

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

(Samuel Sudibyo. P1, dkk., 2017)

Analisis Efisiensi Motor Induksi pada Kondisi Tegangan Non Rating dengan Metode Segregated Loss

Motor induksi adalah suatu motor yang paling banyak digunakan dalam mempermudah pekerjaan manusia. Motor ini banyak dipakai dalam pabrik-pabrik besar maupun peralatan rumah tangga. Keunggulan motor induksi 3 fasa dan 1 fasa yaitu bentuk sederhana, konstruksinya kuat, biaya murah, efisiensi tinggi, perawatan minimum, beroperasinya tidak memerlukan alat khusus. Adapun perlakuan khusus yang perlu diperhatikan dalam proses bekerjanya motor induksi 3 fasa yaitu kestabilan tegangan baik berupa under voltage dan over voltage, yang berhubungan langsung pada performa motor induksi tersebut.

Hal-hal yang sering muncul berupa gangguan mekanik dan gangguan elektrik, maka diperlukan evaluasi tegangan pada kondisi normal, under voltage, dan over voltage. Motor induksi 3 fasa mempunyai daya pada motornya disebabkan sumber listrik akan melewati celah udara yang menuju rotor sesuai besar inputannya.

$$P_{in} = \sqrt{3} V_T I_l \cos Q$$

P_{in} = Daya motor

V = Tegangan

Rugi-rugi yang ada dimotor induksi Yaitu daya celah udara, daya mekanik, rugi gesek dan angin, dan rugi lain-lainnya.

Efisiensi motor induksi 3 fasa yaitu ukuran keefektifan sebuah motor induksi dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Karena itu diperlukan segregated loss yang paling tepat (ada beban maupun tanpa beban). Parameter yang ada pada motor induksi meliputi pertama pengujian tanpa beban berupa besarnya nilai resistansi, reaktansi, arus. Kedua Pengujian DC dan ketiga adalah pengujian roter tertahan. Efisiensi motor induksi didefinisikan sebagai ukuran keefektifan motor induksi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang dinyatakan sebagai perbandingan/rasio daya output dengan daya input. Definisi NEMA terhadap efisiensi energi adalah bahwa efisiensi merupakan perbandingan atau rasio dari daya keluaran yang berguna terhadap daya input total dan

biasanya dinyatakan dalam persen. Juga sering dinyatakan dengan perbandingan antara keluaran dengan keluaran ditambah rugi-rugi.

Salah satu permasalahan pada sistem tenaga listrik adalah stabilitas tegangan. Stabilitas tegangan adalah kemampuan sistem tenaga untuk menjaga nilai tegangan pada batas operasi yang ditentukan di semua bus pada sistem tenaga. Ketidakstabilan tegangan terjadi akibat gangguan, perubahan beban, dan perubahan kondisi pada sistem. Undervoltage dan overvoltage adalah selisih antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerimaan. Pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admintansi saluran serta pada beban dan faktor daya.

(Muhammad Hami Pradipta, dkk. 2014)

Pengereman Dinamis Konvensional pada Motor Induksi Tiga Fasa

Seiring perkembangan jaman penggunaan motor induksi paling handal digunakan dibidang industri karena dapat melakukan *self-starting* dengan baik. Pengontrolan saat beroperasi motor induksi diperlukan ketika terjadi permasalahan agar tidak mengenai alat-alat produksi yang lain. Maka diperlukan sistem pengereman baik sistem pengereman elektrik dan pengereman mekanik. Pengereman secara elektrik terbagi yakni regeneratif, plugging dan dinamis. Pengereman dinamis adalah proses dimana energi kinetis dari motor yang diubah menjadi panas setelah sumber diputus, panas ini dihasilkan oleh eksternal resistor. Motor Induksi tiga fasa adalah motor yang banyak digunakan pada industri untuk melakukan proses produksi, hal tersebut karena motor induksi memiliki banyak keuntungan yaitu harga relatif murah, perawatan mudah serta penggunaan yang sederhana. Dalam pengereman salah satu yang perlu diperhatikan adalah ketepatan dan kecepatan pengereman untuk membantu proses produksi. Dalam melakukan pengereman terdapat dua macam cara yaitu secara mekanis dan secara elektrik. Pengereman secara mekanis yaitu pengereman dengan menggunakan rem fisik untuk menghentikan putaran rotor sedangkan pengereman secara elektrik pengereman dilakukan dengan berbagai macam cara, dalam tugas akhir ini pengereman elektrik metoda pengereman dinamis dilakukan dengan cara membuat medanstatis dengan menggunakan metoda DC inject dan Zero sequence braking, membuat medan yang arahnya berlawanan berdasarkan hukum lenz dengan menggunakan metoda pengereman magnetis, dan menyerap medan putar sisa dengan menggunakan metode pengereman capacitor self-excitation.

Metode pengereman-pengereman dnamis yaitu :

Capasitor self-excitation braking yaitu pengereman yang dihasilkan ketika sumber catu daya dilepas dan rotor masih bergerak yang menghasilkan moment enersia.

DC Inject breaking yaitu model pengereman yang dihasilkan ketika sumber arus searah dihubungkan antara dua jenis rotor ketika sumber catu dimotor dilepas. Medan stasioner diperoleh dari arus searah pada stator. Besar kecilnya nilai arus DC mempengaruhi waktu lama pengereman tapi keunggulannya adalah panas yang dihasilkan relatif kecil.

Zero sequence braking yaitu dihasilkan ketika semua terminal stator dihubungkan secara seri dengan power supplynya. Arus DC akan membentuk medan statis dalam gulungan stator yang memberikan gaya putar berlawanan dengan alat putar rotor yang masih berputar.

Magnetic braking yaitu jenis pengereman yang digunakan karena mempunyai nilai keunggulan yang tinggi dalam proses operasi, karena tidak membutuhkan energi dari yang lain. Energi ini dihasilkan oleh perputaran rotor.

(Denny Firmansyah Z. 2016)

Pengaturan Pengereman Dinamik Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Smartphone Android dan Simulasi MATLAB

Saat ini mesin-mesin industri menggunakan motor induksi sebagai penggerak karena harganya ekonomis dan mudah pengoperasiannya. Pengendalian alat-alat industri sekarang ini dapat dimonitor melalui satu alat jadi untuk start dan stop sistem dapat dilakukan satu orang saja. Keunggulan sistem pengereman dinamik motor induksi 3 fasa berbasis smartphone adalah waktu yang sangat tepat, tidak memerlukan tenaga dan main power yang banyak, serta meningkatkan hasil produksi.

Keuntungan motor induksi 3 fasa konstruksi simple dan kokoh, ekonomis, dan perawatannya mudah dapat diandalkan, tidak mempunyai nilai tugi yang tinggi, mudah pengoperasiannya. Kekurangan motor induksi 3 fasa nilai arus nominalnya pada saat start tinggi, pengontrolan kecepatan yang sulit. Kontruksi motor induksi terdiri dari dua bagian yaitu stator bagian yang diam, rotor bagian yang berputar. Stator terdiri beberapa bagian yaitu rangka motor, akur tempat kumparan, dan pusat stator. Sedangkan rotor terdiri dari tembaga berbentuk silinder dan kumparan. Tipe rotor adalah kumparan dan sangkar tupai.

Terdapat lima metode pengereman pada motor listrik, yaitu pengereman plugging, antiplug, dinamik, regeneratif, dan mekanik. Salah satu metode pengereman yang digunakan pada penelitian lainnya yaitu dengan judul pengereman dinamik pada motor induksi tiga fasa. Pengereman dinamik merupakan sebuah pengereman dengan menginjeksikan arus dc sesaat pada kumparan jangkar motor induksi setelah dilepaskannya suplai daya ke motor sehingga akan terjadi medan magnet pada kumparan jangkar yang akan menghasilkan torsi untuk pengereman motor tersebut.

2.2 Motor Listrik

Saat ini kebutuhan terhadap alat produksi yang tepat guna diperlukan untuk memudahkan proses produksi pada dunia industri. Semua alat yang digunakan pada industri besar menggunakan listrik sebagai sumber energi penggerakannya. Mesin penggerak yang digunakan diantaranya motor tiga fasa dan motor 1 fasa. Hal yang menyebabkan penggunaan motor induksi pada proses produksi diantaranya ialah karena harga motor induksi yang lebih murah dan konstruksinya yang sederhana. Selain memiliki kelebihan juga terdapat kelemahan diantaranya ialah pada motor induksi memiliki nilai slip atau adanya perbedaan kecepatan pada stator dengan kecepatan medan rotornya yang sangat besar, serta pada motor induksi sulit untuk pengendalian kecepatan putarnya (VFO).

2.3 Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi adalah motor listrik yang paling banyak di pakai pada berbagai macam peralatan di perusahaan-perusahaan besar, kehandalannya karena rancangannya yang sederhana, ekonomis dan tidak sukar di dapat, selain dapat langsung di sambungkan ke sumber daya tegangan bolak-balik, dan juga merupakan motor dengan arus bolak-balik yang luas penggunaannya. Arus yang diperoleh pada motor induksi tersebut merupakan arus yang terjadi akibat adanya perbedaan putaran antara rotor dengan putaran stator pada motor. Motor induksi dipasang sebagai penggerak untuk mesin ukuran besar dengan beban cukup berat.

Salah satu contoh dari motor induksi ialah motor sinkron. Motor induksi tiga fasa merupakan motor arus bolak-balik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik.

Dimana arus yang menuju ke kumparan stator yang mempunyai beda fasa 120° , agar menghasilkan medan magnet putar yang besar. Batang konduktor di rotor dapat menginduksi tegangan yang dihasilkan akibat medan magnet putar yang memotong, kumparan jangkar pada rotor merupakan kumparan tertutup. Didalam kumparan dapat mengalir arus pada rotor, akibatnya akan memberikan momen pada rotor.



Gambar 2.1 Contoh motor listrik induksi 3 fasa *squirrel cage* AC (Sumber: Theraja)

Motor induksi juga dapat dikatakan sebagai motor tak serempak karena memiliki perbedaan putaran antara kecepatan medan rotor dan medan statornya. Motor induksi tidak memerlukan sikat maupun komutator, sehingga konstruksi motor induksi 3 fasa lebih sederhana dibandingkan dengan motor arus searah.

2.3.1 Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi umumnya memiliki tiga hal terpenting yaitu, stator, rotor, dan celah udara. Stator merupakan bagian yang diam dan memiliki kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik pada kumparan rotor. Stator motor induksi berupa kerangka yang berbentuk silinder yang tersusun atas lapisan baja tipis dengan kumparan stator terdistribusi pada alur-alur disekeliling kerangka, serta dengan empat tegangan tiga fasa. Sedangkan celah udara merupakan tempat perpindahan antara stator dan rotor. Celah udara pada motor induksi menyebabkan faktor daya motor induksi menjadi rendah karena pada celah udara akan memperbesar magnetisasi yang diperlukan untuk menimbulkan fluks di celah udara tersebut. Komponen pada motor induksi yakni salah satunya rotor, dimana rotor pada motor induksi terdapat dua jenis yang diantaranya rotor sangkar tupai yang terdiri dari batang penghantar

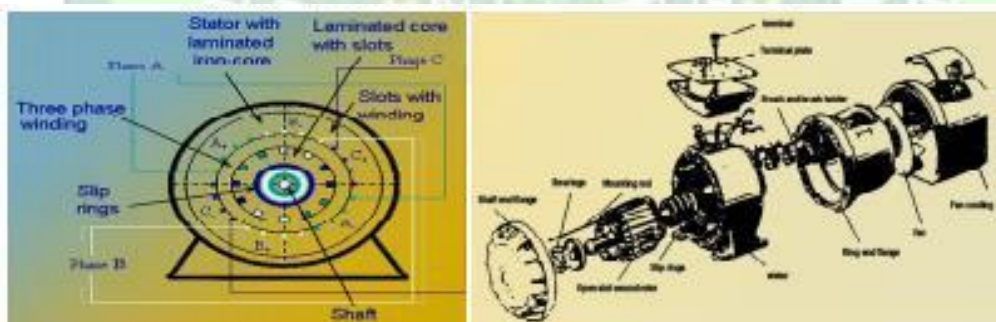
tebal yang dilekatkan dalam petak-petak slots paralel. Batang-batang tersebut di beri hubungan pendek pada kedua ujungnya dengan alat cincin hubungan pendek.

Tabel 2.1 Pasangan kutub (p), jumlah kutub dan kecepatan mesin

Pasangan Kutub	1	2	3	4	6
Jumlah Kutub	2	4	6	8	12
RPM	3000	1500	1000	750	500

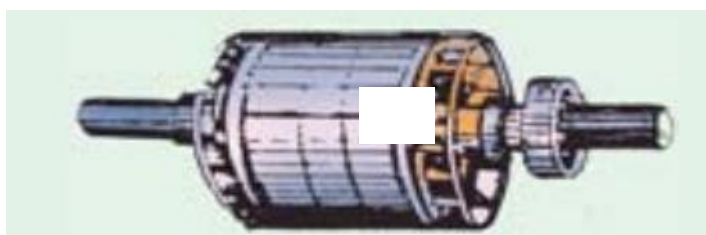
Sumber: Elvys Hirsley Anthon Masihin (2008).

Pada bulatan rotor memiliki susunan tiga fase, lapisan ganda dan terbagi. Di susun melingkar sesuai jumlah kutub stator, tiga fase di gulungi kawat tembaga, bagian intinya dan ujung-ujung yang lainnya di sambungkan ke cincin kecil yang di lekatkan pada batang as dengan sikat yang melekat erat padanya. Stator di buat dari berbagai stampings dengan slots, untuk membawa kumparan tiga fase. Kumparan ini di lingkarkan untuk sesuai dengan kutubnya. Gulungan di beri spasi geometri seukuran 120 derajat. Adapun gambar rotor belitan seperti dibawah ini :



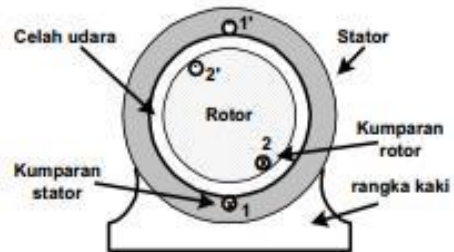
Gambar 2.2 Rotor belitan (*wound rotor*) (Sumber: Elvys Hirsley Anthon Masihin, 2008)

Wujud rotor motor penggerak seperti sangkar menyerupai sangkar tupai, terdapat bagian-bagian batang konduktor disusun serta dikoneksikan di setiap ujung-ujungnya dengan penghubung *ring*



Gambar 2.3 Rotor sangkar tupai (*squirrel cage rotor*) (Sumber: Theraja)

Bentuk gambar penampang stator dengan rotor pada motor penggerak terlihat pada gambar 2.4 dibawah ini:



Gambar 2.4 Gambar motor induksi dengan satu kumparan stator dan rotor
(Sumber:Elvys Hirsley Anthon Masihin, 2008)

Motor induksi dibagi menjadi dua kelompok utama (parekh, 2003) yakni antara lain motor listrik induksi satu fase dan motor induksi listrik tiga fase. Motor induksi satu fase hanya terdapat sebuah gulungan stator, pengoperasinya dengan pasokan daya tunggal. rotornya seperti kandang tupai dan membutuhkan alat bantu untuk menjalankan motornya. Sejauh ini motor penggerak satu fase merupakan jenis motor yang sering di pakai dalam perabotan rumah tangga seperti kipas, pompa air,mesin pendingin ruangan, mesin cuci serta pengering pakaian dan kekuatannya hanya 1 sampai 4 hp. Motor listrik tiga fase medan magnet yang berputar di peroleh motor dari pasokan daya tiga fase secara seimbang. Motor mampu memiliki daya sangat tinggi dapat mempunyai rumah tupai,pada gulungan rotor (90 persen memiliki rotor rumah tupai) dan pengoperasiannya sendiri. Di perkirakan bahwa sekitar 70 persen motor di pabrik-pabrik memakai jenis ini sebagai contoh pompa, kompresor, belt konveyor, jaringan listrik dan grinder. Tersedia dalam ukuran yang beragam dari ukuran sepertiga HP sampai ratusan HP sesuai

2.3.2 Langkah Kerja Motor Pengerak

Motor penggerak yaitu suatu alat listrik yang digunakan untuk merubah energi listrik menjadi energi mekanik, listrik yang di ubah adalah listrik tiga fase. Prinsip kerja pada motor penggerak ialah pada stator akan disuplai tegangan tiga fasa. Karena stator merupakan suatu rangkaian tertutup. Dan setiap tegangannya distator akan menghasilkan arus dan medan

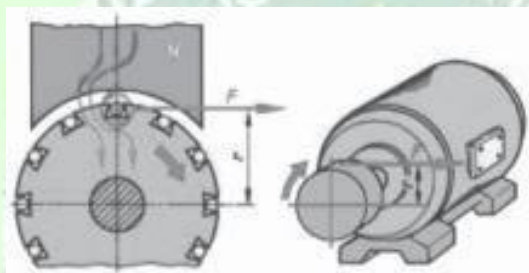
magnet yang dihasilkan akan berputar dengan arah putaran tergantung dengan arah arus tiga fasa. Karena rotornya merupakan bagian tertutup, arus induksi akan mulai mengalir pada rotor dan menimbulkan medan magnet rotor.

Medan magnet putar dengan medan magnet rotor akan saling berhubungan dan akan mengakibatkan medan magnet resultan. Adanya medan magnet, arus rotor, dengan panjang rotor akan memperoleh gaya Lorentz, akibatnya gaya ini akan memunculkan torsi untuk menjalankan rotor.

2.3.3 Torsi

Torsi juga disebut dengan momen (M) yang merupakan perkalian gaya F(Newton) panjang lengan L (meter), sehingga diperoleh rumus::

$$M = F.L \text{ (Nm)} \tag{2.1}$$



Gambar 2.5 Torsi motor

Gaya F yang diperoleh dari sebuah motor listrik didapat dari interaksi dengan medan magnet putar di stator sama medan induksi berasal di rotor.

$$F = B. I. L \tag{2.2}$$

Banyaknya belitan di rotor Z dan jari – jari polly rotor besarnya r (meter), maka torsi yang dihasilkan motor yaitu:

$$M = B. I. L. Z. r \text{ (Nm)} \tag{2.3}$$

M = Torsi

B = Medan magnet

I = Arus

L = Gaya lorentz

Z = Impedansi

R = Jari-jari

Di dalam rotor tegangan melalui medan magnet. Tegangan tersebut memungkinkan suatu arus mengarah ke tangkai rotor sirkuit pendek dan kemudian akan menimbulkan torsi pada

tangkai pendek. Torsi motor diperoleh dalam gaya dapat menggerakkan tangkai motor. Motor akan menyerap sebuah energi, energi yang diserap pada motor sesuai dengan persamaan di bawah ini:

$$W = F \times d \quad (2.4)$$

Dimana, d adalah diameter dan n merupakan jumlah putaran:

$$d = n \cdot 2\pi r \quad (2.5)$$

Energi juga dapat dijabarkan sebagai daya aktif dikalikan dengan waktu:

$$W = P \times t \quad (2.6)$$

Pada persamaan di atas menunjukkan hubungan antara kecepatan n (RPM), torsi (Nm) dengan daya motor P (kW). Persamaan di atas memberikan gambaran luas secara cepat ketika melihat pada n , dan P dengan hubungannya dengan nilai yang sesuai pada titik pengoperasian yang diberikan yaitu (n_r dan P_r). Nilai titik pengoperasian normalnya pada motor dan rumus dapat digunakan pula sebagai berikut:

$$P_r = x_r n_r \quad (2.7)$$

Torsi rata-rata dari suatu motor, dan merupakan nilai mekanis dan listrik untuk motor tersebut sesuai dengan rancangan standar. Hal ini dapat diketahui dari plat nama motor dan juga direferensikan sebagai nilai plat nama. Nilai mengindikasikan operasionalnya. Sebuah motor penggerak dapat langsung dihubungkan ke sumber power .

2.3.4 Hubungan Kecepatan, Torsi, dan Daya Motor

Seperti yang sudah diketahui bahwa untuk mengetahui nilai daya pada motor dengan menggunakan rumus yang sederhana dapat dirumuskan dengan,

$$P = V \cdot I \quad (2.8)$$

Dimana P adalah daya, V adalah tegangan, dan I adalah arus. Namun pada mesin listrik torsi yang diperoleh sebuah motor penggerak disalurkan lewat poros untuk menggerakkan peralatan pabrik. Hubungan di antara torsi dan daya motor listrik dapat dirumuskan dengan persamaan dibawah ini:

$$P = V \cdot I, \text{ sedangkan } M = F \cdot L \text{ (Nm)} \quad (2.9)$$

$$P = V \cdot I, \text{ kecepatan } v = \frac{dL}{dt} \left(\frac{m}{\text{oce}} \right) \quad (2.10)$$

Jarak yang ditempuh dalam satu putaran poros :

$L = 2\pi r$, sehingga kecepatan $v = 2\pi r \cdot n$

Dengan memberikan gaya F yang terjadi di poros, maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$P = 2\pi r \cdot F \cdot n \quad (2.11)$$

Dan kemudian didapatkan hubungan antara daya motor P sama torsi poros M dengan perumusan:

$$P = 2\pi \cdot N \cdot M \text{ (Nm/menit)} \quad (2.12)$$

2.3.5 Kecepatan putaran Motor Induksi

Motor penggerak cara kerja yaitu listrik di pasok ke stator untuk mendapatkan medan magnet, dimana medan magnet tersebut akan bergerak sesuai kecepatan sinkron di daerah rotor. Arus rotor akan mendapatkan medan magnet kedua, yang berupaya untuk melakukan perlawanan terhadap medan magnet stator yang akan menyebabkan rotor tersebut berputar. Walaupun begitu dalam kenyataannya motor tidak pernah mencapai kecepatan penuh maupun kecepatan dasar yang sangat pelan. Perselisihan perbedaan di antara kecepatan tersebut di sebabkan adanya geseran atau slip yang meningkat dengan di ikuti meningkatnya beban. Geseran ini terjadi di semua motor induksi, untuk menghindari hal tersebut dapat di pasang sebuah cincin geser.



Gambar 2.6 Putaran motor dilihat dari sisi poros

Untuk putaran arah motor induksi sendiri terdapat dua putaran yakni sejalan dan berlawanan dengan arah jarum jam. Putaran ini tergantung pada motor dan alat yang akan di

gunakan, untuk arah putarannya. Jika ingin membalikkan putaran motor hanya dengan mengganti ke salah satu fase lainnya antara fase R S maupun T.

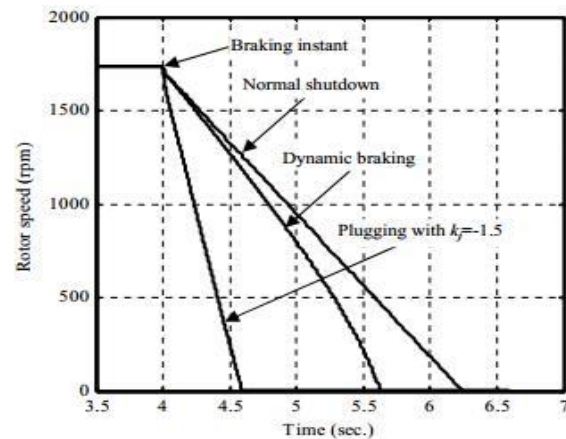
2.4 Pengereman Motor penggerak

Motor penggerak bisa diperlambat kecepatannya secara mekanikal, tetapi sistem tersebut masih memerlukan perawatan yang bersifat teratur karena ada sebuah kecenderungan untuk cepat rusak dengan tujuan untuk menjaga life time pada pengereman motor tersebut. Maka dari itu digunakanlah beberapa sistem pengereman yang dapat mengurangi efek negatif dari pemakaian sistem pengereman secara mekanik diantaranya yaitu pengereman *regeneratif*, pengereman *plugging*, dan pengereman *dinamic*. Metode yang digunakan pada tiap-tiap pengereman sebuah motor penggerak tergantung berdasarkan dari kondisi peralatan di tempat kerja yang diharapkan.

2.4.1 Pengereman *Plugging*

Pengereman *plugging* atau pengereman mendadak adalah pengereman suatu motor dalam masa yang relatif singkat (Riko Euler Sitinjak, 2008). Pengereman pada motor penggerak menjadi persoalan yang penting pada aplikasi di industri serta memerlukan waktu berhenti yang cepat. Pengereman *plugging* berjalan sangat cepat dengan kecepatan arus yang tinggi ketika akan dilakukan pengereman motor harus terputus dari sumber ketika kecepatan mencapai nol akan di injek tegangan DC dan motor akan membalik arah putaran (Mahmoud M. Elkholy, 2015).

Metode pengereman *plugging* adalah salah satu pengereman elektrik yang digunakan pada motor (P.L. Rongmei, 2012). Prinsip kerja pada pengereman *plugging* dengan mengkopel antara motor penggerak dengan generator DC yaitu sebagai berikut. Ketika motor penggerak mendapat *supply* tegangan tiga fasa dari sumber maka motor akan berputar dengan kecepatan nominal, semakin besar *input* tegangan pada motor maka kecepatan sinkron pada motor akan lebih cepat. Perputaran motor akan memicu perputaran pada generator DC, sebagai identifikasi bahwa terdapat arus maupun tegangan didalam generator DC maka dipasang sebuah beban lampu indikator. Saat sumber tegangan tiga fasa pada motor induksi terlepas maka akan dilakukan injek berupa tegangan DC ke motor DC yang semula adalah generator DC untuk membalik arah putaran pada motor dan terjadi pengereman *plugging*. Perbandingan antara pengereman *plugging*, dan pengereman *dinamic* dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



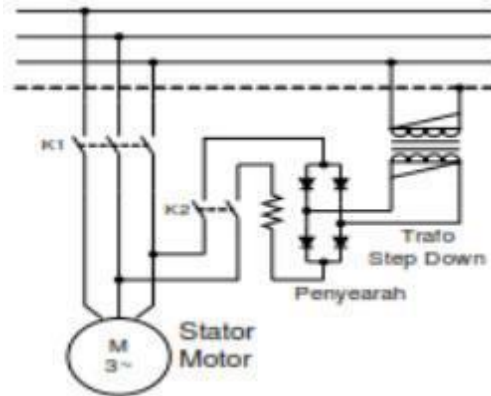
Gambar 2.7 Rotor pada kecepatan normal dengan metode pengereman *dynamic*, metode pengereman *plugging* (Haroutuon A. Hairik, 2010)

Sumbu x menunjukkan waktu dan sumbu y merupakan RPM motor. Pada pengereman *plugging* terjadinya waktu berhenti pada motor lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan pengereman *dinamic*. Pada pengereman *plugging* semakin besar tegangan DC yang di injek maka akan mempengaruhi besar arus pengereman dan waktu pengereman pada motor (P.L. Rongmei, 2012). Waktu pengereman yang terukur akan semakin singkat saat sumber tegangan yang diberikan semakin tinggi dan juga sebaliknya. Menurut Theraja, motor induksi dapat dengan cepat dihentikan hanya dengan mengubah antara salah satu dari dua *lead* statornya. Dengan membalikkan arah fluks bergulir yang menerapkan rem pada motor menghasilkan torsi dalam arah sebaliknya. Selama periode memasukkan tegangan motor bertindak sebagai rem.

Rangkaian pengereman dengan metode *plugging* motor arus searah dengan penguatan seri dapat dikendalikan dengan menggunakan kontaktor magnetik. Maka motor tersebut akan secara otomatis melakukan pengereman tanpa harus melakukan penekanan saklar secara manual.

2.4.2 Pengereman *Dinamic*

Cara pengereman motor penggerak yang selanjutnya ialah metode pengereman *dynamic*. Pengereman ini difungsikan untuk menghambat putaran pada rotor motor induksi.



Gambar 2.8 Rangkaian pengereman *dinamic*

Pada gambar 2.8 menunjukkan rangkaian pengereman dengan menginjeksikan arus searah pada motor tersebut. Dimana arus searah (DC) yang ditambahkan pada kumparan stator akan meningkatkan medan magnet dengan tujuan untuk mengurangi tegangan di rotor. Maka, dari proses tersebut guna mendapatkan medan magnet yang sesuai dengan rancangannya. Medan magnet yang di hasilkan tadi akan berotasi sebanding dengan kecepatan yang sama dengan rotor. Interaksi antara medan resultan dengan gerak gaya magnet itu dapat menyebabkan munculnya torsi yang berlawanan dengan torsi motor itu sendiri maka terjadilah pengereman. Karena torsi pengereman seimbang dengan arus injeksi.

Pengereman dinamik yaitu model pengereman motor penggerak dengan model menambahkan arus DC pada stator, karena rotor dalam keadaan hubung singkat maka akan timbul medan magnet yang berputar sama dengan kecepatan rotor namun arahnya yang saling berlawanan torsi yang bertolak belakang dengan torsi motor sehingga terjadilah pengereman. Untuk mendapatkan torsi pengereman yang maksimal maka, belitan pada motor penggerak ditambah eksitasi penuh. Untuk menghitung besarnya tahanan pada pengereman dinamik dapat dilihat dari persamaan dasar penurunan tegangan pada kumparannya berikut ini :

$$E = I (R_{arm} + R_b) \dots\dots\dots (2.13)$$

Tahanan untuk pengereman dinamik yaitu :

$$R_b = - R_{arm} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana : $\frac{E}{I}$

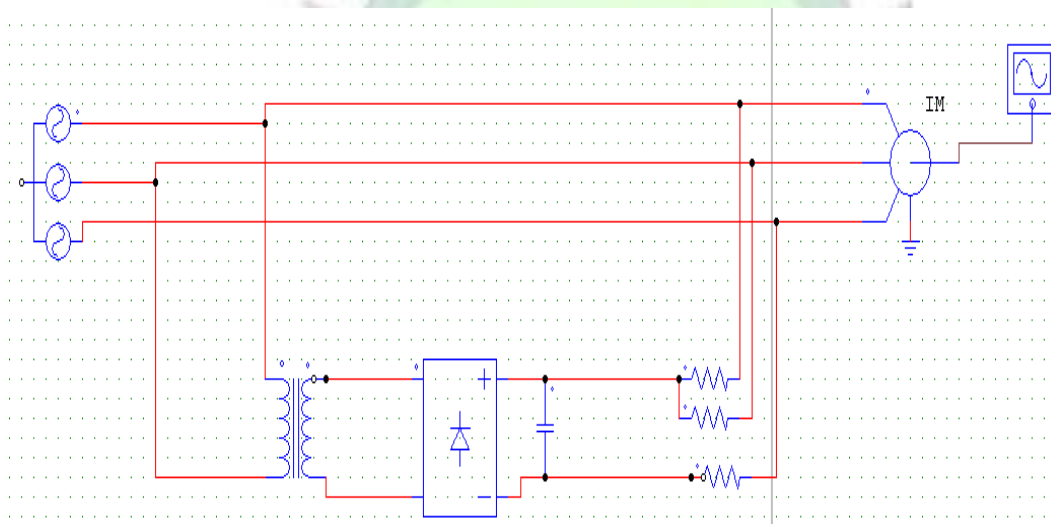
E : Tegangan pada saat pengereman dinamik (V)

I : Arus pada saat pengereman dinamik (A)

R_{arm} : Tahanan jangkar motor (Ω)

R_b : Tahanan pengereman (Ω)

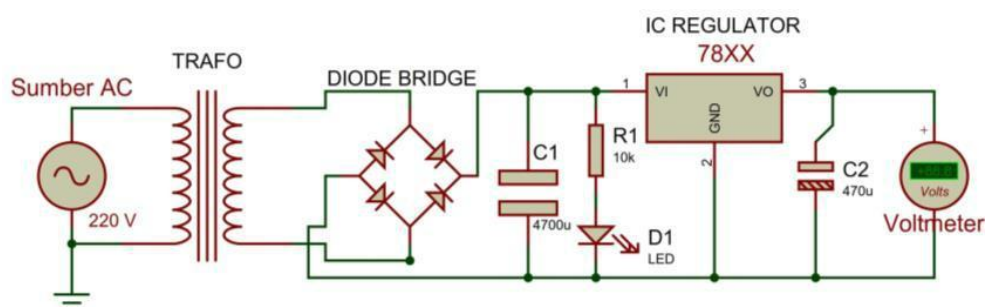
Rangkaian pengereman dinamik motor listrik penggerak dapat dijelaskan ditunjukkan dari gambar berikut :



Gambar 2.9 Sistem Pengereman Dinamic

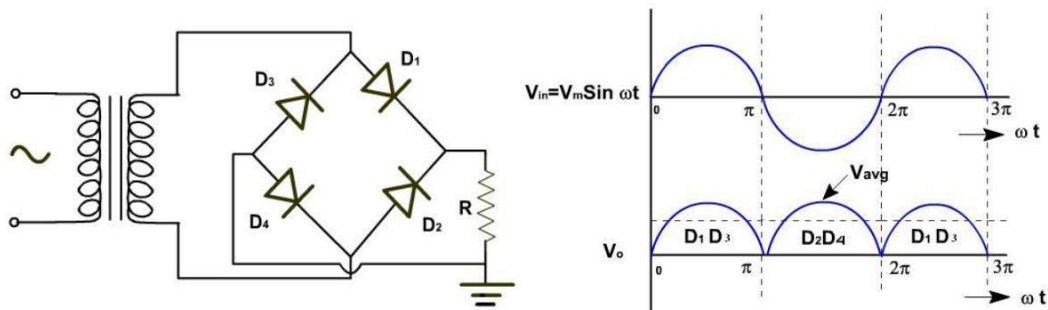
2.5 Penyearah Satu Fasa Gelombang Penuh

Rangkaian catu daya (*power supply*) adalah rangkaian elektronika daya yang menghasilkan tegangan *ouput* dc *fixed* atau variabel. Rangkaian ini terdiri dari transformator, penyearah gelombang (*rectifier*), filter, dan regulator tegangan. Rangkaian ini berguna sebagai penyalur suplai tegangan dc ke perangkat keras yang membutuhkan tegangan dc. Rangkaian penyearah fasa tunggal gelombang penuh dapat tunjukkan dari gambar 2.10 dibawah ini :



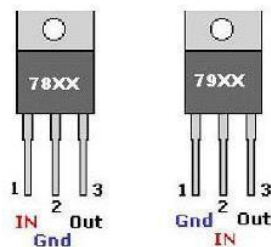
Gambar 2.10 Rangkaian Catu Daya Gelombang Penuh

Di rangkaian power supply terdapat transformator step down yang berfungsi menurunkan tegangan sumber dari PLN (AC 220 volt) menjadi tegangan output yang diinginkan. Rangkaian power masuk dan arus yang dihasilkan dapat ditunjukkan dari gambar 2.9. berikut ini :



Gambar 2.11 Rectifier dengan Dioda Bridge dan Tegangan Output

Pada rangkaian power masuk dibutuhkan lagi regulator tegangan. Regulator tegangan dipakai untuk memperoleh tegangan keluar sesuai nilai yang tertera pada regulator itu sendiri. Regulator tegangan berbentuk IC regulator dengan tipe 78xx dan 79xx. Dua angka dibelakang menjelaskan nilai tegangan output yang dihasilkan oleh IC tersebut. Contoh gambar IC regulator tegangan:



Gambar 2.12 Konfigurasi IC Regulator 78xx dan 79xx

2.6 Relai

Relai merupakan komponen-komponen elektronik fungsinya adalah saklar otomatis yang dapat menghubungkan atau memutus dengan menggunakan kontrol dari rangkaian lain. Relai terbagi dari *coil* dan *contact*. *Coil* berfungsi sebagai konduktor untuk mendapat arus listrik. Sebaliknya *contact* berfungsi sebagai saklar pergerak cara bekerjanya berdasarkan ada tidaknya arus listrik di *coil*. *Contact* pada relai terdiri dari dua jenis, yaitu *normal buka* (kondisi awal sebelum diaktifkan) dan *normal tutup* (kondisi permulaan sebelum diaktifkan).

Prinsip kerjanya dari relai berdasarkan kumparan pada relai sendiri di injek listrik, maka akan muncul gaya magnet tarik menarik atau berpegas sesuai dengan relai yang akan di fungsikan, kemudian *contact* akan memutus. Relai pada aplikasinya dapat dipakai untuk *switching masukan* maupun *keluaran* pada sistem mikrokontroler atau bidang lainnya.

