

Analisis Perbandingan Waktu Pengereman Motor Induksi 3 Fasa Dengan Pengereman *Zero Sequence Braking* Dan *Plugging*

Comparative Analysis of Braking Time of 3 Phase Induction Motor with Zero Sequence Braking and Plugging

Andika Dwi Pradana^{1*}, Winarso²

^{1,2}Program Studi S1 Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Informasi Makalah

Diajukan : 19 Januari 2023
Diterima : 24 Mei 2023
Diterbitkan : 16 Juni 2023

Kata Kunci:

Pengereman, Motor induksi,
Zero Sequence Braking,
Plugging

Keyword:

Braking, induction motor
Zero Sequence Braking
Plugging

INTISARI

Motor induksi tiga fasa adalah motor yang digunakan untuk menggerakkan beban industri seperti lift dan konveyor, untuk menghentikan motor tersebut maka diperlukan pengereman. Pengereman motor induksi 3 fasa merupakan hal terpenting karena motor induksi tidak dapat langsung berhenti walaupun suplai daya sudah diputuskan, hal ini terjadi karena ada energi putar yang tersimpan pada poros. Pengereman dapat dilakukan dengan metode mekanis maupun elektrik. Pengereman elektrik diklasifikasikan menjadi pengereman dinamis, pengereman *regenerative* dan pengereman *plugging*. Pengujian pengereman ini dirancang untuk mendapatkan perbandingan waktu henti motor induksi tanpa pengereman, pengereman dinamis dan pengereman *plugging*. Dari hasil pengujian motor induksi pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa pengereman adalah 3,15 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 0,70 detik menggunakan tegangan injek 31,2 Volt dan metode *plugging* 0,59 detik.

ABSTRACT

Three phase induction motor is a motor that is used to drive industrial loads such as lifts and conveyors, braking is required to stop the motor. The braking of a 3 phase induction motor is the most important thing because an induction motor cannot stop immediately even though the power supply has been cut off, this happens because there is rotational energy stored in the shaft. Braking can be done by mechanical or electrical methods. Electric braking is classified into dynamic braking, regenerative braking and plugging braking. This braking test is designed to compare the stopping time of an induction motor without braking, dynamic braking and plugging braking. From the test results of an induction motor at a speed of 1500 rpm, the stopping time of the motor without braking is 3.15 seconds, with dynamic braking using the zero sequence braking method 0.70 seconds using an injection voltage of 31.2 Volts and the plugging method is 0.59 seconds.

Korespondensi Penulis:

Andika Dwi Pradana
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto
JL. Raya Dukuhwaluh, Purwokerto, 53182
Email: andikadwipradana1998@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan sebuah motor induksi bolak - balik (AC) yang prinsip kerjanya berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator menuju kumparan rotornya, dimana arus pada kumparan rotor merupakan arus yang terinduksi akibat perbedaan *relative* antara putaran yang ditimbulkan dari putaran motor dengan medan putar [1],[2]

Motor induksi 3 fasa digunakan sebagai motor penggerak beban industri seperti lift dan konveyor, untuk menghentikan motor tersebut dibutuhkanlah pengereman. Pengereman merupakan hal terpenting karena motor tidak dapat langsung berhenti walaupun suplai daya telah diputuskan hal ini terjadi karena energi putar yang tersimpan pada poros. Pengereman dapat dilakukan dengan metode mekanis dan elektrik. Pengereman elektrik diklasifikasikan menjadi pengereman dinamis, *plugging* dan *regenerative* [3]. Pengereman mekanis sendiri memiliki banyak kekurangan seperti dapat menimbulkan pemborosan energi kinetik pada rotor dan juga menimbulkan panas yang berlebihan. Oleh karena itu pengereman secara elektris banyak dipilih karena memiliki keunggulan dalam keefisiensannya maupun tidak mudah merusak motor induksi yang digunakan [4],[5]

Pengereman dinamis diaplikasikan pada motor induksi dengan cara menginjeksikan tegangan atau arus searah (DC) terhadap kumparan motor induksi yang bersumber dari penggerak frekuensi variable (VFD) yang dihubungkan dengan terminal DC [6],[7]

Pengereman dinamis terjadi karena tegangan stator yang diubah mejadi tegangan DC oleh tegangan AC dalam waktu yang sangat singkat dimana torsi yang dihasilkan dalam pengereman tergantung kepada jumlah arus DC yang disuplai ke belitan stator. Arus searah yang disuplai ke kumparan stator menciptakan medan yang stabil untuk mengurangi tegangan rotor. Kumparan rotor dihubung pendek arus yang mengalir menyebabkan medan magnet, dimana medan magnet berputar dengan rotor dengan kecepatan yang sama tetapi dengan arah yang berlawanan sehingga timbul torsi untuk pengereman [8].

Plugging braking merupakan metode pengereman yang dilakukan dengan membalik arah putaran motor induksi dengan cara membalik salah satu sudut polaritas fasa sehingga motor dapat menghasilkan torsi untuk membentuk daya deselerasi atau perlambatan. Waktu pembalikan salah satu sudut Fasa dilakukan dengan cepat sebab jika terlalu lama motor dapat berbalik arah putaranya [9].

Penelitian yang dilakukan oleh Sutarno yaitu pengujian pengereman dinamis waktu bertahap injeksi arus dc dengan hasil bahwa pengereman dapat dilakukan dengan cepat pada injeksi arus yang cukup besar pada belitan statornya. [10].

Penelitian yang dilakukan oleh Mudi Yuhendi dan Aswardi, yaitu pengujian pengereman dinamis motor induksi tiga fasa dengan PLC, dengan hasil bahwa secara umum semakin besar beban motor maka waktu pengereman akan lebih pendek, meskipun konfigurasi sambungan lilitannya bermacam-macam.[11] Penelitian yang dilakukan oleh Muhamad Hami Pradipta mengenai pengereman motor induksi tiga fasa dengan metode injeksi arus dc adalah mendapatkan waktu pengereman yang paling cepat yaitu 2,58 detik, sedangkan metoda pengereman capacitor self excitation dengan menggunakan kapasitor 25uF memiliki waktu pengereman yang paling lama yaitu 7,94 detik.[12].

Penelitian yang dilakukan oleh Subuh Isnur Haryudo, yaitu pengereman Dinamik dengan metode *Zero Speed Switch*, hasil percobaan penelitian ini adalah menginjeksikan arus dc 1 amper pada beban generator 100 watt motor dapat berhenti 4.9 detik, dan penginjeksian arus dc 2.amper pada beban generator 100 watt motor dapat berhenti dalam waktu 4.4 detik. [13]. Ri Munarto dan Bobby Rinaldi melakukan Penelitian Pengereman dinamik injeksi arus searah pada motor induksi 3 fasa menggunakan tegangan 110 V DC dan 220 V DC diperoleh hasil pengereman dengan injeksi tegangan 110 V DC memiliki waktu pengereman lebih cepat yaitu 0,61 detik kondisi tanpa beban, dan 0,46 detik kondisi dengan beban 4,29 N.m, [14].

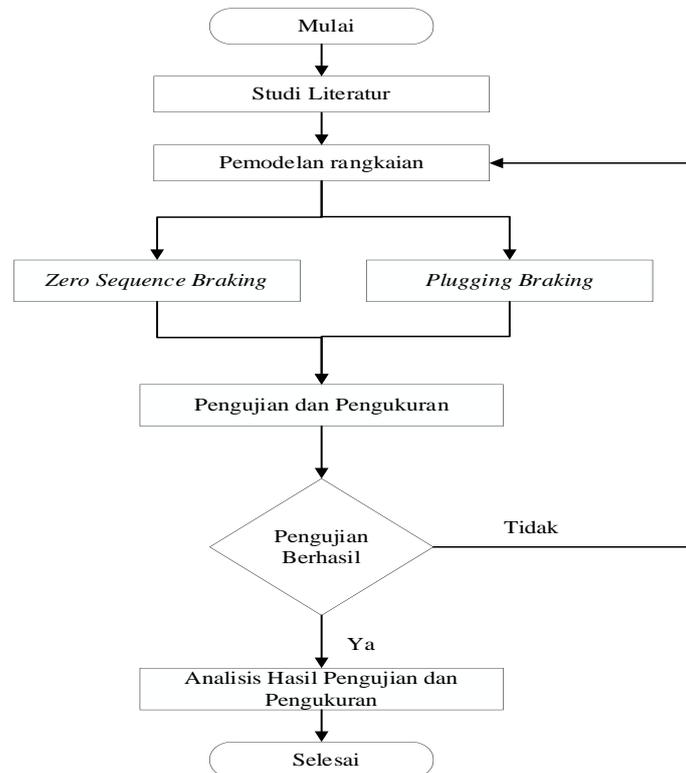
Penelitian yang dilakukan oleh Achmad Imam Agung dan Widi Aribowo ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan mikrokontroler terhadap kinerja pengereman dinamik pada motor induksi tiga fasa. Hasil yang didapatkan adalah bahwa metode pengereman dinamik dengan menggunakan mikrokontroler memiliki pengaruh terhadap kecepatan perlambatan motor induksi tiga fasalebih baik daripada tanpa menggunakan mikrokontroler sehingga motor dapat berhenti lebih cepat dan lebih efektif.Hal ini dapat dilihat pada beberapa jurnal, dimana selisih waktu yang dihasilkan jika dibandingkan antara pengereman dinamik menggunakan mikrokontroler dan tanpa mikrokontroler dimana penggunaan mikrokontroler menghasilkan nilai waktu pengereman lebih cepat daripada tanpa mikrokontroler.[15].

Dalam penelitian ini menggunakan 2 metode pengujian yaitu pengereman dinamis *metode zero sequence braking* dan pengereman *plugging*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perbandingan waktu henti pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, pengereman *plugging* dan tanpa pengereman.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alur (Flowchart) Penelitian

Diagram alur atau flowchart sistem nantinya akan menggambarkan lebih detail tentang pembuatan penelitian ini. Diagram alir proses penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram *Flowchat* Penelitian

Dalam melakukan pembuatan penelitian ini perlu adanya rancangan jadwal pelaksanaan kegiatan, agar mampu memaksimalkan waktu supaya lebih efisien dan efektif. Meliputi kegiatan yang tertulis dibawah ini :

1. Studi Literatur

Tahapan ini langkah pertama dilakukan didalam sebuah penelitian, mempelajari literatur yang berkaitan dengan perancangan sistem yang dibuat. Mempelajari literatur dapat bersumber dari buku, jurnal, penelitian terdahulu dan artikel-artikel di internet.

2. Pemodelan Rangkaian

Pemodelan rangkaian merupakan langkah yang bertujuan untuk memodelkan pengujian yang dilakukan, dimana dalam pengujian menggunakan dua pemodelan rangkaian yaitu rangkain pengereman dinamis metode *zero sequence braking* dan rangkain pengereman *plugging*.

3. Pengujian dan Pengukuran

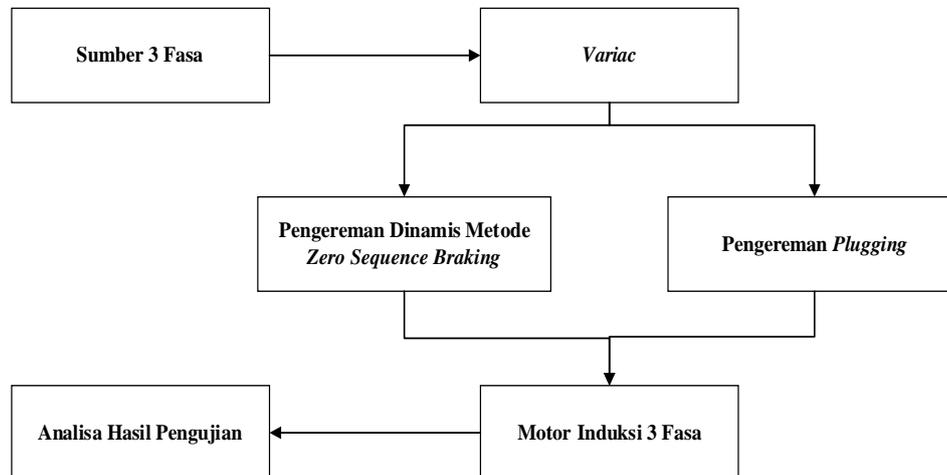
Pengujian dilakukan untuk mengetahui waktu berhenti motor induksi tiga fasa dimana pengujian dilakukan menggunakan pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, pengereman *plugging* dan tanpa menggunakan pengereman. Pengujian dilakukan menggunakan dua kondisi yaitu kondisi tanpa beban dan kondisi menggunakan beban berupa *flywheel* dengan berat 2,4 kg, 2,9 kg, 3,8 kg dan 4,4 kg. Pengujian dilakukan menggunakan variasi kecepatan motor induksi 3 fasa 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm.

4. Analisis Hasil Pengujian dan Pengukuran

Analisis hasil pengujian dan pengukuran dilakukan untuk membandingkan waktu berhenti motor induksi tiga fasa dengan pegereman dinamis metode *zero sequence braking*, pengereman *plugging* dan tanpa menggunakan pengereman baik pada kondisi tanpa menggunakan beban maupun kondisi berbeban *flywhell*.

2.2. Diagram Blok Penelitian

Diagram blok penelitian ini dibuat dengan objek penelitian motor induksi 3 fasa dengan daya 2,2 KW / 3 HP dengan tegangan kerja 220/380 Volt. *Variac* digunakan sebagai pengaturan kecepatan motor induksi dimana dalam pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm. Kemudian pengereman dilakukan dengan metode pengereman dinamis metode *zero sequence braking* dan pengereman *plugging*. Dari pengujian didapat waktu henti yang kemudian di analisa perbandingannya.



Gambar 2. Diagram Blok Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan waktu henti motor induksi 3 fasa dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, pengereman *plugging* dan tanpa menggunakan pengereman. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan yaitu:

1. Pengujian tanpa menggunakan beban
2. Pengujian menggunakan *flywheel* 1 dengan berat 2,4 kg
3. Pengujian menggunakan *flywheel* 2 dengan berat 2,9 kg
4. Pengujian menggunakan *flywheel* 3 dengan berat 3,8 kg
5. Pengujian menggunakan *flywheel* 4 dengan berat 4,7 kg

Dalam melakukan penelitian ini motor induksi 3 fasa yang digunakan memiliki spesifikasi seperti Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa

Type	Y100L1-4
Output	2.2 KW / 3 HP
Conn	Δ / Y
Tegangan	220 / 380 V
Arus	8.7 / 5.0 A
Putaran	1430 RPM
Frekuensi	50 Hz

3.1 Pengujian Tanpa Menggunakan Beban

Pengujian pertama yaitu pengujian tanpa menggunakan pengereman, pengereman *zero sequence braking* dan pengereman *plugging* pada kondisi tanpa menggunakan beban. Pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm dengan tegangan injek 31,2 VDC 5 A. Dari hasil pengujian pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa menggunakan pengereman adalah 3,15 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 0,70 detik dan metode *plugging* 0,59 detik. Pengujian tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Pengujian Pengereman Tanpa Menggunakan Beban

No	Metode Pengereman	Waktu Henti (Detik)		
		1300 RPM	1400 RPM	1500 RPM
1	Tanpa Pengereman	2,22	2,89	3,15
2	Zero Sequence Braking	0,62	0,64	0,70
3	Plugging	1,99	1,03	0,59

3.2 Pengujian Menggunakan Beban *Flywheel* 1 seberat 2,4 Kg

Pengujian kedua yaitu pengujian tanpa menggunakan pengereman, pengereman *zero sequence braking* dan pengereman *plugging* pada kondisi menggunakan beban *flywheel* 1 dengan berat 2,4 Kg. Pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm dengan tegangan injek 31,2 VDC 5 A. Dari hasil pengujian pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa menggunakan pengereman adalah 5,13 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 0,86 detik dan metode *plugging* 0,65 detik. Pengujian tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada Tabel 3., berikut.

Tabel 3 Pengujian Pengereman Menggunakan Beban *Flywheel* 2,4 Kg

No	Metode Pengereman	Waktu Henti (Detik)		
		1300 RPM	1400 RPM	1500 RPM
1	Tanpa Pengereman	4,47	4,85	5,13
2	Zero Sequence Braking	0,72	0,76	0,86
3	Plugging	1,56	2,56	0,65

3.3 Pengujian Menggunakan Beban *Flywheel* 2 seberat 2,9 Kg

Pengujian ketiga yaitu pengujian tanpa menggunakan pengereman, pengereman *zero sequence braking* dan pengereman *plugging* pada kondisi menggunakan beban *flywheel* 2 dengan berat 2,9 Kg. Pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm dengan tegangan injek 31,2 VDC 5 A. Dari hasil pengujian pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa menggunakan pengereman adalah 6,22 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 0,99 detik dan metode *plugging* 0,69 detik. Pengujian tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada Tabel 4. berikut.

Tabel 4 Pengujian Pengereman Menggunakan Beban *Flywheel* 2,9 Kg

No	Metode Pengereman	Waktu Henti (Detik)		
		1300 RPM	1400 RPM	1500 RPM
1	Tanpa Pengereman	5,77	5,69	6,22
2	Zero Sequence Braking	0,85	0,91	0,99
3	Plugging	2,49	2,43	0,69

3.4 Pengujian Menggunakan Beban *Flywheel* 3 seberat 3,8 Kg

Pengujian keempat yaitu pengujian tanpa menggunakan pengereman, pengereman *zero sequence braking* dan pengereman *plugging* pada kondisi menggunakan beban *flywheel* 3 dengan berat 3,8 Kg. Pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm dengan tegangan injek 31,2 VDC 5 A. Dari hasil pengujian pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa menggunakan pengereman adalah 6,67 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 1,05 detik dan metode *plugging* 0,71 detik. Pengujian tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada Tabel 5. berikut.

Tabel 5 Pengujian Pengereman Menggunakan Beban *Flywheel* 3,8 Kg

No	Metode Pengereman	Waktu Henti (Detik)		
		1300 RPM	1400 RPM	1500 RPM
1	Tanpa Pengereman	5,97	6,45	6,67
2	Zero Sequence Braking	0,92	1,01	1,05
3	Plugging	2,40	2,27	0,71

3.5 Pengujian Menggunakan Beban *Flywheel* 4 seberat 4,7 Kg

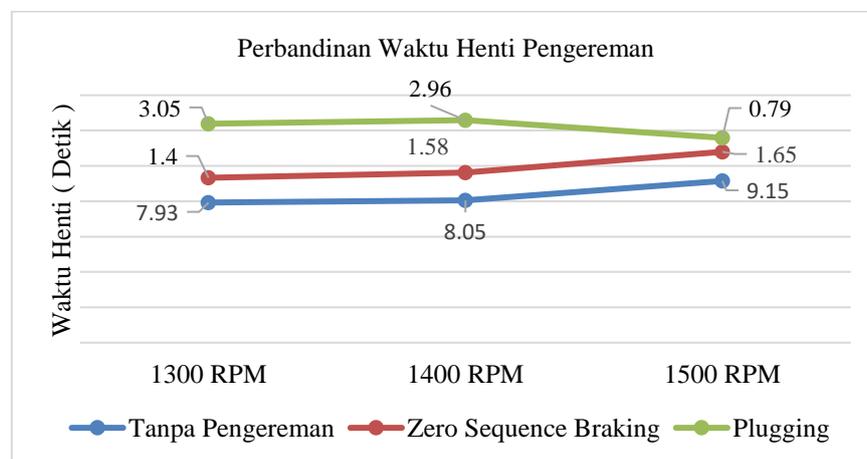
Pengujian kelima yaitu pengujian tanpa menggunakan pengereman, pengereman *zero sequence braking* dan pengereman *plugging* pada kondisi menggunakan beban *flywheel* 4 dengan berat 4,7 Kg. Pengujian dilakukan pada kecepatan 1300 rpm, 1400 rpm dan 1500 rpm dengan tegangan injek 31,2 VDC 5 A. Dari hasil pengujian pada kecepatan 1500 rpm diperoleh waktu henti motor tanpa menggunakan pengereman adalah 9,15 detik, dengan pengereman dinamis metode *zero sequence braking* 1,65 detik dan metode *plugging* 0,79 detik. Pengujian tanpa menggunakan beban dapat dilihat pada Tabel 6. berikut.:

Tabel 6 Pengujian Pengereman Menggunakan Beban *Flywheel* 4,7 Kg

No	Metode Pengereman	Waktu Henti (Detik)		
		1300 RPM	1400 RPM	1500 RPM
1	Tanpa Pengereman	7,93	8,05	9,15
2	Zero Sequence Braking	1,40	1,58	1,65
3	Plugging	3,05	2,96	0,79

3.6 Data Perbandingan Pengujian Pengereman

Berikut adalah perbandingan waktu henti pengujian pengereman menggunakan beban *flywheel* 4,7 kg tanpa metode pengereman, pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, dan pengereman *plugging*. Data pengujian tersaji pada Gambar 3.

Gambar 3. Perbandingan Waktu Henti Pengereman Menggunakan Beban *Flywheel* 4,7 Kg

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan analisa maka hasil yang didapat sebagai berikut :

- a. Pada pengereman dinamis metode *zero sequence braking* yang memiliki prinsip kerja dimana pengereman terjadi dengan memberikan tegangan injek DC pada belitan stator yang dapat menimbulkan daya perlambatan pada motor induksi 3 fasa. Waktu henti pada putaran 1500 rpm pengereman dinamis metode *zero sequence braking* adalah 0,70 detik dalam keadaan tanpa menggunkan beban dengan tegangan injek 31,2 VDC dan arus 5 Ampere.
- b. Pada pengereman *plugging* yang memiliki prinsip kerja membalikan arah putaran motor induksi dengan cara membalik salah satu sudut polaritas fasa yang dapat menimbulkan torsi penyeimbang yang menimbulkan daya perlambatan menghasilkan waktu henti tercepat dibandingkan tanpa metode pengereman dan pengereman dinamis metode *zero sequence braking*, dimana waktu henti tercepat pengereman *plugging* adalah 0,59 detik pada kecepatan putaran 1500 rpm dalam keadaan tanpa menggunakan beban dengan tegangan input motor 157,7 Volt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Berlianti, A. Multi, and B. A. P, "Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar Sebagai Generator Induksi Dengan Variasi Hubungan Kapasitor Untuk Eksitasi," *Sainstech J. Penelit. dan Pengkaj. Sains dan Teknol.*, vol. 26, no. 2, pp. 110–119, 2020, doi: 10.37277/stch.v26i2.508.
- [2] Isna Joko Prakoso, Agung Warsito, "Perancangan Pengasutan Bintang – Segitiga dan Pengereman Dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)" *Transmisi Vol.14, No.1, 2012*
- [3] M. H. Pradipta, T. Sukmadi, and M. Facta, "Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi Tiga Fasa," *J. TRANSIENT*, vol. VOL.3, no. NO. 4, p. 657, 2014.
- [4] Aditya Bakti Priahutama, Tedjo Sukmadi, "Perancangan Modul Soft Starting Motor Induksi 3 Fasa dengan Atmega 8535", *Transmisi, Vol 2, No.1, 2010*
- [5] Syaucie Candra Buana, Tejo Sukmadi, "Pengereman Dinamik Bertingkat Untuk Motor Induksi Tiga Fasa," *Transient*, Vol 5, No.3 2016
- [6] M. Rata and G. Rata, "Study solution of induction motor dynamic braking," *2016 13th Int. Conf. Dev. Appl. Syst. DAS 2016 - Conf. Proc.*, pp. 33–37, 2016, doi: 10.1109/DAAS.2016.7492544.
- [7] Muhammad Ali Faisal Fadhila, Cornelius Sarri, "Rancang Bangun Pengereman Motor *Direct Current* Pada Mobil Listrik," *Sinergi Vol 19, No.1, 2021*
- [8] M. A. B. P. Agung Warsito, Mochammad Facta, "Motor Induksi Fasa Tiga ," pp. 1–6.
- [9] Guntur Andy, "Rancang Bangun Pengereman Dinamik Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Pengaturan Arus DC Dan Output Rotor," 2016.
- [10] Sutarno, "Pengereman Dinamik Motor Induksi Dengan Injeksi Arus Searah (DC)" *Jurnal Teknik Elektro, Vol 2, No.1, 2019*
- [11] Mudi Yuhendi dan Aswardi, "Pengereman Dinamik Motor Induksi tiga Fasa Dengan PLC", *Jurnal TeknikA, Vol 1, No.32, 2019*
- [12] Muhamad Hami Pradipta, "Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi Tiga Fasa ", *Trasient, Vol.3 No.4, 2014.*
- [13] Subuh Isnur Haryudo, "Pengereman Dinamik Dengan Zero Speed Switch Sebagai Pengendali Motor Induksi Tiga Fasa ", *Jurnal Teknik Elektro, Vol 09. Nomor 03, 2020*
- [14] Ri Munarto, Bobby Rinaldi, "Analisis Pengereman dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan metode Injeksi Arus Searah dan Kapasitor Eksitasi Sendiri Fuzzy C-Means Clustering," *Setrum, Vol.7 No.1, 2018*
- [15] Achmad Imam Agung dan Widi Aribowo, "Studi Literatur Analisis Penerapan Mikrokontroler Pada Pengereman Dinamik Motor Induksi Tiga Fasa," *Jurnal Teknik Elektro. Volume 10 Nomor 01, 2021*

