

# Analisis Performa Sistem Pengukuran Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa secara *Real-Time*

\*Adeguna Ridlo Pramurti<sup>1</sup>, Triyono<sup>2</sup>, Lilik Eko Nuryanto<sup>3</sup>, Achmad Hardito<sup>4</sup>, Mohammad Khambali<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Sudarto Tembalang Semarang 50271  
<sup>1</sup>adegunapramurti@polines.ac.id

**Abstrak**— Motor induksi tiga fasa umum diaplikasikan di industri. Strukturnya yang sederhana, konstruksinya kuat, dan tahan lama merupakan keunggulan dari motor induksi. Ketidakseimbangan tegangan dan arus dapat menyebabkan penurunan performa motor induksi. Pemantauan tegangan dan arus dibutuhkan untuk mengantisipasi masalah tersebut. Penelitian ini merancang NETMOTOR (*network-enabled three-phase motor performance recorder*) yang merupakan alat pemantauan tegangan dan arus. Analisis performa NETMOTOR diuji. Teknologi *internet of things* (IoT) digunakan pada penelitian ini. Akses dan transfer data berbasis IoT, data hasil pengukuran tegangan dan arus terekam secara *real-time* di web ThingSpeak. Pengujian NETMOTOR dilakukan pada pengukuran tegangan dan arus di beberapa variasi metode pengasutan motor. Hasil rata-rata pengukuran arus dibandingkan dengan clamp meter Krisbow KW0600286, terdapat selisih sebesar 4,32%. Hasil rata-rata pengukuran tegangan fasa ke netral dibandingkan dengan voltmeter Kyoritsu 1009, terdapat selisih sebesar 0,43%. Performa NETMOTOR telah dapat diandalkan untuk pengujian tegangan fasa ke netral dan pengujian arus pada motor induksi tiga fasa.

**Kata kunci:** *Arduino, internet of things, thingspeak, motor induksi 3 fasa*

**Abstract**— *Three-phase induction motors are common to be applied in industry. Their simple structure, strong construction, and durability are three advantages of induction motors. Voltage and current unbalance can lead to a decline in induction motor performance. Voltage and current monitoring becomes necessary to anticipate the issue. This research designed a NETMOTOR (Network-Enabled Three-Phase Motor Performance Recorder), a tool for monitoring voltage and current. NETMOTOR performance was tested. Internet of Things (IoT) technology was used in this research. IoT-based data access and transfer and voltage and current measurement data were recorded in real-time on the web ThingSpeak. NETMOTOR testing was undertaken by measuring voltage and current in several variations of motor starting methods. The mean output of current measurements compared to Krisbow clamp meter KW0600286 indicated a difference of 4.32%. The mean output of phase to neutral voltage measurements compared to Kyoritsu voltmeter 1009 suggested a difference of 0.43%. NETMOTOR, therefore, had shown reliable performance for phase to neutral voltage and current testing on three-phase induction motors.*

**Keywords:** *Arduino, internet of things, thingspeak, three-phase induction motors*

\*penulis korespondensi

## I. PENDAHULUAN

Motor induksi telah banyak diaplikasikan untuk menunjang pekerjaan pada pemakaian sektor rumah tangga dan industri. Pompa air, kipas angin, kompresor, dan konveyor adalah contoh penerapan motor induksi. Struktur yang sederhana, konstruksi yang kuat, dan ketahanan masa pakai adalah keunggulan motor induksi. Di industri, motor tiga fasa telah banyak digunakan. Komponen utama pada motor induksi adalah stator dan rotor. Stator disusun oleh lilitan kawat tembaga tahan panas yang dilapisi oleh bahan isolator, dan rotor adalah bagian yang berputar akibat dari adanya tegangan induksi [1], [2].

Pada kondisi tertentu, saat starting, arus motor induksi akan mengalami lonjakan hingga 7 kali lipat dari arus nominalnya. Hal ini menyebabkan drop tegangan dan mengganggu operasi peralatan yang lain pada saluran yang sama. Pengasutan motor listrik menjadi solusi untuk meminimalkan arus starting. Beberapa metode pengasutan antara lain, pengasutan langsung pada jala-jala, pengasutan pada jala-jala dengan dua arah putaran, pengasutan langsung pada jala-jala pada dua kecepatan putaran, pengasutan bintang-segitiga, dan pengasutan dengan autotransformator [3] - [5].

Ketidakseimbangan tegangan dan arus akan menurunkan performa dari motor induksi tiga fasa. Tegangan tidak seimbang terjadi ketika tegangan fasa R, S, dan T tidak sama melebihi batas toleransi. Pada penerapannya, terdapat toleransi ketidakseimbangan tegangan sebesar 3% sesuai standar yang ditentukan oleh Standar ANSI C84.1 tahun 1989 [6]. Sedangkan, ketidakseimbangan arus dapat menyebabkan lonjakan torsi, getaran, slip, rugi-rugi daya, dan kenaikan suhu pada belitan yang dapat menurunkan performa motor [7], [8], [9]. Untuk menjaga performa tersebut, sistem pemantauan tegangan dan arus secara *real-time* diperlukan.

Pengujian unjuk kerja motor induksi 3 fasa dengan variasi beban telah diteliti. Motor tiga fasa diberikan sebesar 250 W dan dihubungkan dengan regulator yang dinaikkan secara bertahap mulai dari tanpa beban sampai dengan pembebanan maksimal untuk mengukur korelasinya terhadap daya dan kecepatan putaran motor. Pada penelitian ini telah didapatkan nilai pembebanan yang optimal untuk motor induksi 3 fasa. Hasil pengujian diukur dan dipantau menggunakan amperemeter, voltmeter, dan tachometer [10].

Sistem cerdas pada pemantauan proteksi motor induksi tiga fasa menggunakan mikrokontroler telah diteliti. Mikrokontroler digunakan untuk mengontrol dan memantau kinerja motor induksi. Pemantauan kinerja motor dilakukan secara *real-time* dan nirkabel. Hal ini memungkinkan operator untuk memantau dan mengamankan secara langsung apabila terjadi anomali pada kinerja motor induksi saat beroperasi. Sistem jaringan juga digunakan untuk proteksi motor induksi dari jarak jauh melalui lokasi terpusat. Halaman web antarmuka pengguna grafis digunakan di stasiun pemantauan untuk memantau, mengontrol, dan mengubah parameter situs variabel. Sistem ini dapat digunakan oleh motor apa pun terlepas dari spesifikasinya [11].

Penelitian lain terkait pemantauan nilai tegangan, nilai arus dan nilai daya listrik berbasis internet of things telah diteliti pada penelitian sebelumnya. Sensor tegangan, sensor arus, relay, Arduino UNO, dan NodeMCU digunakan pada penelitian tersebut. Pemantauan diterapkan pada beban listrik konsumen rumah tangga. Arduino UNO berfungsi untuk mengolah data yang dibaca dari sensor tegangan dan arus, dan NodeMCU sebagai modul WIFI yang berfungsi mengirim data ke server sehingga dapat dilihat dengan jaringan internet. Hasil pengujian pada beban peralatan rumah tangga telah menghasilkan error masing-masing sebesar 0,3% dan 0,28 % [12].

Pemantauan karakteristik motor induksi 3 fasa berbasis java programming telah diteliti. Penelitian tersebut menggunakan metode eksperimen dengan mengamati hasil pembacaan sensor arus dan sensor tegangan. Sensor tegangan dan sensor arus dengan tipe sct-013-000 100A/1V sebagai input sistem telah diaplikasikan. Hasil input sistem diolah menggunakan mikrokontroler arduino uno R3. Pemantauan ditampilkan secara *real-time* dan nirkabel pada pemakaian daya listrik 3 fasa. Hasil pengujian tanpa beban telah dilakukan dan diperoleh nilai rata-rata kesalahan ukur masing-masing untuk tegangan, arus, dan daya keluaran adalah sebesar 1,59 %, 3,07 %, dan 2,7 % [13].

Penelitian terdahulu tentang pengukuran tegangan dan arus menggunakan modul PZEM-004T telah dilakukan. Kinerja modul PZEM-004T menunjukkan akurasi 100% untuk pengukuran arus dan 99% pada pengukuran tegangan [14]. Hasil pengukuran tegangan dan arus dapat ditampilkan pada web ThingSpeak secara *real-time*. Tampilan antar muka web

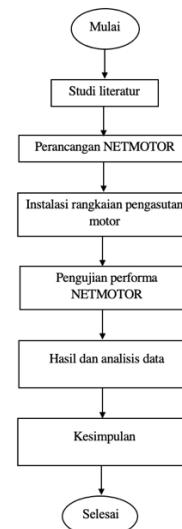
ThingSpeak memiliki antar muka dapat dimodifikasi sesuai dengan prioritas pengguna. Rentang data pada web ThingSpeak dapat diatur akurasi dan interval waktunya [15].

Pada penelitian ini dibangun alat NETMOTOR (*network-enabled three-phase motor performance recorder*) untuk mengukur tegangan dan arus pada motor tiga fasa berbasis jaringan internet. Analisis performa NETMOTOR diuji. Teknologi internet of things (IoT) digunakan pada penelitian ini untuk mengakses dan mentransfer data yang dihasilkan, kemudian ThingSpeaks digunakan untuk perekaman data secara *real-time*. Pengujian NETMOTOR dilakukan pada beberapa variasi metode pengasutan motor. Hasil nilai tegangan dan arus pada sistem akan dibandingkan dengan voltmeter dan clamp meter untuk validasi data.

Pada penelitian ini alat pemantauan nilai tegangan dan arus motor 3 fasa skala laboratorium dirancang. Tegangan dan arus tiga fasa diukur menggunakan modul PZEM-004T dan ditampilkan secara *real-time* pada ThingSpeak. Teknologi internet of things (IoT) digunakan untuk memudahkan pengguna dalam mengakses data secara *real-time* dan jarak jauh.

## II. METODE

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mesin Listrik, Bengkel Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Semarang. Tahapan penelitian antara lain, perancangan, pengujian, hasil dan analisis data, dan kesimpulan.

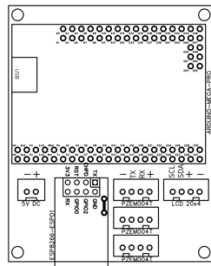


Gambar 1 Diagram alir penelitian.

### A. Perancangan Sistem

Tujuan dari perancangan alat ini menghasilkan alat yang berfungsi untuk memantau tegangan dan arus beban motor induksi 3 fasa yang disebut dengan NETMOTOR. Perancangan alat dimulai dengan desain PCB. Desain PCB menggunakan software, Gambar 3 menunjukkan desain PCB alat yang akan dibuat.

Selanjutnya, PCB dicetak dan tahap pembuatan hardware dimulai. Jalur PCB diuji menggunakan multimeter untuk memastikan kelaikannya. Ketika jalur PCB sudah laik, komponen-komponen dipasang berdasarkan letaknya. Untuk fungsi keamanan dan estetika, PCB dan komponen diletakkan pada rumahan yang terbuat dari akrilik. Diharapkan alat ini bersifat portable sehingga memudahkan peneliti untuk melakukan pengujian.



Gambar 2. Desain pada PCB

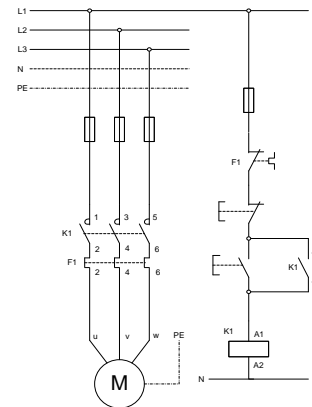
Sistem ini terdiri dari perancangan hardware dan perancangan bahasa pemrograman pada perangkat lunak Arduino Ide. Bahasa pemrograman disesuaikan dengan spesifikasi alat dan kebutuhan alat. Pemrograman pada Arduino Ide dihubungkan ke web ThingSpeak. Data hasil pengukuran ditransfer dan direkam secara *real-time* di web ThingSpeak. Pembuatan akun, nama channel, dan API Keys channel dibutuhkan.

### B. Pengujian Sistem

Terdapat 5 pengujian berdasarkan jenis-jenis motor dan pengasutannya yang lazim digunakan di industri. Pengasutan meliputi *direct on line* (DOL) satu arah putaran, DOL dua arah putaran (*forward-reverse*), DOL dua kecepatan dua belitan, pengasutan bintang-segitiga (*star-delta*), dan pengasutan autotransformator.

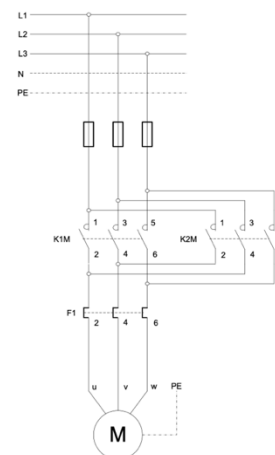
Pengujian performa NETMOTOR dibandingkan dengan voltmeter Kyoritsu 1009 dan clampmeter Krisbow KW0600286 yang digunakan pada penelitian ini. Kyoritsu 1009 memiliki akurasi pengukuran tegangan AC sebesar  $\pm 1,6\%$ . Clampmeter Krisbow KW0600286 akurasi sebesar  $\pm 2\%$ . Hasil pengukuran menggunakan NETMOTOR ditampilkan di LCD yang terdapat pada alat dan terekam di web ThingSpeak. Sedangkan, hasil pengukuran menggunakan voltmeter dan clampmeter dicatat secara manual.

Rangkaian kendali dan rangkaian daya DOL satu arah putaran ditunjukkan pada Gambar 3. Tegangan nominal motor langsung mendapat suplai dari tegangan jala-jala. Pengasutan DOL dapat menyebabkan tegangan *sag* karena adanya beban arus yang besar secara tiba-tiba ketika motor dioperasikan [16], [17].



Gambar 3. Rangkaian daya dan rangkaian kendali DOL satu arah putaran.

Gambar 4 menunjukkan rangkaian daya DOL *forward-reverse*. Poros motor akan berputar searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Rangkaian kendali menggunakan operasi kerja saling mengunci. Pada saat motor berputar searah dengan jarum jam, motor tidak dapat langsung berputar pada arah sebaliknya. Hal ini untuk menjaga ketahanan poros motor listrik. Rangkaian ini menggunakan dua kontaktor magnetik dengan kerja saling mengunci [18], [19].

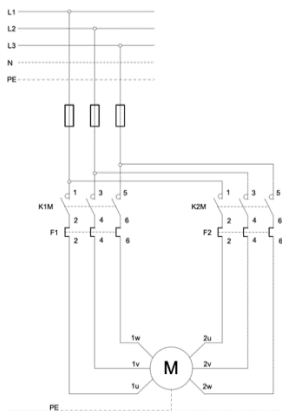


Gambar 4. Rangkaian daya pengasutan DOL *forward-reverse*.

Rangkaian daya DOL dua kecepatan ditunjukkan Gambar 5. Beban motor listrik dua belitan digunakan pada pengujian ini. Persamaan (1) menunjukkan hubungan antara kecepatan motor

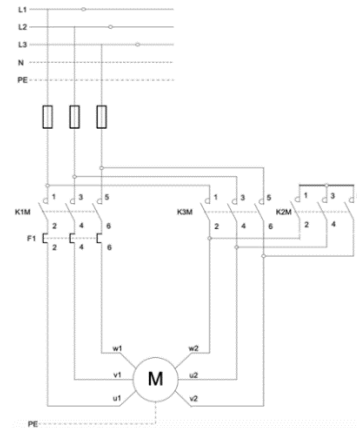
induksi ( $N_s$ ), frekuensi ( $f$ ), dan jumlah pasang kutub ( $p$ ). Konstruksi motor dengan dua belitan terpisah ini memiliki jumlah kutub yang tidak sama pada kedua konstruksi belitan statornya [20]. Makin sedikit jumlah kutubnya, maka makin cepat putaran motornya.

$$N_s = \frac{120f}{p} \quad (1)$$



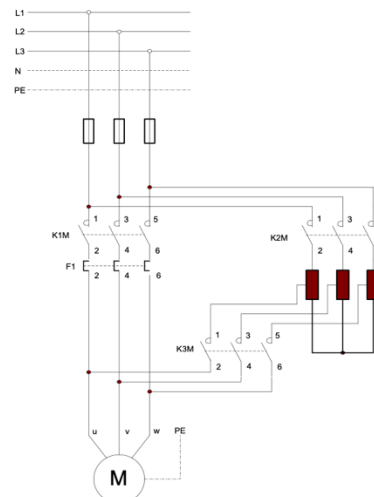
Gambar 5. Rangkaian daya pengasutan dua kecepatan belitan terpisah.

Rangkaian daya pengasutan *star-delta* yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pengasutan *star-delta* diharapkan dapat menurunkan arus *starting* dan mengoptimalkan arus nominal pada saat motor *running*. Konfigurasi *star* dioperasikan pada saat *starting*, konfigurasi *delta* dioperasikan pada saat *running*. Peralihan konfigurasi *star* ke *delta* bisa menggunakan *timer* atau pun *push button* [21] - [23]. Tiga kontaktor magnetik digunakan untuk mengalirkan dan memutus aliran arus pada konfigurasi *star* dan *delta*. K1M yang ditunjukkan Gambar 6 adalah kontaktor utama yang beroperasi saat sistem dinyalakan, K2M adalah kontaktor yang terhubung dengan konfigurasi *star*, dan K3M adalah kontaktor yang terhubung dengan konfigurasi *delta*.



Gambar 6. Rangkaian daya pengasutan *star-delta*.

Gambar 7 menunjukkan rangkaian daya pengasutan autotransformator. Prinsip kerja dari pengasutan ini adalah pada saat *starting*, motor induksi dicatu oleh tegangan yang kurang dari tegangan nominalnya. Tegangan terminal dapat diturunkan sampai dengan 75% dari tegangan maksimum transformator. Pada saat *running*, motor diberi tegangan nominal dan arus dapat melonjak sampai dengan empat kali lipat [24] - [27]. Pada penelitian ini menggunakan tap 70% pada saat *starting*.

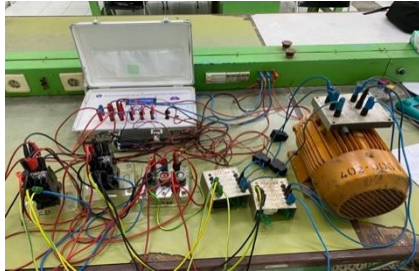


Gambar 7. Rangkaian daya pengasutan autotransformator.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dan pengukuran dilakukan di Laboratorium Barat, Bengkel Listrik, Politeknik Negeri Semarang. Pengujian dilakukan pada 5 variasi metode pengasutan motor induksi 3 fasa. Metode pengasutan yang dimaksud antara lain, DOL motor satu arah putaran, DOL *forward-reverse*, DOL dua kecepatan, pengasutaans *star-delta*, dan pengasutan

autotransformator. Gambar 8 menunjukkan instalasi awal DOL dua kecepatan.



Gambar 8. Instalasi awal DOL dua kecepatan.

#### A. Pengujian Tegangan

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian tegangan antar fasa dan fasa ke netral pada jala-jala. Rata-rata perbandingan hasil pengukuran tegangan antar fasa pada voltmeter Kyoritsu 1009 dan NETMOTOR adalah 18,57%. Selisih tegangan fasa R ke fasa S ( $V_{R-S}$ ) sebesar 18,5%, fasa S ke fasa T ( $V_{S-T}$ ) sebesar 18,6%, dan fasa R ke fasa T ( $V_{R-T}$ ) sebesar 18,59%. Pada pengukuran tegangan fasa ke netral menunjukkan akurasi yang lebih baik, dengan selisih hasil pengukuran sebesar 0,43%. Hal ini menunjukkan bahwa modul PZEM-004T lebih cocok digunakan untuk pengukuran tegangan fasa ke netral.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan

	Perbandingan Hasil Pengujian	
	Kyoritsu 1009	NETMOTOR
Tegangan antar fasa	$V_{R-S} = 405 \text{ V}$	$V_{R-S} = 330,1 \text{ V}$
	$V_{S-T} = 407 \text{ V}$	$V_{S-T} = 331,1 \text{ V}$
	$V_{R-T} = 406 \text{ V}$	$V_{R-T} = 330,3 \text{ V}$
Tegangan fasa ke netral	Kyoritsu 1009	NETMOTOR
	$v_1 = 230 \text{ V}$	$v_1 = 231,5 \text{ V}$
	$v_2 = 228,4 \text{ V}$	$v_2 = 228,7 \text{ V}$
	$v_3 = 228,3 \text{ V}$	$v_3 = 229,5 \text{ V}$

#### B. Pengujian Arus pada Pengasutan DOL Satu Arah Putaran

Hasil pengujian pada metode pengasutan DOL satu arah putaran ditunjukkan pada Tabel 2. Rata-rata hasil pengukuran arus menggunakan clampmeter Krisbow KW0600286 dan NETMOTOR menunjukkan bahwa terdapat selisih sebesar 6,55%. Selisih hasil pengukuran selain disebabkan oleh kalibrasi alat ukur, juga disebabkan oleh pembacaan alat ukur. Pengaturan awal di NETMOTOR hanya membaca 2 angka di belakang koma, sedangkan pembacaan Krisbow KW0600286 dapat membaca lebih dari 2 angka di belakang koma.

Tabel 2. Hasil Pengujian Arus pada Pengasutan DOL 1 Arah Putaran

Perbandingan Hasil Pengujian	
Krisbow KW0600286	NETMOTOR
$i_1 = 2,01 \text{ A}$	$i_1 = 2,14 \text{ A}$
$i_2 = 1,94 \text{ A}$	$i_2 = 2,05 \text{ A}$
$i_3 = 2,00 \text{ A}$	$i_3 = 2,15 \text{ A}$

$i_1 = 2,01 \text{ A}$	$i_1 = 2,14 \text{ A}$
$i_2 = 1,94 \text{ A}$	$i_2 = 2,05 \text{ A}$
$i_3 = 2,00 \text{ A}$	$i_3 = 2,15 \text{ A}$

#### C. Pengujian Arus pada Pengasutan DOL Forward-Reverse

Hasil pengujian pada metode pengasutan DOL *forward-reverse* ditunjukkan pada Tabel 3. Pada kondisi *forward*. Selisih hasil pengukuran saat kondisi *forward* didapatkan sebesar 0,06 – 0,12 ampere. Persentase rata-rata hasil pengukuran arus adalah sebesar sebesar 4,79%. Saat kondisi *reverse*, rata-rata hasil pengukuran arus menunjukkan bahwa terdapat selisih sebesar 4,61%. Interval selisih pengukuran yaitu 0,09 – 0,1 ampere.

Tabel 3. Hasil Pengujian Arus pada Pengasutan DOL *Forward-Reverse*

	Perbandingan Hasil Pengujian	
	Krisbow KW0600286	NETMOTOR
Saat kondisi <i>forward</i>	$i_1 = 2,05 \text{ A}$	$i_1 = 2,17 \text{ A}$
	$i_2 = 2,00 \text{ A}$	$i_2 = 2,11 \text{ A}$
	$i_3 = 1,99 \text{ A}$	$i_3 = 2,05 \text{ A}$
Saat kondisi <i>reverse</i>	$i_1 = 2,10 \text{ A}$	$i_1 = 2,20 \text{ A}$
	$i_2 = 2,01 \text{ A}$	$i_2 = 2,10 \text{ A}$
	$i_3 = 1,96 \text{ A}$	$i_3 = 2,05 \text{ A}$

#### D. Pengujian Arus pada Pengasutan DOL Dua Kecepatan

Hasil pengujian pada metode pengasutan DOL dua kecepatan ditunjukkan pada Tabel 4. Pada kondisi *low-speed*, rata-rata persentase hasil pengukuran arus sebesar 3,67%. Perbedaan selisih arus tidak lebih dari 0,16 ampere. Pada kondisi *high-speed*, rata-rata persentase selisih hasil pengukuran sebesar 1,49%. Pada kondisi ini, arus  $i$  hasilnya sama antara pengukuran dengan Krisbow KW0600286 dan NETMOTOR.

Tabel 4. Hasil Pengujian Arus pada Pengasutan DOL Dua Kecepatan

	Perbandingan Hasil Pengujian	
	Krisbow KW0600286	NETMOTOR
Saat kondisi <i>low-speed</i>	$i_1 = 4,22 \text{ A}$	$i_1 = 4,38 \text{ A}$
	$i_2 = 4,21 \text{ A}$	$i_2 = 4,34 \text{ A}$
	$i_3 = 3,87 \text{ A}$	$i_3 = 4,03 \text{ A}$
Saat kondisi <i>high-speed</i>	$i_1 = 5,56 \text{ A}$	$i_1 = 5,65 \text{ A}$
	$i_2 = 5,53 \text{ A}$	$i_2 = 5,60 \text{ A}$
	$i_3 = 4,98 \text{ A}$	$i_3 = 5,14 \text{ A}$

#### E. Pengujian Arus pada Pengasutan Star-Delta

Pengujian arus pada konfigurasi *star-delta* dilakukan pada setiap kumparan, yaitu arus pada  $u_1, v_1, w_1, u_2, v_2,$  dan  $w_2$ . Hasil pengukuran arus setiap kumparan ditunjukkan Tabel 5. Rata-rata selisih hasil pengukuran pada konfigurasi *star* adalah sebesar 10,97%. Interval selisih pengukuran adalah 0,04 A – 0,06 ampere. Akurasi yang sangat bagus ditunjukkan pada

pengujian konfigurasi *delta*, arus pada belitan  $u_1$ ,  $w_1$ ,  $u_2$  hasil sama antara Krisbow KW0600286 dan NETMOTOR.

Tabel 5. Hasil Pengujian Arus pada Pengasutan *Star-delta*

	Perbandingan Hasil Pengujian	
	Krisbow KW0600286	NETMOTOR
Konfigurasi <i>star</i>	$u_1 = 0,45$ A	$u_1 = 0,50$ A
	$v_1 = 0,42$ A	$v_1 = 0,48$ A
	$w_1 = 0,42$ A	$w_1 = 0,46$ A
	$u_2 = 0,43$ A	$u_2 = 0,48$ A
	$v_2 = 0,41$ A	$v_2 = 0,45$ A
	$w_2 = 0,42$ A	$w_2 = 0,46$ A
Konfigurasi <i>delta</i>	$u_1 = 1,28$ A	$u_1 = 1,28$ A
	$v_1 = 1,17$ A	$v_1 = 1,16$ A
	$w_1 = 1,19$ A	$w_1 = 1,19$ A
	$u_2 = 1,28$ A	$u_2 = 1,28$ A
	$v_2 = 1,15$ A	$v_2 = 1,16$ A
	$w_2 = 1,20$ A	$w_2 = 1,19$ A

Gambar 9 menunjukkan tampilan antar muka web ThingSpeak dari hasil pengukuran arus pada pengasutan *star-delta*. Berturut-turut, *current 1*, *current 2*, dan *current 3* adalah arus pada belitan  $u$ ,  $v$ , dan  $w$ . Visualisasi jenis gauge dengan nilai yang ditunjukkan di bawahnya memudahkan dalam pembacaan dan pencatatan. Rekaman data dapat diunduh dalam format JSON, XML, dan CSV.



Gambar 9. Tampilan antar muka hasil pengukuran arus pada web ThingSpeak

#### F. Pengujian Arus pada Pengasutan Autotransformator

Hasil pengujian arus pada tap tegangan 70% atau sebesar 154 V ditunjukkan Tabel 6. Hasil pengukuran Krisbow KW0600286 dan NETMOTOR menunjukkan selisih yang tidak terlalu signifikan. Rata-rata persentase pengukuran arus menunjukkan selisih sebesar 1,49%. Interval selisih hasil pengukuran arus pada rentang 0 – 0,04 ampere.

Pengujian pengasutan autotransformator pada tegangan maksimum telah diukur. Rata-rata persentase selisih

pengukuran sebesar 4,37%. Variasi selisih pengukuran antara 0,7 – 0,11 ampere. Hasil ini lebih besar daripada pengujian pada tap tegangan yang lebih rendah.

Tabel 6. Hasil Pengujian Arus pada Pengasutan Autotransformator

	Perbandingan Hasil Pengujian	
	Krisbow KW0600286	NETMOTOR
Tap tegangan 70%	$i_1 = 1,09$ A	$i_1 = 1,10$ A
	$i_2 = 1,08$ A	$i_2 = 1,08$ A
	$i_3 = 1,13$ A	$i_3 = 1,17$ A
Tegangan maksimum	$i_1 = 2,15$ A	$i_1 = 2,26$ A
	$i_2 = 2,15$ A	$i_2 = 2,22$ A
	$i_3 = 2,10$ A	$i_3 = 2,20$ A

Rata-rata persentase hasil pengujian arus menunjukkan bahwa selisih adalah sebesar 4,32%. Ada beberapa pengujian yang hasilnya adalah sama antara Krisbow KW0600286 dan NETMOTOR. Untuk pengujian tegangan fasa ke netral menunjukkan akurasi terbaik, yaitu 0,43%. Modul PZEM-004T tidak cocok untuk pengukuran tegangan antar fasa. Persentase selisih pengujian antar fasa adalah sebesar 18,59%.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran didapatkan kesimpulan bahwa modul PZEM-004T di NETMOTOR tidak cocok untuk pengukuran tegangan antar fasa. Rata-rata persentase hasil pengujian tegangan antar fasa menunjukkan selisih yang sangat besar, yaitu 18,59%. Rata persentase hasil pengujian tegangan fasa ke netral adalah 0,43%. Rata-rata persentase hasil pengujian arus adalah sebesar 4,32%. Hal ini menunjukkan bahwa performa NETMOTOR telah dapat diandalkan untuk pengujian tegangan fasa ke netral dan pengujian arus pada motor induksi tiga fasa.

#### REFERENSI

- [1] D. Novianto, E. Zondra, and H. Yuwendius, "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang," *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, vol. 6, no. 2, pp. 73–80, 2022, doi: 10.31849/sainetin.v6i2.9734.
- [2] H. Susilawati, A. F. Ikhsan, I. Nawawi, and A. W. Priatna, "Protecting and Monitoring System for Three Phase Induction Motor," *Proceeding of 2019 5th International Conference on Wireless and Telematics, ICWT 2019*, Jul. 2019, doi: 10.1109/ICWT47785.2019.8978225.
- [3] L. Gumilar, D. Monika, M. Sholeh, and S. N. Rumokoy, "Transient in Electrical Power System under Large Induction Motor Starting Condition," *2020 2nd International Conference on Cybernetics and Intelligent System, ICORIS 2020*, Oct. 2020, doi: 10.1109/ICORIS50180.2020.9320791.
- [4] N. Cahyo Edy Wibowo, W. Handajadi, and J. Teknik Elektro, "Analisa Starting Motor Induksi 3 Fasa dengan menggunakan Program di PT Madubaru Yogyakarta," 2014.

- [5] S. Nuari and E. Zondra, "Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)," *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, vol. 2, no. 2, pp. 60–67, 2018.
- [6] H. R. Iskandar, E. Juniarto, and N. Heryana, "Sistem Monitoring Cerdas pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Jaringan Sensor Nirkabel dan Aplikasi Blynk Server," *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, vol. 17, no. 2, pp. 94–102, 2018, doi: 10.26874/jt.vol17no2.82.
- [7] F. J. T. E. Ferreira, J. Alberto, and A. T. De Almeida, "Voltage unbalance impact on coil-side temperature rise in a delta-connected, dual-winding induction motor," *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology*, vol. 2020-February, pp. 925–930, Feb. 2020, doi: 10.1109/ICIT45562.2020.9067201.
- [8] A. Mashar, *Pengaruh Ketidakseimbangan Tegangan Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi 5,5 kW*. 2012.
- [9] Z. Hafis, E. Erhaneli, A. Anugrah, and S. Bandri, "Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Sudut Fasa pada Motor Induksi 3 Fasa menggunakan MATLAB," *Rang Teknik Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 133–141, May 2023, doi: 10.31869/rtj.v6i2.4144.
- [10] Z. Abidin, T. Priangkoso, and D. Darmanto, "PENGUJIAN PERFORMANCE MOTOR LISTRIK AC 3 FASA DENGAN DAYA 3 HP MENGGUNAKAN PEMBEBANAN GENERATOR LISTRIK," *Majalah Ilmiah Momentum*, vol. 9, no. 1, 2013, doi: 10.36499/jim.v9i1.846.
- [11] R. Santhosh, M. V. Siddharthan, Sailakshmi, and S. Yadav, "Protection and Control of 3 Phase Induction Motors in Industrial Plants with Smart Remote Monitoring and Control on a Centralized System," in *2022 6th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, 2022, pp. 317–326. doi: 10.1109/ICOEI53556.2022.9776889.
- [12] H. Mubarak and A. Ardiansyah, "Prototype Design of IoT (Internet of Things)-based Load Monitoring System," in *2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, 2020, pp. 377–382. doi: 10.1109/ISRITI51436.2020.9315454.
- [13] A. Muchtar, U. Muhammad, and A. Mariyah, "Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Motor Listrik 3 Fasa Berbasis Java Programming," *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2017, doi: 10.32487/jtt.v5i1.200.
- [14] R. Risfendra, G. F. Ananda, and A. Stephanus, "Internet of Things on Electrical Energy Monitoring Using Multi-Electrical Parameter Sensors," *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, Jan. 2021, doi: 10.46574/motivection.v3i1.79.
- [15] B. Prayitno and P. Palupiningsih, "Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things," *PETIR*, vol. 12, no. 1, pp. 72–80, Apr. 2019, doi: 10.33322/PETIR.V12I1.333.
- [16] A. Banerjee, A. Banerjee, D. P. S. Rana, and K. N. Shubhanga, "A study of starting methods for an induction motor using an arbitrary waveform generator," *Proceedings of 2015 3rd International Conference on Advances in Electrical Engineering, ICAEE 2015*, pp. 34–37, Jul. 2016, doi: 10.1109/ICAEE.2015.7506790.
- [17] A. W. Leedy, "Simulink/MATLAB dynamic induction motor model for use in undergraduate electric machines and power electronics courses," *Conference Proceedings - IEEE SOUTHEASTCON*, 2013, doi: 10.1109/SECON.2013.6567399.
- [18] S. M. Addiwani, A. Yhuto, and W. Putra, "Perancangan Rangkaian Forward-Reverse pada Motor 3 Fasa," *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 97–105, Feb. 2023, doi: 10.22373/CRC.V7I1.16035.
- [19] C. Umam, S. Sabari, and S. Anggai, "SISTEM KENDALI MOTOR LISTRIK UNTUK MESIN CRANE PADA TRAINER BERBASIS PLC UNTUK PEMBELAJARAN MAHASISWA ELEKTRONIKA," *Power Elektronik Jurnal Orang Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 14–18, Jan. 2018, doi: 10.30591/POLEKTRO.V7I1.1180.
- [20] Y. Badruzzaman, J. T. Elektro, and P. N. Semarang, "Pengasutan Konvensional Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai."
- [21] S. N. S. Hubais, C. B. Moorthy, J. Santiago, S. S. S. Masan, and Y. S. A. D. Arfah, "IoT Star-Delta Starter for Remote Control of 3-Phase Motors," *SCEMS 2022 - 2022 IEEE 5th Student Conference on Electric Machines and Systems*, 2022, doi: 10.1109/SCEMS56272.2022.9990667.
- [22] F. Addawami and A. Yhuto Wibisono Putra, "Sistem Kerja Rangkaian Kontrol Star Delta Pada Motor 3 Fasa," 2022.
- [23] J. Siburian, J. Jumari, and A. Simangunsong, "STUDI SISTEM STAR MOTOR INDUKSI 3 PHASA DENGAN METODE STAR DELTA PADA PT.TOBA PULP LESTARI TBK," *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA: JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 9, no. 2, pp. 81–87, Apr. 2021, Accessed: Jun. 02, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/view/964>
- [24] J. Malemba and K. dan Tejo Sukmadi, "ANALISIS PEMILIHAN METODE PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA SEBAGAI PENGGERAK POMPA PENGENDALI BANJIR BANDARA AHMAD YANI MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6."
- [25] M. Abbas, M. A. Majeed, M. Kassas, and F. Ahmad, "Motor starting study for a urea manufacturing plant," *International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives*, 2011, doi: 10.1109/POWERENG.2011.6036562.
- [26] W. Huang, Y. Yuan, and Y. Chang, "A novel soft start method based on auto-transformer and magnetic control," *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology*, vol. 2016-May, pp. 2108–2113, May 2016, doi: 10.1109/ICIT.2016.7475095.
- [27] B. Y. Husodo and H. Irsyad, "ANALISA PENGASUTAN MOTOR INDUKSI 3 FASA 2500 KW SEBAGAI PENGGERAK FAN PADA BAG FILTER," *SINERGI*, vol. 21, no. 3, p. 173, Nov. 2017, doi: 10.22441/sinergi.2017.3.003.