

STUDI LITERATUR ANALISIS PENERAPAN MIKROKONTROLER PADA Pengereman DINAMIK MOTOR INDUKSI TIGA FASA

Ibnu Azhari

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia

Email : ibnuazhari16050874049@mhs.unesa.ac.id

Achmad Imam Agung, Widi Aribowo, Aditya Chandra Hermawan

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia

Email : achmadimamagung@unesa.ac.id, widiaribowo@unesa.ac.id, adityahermawan@unesa.ac.id

Abstrak

Motor induksi merupakan salah satu penggerak utama pada mesin – mesin di industri. Motor induksi dipilih sebagai penggerak utama karena memiliki banyak kelebihan daripada jenis penggerak utama yang lain. Teknologi kendali dari motor induksi juga berkembang pesat. Salah satu teknologi yang berkembang adalah teknologi tentang pengereman putaran motor induksi. Pengereman motor induksi digunakan untuk digunakan dalam berbagai hal seperti dalam konveyor dan sistem lift. Salah satu cara pengereman adalah menggunakan metode pengereman dinamik, dimana pengereman dilakukan dengan menyalurkan secara injeksi arus searah ke motor induksi sehingga menghasilkan medan magnet stasioner sehingga menghasilkan perlambatan putaran motor induksi. Dalam melakukan pengendalian pengereman motor induksi, dapat dilakukan dengan berbagai hal salah satunya yaitu dengan mikrokontroler yang berfungsi untuk mengatur arus dan tegangan searah yang masuk menuju kumparan motor induksi 3 fasa dengan otomatis. Berdasarkan uraian diatas, penulis melakukan penelitian dengan metode penelitian studi literatur yaitu dengan membahas beberapa jurnal dengan tema sama sehingga dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan mikrokontroler terhadap kinerja pengereman dinamik pada motor induksi tiga fasa. Setelah melakukan kajian terhadap beberapa hasil penelitian penulis dapat ditarik kesimpulan bahwa metode pengereman dinamik dengan menggunakan mikrokontroler memiliki pengaruh terhadap kecepatan perlambatan motor induksi tiga fasa lebih 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.

Kata Kunci : Motor Induksi, Pengereman Dinamik, Arus Searah, mikrokontroler

Abstract

Induction motors are one of the main drivers of machines in the industry. Induction motors are chosen as prime movers because they have many advantages over other types of prime movers. The control technology of induction motors is also developing rapidly. One of the developing technologies is the technology of induction motor rotation. Induction motor braking is used for various things such as in conveyors and elevator systems. One way of braking is to use the dynamic braking method, where braking is carried out by channeling direct current injection to the induction motor so as to produce a stationary magnetic field so as to produce an induction motor rotation slowing. In controlling the induction motor braking, it can be done with a variety of things, one of them is with a microcontroller whose function is to regulate the current and direct voltage that goes into the 3 phase induction motor coil automatically. Based on the description above, the authors conducted a research study method of literature study by discussing several journals with the same theme so that conclusions can be drawn from the results of the study. The purpose of this study was to determine the effect of using a microcontroller on the performance of dynamic braking on a three-phase induction motor. After conducting a study of some of the results of the study, the writer can conclude that the method of dynamic braking using a microcontroller has an effect on the slowing speed of a three-phase induction motor better than without using a microcontroller so that the motor can stop faster and more effectively. This can be seen in several journals, where the resulting time difference when compared between dynamic braking using a microcontroller and without a microcontroller where the use of a microcontroller results in a faster braking time value than without a microcontroller.

Keywords : Induction Motor, Dynamic Braking, Direct Current, microcontroller

PENDAHULUAN

Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi dengan jenis belitan tiga fasa adalah salah satu dari jenis motor yang sering difungsikan pada industri. Motor induksi tiga fasa sering dipakai pada sektor industri karena memiliki karakter yang mudah dalam pengoperasian serta tidak menghasilkan polusi suara jika dibandingkan dengan motor diesel atau motor bakar lainnya. Motor induksi berperan sebagai penggerak ataupun pengangkat beban jika digunakan pada industri. Berbagai jenis mesin dioperasikan pada industri umumnya memiliki penggerak utama yaitu motor induksi, baik jenis satu fasa maupun dengan jenis tiga fasa.

Motor induksi atau motor asinkron adalah salah satu dari jenis mesin listrik yang memiliki fungsi mengubah dari energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan prinsip dasar dari induksi elektromagnetik. Motor induksi bekerja dengan berdasar pada prinsip kerja dari induksi elektromagnetik. Saat sumber arus AC tiga fasa tersambung dengan belitan pada stator maka dampak yang ditimbulkan ialah munculnya medan putar pada stator karena disebabkan oleh adanya perbedaan antar tiap fasa sebesar 120° . Induksi elektromagnetik dari medan putar stator memotong fluks magnet yang ada pada batang konduktor yang terdapat pada rotor. Hal ini dikarenakan kumparan pada rotor merupakan jenis rangkaian yang tertutup atau *close loop*, maka akan menghasilkan arus serta tegangan induksi yang nantinya menyebabkan munculnya medan magnet pada bagian rotor. Interaksi kedua medan magnet tersebut akan menimbulkan medan magnet total. Karena terdapat panjang dari kumparan rotor, medan magnet total, dan arus yang ada pada kumparan rotor, maka gaya Lorentz pun dihasilkan. Gaya ini menimbulkan torsi, sehingga motor dapat menghasilkan putaran (Isna Joko Prakoso, 2012).

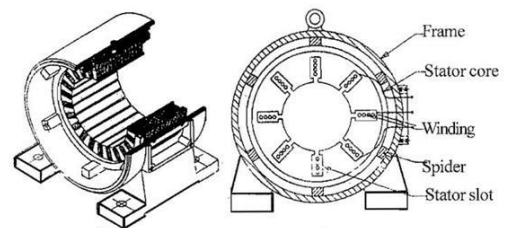
Motor induksi tiga fasa pada umumnya lebih dipilih guna menggerakkan mesin – mesin berat, sedangkan motor induksi satu fasa digunakan untuk beban kerja yang ringan. Motor induksi yang lumrah diaplikasikan ialah motor induksi tiga fasa. Motor induksi ini memiliki beberapa kelebihan, baik dari sisi ekonomis, maupun dari sisi teknis. Dari sisi teknis, motor induksi tiga fasa mempunyai kapasitas daya yang tinggi, memiliki konstruksi yang relatif sederhana, memiliki tingkat kokoh yang tinggi dan mudah dalam segi perawatan, sedangkan dari sisi ekonomis motor induksi tiga fasa pada umumnya memiliki rata - rata harga yang relatif lebih terjangkau sehingga motor induksi mulai menggantikan peran motor DC dalam dunia industri.

Salah satu jenis motor induksi dengan jenis tiga fasa dengan tipe sangkar tupai (*squirrel cage*). Penggunaan motor induksi dengan jenis tiga fasa pada dunia industri sangat penting, khususnya pada industri yang beroperasi

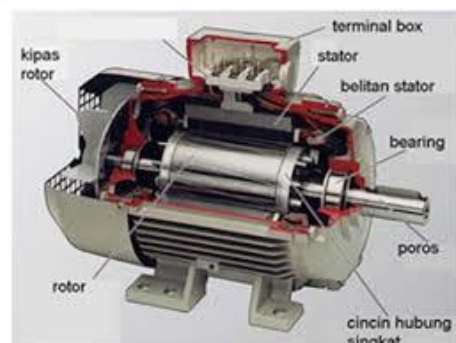
pada bidang pembangunan. Salah satunya penggunaannya adalah pada alat konveyor untuk mengangkut material. Konveyor tersebut memakai penggerak utama berupa motor tiga fasa.

Motor induksi tiga fasa disebutkan memiliki konstruksi yang sederhana karena hanya mempunyai dua komponen utama, yaitu komponen stator yang merupakan komponen dari motor yang tidak dapat berputar serta komponen rotor yang merupakan komponen dari motor yang dapat berputar. Motor induksi memiliki celah untuk aliran udara pula yang memiliki fungsi untuk tempat untuk fluks magnet melakukan perpindahan dari kumparan yang ada pada stator menuju kumparan pada rotor. Konstruksi dari motor induksi tiga fasa jika diperjelas memiliki komponen penunjang lain, komponen lengkap dari motor tiga fasa dapat diperhatikan pada gambar 1 yang menjelaskan tentang komponen dari motor induksi tiga fasa.

Seperti telah dijelaskan diatas, komponen utama dari motor induksi baik tiga fasa maupun satu fasa adalah stator dan rotor. Komponen stator adalah komponen dari motor induksi yang diam serta sekaligus tempat medan putar dibangkitkan ketika sumber tiga fasa disambungkan pada kumparan pada stator. Stator dibagi atas tiga bagian penting, yakni rangka dari stator, inti dari stator (*core*), serta alur sebagai tempat untuk meletakkan kumparan pada stator (Fajar Suranto, 2019). Dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2 dibawah ini.



Gambar 1. Konstruksi Pada Motor Induksi
(Sumber : Fajar Suranto,2019)



Gambar 2. Konstruksi Komponen Stator Motor
Induksi Tiga Fasa
(Sumber : Fajar Suranto,2019)

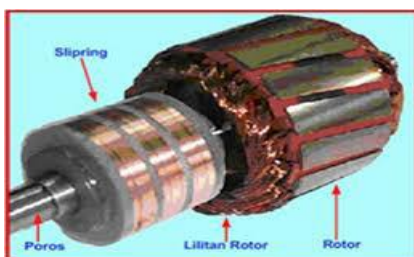
Rotor adalah komponen pada motor induksi yang bergerak. Rotor dibagi menjadi dua bagian penting, yakni alur sebagai tempat meletakkan kumparan, kemudian inti besi yang memiliki bentuk tabung yang tersusun dari banyak lapisan. Jika digolongkan menurut jenisnya, rotor yang digunakan pada motor induksi tiga fasa dapat digolongkan pada dua jenis, yaitu rotor dengan tipe sangkar tupai (*squirrel cage rotor*) serta rotor dengan tipe kumparan (*wound rotor*) (Andreas Prabowo, 2013).

Rotor yang berjenis *squirrel cage rotor* atau sangkar tupai merupakan rotor yang mempunyai jenis konstruksi yang kokoh serta sederhana. Rotor jenis ini terbentuk dari inti besi yang memiliki bentuk tabung dan tersusun dari banyak lapisan. Dilengkapi oleh sebuah slot paralel sebagai tempat untuk masuknya batang konduktor. Jenis rotor yang terdiri atas banyak batang konduktor, tersusun rapi pada alur pada sekitar permukaan pada rotor. Setiap dari ujung pada tiap konduktor dihubungkan singkat dengan cara dilas ataupun dibaut pada slot dua cincin hubung singkat. Berdasar pada penjejelasan dari konstruksi tersebut maka rotor yang memiliki konstruksi seperti itu disebut dengan rotor sangkar tupai.

Jenis rotor yang lain adalah rotor dengan tipe belitan (*wound rotor*). Belitan tiga fasa yang dirangkai pada rotor ini pada umumnya dihubungkan *wye* (Y) dengan setiap dari ujung ketiga kawat belitan fasa pada rotor disambungkan pada slip ring pada poros dari rotor. Belitan fasa terhubung singkat dengan tahanan di luar dengan melalui sikat (*brush*) yang menempel di *slip ring*. Kontruksi dari rotor sangkar tupai dapat dilihat pada gambar 3 sedangkan untuk rotor jenis rotor belitan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai
(Sumber : Andreas Prabowo, 2013)



Gambar 4. Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Belitan
(Sumber : Isna Joko Prakoso, 2012)

Pada motor induksi, selain memiliki kelebihan, terdapat beberapa kekurangan pula, diantaranya seringkali menimbulkan jatuh tegangan (*flicker*), kemudian motor induksi juga memiliki arus pengasutan awal (*starting*) yang tinggi (5–7 kali dari arus nominal). Hal ini akan menyebabkan jatuh tegangan yang tinggi pada kiriman tegangan dari PLN. Untuk motor yang memiliki kapasitas daya kecil, arus *starting* tidak terlalu memiliki pengaruh terhadap jatuh tegangan, sebaliknya motor dengan kapasitas daya yang lebih besar akan menyebabkan jatuh tegangan yang besar sehingga akan menurunkan kualitas listrik yang kemudian akan berpengaruh pada penerangan yang berkedip serta hentakan motor yang mengakibatkan motor memiliki usia yang relatif pendek. Selain itu, pada motor yang menggunakan daya besar, untuk dapat mencapai kondisi berhenti setelah berputar, motor akan memakan waktu yang relatif lebih lama untuk dan hal ini menimbulkan terjadinya pelambatan proses produksi pada industri (Isna Joko Prakoso, 2012).

Pengereman Pada Motor Induksi

Pada motor induksi sering juga diperlukan proses penghentian putaran motor dengan waktu cepat, misalkan pada motor penggerak yang berada pada konveyor serta *lift*. Proses pengereman juga sangat dibutuhkan juga pada saat keadaan darurat guna meminimalisir resiko dari kecelakaan kerja.

Motor induksi akan melakukan penghentian putaran pada saat hubungan antara suplai yang didapat dari sumber ac tiga fasa dengan motor tidak terhubung lagi. Waktu yang diperlukan oleh motor tersebut untuk berhenti tergantung pada beban serta friksi pada motor, dan untuk mengendalikan proses penghentian putaran motor ini maka digunakan sebuah metode sistem pengereman.

Proses pengereman dilakukan dengan sistem elektrik, torsi dari proses pengereman dapat dihasilkan dengan berdasar dari nilai dari arus injeksi yang disalurkan pada kumparan yang berada pada stator. Pengereman dengan metode elektrik dilakukan dengan mengalirkan medan magnet yang stasioner menuju komponen stator sampai putaran pada rotor akan berkurang dengan seiring waktu, pengereman dengan metode elektrik ini menghasilkan pengereman yang lebih halus sehingga tidak menimbulkan hentakan.

Melakukan penghentian motor dapat dilakukan dengan cara menghapuskan tegangan sumber sehingga dapat diperoleh nilai kecepatan putaran sebesar nol. Terdapat banyak metode untuk melakukan pengereman, antara lain :

1. Metode pengereman dengan cara mekanik merupakan pengereman pada saat energi kinetik dari komponen yang berputar dilepas menuju komponen

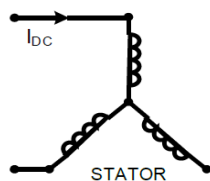
yang bergesekan menjadi panas dengan memakai sepatu rem yang terdapat dalam motor.

2. Metode pengereman dengan metode *plugging* adalah metode yang memiliki prinsip kerja dengan membalikkan arah dari rotasi pada motor, sehingga motor menimbulkan daya torsi penyeimbang lalu selanjutnya menghasilkan daya yang memperlambat putaran pada motor.
3. Metode pengereman dinamik adalah metode pengereman dengan cara menyalurkan arus searah secara injeksi menuju ke kumparan bagian stator pada motor, sehingga menghasilkan medan stasioner guna mengurangi nilai tegangan pada rotor.
4. Metode pengereman dengan cara regeneratif adalah metode pengereman yang di mana motor induksi digerakkan oleh beban diatas kecepatan sinkron (Muhaimin,dkk, 2018).

Pengereman Dinamik

Sistem pengereman dengan metode pengereman dinamik merupakan metode pengereman pada motor induksi dengan metode melakukan injeksi arus searah (DC) pada komponen stator. Arus searah menimbulkan medan yang stasioner, sehingga pada komponen rotor akan terinduksi gaya gerak listrik, menyebabkan teralirnya arus induksi. Nilai dari gaya gerak listrik dan arus induksi akan berbanding lurus atau sama dengan nilai putaran. Komponen rotor sedang dalam keadaan yang hubung singkat maka akan menghasilkan medan magnet yang berputar sama dengan nilai kecepatan dari rotor tetapi dengan arah yang berlawanan. Gaya gerak magnet pada komponen rotor menyebabkan adanya torsi yang arahnya bertolak belakang dengan arah torsi pada motor sehinggaterdapat terjadi perlambatan atau bisa dikatakan terjadi pengereman.

Nilai torsi pada pengereman yang tinggi dapat dilakukan dengan cara belitan yang berada pada motor dialiri arus eksitasi secara penuh. Nilai torsi dari pengereman yang ditimbulkan bergantung pada besarnya nilai arus injeksi arus searah pada belitan kumparan stator, karena torsi pengereman berbanding lurus dengan arus injeksi. Semakin tinggi dari nilai injeksi arus searah pada kumparan stator maka semakin cepat nilai torsi pada proses pengereman yang terjadi (Agung Warsito, 2006).



Gambar 5. Kopel Pengereman Dinamik (Sumber : Agung Warsito,2006)

Pengereman dilakukan dengan cara memakai rangkaian seperti pada gambar 5 diatas yaitu terminal U, V dan W pada titik terminal, hanya akan dihubung dengan arus injeksi pada dua titik terminal, misalnya terminal U dan V dan terminal W tidak terhubung. Injeksi arus searah ditentukan oleh kebutuhan dengan batasan tidak melampaui nilai dari arus nominal motor tersebut (PUIL 2011/510.5.7.1).

Dalam melakukan injeksi arus searah, terdapat beberapa konfigurasi yang diperhatikan sehingga pengereman bisa berjalan dengan baik. Untuk konfigurasi dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Konfigurasi Rangkaian Stator

Konfigurasi rangkaian pada stator	Rumus
1	$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{ac}$
2	$I_{dc} = \sqrt{2} I_{ac}$
3	$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2} I_{ac}}$
4	$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3} I_{ac}}$
5	$I_{dc} = \frac{3 I_{ac}}{2\sqrt{2}}$
6	$I_{dc} = \frac{2 I_{ac}}{3\sqrt{3}}$

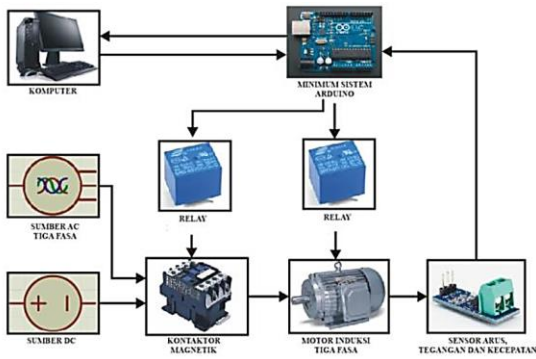
(Sumber : Agung Warsito, 2006)

Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan komputer mikro yang menjadi satu dalam chip tunggal. Mikrokontroler adalah perpaduan dari CPU, ROM, RWM, I/O paralel, I/O seri, *counter time*, dan rangkaian *clock* yang disatukan dalam satu chip. Mikrokontroler pada umumnya difungsikan untuk melakukan pengendalian dari suatu sistem seperti pada kerja suatu mesin dan peralatan elektronik. Salah satu dari jenis mikrokontroler yang paling umum digunakan adalah jenis AVR (*Alv and Vegard's Risc*) 8 bit (Agung Sugiharto, 2011).

Pada proses pengereman dinamik, mikrokontrol digunakan untuk mengatur arus searah yang kakan disalurkan menuju motor untuk melakukan pengereman. Pengaturan nilai besaran arus ini penting agar pengereman berjalan secara efektif dan tidak merusak komponen dari motor sehingga menimbulkan kerugian.

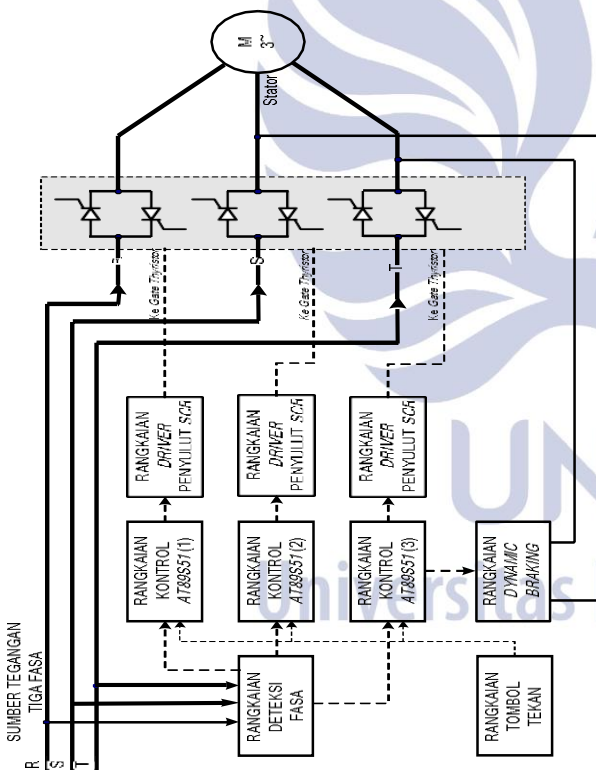
Untuk bagan dari pengereman dinamik dengan menggunakan mikrokontroler secara umum dapat dilihat pada gambar 6 di bawah ini



Gambar 6. Blok diagram perancangan pengereman dinamik dengan mikrokontroler (Sumber : Agung Sugiharto,2011)

Dapat dilihat pada blok diagram diatas, mikrokontroler berfungsi sebagai kendali untuk relay yang akan mengendalikan kontaktor yang terhubung pada motor sehingga pengereman bisa dilakukan dengan mengendalikan alira arus yang menuju ke motor dengan menggunakan mikrokontroler.

Secara rangkaian dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Gambar rangkaian perancangan pengereman dinamik dengan mikrokontroler (Sumber : Agung Sughiarto,2011)

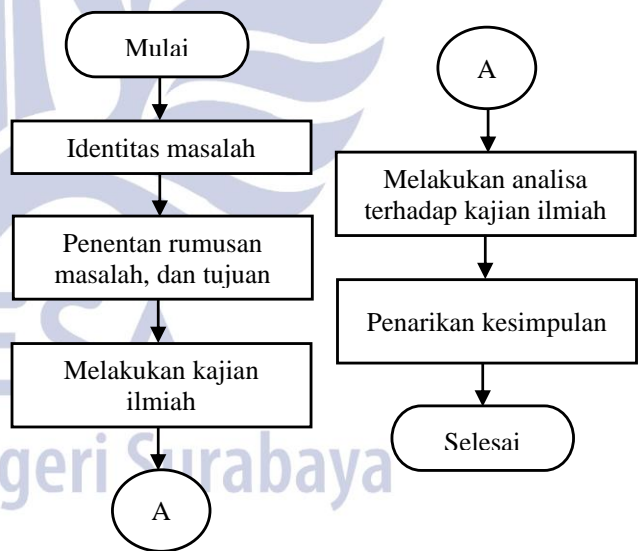
Diperlihatkan bahwa mikrokontroler digunakan untuk mengendalikan rangkaian pengereman yang kemudian melakukan tugasnya ketika ada sinyal yang masuk dari mikrokontroler menuju ke rangkaian pengereman.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan pendekatan secara kuantitatif. Pendekatan kuantitatif sendiri merupakan metode penelitian yang menggunakan instrumen atau alat ukur yang menyajikan data dalam bentuk angka. Dari data tersebut dianalisa dengan teknik statistik untuk menentukan hubungan tiap data. Tujuan penulisan artikel berikut ialah untuk mengetahui tentang pengaruh dari penggunaan mikrokontroler terhadap pengereman dinamik pada motor induksi tiga fasa .

Mengerjakan artikel ilmiah ini, penulis melakukan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan tema penulisan artikel. Dari beberapa penelitian tersebut nantinya akan ditemukan suatu rumusan masalah yang hasilnya dapat dicari menggunakan data yang relevan. Kemudian penulis perlu untuk mencari, serta menetapkan informasi yang dibutuhkan untuk menjawab rumusan masalah dalam artikel *literature review* ini dengan mempelajari buku-buku manual serta jurnal-jurnal penelitian serupa yang membahas tentang pengaruh dari penggunaan mikrokontroler terhadap pengereman dinamik pada motor induksi tiga fasa.

Dalam memudahkan memahami metode penelitian diatas, dapat dilihat pada gambar 8 flowchart di bawah ini.



Gambar 8. Flowchart penelitian (Sumber : Pribadi)

HASIL DAN PEMBAHASAN Penelitian Aris Widyamoko

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aris Widyamoko dan kawan – kawan dari Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat yang menggunakan mikrokontroler jenis arduino uno sebagai kendali utama dan dengan beberapa macam konfigurasi

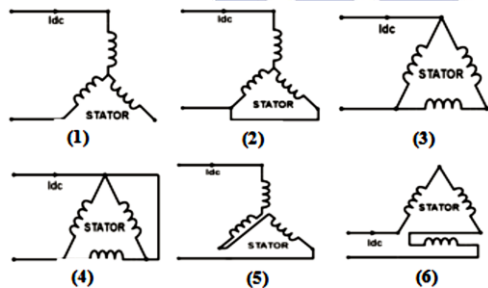
dari rangkaian stator saat melakukan injeksi sesuai dengan rumus pada tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2. Konfigurasi Rangkaian Stator

Konfigurasi rangkaian stator	Rumus
Konfigurasi 1	$I_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2}} I_{ac}$
Konfigurasi 2	$I_{dc} = \sqrt{2} I_{ac}$
Konfigurasi 3	$I_{dc} = \frac{3}{\sqrt{2} I_{ac}}$
Konfigurasi 4	$I_{dc} = \frac{2}{\sqrt{3} I_{ac}}$
Konfigurasi 5	$I_{dc} = \frac{3 I_{ac}}{2\sqrt{2}}$
Konfigurasi 6	$I_{dc} = \frac{2 I_{ac}}{3\sqrt{3}}$

(Sumber : Agung Warsito, 2006)

Rumus diatas merupakan konfigurasi yang digunakan dalam rangkaian stator. Dari rumus diatas, jika digambarkan dengan rangkaian konfigurasi stator maka dapat dilihat pada gambar 9 dibawah ini :



Gambar 9. Konfigurasi rangkaian stator

(Sumber : Agung Warsito, 2006)

Dari konfigurasi diatas jika konfigurasi pada rangkaian stator yang digunakan adalah rangkaian bintang dan segitiga, maka didapatkan hasil seperti yang tertera pada tabel 3 dan tabel 4 dibawah ini :

Tabel 3. Pengereman dengan konfigurasi bintang

Konfigurasi Pengereman	Kondisi Pembebanan	Arus DC (A)	Waktu (s)
Tanpa pengereman	Tanpa Beban	-	1
Konfigurasi 1	Tanpa Beban	0,822	0,50
	Dengan Beban	0,844	0,21
Konfigurasi 2	Tanpa Beban	0,636	0,40
	Dengan Beban	0,675	0,2
Konfigurasi 3	Tanpa Beban	4,714	0,35
	Dengan Beban	4,466	0,2
Konfigurasi 4	Tanpa Beban	2,566	0,7
	Dengan Beban	2,431	0,3
Konfigurasi 5	Tanpa Beban	0,477	0,6
	Dengan Beban	0,504	0,22
Konfigurasi 6	Tanpa Beban	0,477	0,6
	Dengan Beban	0,504	0,22

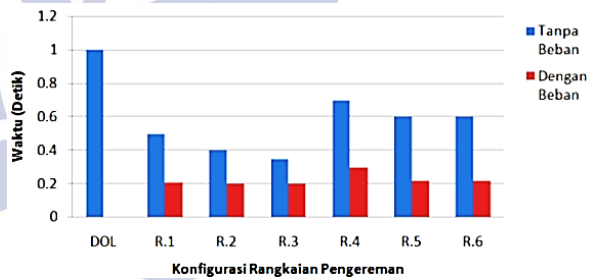
(sumber : Penelitian Aris Widyamoko, dkk, 2017)

Tabel 4. Pengereman dengan konfigurasi segitiga

Konfigurasi Pengereman	Kondisi Pembebanan	Arus DC (A)	Waktu (s)
Tanpa pengereman	Tanpa Beban	-	1
Konfigurasi 1	Tanpa Beban	1,082	0,85
	Dengan Beban	1,116	0,22
Konfigurasi 2	Tanpa Beban	1,103	0,4
	Dengan Beban	1,174	0,2
Konfigurasi 3	Tanpa Beban	2,72	0,9
	Dengan Beban	2,556	0,25
Konfigurasi 4	Tanpa Beban	1,48	0,7
	Dengan Beban	1,391	0,18
Konfigurasi 5	Tanpa Beban	0,827	0,6
	Dengan Beban	0,88	0,17
Konfigurasi 6	Tanpa Beban	0,827	0,6
	Dengan Beban	0,88	0,17

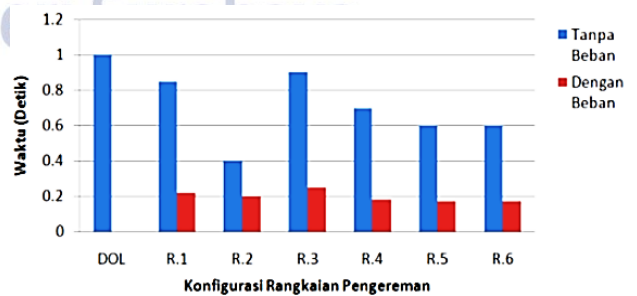
(sumber : Penelitian Aris Widyamoko, dkk, 2017)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Aris Widyamoko dan kawan-kawan yang melakukan penelitian pengereman dengan menggunakan pengendalian mikrokontrol dengan menggunakan berbagai jenis konfigurasi dari rangkaian stator yang dapat dilihat pada gambar 9 dan tabel 1 jika dipresentasikan menjadi grafik maka dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 dibawah ini.



Gambar 10. Grafik perbandingan kecepatan pemberhentian motor tiap konfigurasi untuk stator terhubung bintang

(Sumber : Agung Warsito, 2006)



Gambar 11. Grafik perbandingan kecepatan pemberhentian motor tiap konfigurasi untuk stator terhubung segitiga

(Sumber : Agung Warsito, 2006)

Dari gambar 10 dan gambar 11 dapat dilihat bahwa pada saat tanpa pengereman, lama waktu yang dibutuhkan untuk berhenti motor baik untuk konfigurasi dengan belitan stator yang menggunakan hubungan bintang dan segitiga membutuhkan waktu selama 1 detik.

Pada konfigurasi belitan stator yang menggunakan hubungan bintang untuk melakukan pengereman dinamik, lama waktu yang dibutuhkan untuk pengereman paling cepat terdapat pada konfigurasi 3 yang membutuhkan waktu selama 0,35 detik. Dalam waktu paling lama terdapat pada konfigurasi 4 yang membutuhkan waktu 0,7 detik. Pada pengereman dinamik dengan tambahan beban, lama waktu pengereman paling cepat dihasilkan pada konfigurasi 2 dan 3 yang hanya membutuhkan waktu selama 0,2 detik. Waktu yang diperlukan paling lama dihasilkan pada konfigurasi 4 yang membutuhkan waktu 0,3 detik. Dapat disimpulkan bahwa pengereman paling cepat dapat dilihat pada konfigurasi 3 baik itu untuk tanpa beban dan dengan beban.

Pada konfigurasi belitan stator yang dihubungkan dengan konfigurasi segitiga untuk pengereman dinamik, lama waktu pengereman paling cepat terdapat pada konfigurasi 2 yang membutuhkan waktu selama 0,4 detik. Sedangkan waktu paling lama dihasilkan pada konfigurasi 3 yang membutuhkan waktu 0,9 detik.

Pada pengereman dinamik dengan tambahan beban, lama waktu pengereman tercepat terdapat pada konfigurasi 5 dan 6 yang membutuhkan waktu selama 0,17 detik. Penggunaan waktu paling lama dihasilkan pada konfigurasi 3 yang membutuhkan waktu 0,25 detik. Dapat ditarik kesimpulan bahwa pengereman paling cepat konfigurasi 2 untuk penggunaan tanpa beban. Pada penggunaan dengan beban, konfigurasi paling cepat terdapat pada konfigurasi 5 dan 6.

Penggunaan mikrokontroler Arduino Uno digunakan untuk menjadi pengendali utama dalam melakukan injeksi arus searah menuju motor dimana Arduino Uno bertugas untuk memutuskan arus bolak – balik yang telah mengalir sebelumnya lalu menggantinya dengan injeksi arus searah sesuai dengan konfigurasi yang diterapkan. Dalam proses ini, semua dilakukan secara otomatis sehingga menambah efisiensi dari sistem pengereman.

Hasil pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa pada saat tanpa pembebanan pengereman yang paling cepat terdapat pada saat stator terhubung bintang konfigurasi 3. Berikutnya pada saat diberi beban, pengereman paling cepat terdapat pada stator terhubung segitiga konfigurasi 5 dan 6. Fungsi penggunaan dari mikrokontroler juga membuat proses pengereman menjadi lebih efektif dan efisien dengan presentase rata – rata 50% sampai dengan 60% dari waktu normal jika tidak menggunakan pengereman dinamik.

Penelitian Andreas Prabowo

Pada penelitian yang dilakukan oleh Andreas Prabowo dan kawan – kawan dari Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor yang menggunakan ATMEGA 16 untuk mengatur besaran arus yang dialirkan menuju ke motor induksi yaitu 12 V, 25V, 32V, dan 45V maka didapatkan hasil seperti yang ditampilkan pada tabel 5 dibawah ini :

Tabel 5. Hasil Penelitian Andreas Prabowo dkk

Tegangan Pengereman DC (V)	Waktu Berhenti (s)
12	40
25	16
32	4
45	1,2

(sumber : Artikel Andreas Prabowo,dkk 2013)

Dapat dilihat pada tabel diatas apabila semakin tinggi tegangan arus searah yang dialirkan menuju ke kumparan motor maka waktu yang dibutuhkan motor untuk berhenti akan semakin seikit dengan kata lain motor dapat berhenti lebih cepat dan lebih efisien. Hal ini dapat dilihat pada tabel dimana dengan menyalurkan tegangan arus searah sebesar 45 V akan menghasilkan waktu berhenti sebesar 1,2 detik. Waktu tersebut jauh lebih cepat daripada jika menyalurkan tegangan arus searah dengan besaran yang lebih kecil, misalnya jika menyalurkan 32 V maka waktu motor berhenti akan menjadi 4 detik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Andreas Prabowo dan kawan – kawan hasil tabel 5 diatas pada tegangan 12 volt waktu yang diperoleh untuk melakukan pengereman motor sampai berhenti didapat hasil waktu selama 40 detik. Tegangan 25 volt mendapat hasil 16 detik, 32 volt memperoleh waktu 4 detik, dan 45 volt sebesar 1,2 detik dengan arus 10 ampere setiap pilihan tegangannya sesuai dengan *name plate* pada transformator, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar tegangan serta arus yang dialirkan dengan cara injeksi untuk pengereman, semakin cepat pula waktu berhenti pada rotor motor induksi tiga fasa.

Berdasarkan beberapa hasil peneltian yang telah dilakukan maka dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai arus dan tegangan yang dialirkan menuju kumparan motor induksi ketika aliran arus bolak – balik telah diputus menghasilkan nilai waktu berhenti motor yang lebih cepat. Dengan tambahan dari kendali mikrokontroler yang digunakan untuk mengendalikan arus yang masuk menuju ke kumparan motor maka proses pengereman akan berjalan lebih cepat dan efektif daripada menggunakan pengendalian secara konvensional.

Penelitian Moch Faishol Yusron

Pada penelitian yang dilakukan oleh Moch. Faishol Yusron dari Universitas Negeri Surabaya yang melakukan pengereman dinamik tanpa menggunakan mikrokontroler didapatkan hasil sebagai berikut yang tertera pada Tabel 6 di bawah ini

Pada penelitian yang dilakukan oleh Moch Faishol jika diperhatikan hasil penelitiannya pada tabel 6 menunjukkan bahwa semakin kecil beban yang digunakan pada motor, maka waktu yang dibutuhkan juga akan semakin cepat, sedangkan nilai rpm yang tercatat semakin tinggi ketika beban yang digunakan semakin sedikit. Hal ini dapat dilihat pada tabel dimana ketika beban lempeng besi berjumlah 5 dengan rpm 1490 dapat berhenti menggunakan pengereman dengan waktu 3,55 detik, sedangkan jika beban lempeng besi dikurangi menjadi 1 maka rpm yang tercatat adalah 1491 dengan waktu berhenti dengan pengereman 1,1 detik. Selain itu terdapat pula selisih waktu antara tanpa pengereman dan dengan pengereman, hal ini menunjukkan bahwa pengereman berjalan dengan baik dan efektif. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel dimana pada motor tanpa beban jika tanpa pengereman membutuhkan waktu selama 30,8 detik sedangkan jika menggunakan pengereman hanya membutuhkan waktu 0,55 detik dengan putaran motor yang sama dan arus AC yang sama.

Tabel 6. Hasil Penelitian Moch Faishol Yusron

No	Beban Besi	Rpm	Tanpa pengereman		Dengan Pengereman		
			I ac (A)	T (s)	I ac (A)	I dc (A)	T (s)
1	Tanpa	1498	0,2	30,8	0,2	8,8	0,55
2	1	1491	0,2	26	0,2	8,8	1,1
3	3	1490	0,3	74	0,3	8,4	2,55
4	5	1490	0,3	120,1	0,3	8,4	3,55
5	7	1489	0,3	174	0,3	8	4,5
6	Penuh	1487	0,3	221	0,3	8	6,3

(sumber : Artikel Moch Faishol Yusron,dkk, 2018)

Dapat dilihat pada *nameplate* motor yang digunakan, motor memiliki nilai arus nominal sebesar 9,2A jika dibandingkan dengan arus searah yang diinjeksikan kepada motor maka dapat diartikan bahwa arus yang diinjeksikan ke motor hampir memenuhi arus nominal tapi tidak sampai melampaui batas arus nominal, hanya sekitar di kisaran 95% dari arus nominal. Hal ini penting untuk diperhitungkan agar tidak terjadi kerusakan yang merugikan akibat arus yang diinjeksikan menuju motor melebihi dari arus nominal motor sehingga menyebabkan motor bisa mengalami kerusakan.

Penelitian Muhaimin dan Zamzani

Pada penelitian oleh Muhaimin dan Zamzani dari Politeknik Negeri Lhoksumawe yang melakukan pengereman dinamik menggunakan Programmable Logic Controller sebagai pengendali utama untuk pengasutan bintang dan segitiga serta menggunakan generator sebagai beban serta dengan arus eksitasi pada motor yaitu 1A, 1,5A, serta 2,2A mendapatkan hasil sebagaimana yang tertera pada tabel 7 sampai 9 di bawah ini

Pada penelitian yang dilakukan oleh Muhaimin dan Zamzani menunjukkan bahwa dengan besaran arus eksitasi yang berbeda, maka akan menghasilkan waktu berhenti yang berbeda pula, selain itu juga semakin tinggi beban generator, maka waktu yang dibutuhkan untuk berhenti juga akan semakin cepat. Kemudian jika dilihat dari besar arus eksitasi yang dialirkan, jika arus eksitasi yang dialirkan semakin tinggi maka proses pengereman akan berjalan semakin cepat sehingga proses pengereman berjalan lebih efektif

Dari melakukan pembahasan terhadap hasil penelitian dari beberapa jurnal diatas maka penulis menemukan bahwa proses pengereman jika menggunakan mikrokontroler maka akan mendapatkan nilai lebih baik daripada menggunakan metode konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa mikrokontroler memiliki pengaruh terhadap pengereman dinamik dengan cara melakukan kendali arus searah yang akan dialirkan menuju motor sehingga membuat motor berhenti lebihcepat karena mendapatkan besaran arus searah yang tepat.

Tabel 7. Data dengan arus eksitasi 1 A

No	Beban Generator (Watt)	Waktu Berhenti	
		Tanpa Pengereman	Dengan Pengereman
1	0	6,57	5,87
2	100	6,21	4,88
3	200	5,89	4,57
4	300	5,46	3,95
5	400	5,32	3,81

(sumber : Artikel Muhaimin,dkk 2018)

Tabel 8. Data dengan arus eksitasi 1,5A

No	Beban Generator (Watt)	Waktu Berhenti	
		Tanpa Pengereman	Dengan Pengereman
1	0	6,57	5,66
2	100	6,21	4,58
3	200	5,89	4,25
4	300	5,46	3,85
5	400	5,32	3,7
6	500	5,07	3,1
7	600	4,80	2,90

(sumber : Artikel Muhaimin,dkk, 2018)

Tabel 9. Data dengan arus eksitasi 2,2A

No	Beban Generator (Watt)	Waktu Berhenti	
		Tanpa Pengereman	Dengan Pengereman
1	0	6,57	5,57
2	100	6,21	4,38
3	200	5,89	3,87
4	300	5,46	3,45
5	400	5,32	3,21
6	500	5,07	2,95
7	600	4,80	2,45

(sumber : Artikel Muhaimin,dkk, 2018)

Dapat dilihat dari besaran arus nominal dari motor yang digunakan dalam pengujian yakni sebesar 4,7A, maka arus eksitasi yang berupa arus searah yang diinjeksikan ke motor tidak melebihi dari arus nominal motor, dan hanya berkisar paling besar hanya 47% dari besaran arus nominal. Hal ini penting untuk diperhitungkan agar tidak terjadi kerusakan yang merugikan akibat arus yang diinjeksikan menuju motor melebihi dari arus nominal motor sehingga menyebabkan motor bisa mengalami kerusakan.

Dapat ditarik kesimpulan dari pembahasan terhadap hasil penelitian beberapa jurnal diatas maka penulis dapat menjelaska yaitu :

1. Penelitian Aris Widyamoko : bahwa pada saat tanpa pembebanan pengereman yang paling cepat terdapat pada saat stator terhubung bintang konfigurasi 3. Berikutnya pada saat diberi beban, pengereman paling cepat terdapat pada stator terhubung segitiga konfigurasi 5 dan 6. Fungsi penggunaan dari mikrokontroler juga membuat proses pengereman menjadi lebih efektif dan efisien dengan presentase rata – rata 50% sampai dengan 60% dari waktu normal.
2. Penelitian Andreas Prabowo : semakin tinggi nilai arus dan tegangan yang dialirkan menuju kumparan motor induksi ketika aliran arus bolak – balik telah diputus menghasilkan nilai waktu berhenti motor yang lebih cepat. Dengan tambahan dari kendali mikrokontroler yang digunakan untuk mengendalikan arus yang masuk menuju ke kumparan motor maka proses pengereman akan berjalan lebih cepat dan efektif daripada menggunakan pengendalian secara konvensional.
3. Penelitian Moch Faishol Yusron : arus nominal 9.2A yang diinjeksikan ke motor hampir memnuhi arus nominal tapi tidak sampai melampaui batas arus nominal, hanya sekitar di kisaran 95% dari arus nominal. Hal ini penting untuk diperhitungkan agar tidak terjadi kerusakan yang merugikan akibat arus yang diinjeksikan menuju motor melebihi dari

arus nominal motor sehingga menyebabkan motor bisa mengalami kerusakan.

4. Penelitian Muhaimin dan Zamzani : bahwa proses pengereman jika menggunakan mikrokontroler maka akan mendapatkan nilai lebih baik daripada menggunakan metode konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa mikrokontroler memiliki pengaruh terhadap pengereman dinamik dengan cara melakukan kendali arus searah yang akan dialirkan menuju motor sehingga membuat motor berhenti lebihcepat karena mendapatkan besaran arus searah yang tepat.

PENUTUP

Simpulan

Setelah melakukan kajian terhadap jurnal yang telah meneliti tentang pengereman dinamik terhadap motor induksi tiga fasa, maka penulis dapat menarik kesimpulan bahwa pengereman dinamik yang dilakukan memberikan dampak kepada waktu berhenti motor induksi.

Ketika pengereman dinamik dilakukan, maka akan mempercepat waktu berhenti dari motor induksi dengan presentase rata – rata 50% sampai dengan 60% dari waktu normal jika tidak menggunakan pengereman dinamik. Kemudian pengereman dinamik dipengaruhi oleh besar arus injeksi yang disalurkan ke motor induksi, dimana semakin besar arus injeksi, semakin efektif pengereman dinamik bekerja.

Besar arus searah yang diinduksikan tidak boleh melebihi dari arus nominal motor. Pada beberapa hasil penelitian, arus searah yang diinjeksikan hanya berkisar antara 45% sampai dengan 96% dari arus nominal motor.

Besar arus injeksi yang akan dialirkan menuju motor induksi dapat dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler sehingga proses pengereman akan menjadi lebih efektif dan berjalan lebih cepat sehingga motor tidak akan mengalami kerusakan dan dapat digunakan secara normal serta pengendalian mikrokontroler menghasilkan waktu berhenti yang lebih cepat daripada tanpa menggunakan mikrokontroler.

Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis tentang pengereman dinamik menggunakan injeksi arus searah ke motor induksi adalah dengan mengatur nilai arus searah yang akan disalurkan secara injeksi ke motor agar pengereman bekerja dengan efektif dan lebih cepat. Pengaturan dapat dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler baik digunakan secara konvensional ataupun dengan menggunakan *IoT* sehingga lebih efektif dalam pengendalian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Sugiharto. (2011). *Soft Starting dan Dynamic Braking* Pada Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontroler AT89S51. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Agung Warsito. (2006). Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontroler AT89S51. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang
- Andreas Prabowo. (2013). Perancangan Dynamic Braking Pada Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega16. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor. Bogor.
- Aris Widyatmoko, Ida Bagus, Fery Citarsa (2017). Realisasi Teknik Pengereman Dinamik (*Dynamic Braking*) Untuk Motor Induksi Tiga Fase Menggunakan Arduino Uno. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram Nusa Tenggara Barat. Mataram.
- Elvys Hirsley Anthon Masihin (2008). Pemodelan dan Simulasi Pengereman Dinamik Motor Induksi Tiga Fasa. Universitas Indonesi
- Fajar Suranto. (2019). Pengereman Dinamik Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Metode Injeksi Arus DC. Teknik Elektro Fakultas Teknik Univeristas Negeri Yogyakarta.
- Isna Joko Prakoso. (2012). Perancangan Pengasutan Bintang – Segitiga dan Pengereman Dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Moch. Faisol,. (2018). Pengereman Dinamik Motor Induksi 3 Fase 220V/380V. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Unesa Surabaya. Jurnal INAJEEE. Volume 01 Nomor 01 Tahun 2018
- Muhaimin, Zamzani. (2018). Perancangan Pengereman Dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe. Vol.2 No.1 September 2018 | ISSN: 2598-3954
- Zuhal. (1993). Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta