

Analisis pengaruh harmonisa dalam implementasi pengaturan tegangan berbasis *dimmer* Arduino pada motor AC

Jakariya^{1*}, Bella Eliana²

^{1,2}Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung

Jln. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Kab. Bandung Barat, Jawa Barat 40559, Indonesia

^{1*}jakariya@polban.ac.id, ²bella.eliana@polban.ac.id

ABSTRAK

Motor listrik AC memiliki karakteristik tidak bisa dikontrol ketika dihubungkan pada sumber beban sehingga motor tersebut langsung bekerja secara maksimal dengan putaran nominal. Normalnya ketika berjalan motor listrik akan menyerap arus sebanyak dua sampai tiga kali dari arus nominalnya sehingga bisa membuat MCB trip jika digunakan dalam aplikasi skala kecil. Adapun tujuan penelitian ini adalah melakukan pengaturan tegangan dengan menggunakan *dimmer* Arduino sehingga ketika dihubungkan dengan sumber tegangan motor mampu untuk disuplai tegangan secara bertahap. *Dimmer* Arduino sendiri merupakan rangkaian kontrol tegangan berdasarkan TRIAC dimana penggunaan komponen elektronika daya ini akan menyebabkan harmonisa, dimana efek dari harmonisa ini membuat penambahan rugi-rugi pada motor listrik. Oleh karena itu, penelitian ini dimaksudkan melihat dampak aplikasi *dimmer* Arduino pada motor AC pompa air skala laboratorium. Adapun metodologi penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan percobaan eksperimental *dimmer* Arduino dirancang pada *box* tertentu kemudian motor pompa air 1 fasa dilakukan pengujian sebelum dan sesudah pemasangan *dimmer* untuk melihat parameter kinerjanya menggunakan alat ukur Power Quality meter Fluke 434. Hasilnya berdasarkan level tegangan yang diatur dari 50 V sampai 213 V dengan harmonisa tertinggi berada pada tegangan 50 V sebesar 100,3% dan terendah pada tegangan 213 V 20%. Dengan kondisi ideal, motor dikontrol pada tegangan 115 V menghasilkan kinerja penyaluran air 0,128 L/s dengan daya 74,75 Watt.

Kata kunci: motor listrik, *dimmer*, TRIAC, harmonisa, tegangan

ABSTRACT

AC electric motors have characteristics that cannot be controlled when connected to a load source so that the motor immediately works optimally with nominal rotation. Normally when running an electric motor will absorb current as much as two to three times its nominal current so that it can trip the MCB if used in small-scale applications. The purpose of this study is to regulate the voltage using an Arduino dimmer so that when connected to a voltage source the motor can be supplied with voltage gradually. The Arduino dimmer itself is a voltage control circuit based on TRIAC where the use of this power electronic component will cause harmonics, where the effect of these harmonics increases losses in the electric motor. Therefore, this study is intended to see the impact of the Arduino dimmer application on a laboratory-scale water pump AC motor. The research methodology used is to conduct an experimental experiment of Arduino dimmer designed in a certain box then the 1-phase water pump motor is tested before and after the dimmer is installed to see its performance parameters using the Fluke 434 Power Quality meter. The results are based on the voltage level set from 50 V to 213 V with the highest harmonics at a voltage of 50 V of 100.3% and the lowest at a voltage of 213 V of 20%. With ideal conditions, the motor is controlled at a voltage of 115 V producing a water distribution performance of 0.128 L/s with a power of 74.75 Watts.

Keywords: electric motor, *dimmer*, TRIAC, harmonics, voltage

1. PENDAHULUAN

Motor listrik dalam kehidupan sehari-hari banyak ditemukan dengan berbagai kegunaan. Fungsi motor listrik mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, energi mekanik ini yang digunakan untuk berbagai keperluan dalam rumah tangga, laboratorium maupun industri seperti memutar pompa, exhaust fan dan lainnya [1]. Cara kerja motor listrik 1 fasa yang banyak digunakan dan diaplikasikan pada kehidupan sehari-hari dengan menggunakan induksi elektromagnetik dimana motor induksi satu fasa terbentuk oleh dua komponen utama, yaitu stator yang tetap dan rotor yang berputar [2]. Stator adalah bagian motor yang diam, sementara rotor adalah bagian yang bergerak dan ditempatkan di atas bantalan

poros agar dapat berputar relatif terhadap stator [3]. Motor ini terdiri dari kumparan stator dan kumparan rotor yang berperan dalam menghasilkan gaya gerak listrik karena adanya arus bolak-balik satu fasa yang mengalir melalui kumparan-kumparan tersebut [4]. Interaksi medan magnet antara stator dan rotor terjadi akibat proses induksi, yang mendorong pergerakan rotor. Motor induksi satu fasa tidak menghasilkan medan magnet putar sebagaimana motor induksi tiga fasa. Oleh karena itu, diperlukan kumparan bantu untuk memulai putaran. Motor induksi satu fasa memiliki dua belitan stator, yaitu belitan fasa utama (U1-U2) dan belitan fasa bantu (Z1-Z2) [5]. Belitan utama menggunakan penampang kawat tembaga yang lebih besar, menghasilkan impedansi yang lebih rendah. Di sisi lain, belitan bantu terbuat dari tembaga dengan penampang yang lebih kecil dan jumlah belitan yang lebih banyak, sehingga menghasilkan impedansi yang lebih besar daripada belitan utama.

Pompa air merupakan salah satu aplikasi yang menggunakan motor listrik. Saat beroperasi, motor akan langsung berputar sesuai spesifikasi dan tidak bisa dikontrol untuk penggunaannya dalam mengalirkan air [6]. Jika kran air dibuka pada saluran distribusi maka itu hanya mengecilkan debit air yang keluar dalam kran tersebut sedangkan operasi pompa akan terus berjalan ditambah dengan sedikitnya air yang mengalir membuat pompa air mengkonsumsi arus lebih banyak dibandingkan ketika kran tersebut dibuka penuh [7]. Dengan demikian, operasi pompa air sangat dibutuhkan pengaturan tegangan dan kecepatan agar tercipta kondisi seefisien mungkin untuk mengalirkan kebutuhan air ke sistem distribusi. Untuk itu, dibutuhkan pengaturan berupa penggunaan komponen elektronika daya seperti menggunakan *dimmer* Arduino. Ini adalah sebuah alat elektronik yang berfungsi untuk mengatur level tegangan yang dipasok sesuai dengan kebutuhan. Terdapat dua jenis *dimmer* berdasarkan sumber tegangan, yaitu *dimmer* untuk tegangan AC (*dimmer* AC) dan *dimmer* untuk tegangan DC. *Dimmer* AC mengatur level tegangan dengan cara mengubah sudut fasa gelombang sinus dari tegangan AC 220V [8], sedangkan *dimmer* DC menggunakan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk mengatur lebar pulsa, mengingat tegangan DC tidak memiliki bentuk gelombang sinus seperti pada tegangan AC.

Salah satu alternatif dalam mengatur kecepatan motor adalah dengan menggunakan PWM. Sistem PWM dapat berpengaruh pada proses penyaringan sinyal. Untuk mengubah tegangan DC tinggi menjadi tegangan AC, diperlukan modulasi dengan frekuensi tinggi. Oleh karena itu, metode *natural sampling* dapat digunakan, yang melibatkan pengambilan sampel sinyal sinus pada setiap nilai amplitudo sinyal sinus. Namun, metode ini memiliki kelemahan, di antaranya adalah hasilnya mungkin tidak sesuai dengan harapan. Salah satu alasan utamanya adalah kesulitan dalam pembuatan inti ferit yang cukup besar, bahkan untuk kawat berdiameter besar [9]. Pada aplikasinya penggunaan komponen elektronika daya akan menimbulkan harmonisa. Harmonisa adalah fenomena di mana gelombang sinusoidal terbentuk dengan frekuensi yang merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasarnya [10]. Ketika gelombang frekuensi dasar bersuperposisi dengan gelombang harmonisa, hasilnya adalah gelombang yang terdistorsi sehingga tidak lagi memiliki bentuk sinusoidal yang sempurna [11]. Dampak dari harmonisa dapat mengganggu peralatan kontrol yang digunakan dalam sistem elektronik. Kesalahan pada peralatan pengukuran listrik yang menggunakan prinsip induksi magnetik. Alat-alat pengaman dalam sistem tenaga listrik seperti relay juga dapat terganggu oleh harmonisa [12]. Pada mesin-mesin berputar seperti generator dan motor, arus harmonisa dapat menyebabkan torsi mekanik yang mengakibatkan getaran dan kebisingan pada mesin-mesin tersebut. Sistem komunikasi yang berdekatan dengan sistem tenaga listrik juga dapat terganggu oleh harmonisa, terutama sistem kontrol dari sistem telekomunikasi [13]. Untuk jangka panjangnya efek dari harmonisa membuat kapasitor dapat mengalami pemanasan, mesin-mesin listrik dapat mengalami kenaikan suhu, dan transformator dapat mengalami pemanasan [14].

Fokus penelitian ini adalah menganalisis pengaruh harmonisa yang ditimbulkan akibat implementasi *dimmer* Arduino pada motor pompa AC 1 fasa. Dalam penggunaannya, *dimmer* ini mengatur keluaran tegangan menggunakan komponen elektronika daya berupa TRIAC yang sudah terintegrasi pada modul *dimmer* Arduino, dengan cara kerja mengatur titik pemicu (*triggering point*) dari TRIAC selama setiap siklus AC. Semakin cepat TRIAC diaktifkan dalam siklus menggeser sudut fasa pada tiap level tegangan maka nilai harmonisa yang dihasilkan tentunya berbeda pula dan kinerja dari motor juga berbeda untuk level tegangan yang sudah diatur.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rangkaian *Dimmer* Arduino

Sumber listrik arus bolak-balik (AC) pada kondisi normal mempunyai gelombang tegangan dan arus berbentuk sinusoidal dalam suatu sistem tenaga listrik [15]. Beban dalam sistem ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu beban linier dan beban non-linier. Beban linier menarik arus yang sebanding dengan tegangan yang diterima, sementara beban non-linier, menarik arus yang tidak sebanding dengan tegangan tersebut. Akibat dari penggunaan beban non-linier ini dapat menyebabkan distorsi pada arus yang diambil dari sistem tenaga listrik. Distorsi arus yang terjadi ini dikenal sebagai harmonisa. Dalam sistem tenaga listrik, harmonisa didefinisikan sebagai penjumlahan komponen arus dan tegangan yang memiliki frekuensi yang merupakan kelipatan bulat dari frekuensi dasar, baik pada sistem 50 Hz maupun 60 Hz. Tingkat distorsi ini dapat dijelaskan melalui spektrum harmonisa yang lengkap, yang mencakup magnitudo dan sudut fase dari masing-masing komponen harmonisa. Selain itu, sering kali digunakan satu ukuran, yaitu total distorsi harmonisa (THD), untuk menunjukkan nilai efektif dari distorsi harmonisa tersebut [16]. Jika merujuk pada literasi total distorsi harmonisa bisa di hitung dengan persamaan berikut:

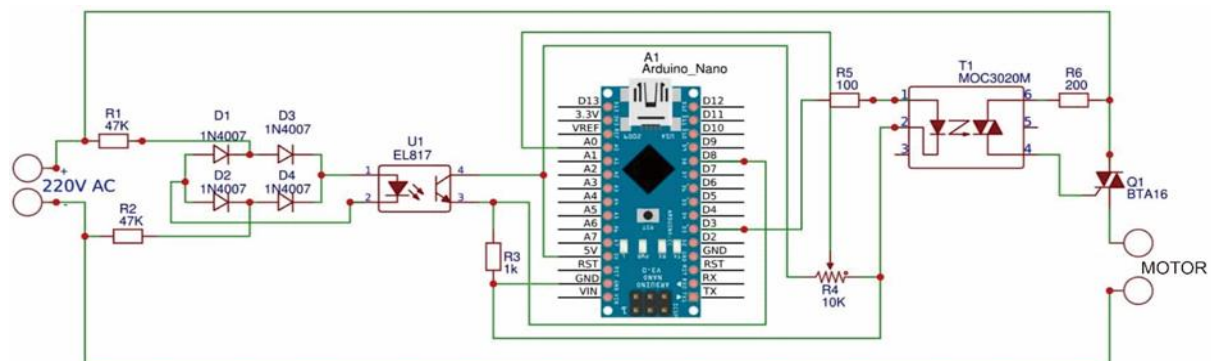
$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h_{max}} M_h^2}}{M_1} \quad (1)$$

Keterangan:

M_h = nilai RMS komponen harmonik (tegangan atau arus)

H = komponen harmonik orde ke-n

Untuk menganalisis pengaruh harmonisa yang diakibatkan oleh pemasangan *dimmer* Arduino pada motor pompa air laboratorium digunakan alat ukur Power Quality Analyzer Fluke 434. Alat ini mampu mengukur nilai THD tegangan dan arus serta parameter lain yang berkaitan dengan pengujian [17]. Pengujian dilakukan dengan memasang *probe* tegangan pada tegangan sumber dan pemasangan *clamp meter* pada kabel fasa dan netral. Karena motor menggunakan sumber 1 fasa 220 V maka pengaturan yang dilakukan pada Power Quality sesuai dengan tegangan sebesar 220 Volt. Setelah itu untuk pengukuran tegangan motor digunakan alat multimeter yang dipasang pada *tap point* keluaran dari modul *dimmer* Arduino seperti pada Gambar 1.



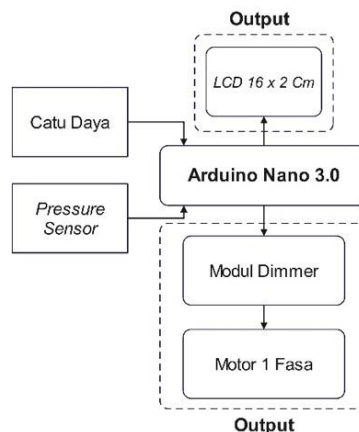
Gambar 1. Rangkaian *dimmer* Arduino motor 1 fasa

Dalam penelitian ini, pengaturan tegangan menggunakan komponen elektronika daya berupa TRIAC. TRIAC adalah komponen semikonduktor yang digunakan untuk mengendalikan arus listrik dalam aplikasi arus bolak-balik (AC) [18]. TRIAC termasuk ke dalam beban non-linear yang menyebabkan pergeseran sudut fase sehingga menimbulkan harmonisa dalam penggunaannya [19]. Cara kerja *dimmer* Arduino terlebih dahulu terhubung ke pengontrol Arduino melalui dua pin digital. Pertama, (*zero-crossing detector*) untuk mengontrol lewatnya *phase null* dari AC yang digunakan untuk memulai sinyal interupsi. Kedua, DIM/PSM untuk mengontrol arus (*redup*). Ini mendeteksi *zero-crossing* pada grid dan kemudian mikrokontroler menyalakan TRIAC dengan indikator sensor *pressure switch* yang digunakan untuk menentukan keluaran tegangan yang diinginkan. *Dimmer* Arduino ini diatur secara program untuk mengeluarkan tegangan 115V, 150V, dan 213V [20]. Dalam *dimmer* Arduino yang dirancang ada 3 mode *selector* yang digunakan yang pertama mode otomatis. Dalam mode

ini *dimmer* Arduino bekerja berdasarkan 3 pengaturan tegangan yang berbeda yaitu 115V, 150V dan 213V. Kedua, mode manual dalam mode ini *dimmer* Arduino bekerja berdasarkan sinyal dari potensio yang diatur mulai dari 0 s/d 74 dan diberi nama “*dimmer speed*” untuk tegangan maksimal keluaran yaitu 213 V. Mode terakhir yaitu *bypass* bahwa motor dapat langsung digunakan dengan tegangan nominal tanpa melewati modul *dimmer* Arduino terlebih dahulu.

2.2 Rancangan Sistem

Berdasarkan diagram blok yang ditunjukkan pada Gambar 2, sistem *dimmer* Arduino dirancang menggunakan catu daya 5 V untuk mensuplai tegangan pada mikrokontroler Arduino Nano. Kemudian sebagai pemicu kerja dari *dimmer* menggunakan sensor *pressure switch* yang disuplai tegangan 5 V dengan seri WPT-83G-E4G4 mempunyai rentang pembacaan *pressure* dari 0-10 bar [21]. *Setting pressure* diset pada 2 bar karena mengikuti dari spesifikasi motor yang mempunyai daya 125 Watt dengan maksimal tekanan 2,5 bar. Untuk melihat kinerja dari *dimmer* Arduino digunakan *output* layar LCD ukuran 16x2 cm dalam layar LCD tersebut ada menu *pressure*, *dimmer speed* & *mode* [22]. Cara kerja modul *dimmer* Arduino ini ketika *pressure* air ada dibawah 1 bar maka sensor mendeteksi untuk *dimmer* Arduino mengirimkan pengaturan tegangan pada level 115 V selama 3 menit lalu naik menjadi 150V selama 2 menit dan jika bekerja lebih dari 5 menit maka tegangan yang diatur oleh modul *dimmer* berada di 213V [19].

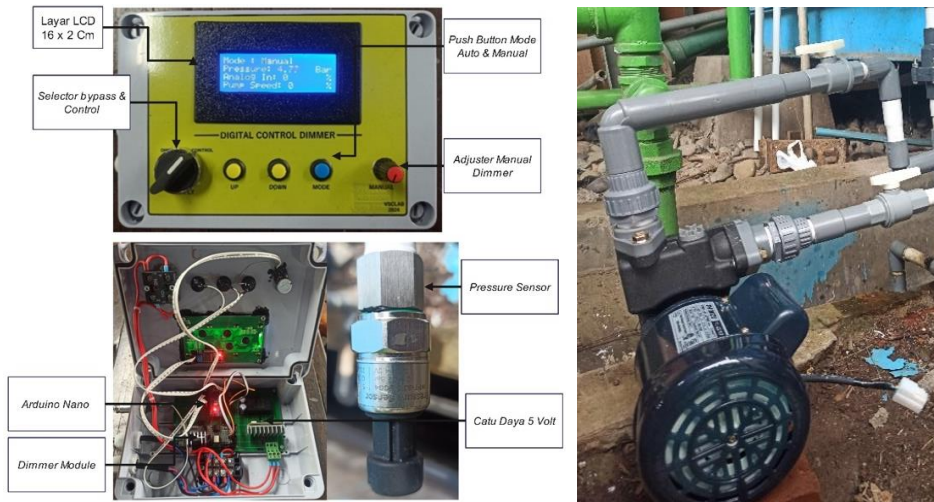


Gambar 2. Diagram blok sistem *dimmer* Arduino

2.3 Implementasi *Dimmer* Arduino dan Motor Pompa 1 Fasa

Hasil realisasi dari alat *dimmer* dan motor pompa 1 fasa yang sudah dirancang dan diuji ditunjukkan pada Gambar 3, dimana detail dari penempatan sudah ditunjukkan dengan masing-masing tanda panah. Layar LCD, *selector bypass & control*, *push button mode auto & manual* berada pada casing luar dari alat tersebut sedangkan untuk mikrokontroler Arduino Nano, catu daya, *connector pressure switch* ditempatkan dibagian dalam dari pada casing.

Alat ini dirancang dalam 2 mode operasi yaitu auto dan manual. Untuk auto, *dimmer* bekerja membaca tekanan yang disetting dengan 3 level tegangan berbeda yaitu 115V, 150V, dan 213 V. Sedangkan operasi manual bekerja menggunakan potensiometer dengan menggeser *input pump speed* dimulai dari 0-93% dimana mode ini dikhususkan untuk melihat kinerja motor pompa air bila di-*setting* dalam rentang tertentu. Untuk motor pompa air 1 fasa yang digunakan memiliki spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Implementasi alat *dimmer* Arduino berbasis TRIAC (kiri) dan motor pompa 1 fasa (kanan)

Tabel 1. Spesifikasi motor

Parameter	Nilai
Output (W)	125
Input (W)	310
Daya hisap max (m)	9
Total head max (m)	33
Kapasitas max (L/min)	36
Head (m)	5/20
Kapasitas (liter/min)	28/10

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengukuran Awal

Mengacu pada pengukuran diawal tanpa menggunakan *dimmer* Arduino dan posisi *selector* sudah dalam mode *bypass*, motor pompa air bekerja pada tegangan 220 V lalu setelah itu dilakukan pengambilan data dengan PQ Meter Fluke 434, *clamp meter*, dan gelas ukur didapatkan data seperti Tabel 2.

Tabel 2. Data pengujian awal

No	Tegangan Motor (Vm)	Posisi Dimmer Speed	Tegangan Sumber (Vs)	Arus Motor (Im) A	Cos phi	Daya (W)	Rpm	THD I (%)	THD V (%)	Tekanan Air 1 Kran (bar)	Debit Air L/S
1	218	-	221	1,12	0,98	239,2768	2857	19,3	4,3	1,64	0,191

Berdasarkan data pengujian nampak terlihat bahwa sebelum pemasangan *dimmer* Arduino THD arus sudah terbaca sebesar 19,3% dan THD tegangan terbaca 4,3%. Artinya sumber yang digunakan untuk menjalankan modul *dimmer* Arduino dan motor 1 fasa ini sudah mengandung harmonisa [23]. Dimungkinkan harmonisa tersebut berasal dari penggunaan beban non-linear seperti lampu, komputer, alat ukur laboratorium dan sumber harmonisa lain yang jenisnya beban non-linear. Sedangkan jika merujuk pada standar IEEE 519-214 THD arus untuk IL < 20 A sebesar 5% dan THD tegangan untuk V ≤ 1kV sebesar 8%. Bisa disimpulkan untuk sumber tegangan yang digunakan mengandung harmonisa diatas ketentuan standar THD yang berlaku.

3.2 Hasil Pengujian Dengan Pemasangan *Dimmer*

Setelah dilakukan pengukuran awal untuk mengetahui parameter kinerja motor pompa air maka langkah selanjutnya adalah dilakukan pemasangan *dimmer* arduino dengan input motor masuk ke dalam *dimmer* dan dihubungkan dengan sumber tegangan 220V. Pengujian untuk menganalisis pengaruh pengaturan tegangan terhadap harmonisa yang ditimbulkan, menggunakan 7 variasi pengaturan

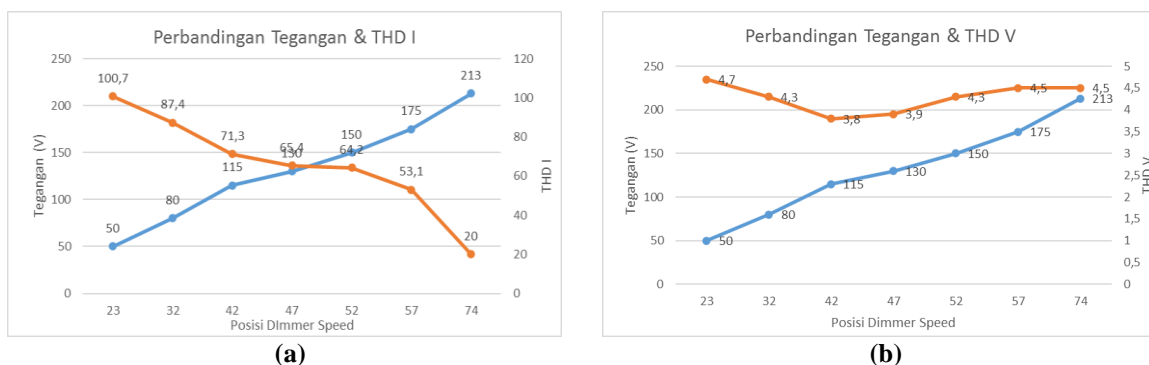
tegangan dimana tegangan diatur di set pada 50V, 80V, 115V, 130V, 150V, 175V, dan 213V. Lalu setelah itu nilai harmonisa arus dan tegangan akan terukur oleh power quality analyzer dengan hasil dijelaskan seperti Tabel 3.

Tabel. 3 Parameter hasil pemasangan *dimmer* Arduino

No	Tegangan Motor (Vm) V	Posisi Dimmer Speed	Tegangan Sumber (Vs) V	Arus Motor (Im) A	Cos phi	Daya (Watt)	Rpm	THD I (%)	THD V (%)	Tekanan Air 1 Kran (bar)	Debit Air L/S
1	50	23	219.5	0,78	0,31	12,09	0	100,3	4,7	0	0
2	80	32	219.6	1,14	0,48	43,78	0	87,4	4,3	0	0
3	115	42	220,2	1	0,65	74,75	1560	71,3	3,8	1,1	0,128
4	130	47	214,3	1,51	0,69	135,45	2188	65,4	3,9	1,2	0,162
5	150	52	214,5	1,41	0,74	156,51	2500	64,2	4,3	1,25	0,172
6	175	57	214,3	1,37	0,8	191,80	2661	53,1	4,5	1,28	0,177
7	213	74	214	1,25	0,89	236,96	2782	20	4,5	1,3	0,182

Jika merujuk pada data hasil percobaan yang ditunjukkan pada Tabel 3, pengaruh 7 variasi tegangan motor yang diatur oleh *dimmer* Arduino menghasilkan nilai terhadap harmonisa tegangan dan arus yang berbeda. Jika mengacu pada standar IEEE 519-214 nilai THD V & THD I yang maksimal bisa ditoleransi pada level tegangan 220 V atau <1 kV yaitu 8% untuk THD V dan 5% untuk THD I namun jika melihat data pengujian berdasarkan Gambar 4 nilai THD I pada level tegangan mulai 50V, 80V, 115V, 130V, 150V, 175V, dan 213V nilai THD arus tertinggi berada pada tegangan 50V dengan 100,3 % sedangkan untuk yang terendah yaitu 20% nilai untuk THD I ini sangat jauh dibandingkan dengan standar IEEE sebesar 5%. Sedangkan THD tegangan konstan berkisar 3,8% - 4,7% hal ini masih dalam rentang katagori dibawah standar IEEE sebesar 8%.

TRIAC bekerja dengan memotong sebagian dari gelombang AC. Ketika TRIAC diaktifkan di tengah siklus AC, bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan tidak lagi berbentuk sinusoidal sempurna. Sebaliknya, bentuk gelombang menjadi terdistorsi. Distorsi ini menghasilkan komponen frekuensi yang lebih tinggi yang disebut harmonisa. Harmonisa adalah kelipatan dari frekuensi dasar (*fundamental frequency*) dari sinyal AC. Selain itu pengaturan pengaktifan TRIAC yang terjadi pada berbagai titik dalam siklus AC menghasilkan bentuk gelombang yang tidak teratur dan terpotong. Selain itu variasi dalam waktu pemicuan secara manual dengan menggeser *dimmer speed* menghasilkan harmonisa pada frekuensi yang berbeda. Dari Gambar 4 juga terlihat ketika tegangan semakin besar maka nilai prosentasi dari THD arus semakin mengecil yang diakibatkan sudut penyalan *dimmer* mendekati nilai nominal tegangan input 220V dan bentuk gelombangnya mendekati sinusoidal.



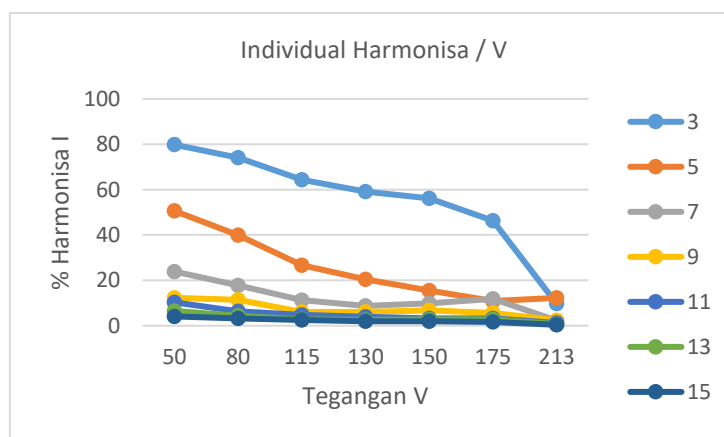
Gambar 4. Perbandingan tegangan: (a) THD I, (b) THD V

Selanjutnya terkait nilai harmonisa yang dihasilkan pada level tegangan 50V-213V mengandung orde harmonisa yang berbeda. Pada Tabel 4 terlihat bahwa orde harmonisa lebih besar terjadi pada orde 3 dengan nilai terkecil 9,7% pada tegangan 213 V dan terbesar pada tegangan 50V hal ini berlaku sama sampai dengan orde harmonisa ke-15, semakin banyak ordenya kandungan harmonisanya semakin rendah dan di orde 15 nilai harmonisa sudah kurang dari 5%.

Tabel 4. Individual harmonisa arus

Posisi <i>dimmer speed</i>	Tegangan (V)	Individual harmonisa I (%)						
		3	5	7	9	11	13	15
23	50	79,8	50,6	23,9	12,3	10,3	6,5	4,1
32	80	74,1	39,9	17,8	11,4	6,3	4,3	3,2
42	115	64,4	26,6	11,3	6,1	4,8	2,8	2,5
47	130	59,1	20,4	8,7	6	4	2,6	2
52	150	56,2	15,5	9,8	6,8	3,2	2,8	2
57	175	46,3	10,9	11,8	5,7	3,2	2,8	1,7
74	213	9,7	12,3	2,3	2,4	1,2	0,7	0,4

Pada Gambar 5 juga terlihat penurunan harmonisa dimana jika tegangan diperbesar mendekati tegangan nominal 220V maka prosentase nilai harmonisanya makin kecil. Hal ini terjadi karena sudut penyalaan dari *dimmer* sudah mendekati sinusoidal sehingga kandungan harmonisanya menjadi lebih kecil.



Gambar 5. Grafik prosentase harmonisa tiap orde

3.3 Kinerja Motor Pompa Air

Berdasarkan data hasil pengujian awal tanpa dimmer dan pengujian dengan dimmer kinerja pompa air, secara keseluruhan memperlihatkan bahwa sebelum pemasangan dimmer sistem listrik sebagai sumber pompa sudah memiliki nilai harmonisa tegangan sebesar 4,3% dan harmonisa arus sebesar 19,3 % selain itu kemampuan menyalurkan air sebelum pemasangan ada pada nilai 0,191 L/s sedangkan setelah pemasangan dimmer terjadi pengurangan pada debit air karena sudut penyalaan hanya mampu menghasilkan tegangan dimotor sebesar 213 V jika dibandingkan dengan sebelum pemasangan nilai tegangan berada di 218 V selain itu hal lain yang terlihat antara sebelum dan sesudah pemasangan dimmer adalah kecepatan motor dengan kondisi tegangan yang hampir sama memiliki perbedaan dimana sebelum pemasangan dimmer motor berputar 2857 RPM namun setelah dipasang dimmer hanya mampu berputar 2782 RPM hal ini yang membuat debit air berkurang.

Hal lain yang bisa diambil dari data pembahasan diatas adalah bahwa dengan mengatur tegangan secara bertahap mampu mengurangi pemakaian daya listrik secara signifikan ketika tegangan motor diberikan 115 V maka motor pompa air mampu menghasilkan debit air sebanyak 0,128 L/s serta pemakaian daya listrik sebanyak 74,75 Watt. Namun untuk komponen dari harmonisa arus cukup tinggi dimana pada level tegangan 115 V harmonisa arus (THD I) yang terukur sebesar 71,3% dan nilai ini

sangat jauh jika dibandingkan dengan standar IEEE 519-2014 sebesar 20%. Oleh karenanya pengaturan tegangan dengan 115 V membuat operasi motor menjadi lebih hemat namun membuat harmonisa meningkat 3,7 kali dibandingkan dengan tanpa menggunakan dimmer arduino.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilakukan pemasangan *dimmer* Arduino membuat nilai THD arus naik sampai 100,3% pada tegangan 50V dimana kenaikan ini disumbangkan oleh orde terbesar harmonisa 3,5 dan 7. Harmonisa terjadi karena *dimmer* Arduino memotong sebagian dari gelombang AC. Ketika TRIAC diaktifkan di tengah siklus AC, bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan tidak lagi berbentuk sinusoidal sempurna. Sebaliknya, bentuk gelombang menjadi terdistorsi. Distorsi ini menghasilkan komponen frekuensi yang lebih tinggi yang disebut harmonisa. Selain itu ketika level tegangan dinaikan maka nilai harmonisa cenderung turun menjadi 20% hal tersebut dikarenakan bentuk gelombang sudah hampir mendekati sinusoidal dan TRIAC tidak memotong lebih banyak jika dibandingkan pada tegangan 50 V. Namun untuk nilai harmonisa tersebut masih jauh dari batas normal sebesar 5% berdasarkan IEE 519-2014. Pemasangan *dimmer* Arduino juga membuat kinerja motor pompa air mampu diatur bekerja pada kondisi penyerapan daya listrik yang rendah di 74,75 Watt pada tegangan 115 V dengan kemampuan mengeluarkan debit air 0,128 L/s atau 67% dari kapasitas normal yang bisa disalurkan secara maksimal yaitu 0,191 L/s. Selain itu pada tegangan tersebut harmonisa yang dihasilkan sebesar 3,7 kali dibandingkan kondisi awal. Tentunya jika dikaitkan kedalam penelitian selanjutnya maka akan ada opsi untuk memperbaiki harmonisa yang terjadi pada pengaturan tegangan pada pompa air menggunakan *dimmer* berbasis Arduino.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bandung atas bantuan fasilitas pendanaan yang diberikan dan peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada Jurusan Teknik Konversi Energi telah mengizinkan untuk menggunakan fasilitas laboratorium konversi energi sebagai tempat untuk peneliti melakukan penelitian.

REFERENSI

- [1] R. W. Barus, 'Analisa Efisiensi Daya Motor Induksi 3 Fasa Squirrel Cage 250 Kw Dengan Inverter Sebagai', Medan, 2022.
- [2] A. Aifiayu and T. Ta'ali, 'Sistem Monitoring dan Kontrol Motor AC dengan Fuzzy Logic Controller Berbasis Arduino Uno', *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i1.102.
- [3] S. W. G. Ujang Wiharja, 'Analisis Efisiensi Daya Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Soft Starter Pada Reciprocating Compressor', *Elektro*, vol. 10, no. 8.5.2017, pp. 32–42, 2022, [Online]. Available: www.aging-us.com
- [4] Ivanov - Smolensky, *Electrical Machines - Tomo 1*, vol. 1. 1979.
- [5] A. Ivanov-Smolensky, *ELECTRICAL MACHINES Vol. 2*, vol. 2.
- [6] W. Dsl and D. N. K. Hardani, 'Analisis Torsi dan Efisiensi pada Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar', *Techno (Jurnal Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Purwokerto)*, vol. 19, no. 2, p. 79, 2018, doi: 10.30595/techno.v19i2.3070.
- [7] M. Amir and A. I. Firdaus, 'Studi Analisis Pengaruh Harmonisa Akibat Penggunaan Variable Speed Drive Pada Motor Induksi 3 Fasa', *Istm*, vol. XIX, no. 2, pp. 20–29, 2017.
- [8] D. Informatika *et al.*, 'Sistem Kendali Kecepatan Robot Mobil', vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2020.
- [9] F. Hazrina, 'Implementasi Dimmer Ac Berbasis Arduino Pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa', *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3s1, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3s1.3400.
- [10] M. R. Fauzan *et al.*, 'Harmonisa Akibat Pengaruh Penggunaan Converter pada Kereta Rel Listrik 1x25 kV Yogyakarta-Solo', *Electr. J. Rekayasa Teknol. Elektro*, vol. 9, no. 3, pp. 192–202, 2015.
- [11] F. R. A. Bukit, 'Analisa Harmonisa pada Karakteristik Motor Induksi 3 Fasa', *Issn*, vol. 01, no. 02, pp. 65–75, 2017.
- [12] S. Soewono, 'Optimasi Perbaikan Faktor Daya Dengan Pemasangan DC Reaktor Akan Mereduksi Harmonisa Di Inverter Motor Pendingin Air Industri', vol. 9, no. 2, pp. 90–111, 2019.
- [13] U. Indonesia, R. P. Alamsyah, F. Teknik, P. Studi, and T. Elektro, 'Analisis pengaruh beban harmonisa (lampu hemat energi) terhadap penghantar skripsi', 2010.
- [14] A. Khoobroo, M. Krishnamurthy, B. Fahimi, and W. J. Lee, 'Effects of system harmonics and unbalanced voltages on electromagnetic performance of induction motors', *IECON Proc. (Industrial Electron. Conf.,*

- vol. 1, no. 2, pp. 1173–1178, 2008, doi: 10.1109/IECON.2008.4758120.
- [15] J. Cheng, CEng, CEM, CEA, and CMVP, ‘IEEE Standard 519-2014’, *IEEE Stand. 519-2014*, pp. 1–50, 2014, [Online]. Available: [http://www.egr.unlv.edu/~\\$eebag/IEEE_STD_519_1992vs2014.pdf](http://www.egr.unlv.edu/~$eebag/IEEE_STD_519_1992vs2014.pdf)
- [16] S. Santoso, M. F. McGranaghan, R. C. Dugan, and H. W. Beaty, ‘Electrical power systems quality’, *Choice Rev. Online*, vol. 34, no. 01, pp. 34-0322-34–0322, 1996, doi: 10.5860/choice.34-0322.
- [17] I. R. Mardiyanto, ‘The Harmonics Effect of Variable Speed Drives on Generator Performance’, *Curr. J. Int. J. Appl. Technol. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 112–119, 2020, doi: 10.35313/ijatr.v1i2.34.
- [18] O. I. Emenike, C. V. Aravind, and R. Gobbi, ‘An investigation for closed loop control of single phase induction motors using industrial components’, in *2011 IEEE Conference on Sustainable Utilization Development in Engineering and Technology, STUDENT 2011*, Oct. 2011, pp. 1–6. doi: 10.1109/STUDENT.2011.6089315.
- [19] A. Banik, J. Umesh, G. Bhadade, and A. Gaikwad, ‘Speed Control of Single Phase Induction Motor using TRIAC and Bluetooth Device’, in *Proceedings of 2023 IEEE 2nd International Conference on Industrial Electronics: Developments and Applications, ICIDeA 2023*, 2023, pp. 516–521. doi: 10.1109/ICIDeA59866.2023.10295264.
- [20] Ewald F.Fuchs and Wiliam J. Hanna, ‘Measured efficiency improvements of induction Motors With Thyristor/Triac Controllers’, *IEEETransactionOnEneryConversion*, vol. 4, pp. 437–443, Dec. 2002.
- [21] D. Setiawan, Jakariya, R. Anggrainy, L. Wijayanti, and M. Mulyadi, ‘Studi Perencanaan Ulang Perpipaan Sistem Filtrasi Air Skala Rumah Tangga ’, *J. Permadi Perancangan, Manufaktur, Mater. dan Energi*, vol. 5, no. 03 SE-Articles, Sep. 2023, doi: 10.52005/permadi.v5i03.120.
- [22] Utkash Sharma and Bhim Shingh, ‘Investigations on TRIAC Based Speed Con...gle-Phase Induction Motor Ceiling Fans’, *InternationalConferenceOnSustainableEnergyandFutureElectricTransportation*, pp. 1–6, Jan. 2021, doi: 10.1109/SeFet48154.2021.9375803.
- [23] G. Bojilov, E. Rachev, and V. Petrov, ‘Electronic Starter with Timing Control for Start Capacitor Single Phase Induction Motor’, in *2022 22nd International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2022 - Proceedings*, 2022, pp. 1–4. doi: 10.1109/SIELA54794.2022.9845752.

