

EFEK Pengereman Dinamis Terhadap Kecepatan Motor Tiga Fasa

Oleh: Achmad Hardito¹, Lilik Eko Nuryanto², M. Khambali³, Endang Triyani⁴

Staf Pengajar Prodi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Semarang.

Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang

E-mail: dito_hardito@yahoo.com

Abstrak

Seiring dengan perkembangan industri saat ini. Motor induksi tiga fasa sering digunakan sebagai penggerak. Kelebihan motor ini mempunyai konstruksi yang sederhana, kokoh, harga relatif murah, serta perawatannya yang mudah. Akan tetapi ada permasalahan dalam memberhentikan motor ini, yaitu berhentinya lama. Hal ini akan menyebabkan waktu tunggu yang lama, sementara itu dapat mengganggu proses berikutnya. Tetapi hal tersebut dapat diatasi dengan menggunakan metode pengereman dinamis, dimana metode tersebut berfungsi untuk mengurangi kecepatan pada motor. Pengereman dinamis, waktu berhenti dan pengukuran arus motor induksi tiga fasa akan diupayakan dengan waktu yang relatif singkat tetapi tidak membuat motor panas. Pengujian pengereman dinamis motor dilakukan dalam kondisi tanpa beban dan berbeban. Parameter yang diamati adalah arus stopping dan perlambatan motor.

Kata kunci: motor induksi, pengereman dinamis

Abstract

Along with the development of the industry today. Three phase induction motor is often used as a drive. The advantages of this motor have a simple construction, sturdy, relatively cheap price, and easy maintenance. However, there is a problem in stopping this motor, namely the long stop. This will cause a long waiting time, while it can interfere with the next process. But this can be overcome by using the dynamic braking method, where the method serves to reduce the speed of the motor. Dynamic braking, stopping time and measuring the current of a three-phase induction motor will be attempted in a relatively short time but will not heat up the motor. Motor dynamic braking tests were carried out under no-load and loaded conditions. Parameters observed are stopping current and motor deceleration

Keywords: induction motor, dynamic braking

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri motor listrik tiga fasa sering digunakan sebagai penggerak, hal ini dikarenakan motor ini mempunyai konstruksi yang sederhana, kokoh, harga relatif murah, serta perawatannya yang mudah.

Persoalan awal yang sering timbul pada saat *starting* sebuah motor, yaitu problem pada arus awal yang besar. Ini menyebabkan penurunan tegangan yang besar pada pasokan tegangan PLN. Untuk motor sampai dengan 5 kW, arus *starting* tidak berpengaruh besar terhadap penurunan tegangan. Pada motor dengan daya antara 30 kW sampai 100 kW akan mengakibatkan penurunan tegangan yang besar dan juga menurunkan kualitas listrik

sehingga penerangan akan terganggu biasanya lampu akan berkedip. Untuk motor dalam skala kecil masih bisa menggunakan pengasutan secara langsung atau biasa disebut DOL (*Direct On Line*). Namun untuk motor skala besar di industri biasa menggunakan tahanan asut, pengasutan bintang segitiga, maupun pengasutan *softstarter*.

Dalam pembelajaran diharapkan mahasiswa dapat memahami materi sistem pengasutan motor induksi tiga fasa. Media pembelajaran program keahlian praktikum berupa unit modul trainer pengasutan motor induksi tiga fasa merupakan salah satu potensi yang dapat digunakan mahasiswa dalam mengenal lebih dalam jenis-jenis pengasutan motor yang ada di industri.

Maka penelitian ini dapat menunjang pendidikan mengenai mesin listrik dan cara pengoperasiannya di industri.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

- Mengetahui cara kerja modul pengereman dinamis motor induksi tiga fasa.
- Mengetahui perbandingan waktu berhenti tiap jenis beban motor induksi tiga fasa.
- Mengetahui manfaat modul pengereman dinamis motor induksi tiga fasa inibagi mahasiswa.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Motor Induksi Tiga Fasa

2.1.1 Pengertian Motor Induksi Tiga Fasa

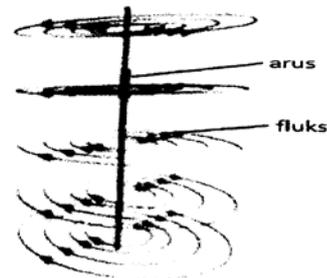
Motor induksi tiga fasa merupakan motor listrik arus bolak-baik yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Dinamakan motor induksi karena pada kenyataannya arus rotor motor ini bukan diperoleh dari suatu sumber listrik, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar. Motor induksi tiga fasa berputar pada kecepatan yang pada dasarnya adalah konstan, mulai dari tidak berbeban sampai mencapai keadaan beban penuh.

Kecepatan putaran motor ini dipengaruhi oleh frekuensi, dengan demikian pengaturan kecepatan tidak dapat dengan mudah dilakukan terhadap motor ini.

2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasabekerja sebagai berikut. Misalkan kita memiliki sumber AC tiga fasa yang terhubung dengan stator pada motor. Karena stator 6 terhubung dengan sumber AC maka arus dapat masuk ke stator melalui kumparan stator. Sekarang kita hanya melihat satu kumparan stator saja. Sesuai hukum Faraday bahwa apabila terdapat arus yang mengalir pada suatu kabel maka arus itu

dapat menghasilkan *fluks* magnet pada kabel tersebut, dimana arahnya mengikuti kaidah tangan kanan.

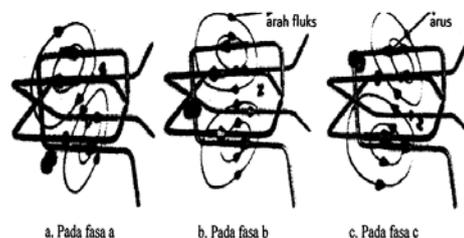


Gambar 2.2 Arus pada Kabel Menghasilkan *Fluks*

Setiap fasadalam kumparan stator akan mengalami hal yang sama karena setiap fasa dialiri arus, namun besarnya *fluks* yang dihasilkan tidak sama di setiap waktu. Hal ini disebabkan besarnya arus yang berbeda-beda pada tiap fasa di tiap waktunya. Misalkan fasa-fasa ini diberi nama a, b, dan c. Ada kalanya arus pada fasa a maksimum sehingga menghasilkan *fluks* maksimum dan arus fasa b tidak mencapai maksimum, dan ada kalanya arus pada fasa b maksimal sehingga menghasilkan *fluks* maksimum dan arus pada fasa a tidak mencapai maksimum.

Hal ini mengakibatkan fluks yang dibangkitkan lebih cenderung pada fasa mana yang mengalami kondisi arus paling tinggi. Secara tidak langsung dapat dikatakan bahwa medan magnet yang dibangkitkan juga ikut “berputar” seiring waktu.

Kecepatan putaran medan magnet ini disebut kecepatan sinkron.



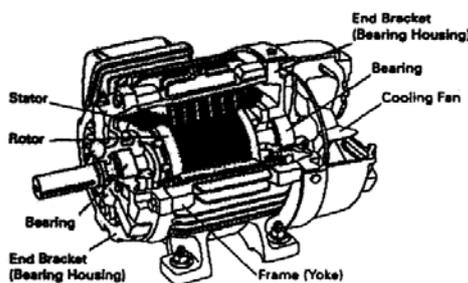
Gambar 2.3 Putaran Medan Magnet Akibat Arus Tiga Fasa

Sekarang ditinjau kasus rotor sudah dipasang dan kumparan stator sudah dialiri arus. Akibat adanya *fluks* pada kumparan stator maka arus akan terinduksi pada rotor. Anggap rotor dibuat sedemikian sehingga

arus dapat mengalir pada rotor (seperti rotor tipe squirrel)

Akibat tidak adanya gaya pada rotor maka rotor jadi melambat akibat gaya-gaya kecil (seperti gaya gesek dengan sumbu rotor atau pengaruh udara). Akibatnya pada rotor akan terinduksi arus sehingga rotor mendapatkan gaya berdasarkan hukum Lorentz. Dan gaya itulah motor dapat menambah kecepatannya kembali, kecepatan ini dikenal sebagai slip.

2.1.3 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa



Gambar 2.4 Komponen pada Motor Tiga Fasa

Sama seperti mesin-mesin listrik pada umumnya, motor tiga fasa memiliki dua komponen penting, yaitu: stator dan rotor.

2.1.3.1 Stator

Stator merupakan komponen yang tidak berputar pada mesin. Pada komponen ini dipasang stator winding berupa kumparan. Stator ini dihubungkan dengan suplai Tiga fasa untuk memutar rotor. Stator sendiri memiliki 3 bagian penting:

a. *Frame*

Frame merupakan bagian terluar dari stator. Berfungsi sebagai tempat untuk memasang inti stator (stator core) dan juga melindungi keseluruhan komponen dan gangguan benda benda dari luar (seperti batu yang dilemparkan ke motor atau semacamnya). Umumnya *frame* dibuat dari besi agar *frame* menjadi kuat. Dalam konstruksinya, air gap (celah udara) pada motor haruslah sangat kecil agar rotor dan stator konsentris dan mencegah induksi yang tidak merata. Air

gap yang dimaksud disini ialah celah yang mungkin terbentuk pada permukaan *frame* bukan lingkaran besar seperti pada gambar, karena lingkaran tersebut akan diisi oleh inti stator dan rotor.

b. Inti

Inti stator merupakan tempat dimana stator winding dipasang. Inti stator bertugas untuk menghasilkan *fluks*. *Fluks* ini dihasilkan oleh kumparan pada stator winding dan dialiri oleh arus tiga fasa dari suplai tiga fasa. Untuk mencegah arus yang besar pada belitan stator umumnya inti stator dilapisi oleh lamina. Lamina sendiri terbuat oleh campuran besi silikon untuk mencegah rugi-rugi histerisis. Pada inti stator juga dipasang kutub-kutub magnet untuk menghasilkan *fluks*

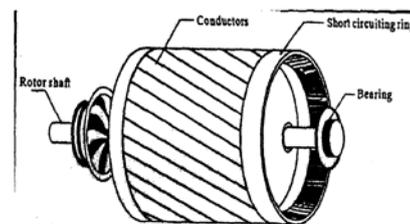
c. Belitan (*Winding*)

Belitan stator merupakan kumparan yang masing-masing kumparannya dihubungkan menjadiringkanaan bintang atau segitiga, tergantung dan bagaimana metode untuk memutar mesin yang digunakan dan jenis rotor yang digunakan. Untuk rotor jenis sarang tupai umumnya menggunakan rangkaian delta sedangkan rotor jenis slip ring bisa menggunakan salah satu dari keduanya.

2.1.3.2 Rotor

Rotor merupakan bagian yang dapat berputar dari motor. Rotor dihubungkan dengan beban yang akan diputar dengan sebuah batang yang terpasang pada pusat rotor. Berdasarkan konstruksinya, rotor dibagi menjadi 2 macam:

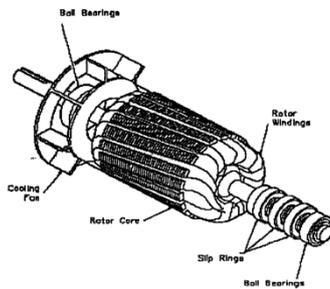
a. Sarang Tupai atau Squirrel Cage



Gambar 2.5 Rotor Tipe *Squirrel Cage*
Rotor tipe ini memiliki bentuk seperti roda gear. Dikedua ujung rotor dipasang cincin aluminium. Umumnya rotor jenis

ini terbuat dari alumunium atau tembaga. Rotor jenis ini sangat sering digunakan karena mudah dibuat dan dapat digunakan berapapun kutub pada stator.

b. Slip Ring



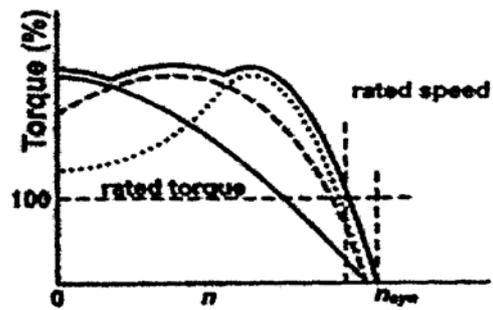
Gambar 2.6 Rangkaian Rotor Slip Ring

Rotor tipe ini memiliki rangkaian kumparan pada ujungnya dan memiliki sejumlah slip ring di belakangnya. Tiap kumparan terhubung dengan salah satu slip ring dimana masing-masing slip ring juga terhubung dengan rangkaian yang sama dengan rangkaian kumparannya.

2.1.4 Karakteristik Arus Starting pada Motor Induksi

Saat motor induksi dijalankan maka akan membutuhkan arus mula yang besar, hal ini dikarenakan frekuensi dan reaktansi yang tinggi dalam kondisi star yaitu dengan slip seratus persen. Jadi dalam rangkaian rotor yang sangat reaktif, arus rotor tertinggal terhadap gaya gerak listrik (GGL) rotor dengan sudut yang besar. Hal ini berarti bahwa aliran arus maksimum terjadi dalam konduktor rotorakan berputar mengikuti hukum Lorentz. Hal yang menarik disini ialah kecepatan putaran rotor tidak akan pernah mencapai kecepatan sinkron atau lebih. Hal ini disebabkan karena apabila kecepatan sinkron dan rotor sama, maka tidak ada arus yang terinduksi pada rotor sehingga tidak ada gaya yang terjadi pada rotor sesuai dengan hukum Lorentz.

Jika rotor melakukan percepatan, frekuensi rotor menjadi berkurang dikarenakan nilai slip yang berkurang bisa di jelaskan dengan melihat gambar 2.7 di bawah ini :



Gambar 2.7 Karakteristik Arus Start pada Motor Induksi

2.2 Pengasutan Motor Induksi Tiga Fasa

2.2.1 Metode Direct On Line (DOL)

Penggunaan metoda ini sering dilakukan untuk motor-motor AC yang mempunyai kapasitas daya yang kecil. Ketika motor dengan kapasitas yang sangat besar di start dengan *direct on line*, tegangan sistem akan terganggu (terjadi *voltage dip* pada jaringan suplai) karena adanya arus starting yang besar.

Pengertian start secara langsung ialah motor yang akan dijalankan langsung di *switch on* ke sumber tegangan jala-jala sesuai dengan besar tegangan nominal motor.

2.2.2 Metode Bintang Segitiga

Metode bintang segitiga ini memanfaatkan penurunan tegangan yang dicatu ke motor saat stator motor terhubung dalam rangkaian bintang. Pada waktu *start*, yakni saat stator berada pada rangkaian bintang, arus motor hanya mengambil sepertiga dari arus motor jika motor distart dengan metode DOL.

Berhubung torsi motor berbanding lurus dengan kuadratis dari tegangan, maka torsi motor pada rangkaian bintang juga hanya sepertiga dari torsi pada rangkaian segitiga.

2.2.3 Metode Softstarter

Softstarter sangat berbeda dengan *starter* lain. Tegangan *start* dengan menggunakan *softstarter* tidak tergantung pada arus yang ditarik oleh motor atau kecepatan motor. Tegangan yang masuk ke

motor akan diatur dimulai dengan sangat rendah sehingga arus dan torsi saat start juga rendah. Pada saat ini tegangan yang masuk hanya cukup untuk menggerakkan beban dan akan menghilangkan kejutan pada beban. Tegangan *start* diprogram mengikuti kontur terhadap waktu atau *Time Voltage Ramp* (TVR). Melalui TVR, tegangan awal untuk motor diberikan sekitar 40% - 70% dari tegangan nominal dimana cukup untuk mengawali torsi motor untuk start, kemudian naik perlahan sampai mencapai kecepatan normal.

Komponen utama *softstarter* adalah *thyristor* dan rangkaian yang mengatur *triggerthyristor*. *Thyristor* yang terpasang bisa pada dua fasa atau tiga fasa.

2.2.4 Pengereman Dinamis

Ketika Rotor dari motor induksi bergerak lebih lambat dari pada kecepatan sinkron yang terbentuk dari medanputar maka dalam keadaan ini motor induksi mengubah energi listrik yang yang diperoleh dari sumber menjadi energi mekanis, Dalam kondisi ini mesin bergerak menjadi motor. Sedangkan ketika rotor bergerak lebihcepat dari pada kecepatan sinkron yang terbentuk darimedan putar maka dalam keadaan ini motor induksi mengubah energi mekanis menjadi energi listrik yang diperoleh dari sumber.

Dalam keadaan ini motor induksi bekerja sebagai generator, dalam melakukan poses pengereman. Pengereman dinamis adalah proses dimana energy kinetis dari motor didisipasikan ke internal atau eksternal resistor menjadi panas setelah motor diputus dari sumbernya. Pengereman dinamis (pengereman secara elektrik) banyak digunakan pada industri dimana pengereman dilakukan tanpa menggunakan rem mekanis dan tidak terjadi rugi rugi mekanis.

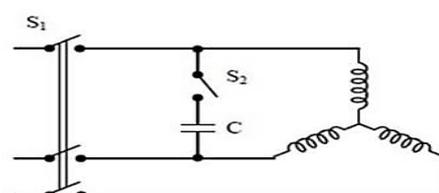
Pada pengereman dinamis, stator tidak dicatu daya ketika dilakukan pengereman. Meskipun tidak dilakukan catu daya, motor tetap berputar karena terdapat inersia dan terdapat medan sisa yang masih bekerja. Ketika stator tidak

memiliki catu daya terdapat medan sisa dapat dimanfaatkan untuk membuat medan yang berlawanan arah, ataupun dapat diserap dengan menggunakan kapasitor, selain itu pengereman jugadapat dibuat dengan menambahkan medan statis dengan masukan DC, Teknik tersebut dinamakan teknik pengeremandinamis.

Pengereman dinamis memiliki berbagai macam metoda, yaitu Capacitor Self Excitation, Magnetic Braking, DC Injection Braking, dan Zero Sequence Braking. Dalam pengereman dinamis metoda Capacitor self-excitation, pengereman diperoleh ketika sumber yang mencatu motor dilepas dan rotor masih bergerak karena terdapat momen inersia dari motor yang membuat motor tidak dapat berhenti seketika.

Ketika rotor bergerak tanpacatu daya di stator, electrical magnetic force akan diinduksikan ke stator karena saat ini motor bekerja ebagai generator. Eksitasi diperoleh ketika saturasi magnetis membatasi lectrical magnetic force yang diinduksikan ke stator, apabila kapasitor yang nilainya sesuai dihubungkan diantara dua terminal stator dan satu terminal stator dibiarkan terbuka, maka capacitor self-excitation diperoleh dan akan membuat pengereman lebih cepat karena kapasitor akan menyimpan energi yang terbentuk dari rotor.

Pengereman hanya dapat terjadi ketika rotor dalam keadaan bergerak, sedangkan ketikadiam, pada motor tidak terdapat torsi pengereman. Berikut adalah gambar rangkaian dari braking Capacitor self-excitation



Gambar1.1 Rangkaian Capacitor self excitation

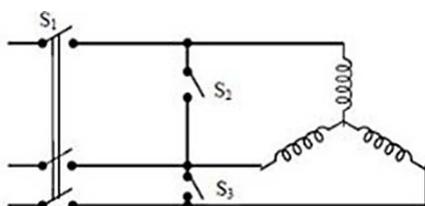
Dalam metoda Pengereman Magnetic Braking, pengereman diperoleh ketika dua

atau tiga terminal dihubung singkat sesaat setelah sumber AC dilepas dari motor, Penggunaan magnetic braking juga dinilai lebih aman dalam proses operasi karena pengereman ini tidak membutuhkan input energi dari luar (AC atau DC) karena satu satunya yang bekerja pada pengereman ini berasal dari energi yang dikeluarkan oleh rotor yang berputar karena energi kinetik, sehingga pada pengereman inipanas yang dihasilkan lebih kecil.

Magnetic braking bekerja karena adanya arus induksi dan hukum Lenz dimana hukum lenz berbunyi“Arus induksi mengalir pada penghantar atau kumparan dengan arah berlawanan dengan gerakan yang menghasilkannya” atau “medan magnet yang ditimbulkannya melawan perubahan fluks magnet yang menimbulkannya”.Ketika terdapat medan putar sisa setelah catu daya dilepas, medan sisa mengenai rangkaian tertutup yang nantinya akan membuat medan yang arahnya berlawanan.Hal tersebut membuat kecepatan rotor berkurang karena dilawan oleh medan magnet yang terbentuk.

Pengereman hanya dapat terjadi ketika rotor dalam keadaan bergerak, sedangkan ketika diam, pada motor tidak terdapat torsi pengereman. Efektifitas magnetic braking dipengaruhi oleh saturasi magnetis dari bahan konduktor stator.

Dalam operasinya berikut adalah gambar rangkaian dari pengereman magnetis



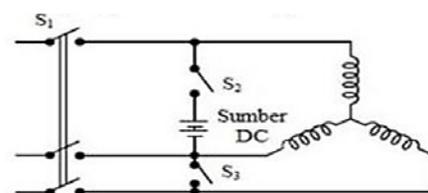
Gambar 1.2 Rangkaian Magnetic Braking

Dalam pengereman DC Inject, pengereman diperoleh ketika sumber arus searah dihubungkan diantara dua stator ketika sumber yang mencatu motor dilepas. Arus searah ini embentuk medan stasioner pada stator yang jumlah kutubnya sama dengan jumlah kutub dari motor,misal

motor induksi 3-fasa 4-kutub, juga menghasilkan 4-kutub DC, walaupun hanya dua terminal motor yang dihubungkan dengan sumberDC.

Ketika rotor bergerak melalui medan statis, maka tegangan AC akan terinduksi pada rotor, tegangan tersebut menghasilkan arus AC yang menyebabkan rugi-rugi I²R yang akan didisipasikan karena masih terdapat energi kinetik tersimpan pada benda yang bergerak (rotor), motor akan berhenti bergerak ketika semua energy kinetik pada rotor sudah habis didisipasikan menjadipanas.

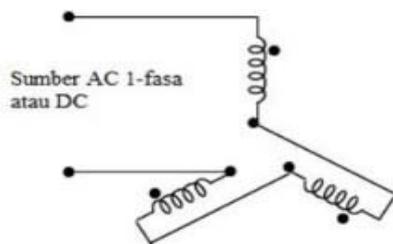
Keunggulan dari pengereman denganDC Inject adalah menghasilkan panas yang jauh lebih kecil dari pada pengeremanp lugging, dimana nilai dari panas hanya sejumlah energi kinetik yang terdapat pada rotor, tidak tiga kali lipatnya, selain ituD C Inject efektif pada kecepatan rendah. Pada pengereman DC Inject semakinkecil arus DC yang dipakai semakin lama waktu pengereman, namun nilai arus DC dapat diperbesar yang mempercepat pengereman tanpa menghasilkan suhu yang terlalu tinggi pada stator. Berikut adalah gambar rangkaian dari pengereman C Inject:



Gambar1.3 Rangkaian DC Injection Braking

Pada pengereman Zero Sequence Braking, pengereman diperoleh ketika ketiga terminal stator dihubungkan secara seri lalu dicatu dengan arus AC atau DC. Arus AC atau DC akan menghasilkan medan statis dalam gulungan stator yang nantinya akan melawan rotasi rotor yang masih bergerak. Pengereman ini disebut zero sequence karena arus yang mengalir pada stator ketika pengereman memiliki sudut fasa yang sama (co-phasal). Medan yang

terbentuk akibat adanya arus pada zero sequence braking ini memiliki kutub yang jumlahnya tiga kali lipat dari jumlah kutub mesin yang sebenarnya. Pengereman dinamis dengan Zero-sequence tidak dapat mengubah energi kinetik rotor menjadi energi listrik yang dapat dipakai kembali tidak seperti pengereman DC Inject biasa. Berikut adalah gambar rangkaian dari pengereman dinamis Zero-sequence:



Gambar 1.4 Rangkaian Zero Sequence Braking

3. Metode Penelitian

1. Batasan Masalah

Pada penelitian ini akan mencari cara yang tepat dan efisien dalam mempraktekkan pengereman dinamis motor induksi tiga fasa, kemudian membuat suatu pedoman / petunjuk yang tepat untuk melaksanakannya berupa buku petunjuk praktikum pengereman motor listrik tiga fasa

2. Studi literatur melalui buku-buku dan jurnal

Studi literature ini dilakukan guna meningkatkan wawasan dan pengetahuan peneliti sehingga penerapan ilmu dan teori dapat dilaksanakan dengan update teknologi dan penelitian terkini terkait meliputi teknologi yang diteliti. Yaitu melalui studi kepustakaan terhadap buku-buku yang relevan dan melalui browsing di internet tentang informasi informasi yang mendukung terlaksananya penelitian ini.

3. Observasi Penelitian di Laboratorium Elektro Polines

Pengembangan penelitian berbasis dengan sumber daya Laboratorium Mesin-mesin Listrik dan Laboratorium Kendali

JTE Politeknik Negeri Semarang. Sumber daya yang dimiliki institusi yang berupa peralatan dan data akan dimanfaatkan sebaik-baiknya untuk mendukung penelitian ini.

4. Capaian Target Output

Penelitian ini untuk meningkatkan pembelajaran tentang studi jenis jenis pengereman dinamis motor listrik tiga fasa dalam bentuk tulisan ilmiah yang di muat di majalah lokal dan membuat buku pedoman praktikum pengereman dinamis motor listrik.

4. Pengujian Pengoperasian

4.1 Hasil Dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini adalah alat pengendalian motor listrik yang digunakan untuk menghentikan putaran motor, dengan cara menggunakan pengendali semi otomatis seperti kontaktor magnet dan push button.

4.2. Hasil Pengujian. Capacitor self excitation

Berbeban 25 uF

No	I C (A)	Waktu henti (detik)
1	2,68	3,70
2	3,36	3,05

table 1. Hasil pengujian Rangkaian Capacitor self Excitation

Pengujian pengereman Capacitor self excitation bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kapasitor untuk melakukan pengereman pada motor induksi 3 fasa ketika sumber dilepas dari motor, pada pengujian ini kapasitor yang digunakan yaitu kapasitor 25 uF 250 v. Penggunaan kapitor polar dalam percobaan ini tidak bisa digunakan walaupun kapasitasnya lebih besar dibandingkan dengan kapasitor AC. Tabel 1 menunjukkan bahwa pada saat arus kapasitor tinggi waktu yang diperlukan untuk berhenti lebih cepat. Arus Capacitor 3,36 A waktu yg dibutuhkan

3,05 detik.

4.2.3. Percobaan 2. Rangkaian DC Injection Braking

No		Beban 25 uF	Idc (A)	Waktu Henti (detik)
1	Injeksi arus DC	-	0,80	2,70
2	Injeksi arus DC	-	0,38	4,70

Tabel 2. Hasil pengujian Rangkaian DC Injection Braking

Pengujian pengereman DC injection untuk mengetahui apakah ada pengaruhnya dengan menginjeksi arus DC. Pengereman DC injection digunakan setelah sumber yang mencatu motor lepas maka rotor dari motor induksi 3 fasabisa dilihat di tabel 2 membutuhkan waktu untuk Idc 0.80 A waktu yang dihasilkan untuk berhenti 2,7 detik.. untuk Idc 0,38 A waktu yang dibutuhkan 4,7 detik. Dapat di ambil kesimpulan semakin besar arus DC yang diinjeksikan waktu yg dibutuhkan untuk berhenti semakin cepat.

4.2.5. Percobaan 3. Rangkaian Magnetic Braking

NO	Waktu start (detik)	Waktu berhenti (detik)
1	5.0	14,00
2	6.0	15,5

Tabel 3. Rangkaian Magnetic Braking
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu berhenti saat pengereman motor induksi 3 fasa , saat sumber S1 dilepas atau dihubung singkat dalam kondisi hubung bintang. Dalam kondisi hubung singkat pada pengujian ini tidak menggunakan komponen maupun input daya tambahan, hanya dilakukan konfigurasi rangkaian. Pada tabel 3 menunjukkan pada pengujian pengereman

magnetic pada motor induksi bergerak melambat , dimana sumber dilepas saat detik ke 5 dan motor berhenti pada detik ke 14 dapat diambil kesimpulan bahwa pengereman menggunakan rangkaian magnetic breaking dibutuhkan waktu 9 detik.

4.2.7. Percobaan 4.Rangkaian Zero Sequence Braking

NO	I Stator (A)	WaktuBerhenti (detik)
1	0,5	20
2	0,6	18
3	0,7	14

Tabel 4. Rangkaian Zero Squence Breaking

Dalam percobaan ini untuk mengetahui pengaruh arus searah yang dihubungkan keterminal rotor dimana konfigurasiya dibuat agar setiap fasa dapat suply sumber DC. Arus ini di catukan pada rotor untuk melakukan pengereman. Pengereman terjadi saat sumber pencatu dilepas. Dalam tabel 4 dari hasil percobaan didapat saat Istator di catu arus searah 0,5 A waktu yag dibutuhkan untuk berhenti 20 detik, Istator 0,6 A waktu yang dibutuhkan oleh motor 18 detik. Sedangkan saat Istator 0,7 A motor butuh waktu untuk berhenti sekitar 14 detik. Dari tabel dapat disimpulkan semakin besar arus yg dicatukan pada stator waktu yang dibutuhkan untuk berhenti semakin cepat.

5. Kesimpulan

- Pengereman eksitasi self capasitor dan injeksi arus DC. Pengereman eksitasi selfcapasitor bekerja secara efektif pada kecepatan tinggi. Pengereman injeksi arus DC bekerja secara efektif pada kecepatan rendah.
- Pengendali motor listrik dengan pengereman dinamik waktu yang dibutuhkan jauh lebih cepat dibandingkan tanpa menggunakan pengereman.
- Pada penelitian ini dipraktekan sistem pengereman motor induksi dengan

system Rangkaian Capacitor self excitation, Rangkaian DC Injection Braking, Rangkaian Magnetic Braking dan Rangkaian Zero Sequence Braking. Dari keempat percobaan bahwa DC injection breaking menunjukkan waktu pengereman lebih cepat.

- d. Pengereman secara elektrik, torsi pengereman dihasilkan berdasarkan nilai arus injeksi yang diberikan pada belitan stator. Pada pengereman secara elektrik energi putaran rotor diubah menjadi energi elektrik yang kemudian dikembalikan ke suplai daya, atau dengan memberikan suatu medan magnet stasioner pada stator sehingga putaran rotor akan berkurang dengan sendirinya, pengereman secara elektrik lebih halus dan tidak ada hentakan yang terjadi.
- e. Pengereman ini dilakukan dengan cara menginjeksikan arus dan tegangan DC pada belitan stator motor induksi setelah dilepaskan dari sumber tegangan suplai fasa. Arus searah yang diinjeksikan pada kumparan stator akan mengembangkan medan stationer untuk menurunkan tegangan pada rotor dan menghasilkan medan magnet

Listrik. Jakarta : Djambatan 2000.
Peraturan umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL2000), Desember. Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- <http://kurniawanpramana.wordpress.com/2011/09/25/generator-sinkron-1/>
<http://kurniawanpramana.wordpress.com/2011/09/26/Motor-sinkron-1/>
<http://rgpnd.blogspot.com/2013/02/pengertian-generator-sinkron.html#.Uyi6gs7TqYk>
C.R. Nave, Department of Physics and Astronomy, Georgia State University. Howdoes an electric motor work? In: Hyperphysics, Electricity and Magnetism.2005
Integrated Publishing. Synchronised Motors, In: Neets, Module 01, Introduction to Matter, Energy, and Direct Current, Chapter 4, Alternating Current Motors. 2003.
Wijaya Mochtar. 2001. Dasar dasar Mesin