 %**

Pengujian akurasi dan persentase error variabel tegangan pada tabel 5-2 diatas didapatkan bahwa hasil nilai akurasi sensor tegangan menunjukkan 99.38% dengan persen error 0.62 %. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca nilai tegangan dengan tingkat toleransi kesalahan yang sangat minim, sehingga dapat

diandalkan untuk aplikasi pemantauan *(monitoring)* secara jarak jauh.

5.2 Pengujian Akurasi Sensor Arus

Pengujian akurasi sensor PZEM004T dengan perbandingan nilai sensor yang tertampil di website/nilai sensor yang tertampil di LCD sebagai bahan perbandingan dan sensor yang tertampil di clamp meter (acuan).

Tabel 5-2

Fasa	Tertampil di LCD	Tertampil di Clamp Meter	Selisih	Error
R	4.4 A_{AC}	4.45 A_{AC}	0.05	1.12 %
S	4.6 A_{AC}	4.58 A_{AC}	0.02	0.87%
T	4.4 A_{AC}	4.31 A_{AC}	0.09	5.55%
Rata-Rata Error (%)				**1.21 %**
Rata-Rata Akurasi (%)				**98.79 %**

Tabel 5-2 merupakan pengujian akurasi dan persentase error variabel arus pada tabel 5-7 diatas didapatkan bahwa hasil nilai akurasi sensor arus menunjukkan 95.06 % dengan persen error 4.94 %. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca nilai arus dengan tingkat toleransi kesalahan yang minim, sehingga dapat diandalkan untuk aplikasi pemantauan *(monitoring)* secara jarak jauh.

5.3 Pengujian Akurasi Sensor Daya

Berdasarkan nilai tegangan dan arus yang diukur menggunakan digital clamp meter, dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai daya tiga fasa dapat di lihat pada tabel 5-3

Tabel 5-3

Fasa	Sampel Data Tegangan	Sampel Data Arus	Perhitungan Daya
R-N	229.5 V_{AC}	4.45 A_{AC}	1.988 W
S-N	236.5 V_{AC}	4.58 A_{AC}	2.108 W
T-N	233.4 V_{AC}	4.31 A_{AC}	1.958 W

Tabel 5-3 Menunjukkan hasil perhitungan manual daya listrik pada masing-masing fasa motor tiga fasa yaitu daya fasa R sebesar 1.988 Watt, fasa S sebesar 2.108 watt, fasa T sebesar 1.958 watt.

Selain itu, dilakukan pengujian akurasi sensor daya dengan perbandingan nilai sensor yang tertampil di website/nilai sensor yang tertampil di LCD sebagai bahan perbandingan dan sensor yang tertampil di clamp meter (acuan) seperti Tabel 5-4

Tabel 5-4

Fasa	Tertampil di Website	Perhitungan Manual	Selisih	Error
R	1.987 W	1.988 W	1	0.05%
S	2.126 W	2.108 W	18	0.85%
T	2.007 W	1.958 W	49	2.50%
Rata-Rata Error (%)				**1.13%**
Rata-Rata Akurasi (%)				**98.87 %**

Tabel 5-4 menunjukkan hasil analisis rata rata akurasi 98.87% dan persentase error 1.13%, hasil ini merupakan antara nilai yang ditampilkan pada LCD dan hasil perhitungan manual. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca nilai daya dengan tingkat toleransi kesalahan yang minim, sehingga dapat diandalkan untuk aplikasi pemantauan *(monitoring)* secara jarak jauh.

5.4 Analisa Diagnostik Hasil Pengujian Motor Tiga Fasa Tipe DOL

Tabel 5-5

Data Pengujian Sensor Arus		
Fasa	**Arus**	**Unbalanced Current**
R	4.4 A_{AC}	
S	4.85 A_{AC}	2.99 %
T	4.55 A_{AC}	
Data Pengujian Sensor Tegangan		
Fasa	**Tegangan**	**Unbalanced Voltage**
R-N	232 V_{AC}	
S-N	237.5 V_{AC}	1.23 %
T-N	234.3 V_{AC}	

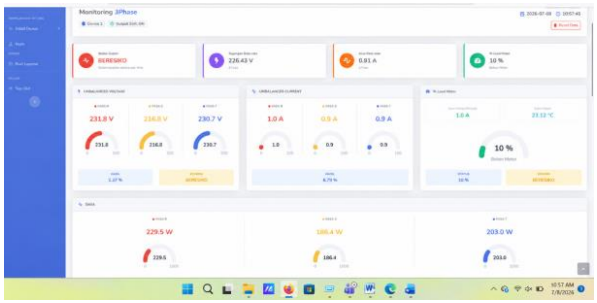
Tabel 5-5 menunjukkan persentase *unbalanced voltage* dan *unbalanced current*. Selain itu, motor induksi tiga fasa yang diuji memiliki nilai arus nominal *(I rated)* sebesar 4,89 A. Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh arus aktual sebesar 4.52 A, sehingga persentase beban motor *(% Load Motor)* adalah sebesar 92,4%.

$$\% \text{ Load Motor} = \frac{I\ actual}{I\ rated} = \frac{4.52}{4.89} \times 100 = 92.4\%$$

HASIL PENGUJIAN DI MOTOR INDUKSI 3 FASA TYPE STAR

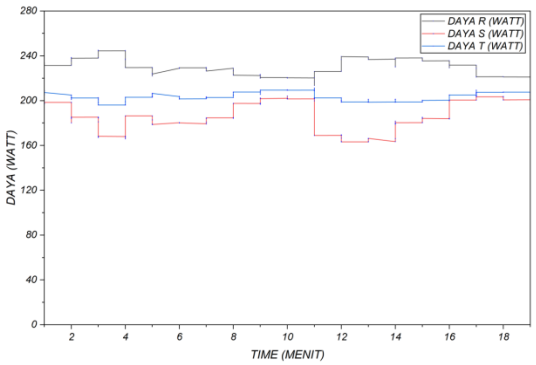
Hasil pengujian kedua ini menggunakan motor 3 fasa *type star* tanpa beban di laboratorium Teknik Listrik Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Motor tiga fasa type star yang digunakan memiliki spesifikasi 0.37 kW (0.5 HP).

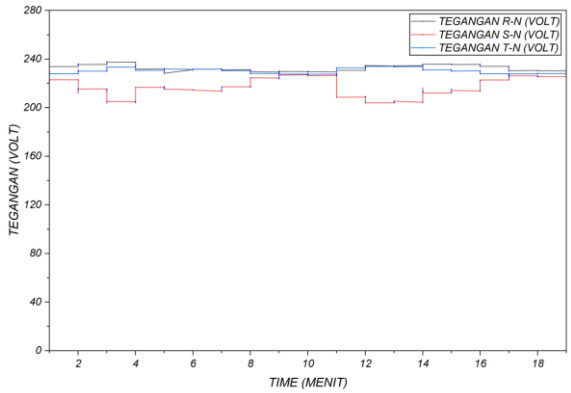
5.5 Hasil Pengujian Tampilan di Website dan LCD

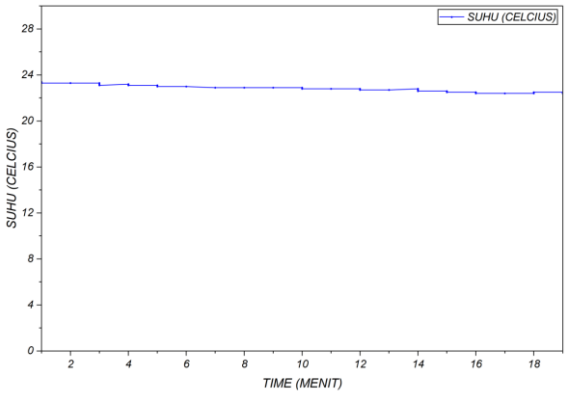


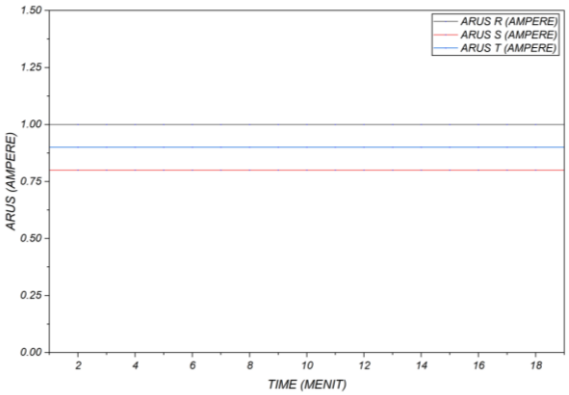
Gambar diatas merupakan hasil pengujian tampilan monitoring *software*. Pengujian dilakukan untuk mengamati hasil *monitoring* yang ditampilkan antara LCD (nilai sensor yang tertampil di alat rancang bangun) dengan *website*.

Data hasil pengukuran kemudian dikumpulkan dan diolah dalam bentuk grafik untuk melihat perubahan nilai tegangan pada setiap fasa. Grafik hasil pengamatan tegangan **R-N, S-N, dan T-N** selama proses pengujian ditunjukkan pada Gambar di bawah ini









5.6 Hasil Pengujian Tegangan dan Arus Secara Manual

Tabel 5-6

Fasa	Nilai Tegangan	Unbalanced Voltage
R	233 V	
S	224 V	2.04%
T	229 V	
Fasa	**Nilai Arus**	**Unbalanced Current**
R	0.7 A	9.09 %
S	0.6 A	
T	0.7 A	

Tabel 5-6 menunjukkan bahwa hasil pengukuran tegangan pada masing-masing fasa menunjukkan nilai yang berbeda, yaitu 233 V pada fasa R-N, 224 V pada fasa S-N, dan 229 V pada fasa T-N. Dari hasil pengukuran tersebut diperoleh nilai ketidakseimbangan tegangan sebesar 2,04%.

Selain itu Tabel 5-6 menunjukkan hasil pengukuran arus secara manual pada motor tipe *star* tanpa beban, dengan nilai arus sebesar 0,7 A pada fasa R, 0,6 A pada fasa S, dan 0,7 A pada fasa T. Hasil pengukuran tersebut menghasilkan nilai *unbalanced current* sebesar 9,09%.

Motor induksi tiga fasa yang diuji juga memiliki nilai arus nominal (*I rated*) sebesar 1,1 A merujuk pada *nameplate*. Hasil pengukuran menunjukkan arus aktual sebesar 0,66 A, sehingga persentase beban motor (*% Load Motor*) yang diperoleh adalah sebesar 60%."

% Load Motor = $\frac{I\ actual}{I\ rated} = \frac{0.66}{1.1} \times 100 = 60\ \%$

Selain itu, nilai suhu yang diukur secara manual menggunakan thermometer yaitu 23.5 ℃ di motor induksi tiga fasa.

5.7 Analisa Diagnostik

Berdasarkan pengujian kedua yang dilakukan di vokasional menggunakan motor induksi tiga fasa tipe star tanpa beban pada tegangan, arus R, S, T serta persentase load motor, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

Tabel 5-7

Keterangan	*Nilai Uji yang tertampil di website & LCD Panel*		*Nilai Pengujian Manual*	
	V	A	V	A
R	231.8	1.0 A	227	0.7
S	216.8	0.9 A	227	0.6
T	230.7	0.9 A	225	0.7
% Unbalanced	2.37 %	8.79 %	2.04%	9.09 %
% load motor	10%		60%	
Nilai Suhu	23.8		23.5	

Tabel 5-7 di atas menunjukkan Analisa diagnostik hasil pengujian pada motor induksi tiga fasa tipe *star* tanpa beban. Hal ini menunjukkan bahwa perbandingan persentase selisih error uji sistem IoT dengan uji manual dikatakan cukup baik, tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap pengujian manual dengan uji sistem monitoring berbasis IoT. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tegangan, arus, dan suhu yang ditampilkan pada sistem monitoring memiliki hasil yang mendekati pengujian manual. Persentase *unbalanced voltage* yang diperoleh sebesar 2,37% pada sistem dan 2,04% pada pengujian manual, sedangkan *unbalanced current* sebesar 8,79% pada sistem dan 9,09% pada pengujian manual. Nilai suhu yang terukur sebesar 23,8℃ pada sistem dan 23,5℃ pada pengujian manual. Sementara itu, persentase *load motor* yang diperoleh sebesar 10% pada sistem monitoring dan 60% pada pengujian manual. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT mampu menampilkan parameter pengukuran motor induksi tiga fasa serta melakukan pemantauan kondisi motor melalui website dan LCD.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Penelitian tugas akhir ini dilakukan pada dua Penelitian tugas akhir ini dilakukan pada dua tempat yaitu penelitian pertama dilakukan di motor tiga fasa tipe DOL *(Direct on Line)* menggunakan beban dengan spesifikasi 2200 watt (3HP). Didapatkan pengujian hasil uji sensor arus yaitu dengan akurasi 98.79% dan error 1.21%. Hasil uji sensor tegangan yaitu dengan akurasi 99.38% dan error 0.63%. Hasil uji sensor daya yaitu dengan akurasi 98.87% dan error 1.13%. Lalu, penulis menegakkan diagnostik *persentase unblanced voltage, unbalanced current* dan *persentase load motor* untuk mengetahui kondisi motor.

Penelitian pertama ini memiliki analisa diagnostik kondisi motor berdasarkan NEMA *(National Electrical Manufacture Association)* MG 1 14.36 bahwa memiliki pendekatan metode untuk mengukur *unbalanced* atau ketidakseimbangan pada tegangan dan arus motor induksi 3 fasa. Didapatkan perhitungan *persentase unbalanced voltage* sebesar 1.23% dari pengambilan sampel sensor tegangan R-N; 232 V, S-N; 237.5 V, T-N; 234.3V sehingga dapat dikatakan kondisi baik. Sedangkan *persentase unbalanced current* sebesar 2.99 % dari pengambilan sampel pengujian sensor arus R; 4.4 A, S; 4.60 A, T; 4.40 A sehingga dapat dikatakan kondisi baik. Selain itu, *persentase load* motor sebesar 92.4% dan nilai sensor suhu DS18B20 terukur sebesar 29.7℃.

Selanjutnya penulis melakukan penelitian pengambilan sampel menggunakan motor tiga fasa tipe star dengan spesifikasi 0.5 HP tanpa beban. Didapatkan hasil uji di sistem IoT nilai *persentase unbalanced voltage* sebesar 2.37% sehingga dapat dikatakan kondisi motor beresiko. Hasil uji di sistem IoT nilai *persentase unblanced current* sebesar 8.79% sehingga dapat dikatakan kondisi motor baik dan *persentase load motor* sebesar 10% dalam kondisi beban ringan atau tanpa beban, serta nilai uji sensor suhu DS18B20 di sistem IoT sebesar 23.8℃.

Sedangkan pengambilan sampel menggunakan motor tiga fasa tipe star dengan spesifikasi 0.5 HP tanpa beban. Didapatkan hasil uji pengukuran manual menggunakan multimter digital dan digital clamp meter yaitu nilai persentase *unbalanced voltage* sebesar 2.04%, nilai persentase *unbalanced current* 9.09%, nilai persentase load motor sebesar 60%, nilai suhu menggunakan thermometer sebesar 23.5℃.

Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat monitoring motor induksi 3 fasa berbasis IoT *(Internet of Things)* dengan komponen sensor energi listrik yang dipasang pada rangkaian kontrol motor, kemudian data yang dihasilkan sensor akan diolah pada rangkaian mikrokontroler dan

selanjutnya data ditampilkan dalam *web* aplikasi IoT guna mengetahui arus, tegangan, daya dan faktor daya pada motor[6] sehingga dapat ditentukan kondisi motor diagnostic motor melalui pendekatan *unbalanced voltage*, *current* dan *persentase load* motor.

6.2 Saran

Peneliti yang ingin melanjutkan penelitian ini dapat menambahkan point berikut untuk menyempurnakan penelitian berikutnya:

1. Dapat ditambahkan sistem kontrol berupa *on* atau *off* pada panel tersebut, sehingga kondisi motor induksi tiga fasa on atau off tersebut dapat dikendalikan dari panel *monitoring* yang akan dibuat.
2. Dapat ditambahkan sistem kontrol yang dapat dikendalikan melalui *software* website tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Mubarok and V. Dwi Yunianto Budi Ismadi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik pada Motor Induksi 3 Fase Berbasis Internet of Things dengan NodeMCU ESP8266," *Jpii*, vol. 2, no. 6, pp. 388–395, 2025, [Online]. Available: https://doi.org/10.14710/jpii.2024.25209

[2] H. R. Iskandar, E. Juniarto, and N. Heryana, "Sistem Monitoring Cerdas pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel dan Aplikasi Blynk Server," *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 17, no. 2, p. 94, 2018, doi: 10.26874/jt.vol17no2.82.

[3] E. P. Wicaksono and S. I. Haryudo, "Prototipe Sistem Monitoring Gangguan Motor Tiga Fasa Berbasis Internet of Things Prototype of a Three-Phase Motor Fault Monitoring System Based on IoT," vol. 11, no. 2, 2023.

[4] A. Furqon, A. B. Prasetijo, and E. D. Widianto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Daya Listrik pada Rumah Kos Menggunakan NodeMCU dan Firebase Berbasis Android," *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 18, no. 02, pp. 93–104, 2019, doi: 10.31358/techne.v18i02.202.

[5] A. Avif *et al.*, "ANALYSIS OF THE IMPACT OF VOLTAGE IMBALANCE ON THE PERFORMANCE OF A MICROCONTROLLER-BASED CAGE ROTOR INDUCTION MOTOR TERHADAP PERFORMA MOTOR INDUKSI ROTOR SANGKAR penggunaannya , terutama di sektor industri dan komersial . Diperkirakan sekitar 90 % tegang," vol. 27, no. 2, pp. 102–112, 2025.

[6] R. Febri, A. Basuki, W. Suluh, and A. Pambudi, "Monitoring System Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Internet of Things," *J. Electr. Electron. Control Automot. Eng. 47 JEECAE*, vol. 5, no. 2, pp. 47–50, 2020, [Online]. Available: http://journal.pnm.ac.id/index.php/jeecae/article/view/329%0Ahttp://journal.pnm.ac.id/index.php/jeecae/article/download/329/251