

## Sistem *Monitoring* dan *Data Logging* Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan *Blynk Cloud Server*

Handoko Rusiana Iskandar<sup>1</sup>, Eko Juniarto<sup>1</sup>, dan Nana Heryana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani.

<sup>2</sup>Laboratorium Konversi Energi Elektrik, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung.

[handoko.rusiana@lecture.unjani.ac.id](mailto:handoko.rusiana@lecture.unjani.ac.id), [ekojuniarto05@gmail.com](mailto:ekojuniarto05@gmail.com), [nana.heryana@yahoo.com](mailto:nana.heryana@yahoo.com)

### Abstrak

Suatu rancang bangun sistem *monitoring* berbasis jaringan sensor nirkabel dibuat untuk mendapatkan informasi kondisi terkini suatu peralatan listrik. Informasi kondisi memberikan diagnosa dan aksi pemeliharaan yang dilakukan untuk memperpanjang umur suatu peralatan listrik. Isu kehandalan teknologi yang diiringi oleh digitalisasi sistem informasi telah mendorong manusia untuk berinovasi menciptakan perangkat *monitoring* dan data *logging* di segala bidang keteknikan. Makalah ini menjelaskan rancang bangun sistem *monitoring* cerdas untuk motor induksi 3 (tiga) fasa menggunakan jaringan sensor nirkabel dan aplikasi Android. Sistem ini dibuat untuk mendeteksi ketidakseimbangan tegangan dan beban lebih pada motor induksi 3 fasa. Rancang bangun sistem ini terdiri dari NodeMCU ESP8266 yang berfungsi sebagai unit kendali, modul ADS1115 sebagai *multiplexer* untuk *input* sensor ACS712 dengan arus operasi maksimal 20 A, dan sensor tegangan untuk motor induksi 3 fasa, serta dilengkapi disain sistem antarmuka aplikasi Android menggunakan *Blynk cloud server*. Pengujian skala laboratorium telah dilakukan yang menghasilkan akurasi sensor tegangan (R-S, S-T dan R-T) rata-rata sebesar 0,3 % dan sensor arus sebesar 2,8%, kemudian pengujian ketidakseimbangan tegangan sebesar 7,2 V. Masing-masing fasa motor memiliki toleransi 3% dari nilai tegangan sumber catu daya modul *trainer* 240 VAC 50 Hz dan data dimonitor secara *real time* kemudian disimpan dalam server (*cloud server*).

Kata kunci: *Blynk cloud server*, NodeMCU ESP8266, motor 3 fasa, *overload*, *unbalance voltage*.

### 1. Pendahuluan

Penetapan jenis pemeliharaan umumnya ditentukan oleh dua alasan, yaitu kebutuhan akan pemeliharaan, khususnya di bidang kelistrikan, dan memperpanjang umur pemakaian suatu peralatan (Gill, 2008). Suatu strategi pemeliharaan harus dilengkapi data pengukuran serta pengujian peralatan tenaga listrik yang akurat, handal dan terpercaya. Karena itu, peralatan pengukuran konvensional mulai ditinggalkan dan beralih ke teknik dan metode diagnosis modern untuk menunjang kegiatan inspeksi dan pengukuran. Isu global saat ini mengenai kehandalan teknologi digital dan *smartphone* terus berkembang pesat dan menawarkan beberapa kemudahan operasi, serta fitur dan aplikasi dengan biaya yang relatif rendah. Keuntungan teknologi digital dan pelayanan berbasis aplikasi Android tersebut dianggap mampu membantu aktifitas manusia saat ini (Iskandar dkk., 2017). Teknologi pengukuran secara *online* atau teknologi jaringan menggunakan sensor nirkabel bukan lagi hal yang mustahil untuk dibuat. Pendekatan tersebut mendorong manusia untuk terus berinovasi dan merealisasikan teknologi ini di segala bidang, baik bidang pelayanan jasa, kesehatan maupun keteknikan (Kashimoto, 2017).

Salah satu yang dapat digunakan sebagai objek penelitian peralatan tenaga listrik ini adalah motor induksi 3 (tiga) fasa. Pada umumnya, peralatan di industri menggunakan motor induksi 3 fasa pada proses produksi, yang berfungsi untuk menggerakkan suatu beban pada proses produksi. Motor induksi 3 fasa memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah konstruksi yang kuat dan efisiensi tinggi pada keadaan normal. Namun aplikasi motor induksi 3 fasa masih terkendala oleh adanya gangguan terhadap ketidakseimbangan tegangan (*unbalance voltage*) dan terjadinya beban lebih (*overload*). *Unbalance voltage* terjadi jika tegangan pada fasa R, S, dan T tidak sama atau salah satu atau dua fasa lepas sehingga aliran arus listrik 3 fasa ke motor induksi ini tidak seimbang (El Menzhi & Saad, 2009). Sebenarnya, tegangan *supply* pada motor induksi 3 fasa membutuhkan tegangan *supply* 3 fasa yang seimbang (*balance*), akan tetapi pada kenyataannya, sangat sulit untuk mendapatkan tegangan *supply* 3 fasa yang seimbang. Sehingga dalam pemberian arus listrik 3 fasa pada motor induksi ini terdapat toleransi *unbalance voltage* sesuai standarisasi yang telah ditetapkan oleh ANSI Std C84.1 tahun 1989 adalah 3% (Mcgranaghan, 2011).

Dalam makalah ini, sistem *monitoring* dirancang berbasis jaringan sensor nirkabel yang dapat memberikan informasi nilai arus dan tegangan masing – masing fasa (R, S, dan T) dengan menggunakan modul komunikasi *wi-fi* kemudian ditampilkan secara *real time* dan disimpan dalam server menggunakan aplikasi Android yaitu *Blynk cloud server*. Pendekatan teknologi ini adalah berbasis *Internet of Things* (IoT), di mana semua data pengukuran dapat disimpan dan diunduh (*download*) menggunakan aplikasi Android sehingga *user* dapat mengakses secara mudah.

#### Info Makalah:

Dikirim : 10-16-2018;  
Revisi 1 : 10-25-2018;  
Revisi 2 : 11-23-2018;  
Revisi 3 : 11-26-2018  
Diterima : 12-05-2018.

#### Penulis Korespondensi:

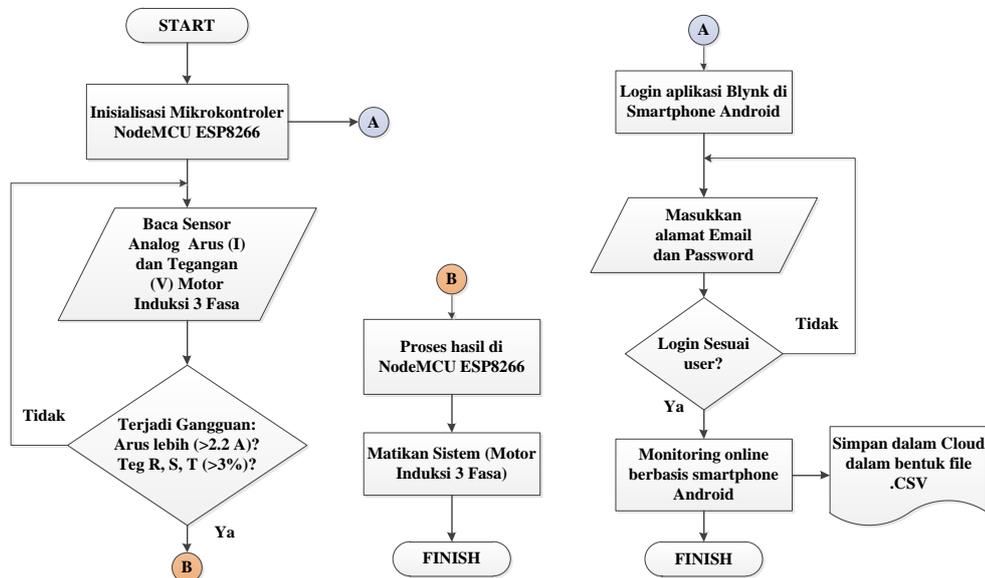
Telp : +62-811-125-551  
e-mail : [handoko.rusiana@lecture.unjani.ac.id](mailto:handoko.rusiana@lecture.unjani.ac.id)

## 2. Metode

Metode dalam merancang sistem *monitoring* ini dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, yang kemudian diaplikasikan dalam bentuk purwarupa skala laboratorium. Kemudian tahap selanjutnya yaitu tahap pengujian dan pengukuran data perolehan selama proses rancang untuk dianalisa lebih lanjut dan disimpulkan berdasarkan pengujian di laboratorium.

### 2.1. Perancangan Perangkat Keras

Prinsip kerja sistem *monitoring* motor 3 fasa adalah sistem beroperasi seimbang pada saat kondisi normal, akan tetapi apabila terjadi gangguan maka sensor akan membaca dan mengirim indikasi *abnormal* pada sistem. Kondisi *abnormal* yang dapat terbaca oleh sistem diakibatkan oleh ketidakseimbangan tegangan dari ke tiga fasa dan juga oleh adanya arus berlebih pada salah satu fasa. Sensor arus dan tegangan akan mendeteksi ketidaknormalan tersebut, yang kemudian mengirimkan sinyal ke mikrokontroler dan memberikan perintah untuk segera memutus kerja sistem supaya tidak merusak motor, serta menyalakan *alarm* sebagai indikasi bahwa telah terjadi kegagalan kerja sistem. Semua kegiatan *monitoring* ini nantinya akan dibaca operator melalui antarmuka aplikasi Android dengan menggunakan aplikasi *Blynk cloud server*. Perancangan sistem perangkat keras tersebut ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 7. Diagram Alir Sistem *Monitoring* Motor Induksi 3 Fasa

Kerja sensor mengacu pada standar pengukuran untuk motor dan generator. Menurut Quispe dkk. (2011), terdapat kriteria umum yang digunakan untuk mengukur ketidakseimbangan tegangan sesuai dengan standar internasional NEMA MG-1 (*National Electrical Manufacturers Association*) dan IEC (*International Electrical Code*). Standar ini mendefinisikan ketidakseimbangan tegangan dengan menggunakan persen ketidakseimbangan tegangan yang diikuti oleh persamaan (1), di mana  $M_{VD}$  adalah penyimpangan tegangan maksimum dari besaran tegangan rata-rata dan  $V_{Avg}$  adalah besaran tegangan garis rata-rata, yaitu sebagai berikut,

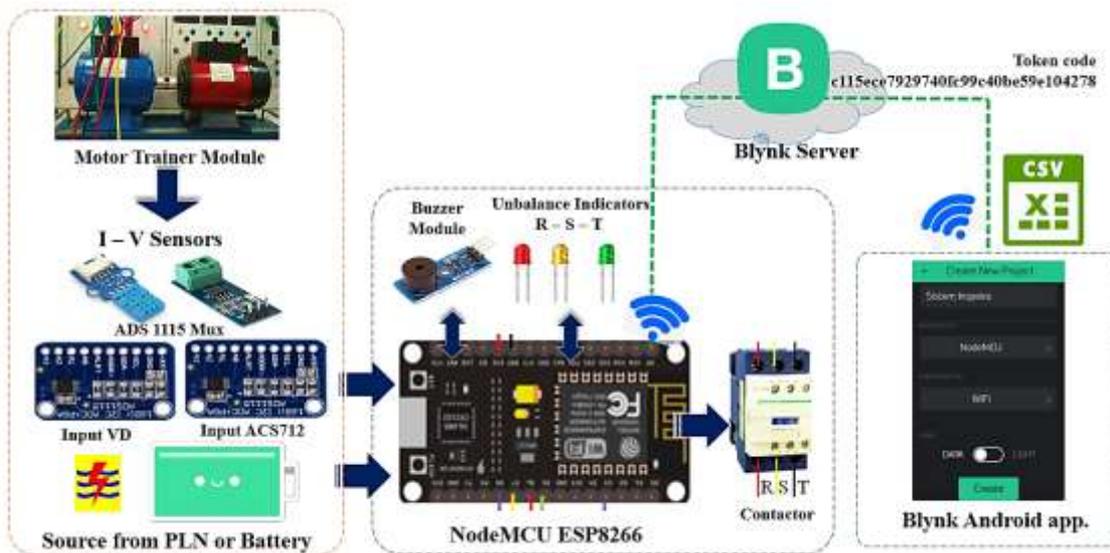
$$P_{VU} = 100 \times \frac{M_{VD}}{V_{Avg}} \quad (1)$$

Standar IEC mengadopsi faktor ketidakseimbangan tegangan  $V_{UF}$  sebagaimana didefinisikan oleh metode komponen simetris, di mana  $V_1$  dan  $V_2$  adalah amplitudo tegangan urutan masing-masing keadaan positif dan negatif, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan (2) berikut,

$$V_{UF} = \frac{V_1}{V_2} \quad (2)$$

Gambar 2 menunjukkan konsep kendali otomatis untuk inspeksi motor induksi 3 fasa berbasis aplikasi *Blynk server*. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 merupakan modul yang dikembangkan untuk kebutuhan Internet of Things (IoT). Fungsi modul ini menyerupai platform modul Arduino, namun, modul NodeMCU ESP8266 ini dikhususkan atau terhubung dengan internet. Secara umum kontaktor digunakan untuk melindungi motor dari ketidakseimbangan tegangan dan arus hubung singkat. Apabila terjadi ketidakseimbangan pada masing-masing fasa motor, sensor

mendeteksi kondisi ketidaknormalan tersebut dan kemudian mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk memutus sistem melalui kontaktor.



Gambar 2. Konsep Perancangan Menggunakan Aplikasi Blynk

Modul ADS1115 merupakan suatu konverter sinyal analog ke digital (ADC) dengan 16 bit resolusi. Modul ini digunakan sebagai multiplexer untuk menambah pin masukan analog pada modul NodeMCU ESP8266. Modul NodeMCU ESP8266 memiliki 1 pin analog seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Sensor arus ACS712 akan bekerja apabila arus diatas arus nominalnya. Sensor ini memiliki sensitivitas 100 mV/A dengan rentang temperatur kerja di  $-40^{\circ}\text{C}$  sampai  $85^{\circ}\text{C}$  dan spesifikasi arus dapat membaca sampai 20A. Sensor tegangan dibuat menggunakan rangkaian pembagi tegangan, sensor ini bekerja merujuk pada standar NEMA yaitu sampai dengan rentang  $\pm 3\%$  dari tegangan input motor induksi 3 fasa. Apabila tegangan menunjukkan  $>3\%$  maka *buzzer* akan menyala dan lampu led akan memberikan sinyal fasa mana yang mengalami gangguan. Indikator ini menggunakan led warna merah untuk fasa R, warna kuning untuk fasa S dan warna hijau untuk fasa T. Sumber tegangan DC didesain menggunakan baterai atau sumber PLN 220 VAC dikonversi menjadi tegangan 3,3 – 5 VDC untuk modul NodeMCU ESP8266. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi teknis perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini.

Tabel 2. Spesifikasi Teknis Perangkat Keras

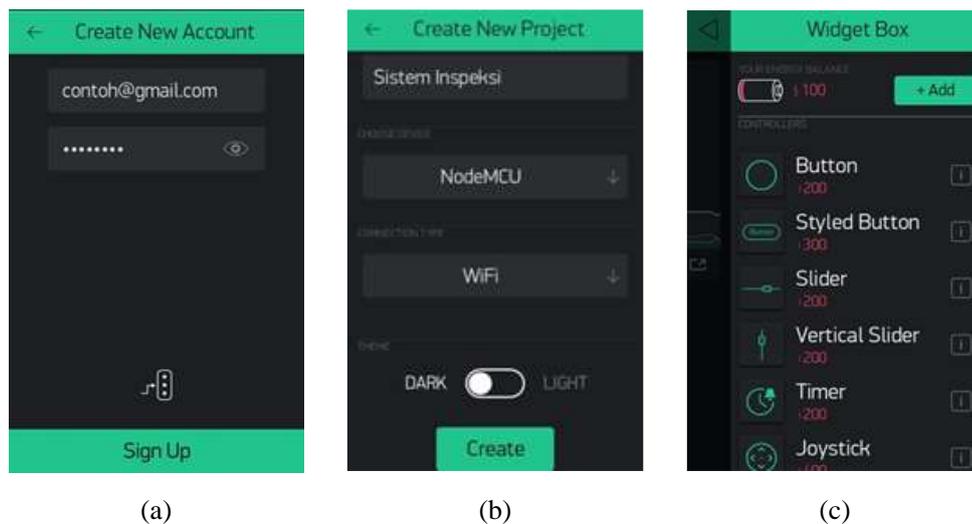
No.	Nama Perangkat	Tipe Perangkat	Keterangan
1	Modul Mikrokontroler	NodeMCU ESP8266	ESP-12E, Micro USB, 1 pin (10 bit), 5 VDC.
2	Sensor Arus	ACS712-20A	$\pm 20 \text{ A}$ , $V_{in} 4,05 - 5,05 \text{ VDC}$ , $100 \text{ mV/A}$ , $Temp. Op -40^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C}$
3	Sensor Tegangan	Voltage Divider	Transformator 3A, kapasitor 2200uF 16V, resistor 100 $\Omega$ , Pot. 500k $\Omega$ , dan Dioda Zener 1N4148, $\pm 12 \text{ VDC}$
4	Indikator Alarm	Low Trigger Buzzer	Piezo-Buzzer, $V_{in} 5 \text{ VDC}$
5	Indikator Lamp	Led Emitting Diode	Merah (fasa R), Kuning (fasa S), Hijau (fasa T.)
6	Multiplexer Analog	ADS1115	Tegangan Operasi 2 – 5,5VDC, $Temp. Op -40^{\circ}\text{C} - +125^{\circ}\text{C}$ pin Analog (AO – A3).
7	Motor 3 Fasa	Motor AC Induksi	KHOEI Motor Control Module Trainer Kit
8	Aplikasi Android	Blynk Server	Cloud Server, file (CSV), token: c115ece7929740fc99c40be59e104278

## 2.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini terbagi menjadi 2 (dua) tahap yaitu perancangan sistem komunikasi Blynk server dan pembuatan program pada IDE (Integrated Development Environment) Arduino.

### 2.2.1. Pembuatan Komunikasi Aplikasi Blynk

Hal pertama yang dilakukan dalam pengaturan komunikasi *Blynk* ini adalah mengunduh aplikasinya melalui *Play store* untuk *Smartphone* jenis *Android* atau *App Store* untuk *smartphone* jenis *I-phone*, kemudian diinstal. Setelah membuka aplikasi pilih “*Create New Account*” untuk akun baru dan masukan alamat *e-mail user*. Segala pemberitahuan dan kode token aplikasi dikirimkan langsung melalui *e-mail*. Atur nama *project* dan konfigurasi perangkat yang digunakan, misalnya, jika nama *project* adalah Sistem inspeksi maka pilih perangkat *NodeMCU*, kemudian pilih komunikasi yang digunakan, sistem *monitoring* ini menggunakan komunikasi *Wi-fi*. Setelah mengatur konfigurasi perangkat yang digunakan, *Blynk server* akan mengirimkan kode *token* melalui *e-mail*. Kode *token* yang dikirim melalui *e-mail* digunakan sebagai sandi untuk proyek yang dibuat. Masukkan kode *token* tersebut dan selanjutnya pilih *widget* yang kita inginkan sesuai kebutuhan. Apabila ada tambahan *widget* maka segera lakukan pembayaran aplikasi untuk mendapatkan *widget* baru yang diinginkan. Gambar 3 menunjukkan proses pembuatan akun baru, pemilihan konfigurasi dan pemilihan *widget* pada aplikasi *monitoring* cerdas berbasis aplikasi *Blynk cloud server*



Gambar 3. Aplikasi Blynk; a) akun baru, b) pemilihan konfigurasi, c) pemilihan *widget*

### 2.2.2. Kalibrasi Program Arduino IDE

IDE (*Integrated Development Environment*) didefinisikan sebagai *platform* yang terintegrasi dengan perangkat mikrokontroler. Sintaks program yang terdapat dalam modul mikrokontroler Arduino akan memberi instruksi untuk melakukan berbagai fungsi yang diinginkan. Bahasa pemrograman tersebut seperti bahasa C, namun dalam Arduino IDE, instruksi ini disebut sebagai *Sketch* program (Iskandar dkk, 2016). Tahap inisialisasi harus dilakukan terlebih dahulu agar setiap disain program yang kita inginkan dapat berjalan dengan baik dan terkoneksi pada aplikasi *Blynk*. Berikut list program yang digunakan,

```
#define BLYNK_PRINT Serial,  
#include <ESP8266WiFi.h>,  
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>.
```

Kalibrasi sensor arus sangat diperlukan untuk mengatur kesesuaian antara keluaran dan masukan, yang merujuk pada pengujian nilai sensor arus 2,5 V pada saat arus 0 A. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan persamaan yang dimasukkan kedalam program yaitu:

```
result = ((maxValue - minValue) * 5)/65536.0),
```

Instruksi program untuk mengukur tegangan masing – masing fasa pada motor 3 fasa yang dibaca oleh rangkaian pembagi tegangan adalah tidak boleh lebih dari 3,3 V. Proses kalibrasi dilihat melalui antarmuka *smartphone* Android melalui *Blynk cloud server*, dengan instruksi program sebagai berikut:

```
void Voltage_Read(),  
Voltage0 = ((Voltage.readADC_SingleEnded(0) * 9.25)/1000);  
Voltage1 = ((Voltage.readADC_SingleEnded(1) * 9.25)/1000);  
Voltage2 = ((Voltage.readADC_SingleEnded(2) * 9.25)/1000);
```

Instruksi program untuk pembacaan ketika tegangan antar fasa dalam keadaan tidak seimbang atau *unbalance* yang mampu direspon oleh *Buzzer* dan *Lamp Indicator*, adalah sebagai berikut:

```
void Eksekusi()  
{  
// Eksekusi UnbalanceVoltage  
if ((Voltage0 < 100) || (Voltage0 > 300)){
```

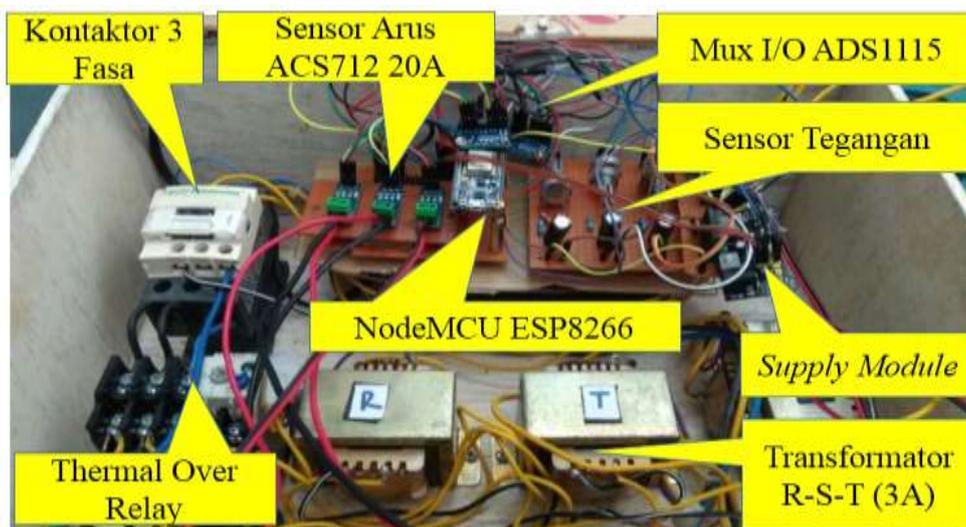
```
//digitalWrite (D0, LOW); //instruksi aktif relay-GPIO D0
//digitalWrite (D3, LOW); //instruksi ke buzzer-GPIO D3
}
if ((Voltage1 < 236)|| (Voltage1 > 250)){
//digitalWrite (D0, LOW); //instruksi aktif relay-GPIO D0
//digitalWrite (D3, LOW); //instruksi ke buzzer-GPIO D3
}
if ((Voltage2 < 236)|| (Voltage3 > 250)){
//digitalWrite (D0, LOW); //instruksi aktif relay-GPIO D0
//digitalWrite (D3, LOW); //instruksi ke buzzer-GPIO D3
}
}
```

Instruksi program selanjutnya adalah instruksi program yang digunakan untuk membaca adanya beban lebih atau keadaan *overload*. Sistem ini harus mampu membaca nilai arus apabila arus dalam motor tinggi. Pada pengujiannya motor induksi 3 fasa akan ditambah dengan lampu sebagai beban tambahan dan besar daya yang bervariasi. Berikut instruksi yang digunakan pada Arduino IDE untuk kondisi *overload*:

```
// Eksekusi Overload
if ((( Current2 > 2.2) || (Current1 >2.2)) || (Current0 > 2.2)){
//digitalWrite (D0, LOW); //Instruksi aktif relay
//digitalWrite (D3, LOW); //instruksi ke buzzer-GPIO D3
//delay(10000); //delay waktu 3 detik
//digitalWrite (15, LOW); //instruksi ke buzzer-GPIO D8 }
```

### 3. Hasil dan Pembahasan

Serangkaian pengujian telah dilakukan, kegiatan ini membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen alat ukur atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui serta berkaitan dari besaran yang diukur pada kondisi tertentu. Pengujian sistem ini antara lain pengujian akurasi dan kalibrasi sensor, komunikasi antarmuka *smartphone*, *test trip*, pengujian *unbalance* dan pengujian *overload*. Hal yang harus diperhatikan dalam pengujian ini yaitu besar tegangan sumber PLN dalam VAC yang masuk ke dalam panel percobaan, memeriksa kebenaran fungsi dari peralatan proteksi, memeriksa kontinuitas kabel secara visual apabila ada tanda terbakar pada peralatan. dan lakukan pengujian sesuai prosedur keamanan. Gambar 4 menunjukkan hasil rancang bangun sistem *monitoring*.



Gambar 4. Realisasi sensor nirkabel berbasis NodeMCU ESP8266

#### a. Pengujian Akurasi dan Kalibrasi Sensor

Pengujian sensor tegangan harus disesuaikan terlebih dahulu menggunakan kalibrator atau pengukuran menggunakan alat ukur yang sudah terkalibrasi dan memiliki tingkat kepercayaan yang baik. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat ukur standar yaitu multimeter *Fluke* tipe 1587 dan *Digital Clamp Meter* tipe DT3266L. (Gambar 5a) menunjukkan kalibrasi pada rangkaian sensor arus dan tegangan, sedangkan Gambar 5 b) dan c)

menunjukkan kalibrasi hasil pengukuran tegangan dan arus yang ditampilkan pada sistem antarmuka aplikasi *Blynk server* pada *smartphone* Android.



Gambar 5. Kalibrasi; a) rangkaian sensor, b) pembacaan tegangan *Blynk server*, c) pembacaan arus *Blynk server*

Tabel 2. Pengujian Akurasi Sensor

No.	Motor Induksi 3 Fasa	Multimeter Fluke 1587		Rangkaian Sensor Tegangan dan ACS712		Actual Error (%)	
		Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Tegangan	Arus
1	Fasa R	329	0.57	238,58	0,55	0,8	3,5
2	Fasa S	240	0.58	238,32	0,56	0,7	0
3	Fasa T	241	0.58	240,81	0,55	0,1	5,2

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian akurasi sensor arus dan sensor tegangan, penyesuaian pengukuran dilakukan dari data hasil pengukuran dan tampilan hasil antarmuka dari aplikasi *Blynk* yaitu dengan mengatur *variable resistor* agar hasil pembacaan sensor dan hasil pengukuran mendekati harga atau nilai yang sebenarnya. Langkah ini harus dilakukan untuk mendapatkan hasil pembacaan sensor memiliki penyimpangan sekecil mungkin. Nilai penyimpangan dalam (%) dihitung menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

$$Error = \frac{real_{meas} - actual_{meas}}{real_{meas}} \times 100\% \quad (3)$$

### b. Pengujian Unbalance Voltage

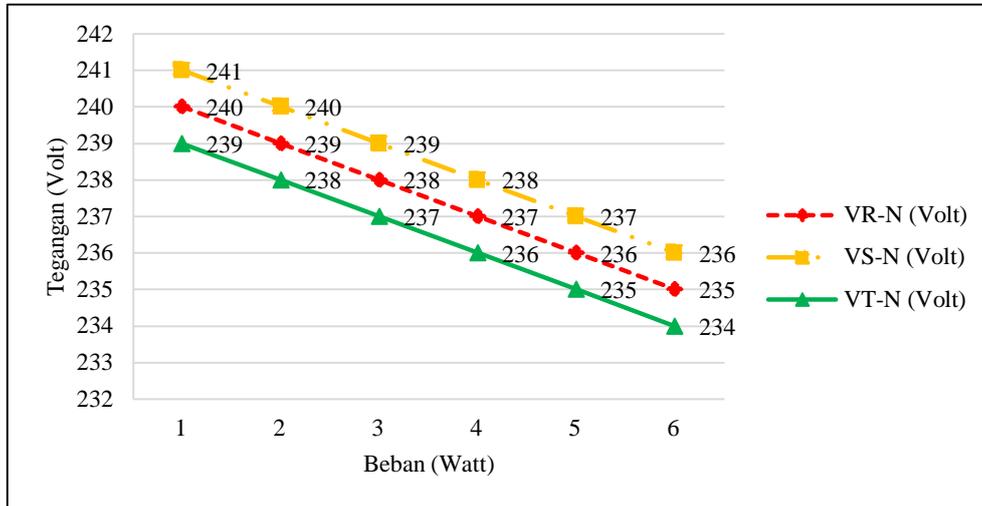
Pengujian *ubalance voltage* merupakan pengujian ketidakseimbangan tegangan pada rangkaian motor induksi 3 fasa. Pengukuran ini dioptimasi dengan menambahkan beban pada salah satu fasa R – S – T, sehingga terjadi ketidakseimbangan pada tegangan inputan motor induksi 3 fasa. Beban yang digunakan sebagai tambahan adalah 6 buah lampu masing – masing 100W.

Tabel 3. Pengujian Ketidak Seimbangan Tegangan

No.	Jenis Beban	Beban di fasa R			Beban di fasa S			Beban di fasa T		
		V <sub>R</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>T</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>T</sub>	V <sub>R</sub>	V <sub>S</sub>	V <sub>T</sub>
1	Motor + Lampu 100 W	240	241	239	240	241	239	240	241	239
2	Motor + Lampu 200 W	239	240	240	241	240	239	241	241	238
3	Motor + Lampu 300 W	238	240	241	242	239	239	241	241	237
4	Motor + Lampu 400 W	237	240	242	242	238	239	241	241	236
5	Motor + Lampu 500 W	236	240	242	242	237	240	241	242	235
6	Motor + Lampu 600 W	235	240	242	243	236	240	241	243	234

Tabel 3 menunjukkan bahwa tegangan fasa R – S – T pada motor induksi 3 fasa tidak memberikan perbedaan tegangan yang signifikan. Semakin banyak beban yang ditambah pada salah satu fasa tegangan maka semakin mengalami penurunan atau menyebabkan tegangan *drop* dan arus di salah satu fasa menjadi tinggi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6. Nilai batas tegangan yang ditoleransi sesuai standar *ANSI* adalah  $\pm 3\%$  dari tegangan nominal sumber 240 VAC. Perbandingan antara tegangan nominal ini dikalikan dengan 3% yaitu 7,26 V, sehingga asumsi tegangan tidak seimbang di *setting* berada pada tegangan 232,8 V untuk *under voltage* dan 247,2 V

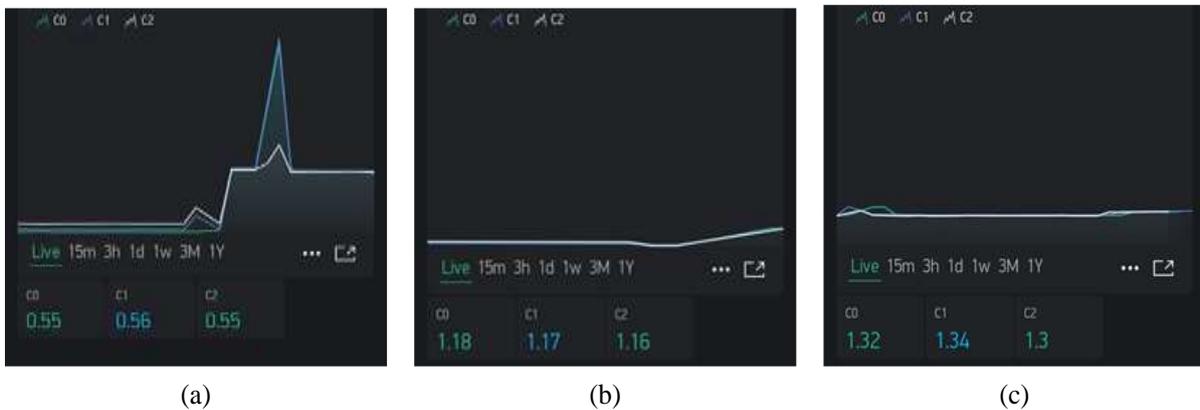
dikategorikan sebagai *over voltage*. Secara umum, ketidakseimbangan tegangan antar fasa akan timbul karena adanya suatu kondisi pembebanan di masing – masing fasa yang tidak seimbang. Kerusakan isolasi peralatan listrik dan gangguan pada sistem pengetanahan, baik yang tak ditanahkan maupun sistem pentanahan, bersifat resistif. Pada faktanya, timbulnya ketidakseimbangan ini disebabkan oleh adanya beban di salah satu fasa yang berbeda atau melebihi tegangan nominalnya. Akibatnya, kondisi ini dapat menyebabkan kenaikan arus pada motor hingga menimbulkan *overheat* yang dapat mempercepat kerusakan isolasi dan mengurangi umur layan peralatan. Apabila tidak diperhatikan atau segera dilakukan perbaikan yang memadai maka kondisi ini terjadi secara terus menerus.



Gambar 6. Perbandingan Tegangan Fasa R – S – T dengan Varian Beban

**c. Pengujian Overload**

Pengujian selanjutnya adalah pengujian *overload* dengan memberikan beban lebih hingga terjadi lonjakan arus yang melebihi rating arus nominalnya dan menyebabkan *trip* pada sistem. Pada pengujian *overload* motor diberi beban berupa beban elektrik dan beban mekanik. Sama halnya dengan pengujian ketidak seimbangan beban (*unbalance*), beban elektrik berupa motor dan lampu, sedangkan beban mekanik pada saat sistem menggunakan motor yang di-*couple* dengan menggunakan generator DC.



Gambar 7. Pengujian *overload*; a) beban normal, b) beban 2 motor, c) beban 2 motor dan lampu 100W

Gambar 7 menunjukkan hasil *monitoring* secara *online*, di mana gambar a) menunjukkan beban normal ketika arus awal sesaat tinggi, sedangkan gambar b) dan c) menunjukkan *monitoring* arus dengan penambahan beban. Secara umum, suatu disain proteksi harus memiliki batasan normal dan abnormal sehingga memudahkan proses diagnosa peralatan listrik. Kondisi *Overload* merupakan salah satu kondisi yang dapat menyebabkan terbakarnya motor AC. Menurut pedoman pemeliharaan motor, ketidakseimbangan tegangan kenaikan arus dan temperatur dari rata-rata tegangan nominal motor akan membuat usia motor lebih singkat dari seharusnya (Gill, 2008). Tingginya tingkat proteksi motor yang diperlukan akan bergantung kepada prioritas yang diinginkan. Tetapi, *overload protection* tetap mutlak diperlukan ketika awal *start* motor.

## Kesimpulan

Suatu sistem *monitoring* berhasil dibuat dengan menggunakan sistem kendali berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Data *monitoring* antarmuka tegangan dan arus setiap fasa dikirimkan secara *real time* melalui sistem antarmuka *Blynk cloud server* berbasis aplikasi Android *smartphone*. Penyimpangan dari hasil kalibrasi dan akurasi sensor pada tegangan masing – masing fasa lebih kecil dari 0,8 %, sedangkan penyimpangan sensor arus lebih kecil dari 5,2 %. Rata-rata keakuratan terhadap pembacaan tegangan adalah sebesar 0,318 % dan pembacaan arus sebesar 2,89%. Sistem dapat berfungsi dan bekerja secara baik pada pengujian *trip* tegangan ketika kondisi *unbalance* dan pengujian *overload*, namun tidak terjadi pada pengujian beban elektrik ketika sistem berada pada kondisi *overload*. Hal ini dikarenakan pada pengujian *overload* arus tidak melebihi batas nilai *trip*, di mana sistem akan dikategorikan sebagai *overload* apabila melebihi arus 2,2 A. Nilai ini dipilih dari karakteristik modul trainer yang bekerja di arus  $\pm 2,2$  A.

## Daftar Pustaka

- El Menzhi, L., & Saad, A. (2009). Induction Motor Fault Diagnosis Using Voltage Park Components of an Auxiliary Winding - Voltage Unbalance. In *Proceedings - The 12th International Conference on Electrical Machines and Systems, ICEMS 2009* (hal. 1–6). <https://doi.org/10.1109/ICEMS.2009.5382715>
- Gill, P. (2008). *Electrical Power Equipment Maintenance and Testing*. (L. H. Willis, Ed.) (Second Edi). North Carolina: Taylor and Francis Group, LLC. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Iskandar, H. R., Prasetya, I. B., Arifin, I., & Triaji, A. (2017). Prototipe Kendali Lampu Jarak Jauh untuk Home Automation Systems Berbasis Arduino Mega dan Android Application. In *Seminar Nasional Informatika dan Aplikasinya* (hal. C55–C61).
- Iskandar, H. R., Purwadi, A., Rizqiawan, A., & Heryana, N. (2016). Prototype Development of a Low Cost Data Logger and Monitoring System for PV Application. In *The 3rd IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE)* (hal. 171–177).
- Kashimoto, Y., Fujiwara, M., Fujimoto, M., Suwa, H., Arakawa, Y., & Yasumoto, K. (2017). ALPAS : Analog-PIR-sensor-based Activity Recognition System in Smarhome. In *IEEE 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications ALPAS*: (hal. 880–885). <https://doi.org/10.1109/AINA.2017.33>
- Kuester, M. S., Brown, K., Meyers, T., Intaratep, N., Borgoltz, A., & Devenport, W. J. (2015). Wind Tunnel Testing of Airfoils for Wind Turbine Applications. *Wind Engineering*, 39(6), 651–660. <https://doi.org/10.1260/0309-524X.39.6.651>
- Mcgranaghan, M. (2011). Power Quality Standards. *Electrotek Concepts, Inc*, 1–25.
- Quispe, E. C., López-Fernández, X. M., Mendes, A. M. S., Marques Cardoso, A. J., & Palacios, J. A. (2011). Experimental study of the effect of positive sequence voltage on the derating of induction motors under voltage unbalance. In *2011 IEEE International Electric Machines and Drives Conference, IEMDC 2011* (hal. 908–912). <https://doi.org/10.1109/IEMDC.2011.5994936>