

PENGEREMAN DINAMIK MOTOR INDUKSI DENGAN INJEKSI ARUS SEARAH (DC)

Sutarno

Abstrak

Motor induksi tiga fasa banyak digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin beban mekanik pada industri. Perilaku beban mekanik akan mempengaruhi kerja dari motor listrik. Kerja motor induksi meliputi *starting*, *running*, dan *braking*. Pengereman (*braking*) pada motor induksi dilakukan untuk melawan gaya lawan atau sisa putaran mesin. Operasional pengereman dapat dilakukan dengan metode : *Plugging*, *dynamic*, *AC braking* dan *regenerative*. Pengereman model *dynamic* dapat dilakukan dengan enam model rangkaian, enam model tersebut akan diinjeksi dengan arus searah (DC). Enam model rangkaian dalam operasionalnya tentunya akan mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Tujuan penelitian ini ingin mengetahui karakteristik model rangkaian pengereman. Manfaat yang ingin dicapai adalah ketepatan memilih suatu model rangkaian pengereman. Penelitian diselesaikan dengan eksperimen sederhana, dengan objek operasional pengereman motor induksi tiga fasa. Variabel yang diungkap adalah perubahan arus injeksi dan perubahan rangkaian injeksi sebagai variabel bebas sedangkan variabel tetapnya adalah putaran rotor. Pengambilan data dilakukan dengan menginjeksi arus DC pada setiap rangkaian pengereman, dengan arus injeksi dan putaran yang sama, pengaturan dan perubahan putaran dicatat sebagai data. Perlakuan dalam penelitian melakukan pengereman bertahap dan mendadak. Analisis data digunakan deskripsi grafik dan rumusan yang ditetapkan. Hasil yang dicapai dalam penelitian adalah : Pengereman bertahap dari putaran 500 rpm diperlukan arus injeksi : rangkaian a = 0,16 A ; b = 0,20 A ; c = 0,20 A ; d = 0,41 A ; e = 0,20 ; f = 0,12 A. Pengereman mendadak untuk putaran 500 rpm arus injeksi ; rangkaian a = 0,46 A ; b = 1,34 A ; c = 0,92 A ; d = 0,47 A ; e = 0,71 A dan f = 0,71 A. Kesimpulan enam rangkaian yang diuji mempunyai

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Motor listrik banyak digunakan di industri kecil maupun industri besar. Penggunaan motor listrik dipilih karena mempunyai sifat mudah dioperasikan dan tidak menimbulkan polusi suara dibanding dengan penggunaan tenaga motor deisel atau motor bakar. Motor listrik digunakan untuk menggerakkan beban atau sebagai penggerak pengangkatan beban. Mesin beban seperti mesin bubut, mesin scrap, mesin potong dan mesin lainnya mempunyai karakteristik putaran yang berbeda-beda menurut keperluan. Seperti halnya pada mesin/alat pesawat angkat diperlukan perubahan-perubahan putaran. Perubahan putaran mesin beban akan diatur oleh

mesin listrik. Pemakaian mesin listrik untuk penggerak beban banyak dapat digunakan mesin DC atau mesin AC. Berdasar pertimbangan ekonomis dan operasional maka pemakaian motor induksi 3 fasa dalam bidang industri banyak dipilih. Pemilihan ini berdasar karena motor mempunyai konstruksi yang kokoh dan mudah erawatannya (Joko Windarto, dkk

kokoh dan mudah perawatan (Joko Windarto, dkk. 2000). Pengoperasian motor 3 fasa pada mesin kerja pesawat angkat misalnya train, lift, traksi, dan kran pada kondisi beban tu-run diperlukan pengereman (perlawanan gaya). Model pengereman motor 3 fasa dapat dilakukan dengan cara : pengereman dorong elektrohidrolik, pengereman arus pusar, pengereman dinamik, dan kendali reaktor (Solaiman, 1984)

Model pengereman motor 3 fasa yang akan dikembangkan adalah model pengereman dinamik. Model ini merupakan salah satu tegangan suplai diberikan catu daya arus searah. Arus searah disuplai pada bagian lilitan stator ketika motor sedang memutar beban. Salah satu tegangan disuplai diganti dengan tegangan arus searah DC (Karmoto dan M Facta, 2000). Model pengereman dinamis merupakan kerja dari perubahan motor menjadi generator. Prinsip ini digunakan untuk melawan gaya putar karena pembebanan. Hasil pengereman model ini lebih halus dan variatif dibanding dengan model yang lain.

B. Perumusan Masalah

Pada saat mesin beban akan berhenti, pengeraknya (motor listrik) masih terdapat sisa putaran, sisa putaran ini agar cepat berhenti diperlukan pengereman. Demikian juga pada mesin beban pengangkut barang gerak naik atau turun, ketika mesin beban turun akan terjadi putaran balik yang cepat, putaran ini akan dilawan dengan sistem pengereman. Pengereman motor induksi 3 fasa dilakukan dengan diberikan kopel lawan terhadap putaran. Torsi lawan dapat dibangkitkan dari injeksi sumber DC diluar sistem yang dihubungkan ke lilitan stator. Masalah yang akan diungkap adalah pengujian sistem ini mengetahui karakteristik pengereman metode dinamik.

C. Identifikasi Masalah

Pengereman mesin listrik 3 fasa dapat dilakukan dengan : model plugging, model ini dengan melakukan memindah dua hubungan sumber ke terminal. Jenis pengereman dengan melakukan pembalikan putaran. Model dinamik, model ini dengan melakukan injeksi arus searah ke lilitan jangkar. Arus injeksi untuk memperoleh kopel magnet yang agar dapat mengerem. Model pengereman dengan dinamik AC (*AC Dynamic Braking*). Model ini dengan memasang kapasitor sebagai arus injeksi ke lilitan stator, agar memperoleh kopling pengereman. Model

pengereman regeneratif, model dengan perubahan jumlah kutub. Beberapa model yang dapat dilakukan untuk mengerem motor induksi tiga fasa, dalam penelitian dibatasi mengenai pengereman motor induksi tiga fasa model dinamik dengan arus injeksi arus searah (DC)

D. Tujuan dan Manfaat

Tujuan ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Membuat model pengereman sistem dinamik dengan power injeksi DC
2. Menguji model pengereman dinamik untuk diperoleh tingkat efektifitasnya

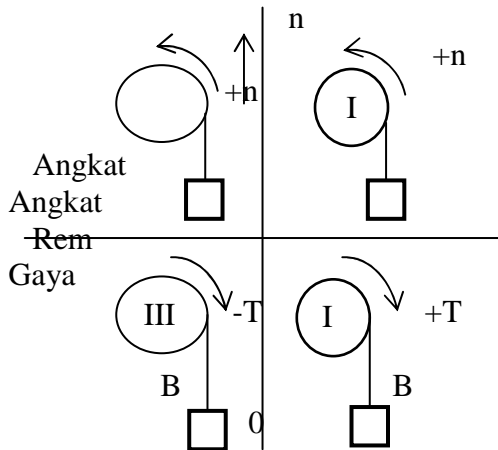
Manfaat yang ingin dicapai pada penelitian adalah :

1. Sebagai pertanggung jawaban secara akademik tentang pemanfaatan pengereman motor listrik 3 fasa
2. Sebagai informasi kepada masyarakat industri untuk dapat diterapkan kepada mesin kerja
3. Memberikan peluang usaha kepada masyarakat tentang model pengereman
4. Sebagai tambahan referensi penulisan atau penelitian yang sejenis.
5. Dapat lebih banyak pilihan pengalaman dalam bidang motor listrik

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian pustaka

Persoalan rem atau berhenti mesin listrik merupakan hal penting seperti operasi motor itu sendiri. Motor listrik tidak dapat dipakai untuk kerja misalnya mesin traksi, bila motor tidak dapat dihentikan dengan baik. Pada operasi keperluan mesin angkat seperti kran dan lift harus dapat dioperasikan untuk berhenti atau pengereman. Gambar 1 merupakan gambaran empat posisi sebuah motor listrik dalam operasi putaran dan kopel. Ilustrasi gambar ini dipilih sebuah alat/mesin pengangkat beban.



Gambar 1
Empat Posisi Putaran dan Kopel

Posisi kwadran I, baik daya torsi (T) maupun putaran (n) mempunyai tanda positif. Motor mengangkat beban dengan daya atau motor bekerja mengangkat beban (B). Posisi kwadran II, putaran n masih mempunyai tanda positif, tetapi kopel T bertanda negatif. Pada posisi seperti tersebut motor masih tetap mengangkat beban, tetapi motor bekerja sebagai rem. Posisi kwadran III putaran dan kopel mempunyai tanda negatif. Mesin kembali bekerja sebagai motor. Alat pengangkat akan mengulur bebannya ke bawah, secara aktif dan bekerja sebagai motor. Posisi kwadran IV putaran mempunyai tanda negatif, sedangkan kopel T bertanda positif. Keadaan ini motor mengulur beban B ke bawah sambil bekerja sebagai rem. Kondisi seperti tersebut mesin berfungsi sebagai generator.

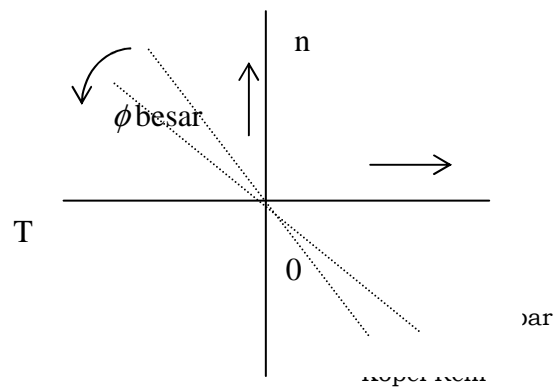
B. Rem Arus Searah

Motor 3 fasa bekerja dengan rotor digerakkan dengan putaran (ns), oleh karena itu medan putar mempunyai kecepatan putar ns (putaran sinkron) (Abdul Kadir, 1981). Bilamana medan putar dihilangkan maka tidak ada lagi gaya dorong yang menggerakkan rotor, sehingga lambat laun rotor akan berhenti. Proses berhenti atau rem dapat dipercepat dengan memberikan gaya lawan. Gaya lawan diperoleh dari sumber DC di luar sistem yang disuplai ke lilitan stator. Arus searah akan menghasilkan medan statis, sehingga dalam rotor akan diinduksikan gaya gerak listrik E, menyebabkan mengalirnya arus induksi I. Besaran E dan I berbanding lurus

dengan putaran n. Kopel yang dihasilkan sebanding dengan I dan Fluk Φ. Pada kondisi seperti tersebut maka mesin bekerja/motor sebagai generator.

Karena $T \approx I \phi \approx n$ 1
 Atau $T \approx n$ 2
 (1981)

Kopel T berbanding lurus dengan n, maka lengkung kopel rem sebagai fungsi dari putaran n merupakan garis lurus melalui titik nol. (lihat gambar 2)



Gambar 2
Kopel Fungsi Putaran

Lebih besar fluk Φ, atau lebih besar input tegangan searah ke lilitan stator, maka kopel rem lebih, sehingga motor lebih cepat berhenti (1981).

Menurut SEN, S.K., 1975) besarnya torsi elektromagnetik Te sebagai kopel pengereman adalah

$$Te = -\frac{3}{\omega_s} I_{ac}^2 X_m^2 \frac{\left(\frac{r_2'}{1-s}\right)}{\left(\frac{r_2'}{1-s}\right)^2 + (X_m + X_{2s}')^2}$$

.....3

- Dengan :
- Te = torsi elektromagnetikNm
 - ωs = sudut perputaran pada stator rad/detik
 - IAC = arus induksiampere
 - Xm = reaktansi magnetisingOhm
 - r'2 = tahanan rotor Ohm
 - s = slip

C. Landasan teori

Rangkaian penelitian yang akan dikembangkan adalah seperti pada gambar 4. Dia-gram Hubungan Pengereman Dinamik. Pada prinsipnya rangkaian gambar 3 akan menghasilkan ggl induksi pada rotor sehingga akan menghasilkan arus induksi I_{ac} besarnya sebagai berikut :

$$I_{ac} \text{ (rms)} = \frac{2}{3} \sqrt{2} I_{ac} N_1' \text{ Ampere4}$$

Dengan : N_1' = lilitan stator per fasa

Menghitung besarnya I_{ac} yang merupakan faktor besaran pengereman untuk masing-masing model adalah sebagai berikut :

$$\text{Rangkaian 2a} \rightarrow I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_{dc} \text{ Ampere5}$$

$$\text{Rangkaian 2b} \rightarrow I_{ac} = \frac{1}{\sqrt{2}} I_{dc} \text{ Ampere ...6}$$

$$\text{Rangkaian 2c} \rightarrow I_{ac} = \frac{\sqrt{2}}{3} I_{dc} \text{ Ampere7}$$

$$\text{Rangkaian 2d} \rightarrow I_{ac} = \frac{1}{\sqrt{6}} I_{dc} \text{ Ampere ...8}$$

$$\text{Rangkaian 2e dan f} \rightarrow I_{ac} = \frac{2\sqrt{2}}{3} I_{dc} \text{ Ampere9}$$

Besarnya $X_m = \frac{E_o}{I_{ac}}$ dan $E_o = \frac{\omega_r}{\omega_s}$ oleh

karena itu besarnya torsi pengereman T_e dapat ditentukan.

S.K.SEN, 1975

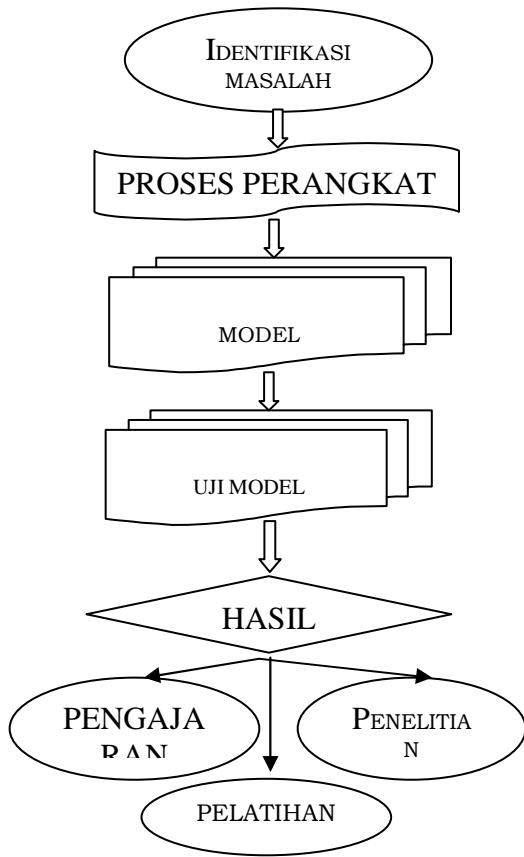
METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini adalah model pengereman motor listrik 3 fasa dengan sistem dinamik. Variabel yang akan diungkap dalam penelitian : Variabel bebas Perubahan arus injeksi ke kumparan rotor merupakan variabel pertama disebut

X_1 . Perubahan rangkaian injeksi sebagai variabel bebas ke dua disebut X_2 . Variabel terikat merupakan perubahan rotasi (rpm) disebut Y . Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Tenaga Listrik (TTL) Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES Semarang

Alat dan Bahan

1. Alat
 - a. Amperemeter Jumlah 5 bh
Merk : Sanwa DMM CD- 720 E DIGITAL
 - b. Voltmeter jumlah 5 bh
Merk : Sanwa DMM CD- 720 E DIGITAL
 - c. Tachometer jumlah 5 bh
Merk : Sanwa SE - 100 DIGITAL REVOLUTION COUNTER NON-CONTACT TYPE
2. Bahan .
 - a. Auto transformator 3 fasa 2 KVA/ 0 - 400 V
 - b. Magnetic Contactor 25 A, 500 V Coil 220 V
 - c. Tranformator stepdown 380 V/24 V
 - d. Rangkaian penyearah (diode) 10 A
 - e. Motor induksi 3 fasa 220/380 V
 - f. Motor induksi 1 fasa 220 V
 - g. Reostart (R variabel) 800 W
3. Jalannya penelitian

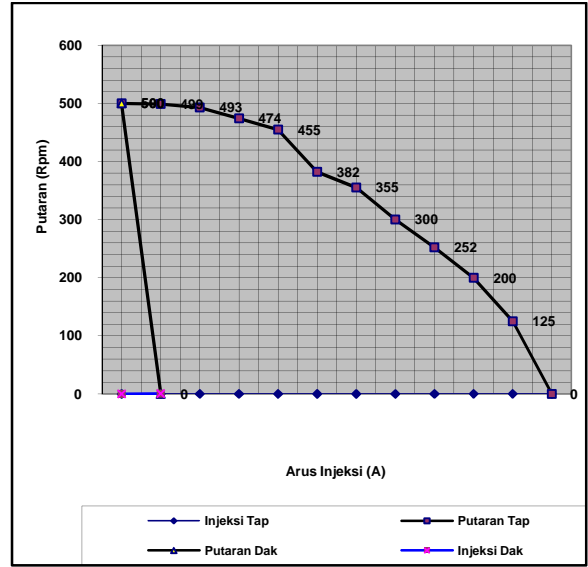


Gambar 5
 Jalannya Penelitian

- 4. Rangkaian uji dapat dilihat pada halaman lampiran
- 5. Analisis Hasil

Teknik analisis data menggunakan teknik deskriptif dan dikonfirmasi dengan analisis dasar teori rancangan. Jika dalam analisis terjadi penyimpangan dilakukan perubahan dengan cara mencari penyebab penyimpangan tersebut atas dasar landasan teori-teori yang relevan yang akan dijadikan acuan dalam penelitian.

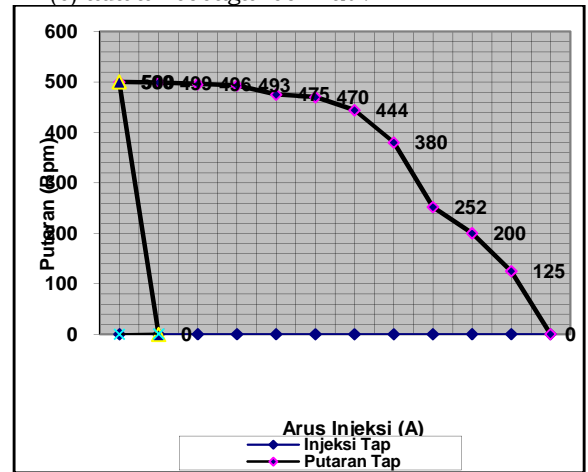
- 1. Hasil analisis deskripsi grafik uji rangkaian (a) adalah sebagai berikut :



Gambar 6

Grafik Pengeraman Bertahap dan Mendadak Rangkaian a

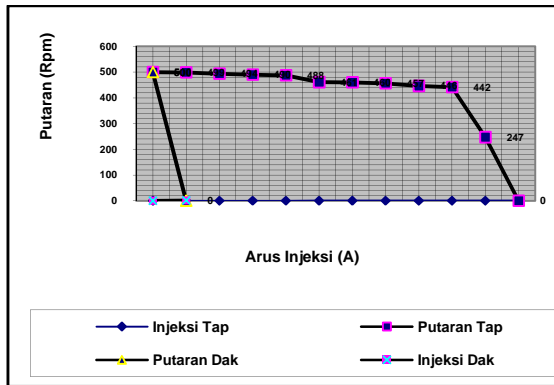
- 2. Hasil analisis deskripsi grafik uji rangkaian (b) adalah sebagai berikut :



Gambar 7

Grafik Pengeraman Bertahap dan Mendadak Rangkaian b

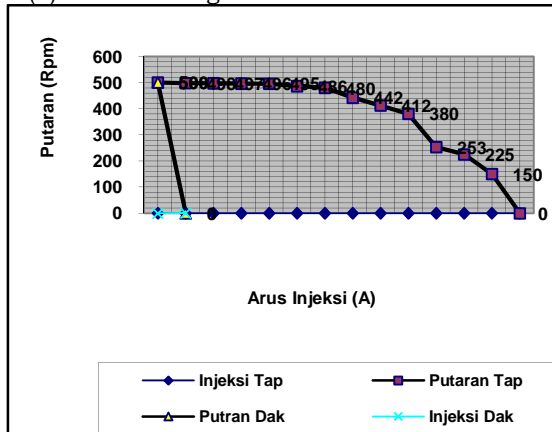
- 3. Hasil analisis deskripsi grafik uji rangkaian (c) adalah sebagai berikut:



Gambar 8

Grafik Pengeraman Bertahap dan Mendadak Rangkaian c

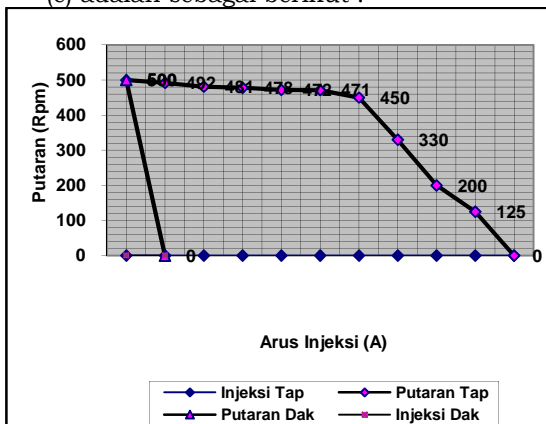
4. Hasil analisis deskripsi grafik uji rangkaian (d) adalah sebagai berikut :



Gambar 9

Grafik Pengeraman Bertahap dan Mendadak Rangkaian d

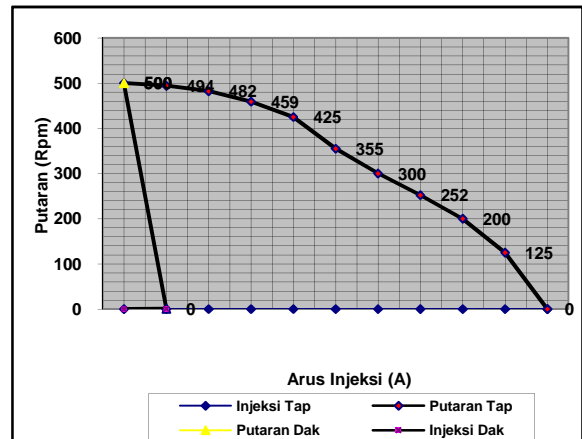
5. Hasil analisis deskripsi grafik uji rangkaian (e) adalah sebagai berikut :



Gambar 10

Grafik Pengeraman Bertahap dan Mendadak Rangkaian e

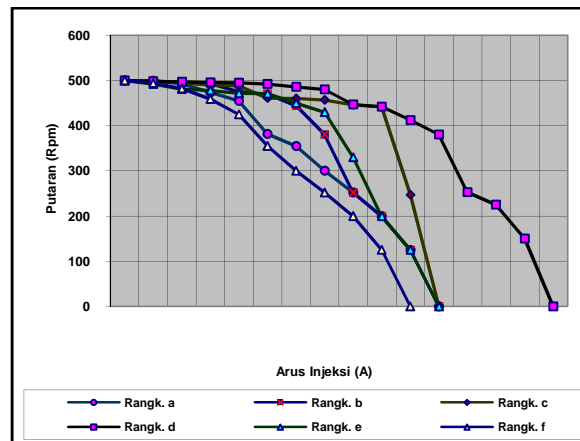
6. Hasil analisis deskripsi grafik uji rangkaian (f) adalah sebagai berikut



Gambar 11

Grafik Pengeraman Bertahap dan Mendadak Rangkaian f

7. Hasil analisis deskripsi grafik uji rangkaian (a s/d f) adalah sebagai berikut :



Gambar 11

Grafik Pengeraman Bertahap dan Mendadak Rangkaian (a) s/d (f)

8. Tabel Arus Injeksi Putaran Bertahap dan Mendadak

Rangkaian	Pengeraman Bertahap	Pengeraman Mendadak

	Arus Injeksi DC (A)	Arus Induksi AC (A)	Arus Injeksi DC (A)	Arus Induksi AC (A)
a	0,16	0,33	0,46	0,54
b	0,20	0,36	1,34	0,94
c	0,40	0,51	1,31	0,61
d	0,41	0,51	0,92	0,78
e	0,20	0,36	0,47	0,55
f	0,12	0,28	0,71	0,47

A. Pembahasan

1. Pengereman dengan menggunakan model rangkaian (a) terminal U, V dan W pada terminal box, hanya dikonek dengan arus injeksi dua terminal mi-salnya terminal U dan V sedang terminal W tidak terhubung. Hubungan pengereman dengan menggunakan rangkaian a menghasilkan arus induksi pada bagian rotor dapat dihitung dengan persamaan :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3} I_{dc}}$$

Dengan : I_{dc} = arus injeksi pengereman Ampere

I_{ac} = Arus induksi pada bagian rotor Ampere

Arus induksi pada bagian rotor adalah :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3} 0,16} = 0,33 \text{ Ampere}$$

Arus sebesar 0,33 A merupakan arus induksi yang mengalir pada bagian rotor, yang mampu menghentikan putaran motor pada kecepatan 500 rpm. Pengereman mendadak artinya mengeram dengan seketika. Pada saat pengereman mendadak arus injeksi yang dibutuhkan sebesar 0,46 Ampere. Arus induksi bagian rotor adalah :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3} 0,46} = 0,54 \text{ Ampere}$$

Prosentase kenaikan arus injeksi saat pengereman mendadak adalah : 61,1 %.

Walaupun telah terjadi kenaikan arus injeksi pada saat ren mendadak tetapi untuk motor ukuran 1,5 PK masih aman dilakukan. Proses terjadi pengereman adalah arus induksi pada bagian rotor terjadi kopling dengan medan pada bagian lilitan stator.

2. Pengereman dengan menggunakan model rangkaian b terminal U, V dan W pada terminal box, hanya dikonek dengan arus injeksi dua terminal mi-salnya terminal U dan V, sedang terminal W dikonek langsung dengan terminal V. Hubungan pengereman dengan menggunakan rangkaian b menghasilkan arus induksi pada bagian rotor dapat dihitung dengan persamaan :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3} I_{dc}}$$

Dengan :

I_{dc} = arus injeksi pengereman Ampere

I_{ac} = Arus induksi pada bagian rotor Ampere

Arus induksi pada bagian rotor adalah :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3} 0,20} = 0,36 \text{ Ampere}$$

Arus sebesar 0,36 A merupakan arus induksi yang mengalir pada bagian rotor, yang mampu dapat menghentikan putaran motor pada kecepatan 500 rpm. Pengereman mendadak artinya mengeram dengan seketika. Pada saat pengereman mendadak arus injeksi yang dibutuhkan sebesar 1,34 Ampere. Arus induksi bagian rotor adalah :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3} 1,34} = 0,94 \text{ Ampere}$$

Prosentase kenaikan arus injeksi saat pengereman mendadak adalah : 63,8 %.

Walaupun telah terjadi kenaikan arus injeksi pada saat rem mendadak tetapi untuk motor ukuran 1,5 PK masih aman dilakukan. Proses terjadi pengereman adalah arus induksi pada bagian rotor terjadi kopling dengan medan pada bagian lilitan stator.

3. Pengereman dengan menggunakan model rangkaian c terminal U, V dan W pada terminal box, dikonek delta. Dua terminal U dan V dikonek dengan arus injeksi. Hubungan pengereman dengan menggunakan rangkaian c menghasilkan arus induksi pada bagian rotor dapat dihitung dengan persamaan :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_{dc}$$

Dengan :

I_{dc} = arus injeksi pengereman
 Ampere

I_{ac} = Arus induksi pada bagian rotor Ampere
 Arus induksi pada bagian rotor adalah :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} 0,40 = 0,51 \text{ Ampere}$$

Arus sebesar 0,51 A merupakan arus induksi yang mengalir pada bagian rotor, yang mampu dapat menghentikan putaran motor pada kecepatan 500 rpm. Pengereman mendadak artinya mengeram dengan seketika. Pada saat pengereman mendadak arus injeksi yang dibutuhkan sebesar 0,92 Ampere. Arus induksi bagian rotor adalah :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} 0,92 = 0,61 \text{ Ampere}$$

Prosentase kenaikan arus injeksi saat pengereman mendadak adalah : 83,6 %.

Walaupun telah terjadi kenaikan arus injeksi pada saat rem mendadak tetapi untuk motor ukuran 1,5 PK masih aman dilakukan. Proses

terjadi pengereman adalah arus induksi pada bagian rotor terjadi kopling dengan medan pada bagian lilitan stator.

4. Pengereman dengan menggunakan model rangkaian d terminal U, V dan W pada terminal box konek delta, terminal U dan W dikonek langsung. Terminal U dan V hubung ke arus injeksi. Hubungan pengereman dengan menggunakan rangkaian d menghasilkan arus induksi pada bagian rotor dapat dihitung dengan persamaan:

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_{dc}$$

Dengan :

I_{dc} = arus injeksi pengereman
 Ampere

I_{ac} = Arus induksi pada bagian rotor Ampere

Jadi besar arus induksi pada bagian rotor adalah :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} 0,41 = 0,51 \text{ Ampere}$$

Arus sebesar 0,51 A merupakan arus induksi yang mengalir pada bagian rotor, yang mampu dapat menghentikan putaran motor pada kecepatan 500 rpm. Pengereman mendadak artinya mengeram dengan seketika. Pada saat pengereman mendadak arus injeksi yang dibutuhkan sebesar 0,46 Ampere. Arus induksi bagian rotor

adalah : $I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} 0,92 = 0,78 \text{ Ampere}$

Prosentase kenaikan arus injeksi saat pengereman mendadak adalah : 65,3 %.

Walaupun telah terjadi kenaikan arus injeksi pada saat rem mendadak tetapi untuk motor ukuran 1,5 PK masih aman dilakukan. Proses terjadi pengereman adalah arus induksi pada bagian rotor terjadi kopling dengan medan pada bagian lilitan stator

6. Pengereman dengan menggunakan model rangkaian e terminal U, V dan W pada terminal box konek secara seri. Arus injeksi dua terminal misalnya terminal U dan W. Hubungan pengereman dengan menggunakan rangkaian e menghasilkan arus induksi pada bagian rotor dapat dihitung dengan persamaan :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_{dc}$$

Dengan :

I_{dc} = arus injeksi pengereman
Ampere

I_{ac} = Arus induksi pada bagian rotor Ampere

Arus induksi pada bagian rotor adalah :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} 0,20 = 0,36 \text{ Ampere}$$

Arus sebesar 0,36 A merupakan arus induksi yang mengalir pada bagian rotor, yang mampu dapat menghentikan putaran motor pada kecepatan 500 rpm. Pengereman mendadak artinya mengeram dengan seketika. Pada saat pengereman mendadak arus injeksi yang dibutuhkan sebesar 0,47 Ampere. Arus induksi bagian

rotor adalah : $I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} 0,47 = 0,55 \text{ Ampere}$

Prosentase kenaikan arus injeksi saat pengereman mendadak adalah : 65,5 %.

Walaupun telah terjadi kenaikan arus injeksi pada saat ren mendadak tetapi untuk motor ukuran 1,5 PK masih aman dilakukan

Proses terjadi pengereman adalah arus induksi pada bagian rotor terjadi kopling dengan medan pada bagian lilitan stator.

6. Pengereman dengan menggunakan model rangkaian f terminal U, V dan W pada terminal box seri terbalik, arus injeksi dua terminal misalnya terminal U dan V. Hubungan pengereman dengan

menggunakan rangkaian f menghasilkan arus induksi pada bagian rotor dapat dihitung dengan persamaan :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_{dc}$$

Dengan :

I_{dc} = arus injeksi pengereman Ampere

I_{ac} = Arus induksi pada bagian rotor Ampere

Arus induksi pada bagian rotor adalah :

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} 0,12 = 0,28 \text{ Ampere}$$

Arus sebesar 0,28 A merupakan arus induksi yang mengalir pada bagian rotor, yang mampu dapat menghentikan putaran motor pada kecepatan 500 rpm.

Pengereman mendadak artinya mengeram dengan seketika. Pada saat pengereman mendadak arus injeksi yang dibutuhkan sebesar 0,71 Ampere. Arus induksi bagian rotor adalah

$$I_{ac} = \sqrt{\frac{2}{3}} 0,71 = 0,47 \text{ Ampere}$$

Prosentase kenaikan arus injeksi saat pengereman mendadak adalah : 59,8 %.

Walaupun telah terjadi kenaikan arus injeksi pada saat ren mendadak tetapi untuk motor ukuran 1,5 PK masih aman dilakukan

Proses terjadi pengereman adalah arus induksi pada bagian rotor terjadi kopling dengan medan pada bagian lilitan stator.

Melihat karakteristik pengereman antara rangkaian a s/d f. Gambar 12 memberikan gambaran bahwa enam variabel yang dikemukakan dari variabel X_1 (rangkaian pengereman) bahwa untuk pengereman bertahap faktor rangkaian menentukan proses pengereman. Dari enam rangkaian yang dicoba masing-masing rangkaian memberikan hasil yang berbeda-beda. Rangkaian a, b, c, dan e dalam injeksi arus

pengereman ke lilitan stator sama menghasilkan perubahan putaran berbeda. Pada akhirnya pada arus injeksi yang sama putaran dapat berhenti. Rangkaian f memberikan karakteristik pengereman proses linear turun dengan arus injeksi lebih singkat. Rangkaian d memberikan karakteristik pengereman proses linear turun tetapi memerlukan arus injeksi lebih besar, dengan sendirinya waktu pengereman lebih lama. Rangkaian d memberikan karakteristik pengereman lebih lama.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Pengereman motor induksi merupakan kebutuhan dalam operasional mesin-mesin listrik. Pada umumnya motor listrik yang digunakan dalam industri adalah motor induksi 3 fasa. Pengereman motor listrik dilakukan pada saat terjadi sisa putaran atau untuk melawan putaran yang sedang terjadi misalnya gerakan beban menurun seperti mesin traksi atau lift. Dari hasil pengujian pengereman model dina-mik dengan menginjeksi arus searah DC ke lilitan stator. Hubungan arus injeksi ke lilitan stator diubah-ubah. Enam perubahan rangkaian yang merupakan variabel X_2 karakteristik pengereman berbeda-beda. Rangkaian a, b, c, dan e putaran berhenti pada karakteristik arus injeksi sama. Rangkaian F karakteristik pengereman lebih singkat. Pengereman mendadak dilakukan keadaan darurat dalam uji yang dilakukan menghasilkan : rangkaian a arus injeksi rendah, b arus injeksi besar, c arus injeksi besar, d arus injeksi sedang, e arus injeksi sedang, dan rangkaian f arus in-jeksi besar. Untuk meleakukan pengereman pada motor induksi enam rangkaian dapat dilakukan.

B. Saran

Pengereman model dinamik dengan arus injeksi ke lilitan stator dapat dilakukan pada motor ukuran power besar atau kecil. Pengereman bertahap yang ingin proses cepat berhenti menggunakan rangkaian f.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir, 1981. "**Mesin Tak Serempak**" Jakarta, Djambatan
- Bolo Dwiartono dan Delon, 2000, **Pengembangan sistem Pengendalian Kecepatan Motor DC Sebagai Fasilitas Praktik Laboratorium Elektronika Daya**, Yogyakarta, Proseding, Seminar Mesin Listrik dan Elektronika Daya
- Karmoto dan Mochammad Facta, 2000. "**Unjuk Kerja Motor Induksi dengan Pengereman Dinamik dalam Koordinat QDN**". Seminar Nasional, Yogyakarta
- Joko Windarto, Agung Warsito, Agus Setiawan, 2002. **Variabel Frekuensi Control dengan Phase Locked Loop sebagai Pengatur Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa**" Seminar Mesin Listrik dan Elektronika Daya, Yogyakarta
- SEN, S.K., 1975. "**Rotating Electrical Machines**". Delhi, Khana Publishers
- Soelaiman dan Mabuchi Magariswa, 1984. "**Mesin Tak Serempak dalam Praktek**". Jakarta, P.T. Pradnya Paramita

BIOGRAFI

Sutarno, lahir di Klaten tahun 1955. Lulus sarjana Pendidikan Teknik Elektro IKIP Yogyakarta 1982. Lulus pasca sarjana Teknik Elektro S₂ UGM tahun 2000. Dosen tidak tetap di UNS 1982 – 1984. Dosen tetap di UNNES tahun 1984 sampai sekarang. Bidang yang diminati Teknologi Tepat Guna, Mesin listrik, dan Teknik Tegangan Tinggi.