

Pengaruh Harmonik Akibat Pengoperasian Motor Induksi Tiga Fasa Pada Sistem Tenaga Satu Fasa

Abadi Akbar¹, S. Yudia Meka², Widia Riza³
^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang,
Jl. Kampus, Limau Manis, Kec. Pauh, Padang, Sumatera Barat 25164
*Corresponding Author :akbarabadi2018@gmail.com

Abstrak—Penelitian yang dilakukan adalah menganalisa pengaruh harmonik akibat pengoperasian motor induksi tiga fasa pada sistem tenaga satu fasa serta melihat perubahan nilai harmonik akibat adanya perubahan beban dengan menggunakan dua kapasitor. Penelitian ini adalah lanjutan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang mana penelitian sebelumnya hanya membahas pengaruh satu kapasitor pada motor induksi tiga fasa pada sistem tenaga satu fasa, besarnya pengaruh harmonik pada motor tidak dibahas lebih lanjut. Motor induksi memiliki prinsip kerja induksi magnet. Penelitian ini menggunakan motor induksi satu fasa yang memiliki kapasitas daya kecil dibandingkan motor induksi tiga fasa. Motor induksi tiga fasa mempunyai torsi start yang kecil sehingga motor ini tidak bisa di start pada beban penuh. Penelitian ini dilakukan dengan meningkatkan torsi start motor induksi tiga fasa dan mengoperasikan motor pada sistem tenaga listrik satu fasa menggunakan kapasitor untuk meningkatkan faktor daya selama proses pengasutan (starting) berlangsung serta menganalisa pengaruh harmoniknya. Hasil penelitian yang dilakukan adalah semakin besar beban yang diberikan pada motor, maka nilai kecepatan putaran motor dan nilai harmonik arus menjadi semakin kecil. Hal ini dilihat pada hasil pada saat tanpa beban nilai putaran motor 1475 rpm setelah ditambah beban tidak ada kecepatan putaran motor yang melebihi nilai tersebut. Kecepatan putaran motor akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya nilai beban yang diberikan, sedangkan adanya nilai harmonik arus disebabkan karena beban yang diberikan berupa lampu pijar merupakan beban linear. Penelitian ini dilakukan dengan meningkatkan torsi start motor induksi tiga fasa memberi beban yang besar pada motor. Kinerja motor lebih maksimal dan stabil pada metode baru dibandingkan dengan kinerja motor pada metode lama dan nilai harmonik arus pada metode baru lebih kecil dibandingkan dengan nilai harmonik arus pada metode lama.

Kata kunci : Motor induksi, harmonik

Abstract—The research conducted focuses on analyzing the harmonic effects resulting from the operation of a three-phase induction motor in a single-phase power system and examining changes in harmonic values due to load variations using two capacitors. This study is a continuation of previous research, which only addressed the influence of a single capacitor on a three-phase induction motor in a single-phase power system, without further exploration of the extent of harmonic impact on the motor. The induction motor operates based on the principle of magnetic induction. This investigation employs a single-phase induction motor with lower power capacity compared to a three-phase induction motor. Three-phase induction motors have a small starting torque, preventing them from starting under full load. The study involves increasing the starting torque of the three-phase induction motor and operating it in a single-phase electrical power system using capacitors to improve power factor during the starting process while analyzing its harmonic effects. The research findings indicate that as the load on the motor increases, both the motor speed and harmonic current values decrease. This is evident when there is no load, and the motor speed is 1475 rpm; adding a load does not exceed this speed. The motor speed decreases as the load increases, while the presence of harmonic current values is due to the linear load, such as incandescent light bulbs. The study is conducted by enhancing the starting torque of the three-phase induction motor, imposing a significant load. The motor demonstrates more optimal and stable performance with the new method compared to the old method. Additionally, the harmonic current values with the new method are lower than those with the old method.

Keywords: The induction motor, harmonic

© 2023 Elektron Jurnal Ilmiah

I. PENDAHULUAN

Motor induksi digunakan dalam kehidupan sehari-hari salah satunya motor induksi satu fasa mengubah energi listrik menjadi energi gerak yang sangat dibutuhkan di dunia industri[1]. Motor induksi satu fasa memiliki kapasitas daya yang kecil dibandingkan dengan motor induksi tiga fasa[2]. Kipas angin dan

mesin cuci termasuk kedalam motor induksi satu fasa sedangkan pompa kompresor termasuk ke dalam motor induksi tiga fasa yang biasanya berada di bidang industri[3]. Motor induksi memiliki prinsip kerja dengan menginduksikan energi listrik dari kumparan stator ke rotor menjadi energi gerak dengan prinsip induksi magnet[4].

Motor induksi tiga fasa normalnya mempunyai torsi start yang kecil 14 Nm (Schneider 2006). Pada kondisi tertentu motor ini tidak bisa di start pada beban penuh. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan torsi start motor induksi tiga fasa ini adalah dengan mengoperasikan motor pada sistem tenaga listrik satu fasa dengan menggunakan kapasitor yang juga bisa digunakan dalam meningkatkan faktor daya selama proses pengasutan (*starting*) berlangsung[5]. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Badr dkk. Akan tetapi penelitian ini masih memiliki kekurangan karena besarnya pengaruh harmonisa pada motor[6]. Medan putar yang timbul dengan kecepatan bisa dihitung :

$$n_s = \frac{120f}{P} \quad (1)$$

Pengoperasian motor induksi tiga fasa pada sistem tenaga listrik *alternating current* (AC) satu fasa sangat dibutuhkan pada daerah yang membutuhkan motor induksi tiga fasa tetapi hanya memiliki sistem tenaga listrik satu fasa. Cara agar motor induksi tiga fasa dapat digunakan dengan baik pada kondisi ini adalah dengan mengoperasikan motor induksi tiga fasa pada sistem tenaga listrik satu fasa. Hal ini juga dilakukan oleh Pilly dan Brzezinski[7]. Dalam sistem operasi motor induksi tiga fasa dengan kapasitor daya diatas 40 *horsepower* akan menghemat biaya jika dioperasikan pada sistem tenaga listrik satu fasa, karena hal ini membutuhkan biaya lebih murah untuk instalasi kabel dan sistem pengaman.

Mengoperasikan motor induksi tiga fasa pada sistem tenaga satu fasa dapat dilakukan dengan membagi kumparan motor menjadi dua bagian seperti motor induksi satu fasa. Dimana salah satu bagiannya dipasang kapasitor. Kapasitor akan dipasang pada sisi kumparan bantu karena memiliki impedansi yang lebih besar dari kumparan utama[8]. Perhitungan nilai kapasitor adalah sebagai berikut :

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = X_a + \frac{R_a R_m}{|Z_m| + X_m} \quad (2)$$

$$C = \frac{1}{\omega \cdot (X_a + \frac{R_a R_m}{|Z_m| + X_m})} \quad (3)$$

Motor induksi tiga fasa dioperasikan pada sistem tenaga listrik satu fasa akan berdampak pada perubahan beban[9]. Dengan berubahnya kinerja motor tentu saja akan menimbulkan harmonik[10]. Harmonik dipengaruhi oleh perubahan beban[11][12]. Pengaruh harmonik pada motor listrik akan menyebabkan meningkatnya gangguan kebisingan (*noise*), panas dan getaran pada motor[13]. Hal lain bisa mengakibatkan penurunan efisiensi pada motor akibat adanya peningkatan pemanasan pada inti dan kumparan stator[14][15]. Penelitian ini fokus dengan melihat pengaruh harmonik akibat pengoperasian motor induksi tiga fasa pada sistem tenaga satu fasa serta

melihat perubahan nilai harmonik akibat adanya perubahan beban.

II. METODE

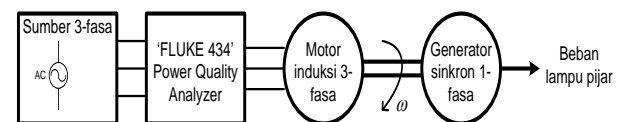
Penelitian dilakukan di laboratorium Kampus Institut Teknologi Padang (ITP) jalan Gajah Mada Nanggalo Padang. Penelitian ini fokus untuk mengetahui nilai harmonik yang dipengaruhi oleh perubahan beban motor induksi tiga fasa saat dioperasikan pada sistem tenaga satu fasa dan pengaruh harmonik pada peralatan. Adapun tahapan penelitian adalah :

1. Studi literatur dengan mempelajari dan membandingkan kekurangan pada penelitian sebelumnya yang akan dijadikan topik pada penelitian lanjutan.
2. Menyediakan alat yang dibutuhkan dalam penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 1.

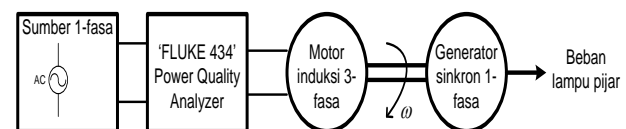
Tabel 1. Alat yang digunakan

No	Alat
1	Motor induksi tiga fasa
2	Generator sinkron
3	Fluke 434
4	Sanwa digital mutimeter
5	CR Meter (LCR-814)
6	Kapasitor AC
7	Tachometer (RPM motor)
8	Lampu Pijar
9	Saklar
10	Kabel

3. Membuat rangkaian pengujian dan penempatan alat ukur dalam pengoperasian motor induksi tiga fasa pada sistem tenaga listrik tiga fasa dan sistem tenaga listrik satu fasa. Berikut diagram rangkaian pengujian dan penempatan alat yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

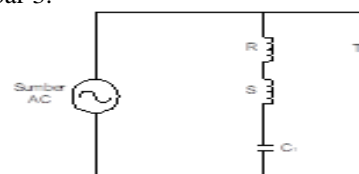


Gambar 1. Pengoperasian pada sistem tenaga tiga fasa



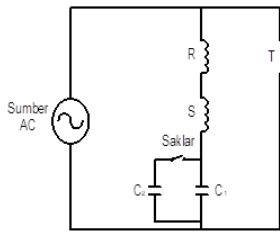
Gambar 2. Pengoperasian pada sistem tenaga satu fasa

4. Merancang rangkaian yang digunakan dalam penempatan kapasitor jalan pada kumparan motor induksi tiga fasa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian penempatan kapasitor jalan pada kumparan motor induksi tiga fasa

Berdasarkan Gambar 3 rangkaian dalam penempatan kapasitor jalan pada kumparan motor induksi tiga fasa. Kapasitor diletakan pada kumparan bantu yang mempunyai nilai impedansi yang lebih besar daripada kumparan utama.



Gambar 4. Rangkaian penempatan kapasitor jalan dan kapasitor start

Berdasarkan Gambar 4 penempatan kapasitor jalan (C1) dan kapasitor start (C2) pada kumparan motor induksi tiga fasa. Kedua kapasitor dipasang secara paralel yang diletakan pada kumparan bantu yang mempunyai nilai impedansi lebih besar dibandingkan dengan kumparan utama. Kapasitor start hanya digunakan pada saat start motor. Apabila putaran motor sudah normal, maka hubungan ke kapasitor star diputus melalui stop kontak yang sudah terpasang sebelumnya sehingga pada saat itu motor hanya mempergunakan kapasitor jalan.

Melakukan analisis data, data yang diperoleh merupakan data-data harmonic yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan fluke 434. Adapun diagram alir pada penelitian adalah sebagai berikut ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

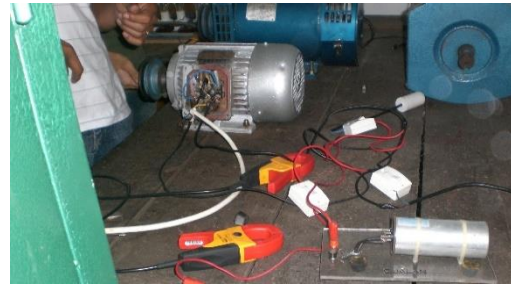
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melihat hasil pengaruh harmonik akibat pengoperasian motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga 1-fasa, maka dilakukan pengujian dengan memberikan beban pada motor. Adapun beban yang diberikan adalah berupa satu buah generator sinkron dan lampu pijar 100 watt sebanyak 12 buah, lampu pijar 10 dan 20

watt yang mana nantinya akan terlihat pengaruh harmonik terhadap peralatan

Objek penelitian yang digunakan adalah motor induksi 3 fasa dengan data teknis Type Y 90L-1 Merk : AEG, isolasi kelas B, 380/220 V, 3,6/6.3 A, hubungan Y/ Δ , rotor sangkar, empat kutub, 1500 W, faktor daya 0.84 tertinggal, 1400 rpm, 50Hz.

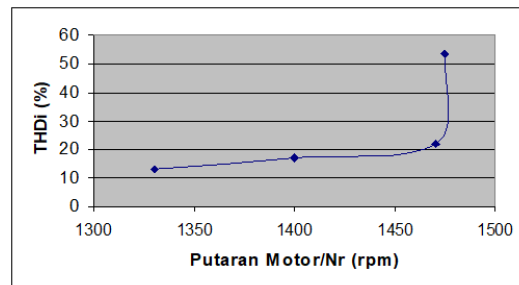
Pada penelitian yang dilakukan sebelumnya menggunakan kapasitor berkapasitas 25,9 μf . Hal ini dilakukan oleh Anthony Zuriman dkk[1]. Pengukuran motor saat beroperasi dengan kapasitor bisa dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Implementasi penggunaan kapasitor pada motor

Tabel 2. Data pengukuran motor saat beroperasi dengan kapasitor C = 25,9 μf

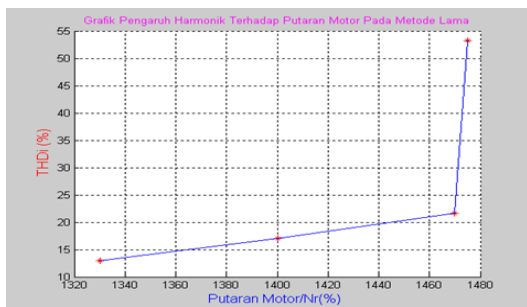
No	P	Nr (rpm)	THD ₁
a	Saat genator tanpa beban	1474	53,3
b	Saat beban lampu 100 watt	1470	21,7
c	Saat beban lampu 200 watt	1400	17,1
d	Saat beban lampu 330 watt	1330	13,0



Gambar 6. Grafik metode lama penggunaan kapasitor C = 25,9 μf

Berdasarkan Tabel 2 dan grafik pada Gambar 6 yang didapatkan hasilnya dari alat ukur fluke dapat dilihat bahwa nilai harmonik arus (THD₁) yang ditampilkan berubah seiring dengan bertambahnya beban pada motor. Semakin besar beban yang diberikan pada motor, maka nilai harmonik yang dihasilkan akan bertambah kecil. Ini dikarenakan oleh beban yang diberikan pada motor (lampu pijar) merupakan beban linear. Pada peralatan (motor) dapat dilihat bahwa dengan perubahan beban yang diberikan, maka kinerja peralatan (motor) akan ikut berubah. Perubahan kinerja peralatan ini dapat dilihat pada kecepatan putaran motor (Nr). Semakin besar beban yang diberikan, maka putaran motor akan menurun dan slip yang dihasilkan akan semakin besar. Dengan menurunnya kinerja motor maka akan mengakibatkan motor lebih panas, isolasi menjadi panas dan yang terburuk kondisi peralatan yang ada mengalami kerusakan. Dengan begitu umur peralatan tidak akan bisa beroperasi lebih lama.

Adapun grafik antara hubungan harmonik dengan putaran motor dengan menggunakan program Matlab ditunjukkan pada Gambar 7.

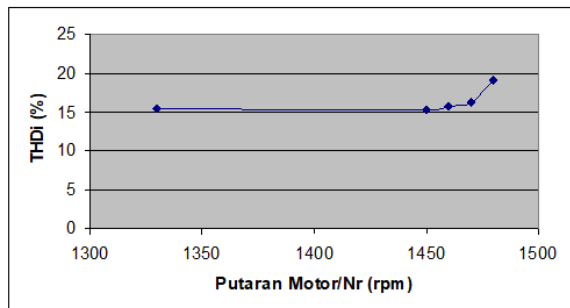


Gambar 7. Grafik Metode lama dengan menggunakan program Matlab

Pada penelitian yang dilakukan saat ini menggunakan kapasitor berkapasitas 52,9 µf yang memiliki kapasitas yang lebih besar dari metode sebelumnya.

Tabel 3. Data pengukuran motor saat beroperasi dengan kapasitor $C_1 = 52 \mu f$

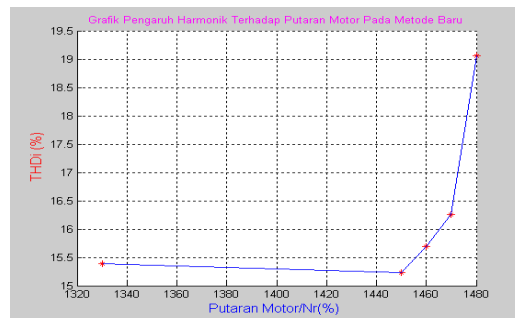
No	P	Nr (rpm)	THD ₁
a	Saat genator tanpa beban	1480	19,1
b	Saat beban lampu 100 watt	1470	16,3
c	Saat beban lampu 200 watt	1460	15,7
d	Saat beban lampu 300 watt	1450	15,3
e	Saat beban lampu 330 watt	1330	15,4



Gambar 8. Grafik metode baru dengan penggunaan kapasitor $C_1 = 52 \mu f$

Berdasarkan Tabel 3 dan grafik Gambar 8, nilai harmonik akan bertambah kecil apabila beban semakin besar. Ini dikarenakan beban yang diberikan merupakan beban nonlinear. Dan kinerja peralatan (motor) ikut mengalami penurunan.

Dari hasil penelitian, dapat dibandingkan bahwa nilai harmonik pada kapasitor 52 µf lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan kapasitor 25,9 µf sehingga kinerja motor pada kapasitor yg besar lebih baik dibandingkan dengan kinerja motor pada penggunaan kapasitor yang kecil. Ini terlihat dari putaran motor pada metode 2 lebih maksimal dibandingkan dengan metode lama. Pada metode lama, kecepatan maksimal putaran motor (Nr) terjadi saat generator tanpa beban yaitu 1475 rpm. Sedangkan pada metode baru, kecepatan maksimal putaran motor terjadi saat generator tanpa beban yaitu 1480 rpm. Untuk lebih jelasnya dapat kita lihat pada grafik dibawah ini dengan menggunakan program matlab yang ditunjukkan pada Gambar 9.

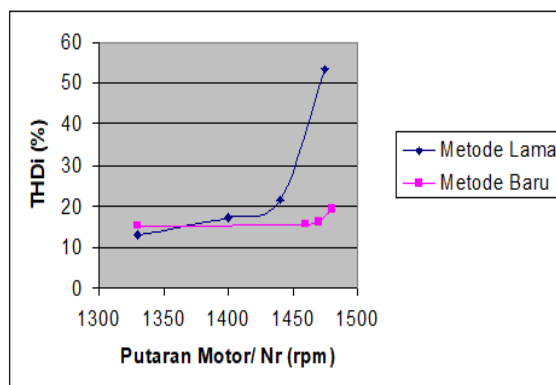


Gambar 9. Metode baru dengan menggunakan program Matlab

Pada penelitian yang telah dilakukan, untuk menjalankan motor induksi tiga fasa saat dioperasikan pada sistem tenaga satu fasa dipergunakan kapasitor jalan dengan nilai 25,9 µf dan kapasitor start 52 µf. Pada metode lama hanya digunakan kapasitor jalan 25,9 µf, sedangkan pada metode baru digunakan kapasitor jalan 25,9 µf dan kapasitor start 52 µf sehingga pada saat start jumlah nilai kapasitor yang digunakan berjumlah 77,9 µf. Berikut ini dapat dilihat perbandingan dari kedua metode yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan kedua metode

No	P	$C = 25,9 \mu f$		$C_1 = 52 \mu f$	
		Nr (rpm)	THD ₁ (%)	Nr (rpm)	THD ₁ (%)
a	Saat generator tanpa beban	1475	53,18	1480	19,06
b	Saat beban lampu 100 W	1440	21,67	1470	16,25
c	Saat beban lampu 200 W	1400	17,02	1460	15,68
d	Saat beban lampu 330 W	1330	12,93	1330	15,39



Gambar 9. Grafik Perbandingan metode lama dan metode baru

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat dengan jelas perubahan nilai kecepatan motor dan nilai harmonik arus seiring dengan perubahan beban. Semakin besar beban yang diberikan, maka nilai kecepatan putaran motor dan nilai harmonik arus menjadi semakin kecil. Ini disebabkan karena beban yang diberikan berupa

lampu pijar merupakan beban linear. Dari Tabel 4 dapat kita bandingkan kedua metode, terlihat jelas metode baru lebih baik dibandingkan dengan metode lama. Ini mengacu pada nilai kecepatan putaran motor pada metode baru lebih besar dibandingkan dengan metode lama dan nilai harmonik arus yang terjadi pada metode baru lebih kecil dibandingkan dengan nilai harmonik arus pada metode lama. Penelitian ini memiliki makna penting dalam pemahaman penggunaan motor induksi tiga fasa pada sistem tenaga satu fas. Adapun beberapa aspek pentingnya, (i). Pengaruh harmonik yang dapat menciptakan gangguan dalam sistem kelistrikan dan berdampak negatif pada peralatan lainnya, (ii) Perubahan nilai harmonik terjadi sebagai respons terhadap variasi beban motor,(iii) Peningkatan torsi start motor induksi tiga fasa, yang mana hal ini membantu kinerja motor pada situasi start terutama pada keadaan berbeban.

IV. KESIMPULAN

Saat kondisi generator tanpa beban ternyata masih terdapat THD arus harmonik. Hal ini terjadi karena pada saat pengukuran sistem distribusi yang terkoneksi atau terhubung dengan peralatan sudah terganggu dengan adanya harmonik dari peralatan lain. Metode baru (memakai dua buah kapasitor) lebih baik dibandingkan dengan metode lama (memakai satu buah kapasitor). Ini dapat dilihat dari kinerja motor dan nilai harmonik arus, kinerja motor lebih maksimal dan stabil pada metode baru dibandingkan dengan kinerja motor pada metode lama dan nilai harmonik arus pada metode baru lebih kecil dibandingkan dengan nilai harmonik arus pada metode lama. Penambahan kapasitor untuk meningkatkan faktor daya motor. Peningkatan faktor daya dapat mengurangi distorsi harmonik dalam sistem. Semakin besar beban yang diberikan pada motor maka nilai harmonik yang dihasilkan akan bertambah kecil. Ini diakibatkan oleh beban yang diberikan (lampu pijar) merupakan beban linear. Jika beban linear motor cenderung menghasilkan harmonik yang lebih sedikit. Kinerja motor semakin menurun seiring dengan penambahan nilai beban yang diberikan. Ini dapat terlihat dari menurunnya putaran motor yang terjadi.

REFERENSI

- [1] Sigit Fadilam Elvira Zondra, Arlenny.2023. Analisis Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa 2,2 kW di PT. Max Power Indonesia. SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri), Vol. 7 No. 2, Juni 2023, pp. 16 – 24 ISSN 2548-6888 print, ISSN 2548-9445.
- [2] Anthony Zuriman, Tumiran dan Berahim Hamzah, 2003, “Kinerja Pengoperasian Motor Induksi 3-fasa pada Sistem Tenaga 1-fasa dengan Menggunakan Kapasitor”, Jurnal Teknosain, Terakreditasi No. ISSN : 1411-6162, Jilid 16. No 1, Januari 2003, UGM Yogyakarta, hal 1-12.
- [3] A. Yulizar, E. Zondra, and M. Monice, “Studi Konsumsi Energi Terhadap Perubahan Kecepatan dan Beban Pada Motor Induksi Tiga Fasa,” SainETIn, vol. 6, no. 1, pp. 23–31, 2021, doi: 10.31849/sainetin.v6i1.7301
- [4] Anthony Zuriman, 2004, “Analisa Kapasitor Jalan pada Metode Semihex TM Motor”, Proseding SNVMS 2004, ISBN : 979-96964-1-0, hal 637-641.
- [5] Anthony Zuriman, 2004, “Perencanaan Kapasitor Start untuk Mengoperasikan Motor Induksi 3-fasa pada Sistem Tenaga 1-fasa”, Jurnal Momentum, Vol. 2 No. 2, Agustus 2004, hal 9-13.
- [6] Arrilaga dkk, “Harmonik dalam system tenaga listrik”. John Wiley & Son.
- [7] Badr M.A, Alolah A.I and Halim Abdul M.A, 1995, “A Capacitor Start Three Phase Induction Motor”, IEEE transaction on energy conversion, Vol. 10, No. 4, Desember 1995, pp. 675-680.
- [8] R. A. Sinaga, H. Eteruddin, and A. Tanjung, “Pengaruh Kapasitor Terhadap Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa di PT. Malindo Karya Lestari,” Jurnal Teknik, vol. 15, no. 2, pp. 85–93, 2021, doi: 10.31849/teknik.v13i1.2360.
- [9] Fitzgerld A.E,dkk, 1990. “Mesin-mesin listrik”. Erlangga, Jakarta.
- [10] Huang H, Fuchs EF and White J.C, 1988, “Optimal Placement of The Run Capacitor in Single Phase Induction Motor Designs”, IEEE transaction on energy conversion, Vol. 3, No. 3, September 1988, pp. 647-652.
- [11] Pillay P and Brzezinski, 1990, “Induction Motor Performance when Fed from Single or Three Phase Converter”, IEEE No. 90/CH 29.35-5/90/0000-004.
- [12] Bien, Liem Ek.,Sudamo, 2014. Pengujian Harmonisa dan Upaya Pengurangan Gangguan Harmonisa Pada Lampu Hemat Energi. Jetri, Volume 4 nomor 1 halaman 53-64.
- [13] Jusmin Sutanto, Hernadi Buhron, 2011, Implikasi Harmonik dalam Sistem Tenaga Listrik dan Alternatif Solusinya.
- [14] Zulkarnaini, Al.2007 “Pengaruh harmonik terhadap type induksi pada system tenaga listrik” Tesis Sekolah Pascasarjana Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- [15] Sabirin Taufiq, 2010, Variable Speed Drive Part 1, www.taufiqsabirin.wordpress.com/2010/08/04/variable-speeddrive-part-1/