

Desain dan Simulasi Motor Induksi 3 Fasa dengan Menggunakan Matlab

Rifdian Indrianto Sudjoko¹, Hartono²

^{1,2}Politeknik Penerbangan Surabaya

Jl. Jemur Andayani I, No. 73 Surabaya 60236

Email : rifdian.anto@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan dari motor induksi sangatlah luas karena motor ini harganya murah, desain yang sederhana, dan memiliki keandalan yang tinggi. Untuk dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan para penggunanya, peralatan elektronika daya, seperti PWM inverter, digunakan untuk mengendalikan dan memperluas daerah kerja dari motor induksi. Pengendalian motor induksi dengan menggunakan PWM inverter dapat dilakukan dengan mengatur nilai tegangan dan frekuensi masukan pada sisi stator dari motor induksi.

Pada penelitian ini, karakteristik dari motor induksi dengan sumber PWM inverter disimulasikan dengan menggunakan program SIMULINK dari MATLAB . Motor induksi yang digunakan adalah rotor tipe sangkar dan simulasi dilakukan dengan cara memvariasikan nilai frekuensi masukan stator dan juga indeks modulasi, dengan demikian akan didapatkan nilai torsi elektromagnetik dan kecepatan putar rotor dari motor induksi.

Dari hasil simulasi tersebut akan dianalisa pengaruh frekuensi dan amplitudo tegangan masukan pada nilai torsi elektromagnetik dan kecepatan putaran rotor.

Kata kunci : Motor induksi, PWM inverter, Simulink

PENDAHULUAN

Latar Belakang Permasalahan

Penggunaan motor induksi saat ini sangatlah luas. Untuk mengimbangi hal tersebut diperlukan peralatan tambahan agar motor induksi dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan para penggunanya. Peralatan elektronika daya dapat digunakan untuk mengendalikan kinerja dari motor induksi, selain itu dapat juga memperluas daerah kerjanya.

Rumusan Masalah

Peningkatan penggunaan motor induksi menyebabkan penggunaan peralatan pengendali motor induksi yang juga semakin meningkat. PWM inverter merupakan salah satu peralatan yang dapat digunakan untuk mengendalikan kinerja dari motor induksi. Dengan menggunakan PWM inverter kita dapat mengatur kecepatan putar rotor dan torsi elektromagnetik yang dihasilkan oleh motor induksi.

Batasan Masalah

Pembahasan pada penelitian ini dibatasi pada pengaturan kecepatan putar rotor, besar torsi elektromagnetik, slip, dan frekuensi slip dari motor induksi rotor tipe sangkar yang dicatu dengan menggunakan PWM inverter dengan memvariasikan nilai frekuensi dan tegangan masukan pada kumparan stator.

LANDASAN TEORI

Motor induksi adalah motor arus bolak-balik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Disebut motor induksi karena arus pada rotor tidak diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara kecepatan rotasi rotor dan kecepatan rotasi medan putar yang dihasilkan oleh arus stator, sehingga motor induksi juga biasa disebut sebagai motor tak serempak.

METODE PENELITIAN

Motor Induksi Tiga Fasa

Pada pembahasan selanjutnya akan digunakan motor induksi tiga fasa rotor sangkar dengan asumsi tidak terdapat saturasi magnet. Saat tegangan sinusoidal tiga fasa dengan frekuensi $f = \omega/2\pi$ dicatu pada bagian stator, maka akan mengalir arus tiga fasa yang seimbang pada kumparan stator. Arus tersebut akan menghasilkan medan magnet dan fluks yang terus berotasi pada kumparan stator. Fluks pada kumparan stator tersebut akan melalui celah udara antara bagian stator dan bagian rotor dengan amplitudo konstan dan kecepatan rotasi yang juga konstan yang disebut sebagai kecepatan sinkron. Persamaan kecepatan sinkron dapat ditulis sebagai berikut:

$$\omega_s = \frac{2\pi/(p/2)}{1/f} = \frac{2}{p}(2\pi f) = \frac{2}{p}\omega$$

dengan

ω_s : kecepatan sinkron (rad/s)

p : jumlah kutub pada kumparan stator

f : frekuensi tegangan catu dan arus pada kumparan stator (hertz)

Dalam putaran per menit persamaan kecepatan sinkron dapat dinyatakan sebagai:

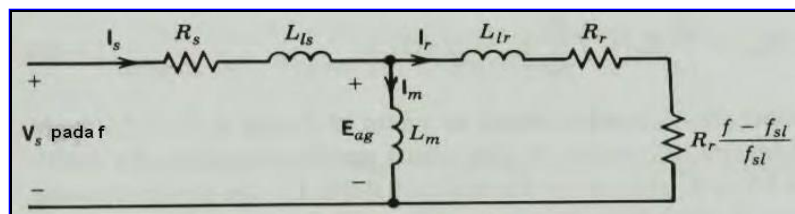
$$n_s = 60 \times \frac{\omega_s}{2\pi} = \frac{120}{p} f$$

dengan

n_s : kecepatan sinkron (ppm)

p : jumlah kutub pada kumparan stator

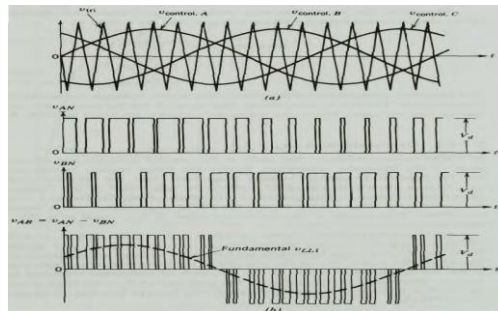
f : frekuensi tegangan catu dan arus pada kumparan stator (hertz)



PWM Inverter **Gambar 1.** rangkaian ekivalen motor induksi

PWM Inverter adalah alat yang digunakan untuk mengubah atau mengkonversi tegangan masukan searah menjadi tegangan keluaran bolak-balik dengan besar tegangan dan

frekuensi tertentu dengan menggunakan teknik modulasi lebar pulsa. Terdapat berbagai macam bentuk pulsa yang dapat digunakan untuk modulasi, namun pada pembahasan selanjutnya hanya akan digunakan pulsa berbentuk sinusoidal.



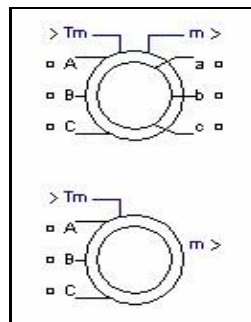
Gambar 2. Proses PWM inverter tiga fasa

Karakteristik Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Yang Dicu Dengan Menggunakan Pwm Inverter

Penggunaan PWM inverter pada motor induksi tiga fasa bertujuan untuk mengatur kinerja dari motor induksi. Selain itu penggunaan PWM inverter juga dapat memperluas daerah kerja dari motor induksi. Berikut ini akan dijelaskan karakteristik kerja dari motor induksi tiga fasa pada berbagai daerah operasi.

PERANCANGAN MODEL SIMULASI

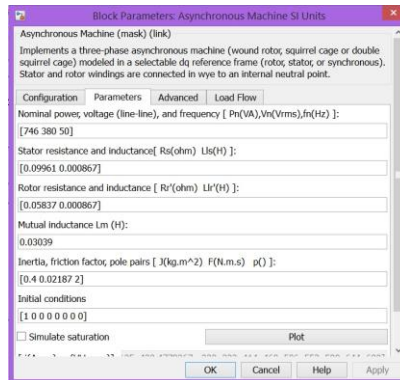
Model Mesin Induksi Tiga Fasa



Gambar 3. Gambar mesin induksi dengan rotor tipe belitan

Gambar di atas merupakan gambar mesin induksi dengan rotor tipe belitan dan pada bagian bawah merupakan gambar mesin induksi dengan rotor tipe sangkar. Pada mesin induksi dengan rotor tipe sangkar, ketiga fasa pada bagian rotornya dihubung singkat.

Pengaturan Model Mesin Induksi dan Penggunaannya pada



Gambar 4. Model mesin induksi pada MATLAB

Untuk nilai torsi mekanik T_m yang dimasukkan pada model mesin induksi digunakan persamaan torsi nominal dari mesin tersebut. Persamaan torsi nominal T_n diperoleh melalui proses perhitungan sebagai berikut:

Berdasarkan persamaan 3.2, maka kecepatan sinkron dari mesin induksi adalah

$$n_s = \frac{120}{p} f = \frac{120}{4} 50 = 1500 \text{ rpm}$$

Atau

$$\omega_s = 1500 \times \frac{2\pi}{60} = 157,14 = 157 \text{ rad/s}$$

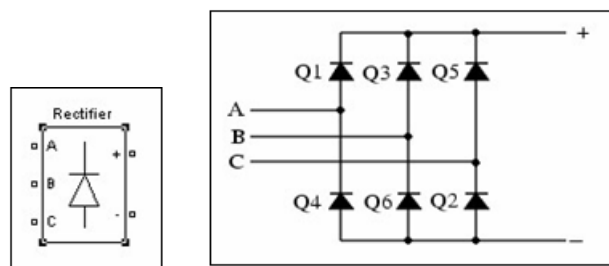
Pada daya nominal P_n 1923 VA, maka torsinominal T_n adalah

$$T_n = \frac{P_n}{\omega_s} = \frac{1923}{157} = 12,25 \text{ Nm}$$

Model Universal Bridge

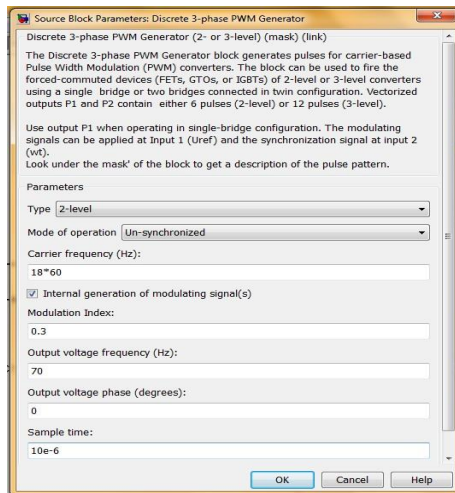
Model *universal bridge* pada program simulink MATLAB merupakan implementasi dari konverter daya universal dengan topologi dan divais elektronika daya yang dapat dipilih.

Model *universal bridge* memungkinkan simulasi dari konverter-konverter yang menggunakan divais elektronika daya terkomutasi secara natural seperti pada dioda dan tiristor dan divais elektronika daya yang terkomutasi melalui pemberian sinyal seperti pada GTO, IGBT, dan MOSFET.



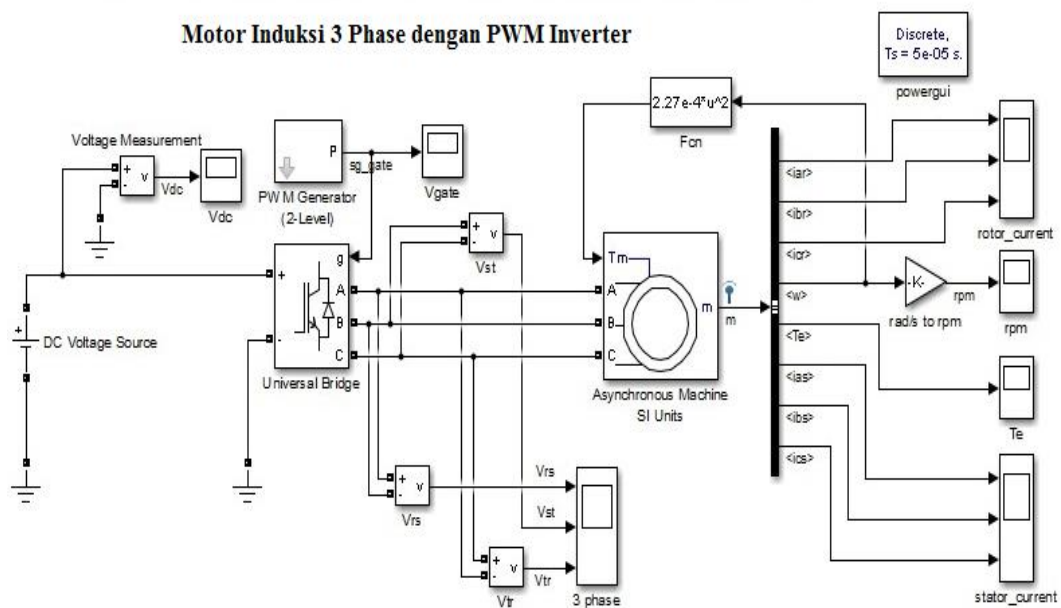
Gambar 5. Model *universal bridge* dioda (kiri) dan konfigurasi jembatan dioda (kanan)

Model Discrete 3-Phase PWM Generator

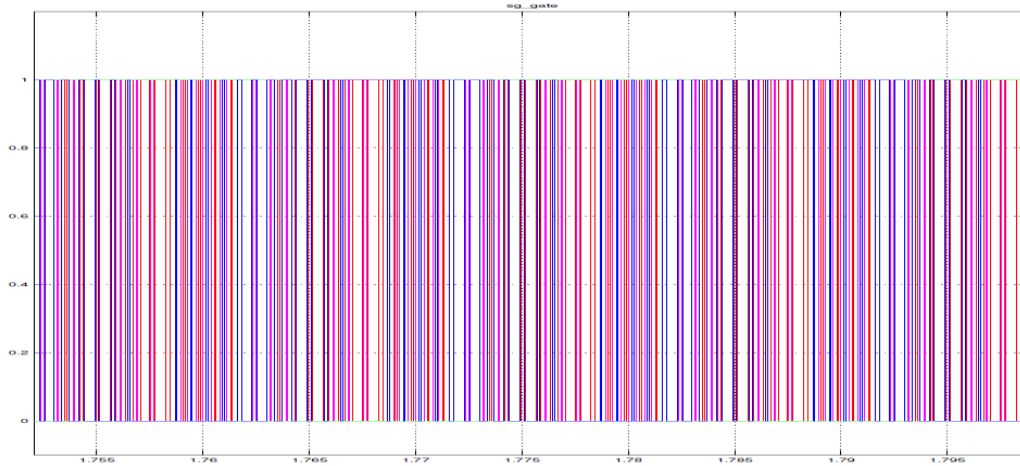


Gambar 6. Blok parameter *discrete 3-phase PWM generator* MATLAB

Pada simulasi ini model *discrete 3-phase PWM generator* digunakan sebagai sinyal masukan pada gerbang (*gate*) dari model *universal bridge* untuk inverter. Hal ini dilakukan karena model *universal bridge* untuk inverter yang digunakan pada simulasi ini merupakan divais elektronika daya yang terkomutasi melalui pemberian sinyal.

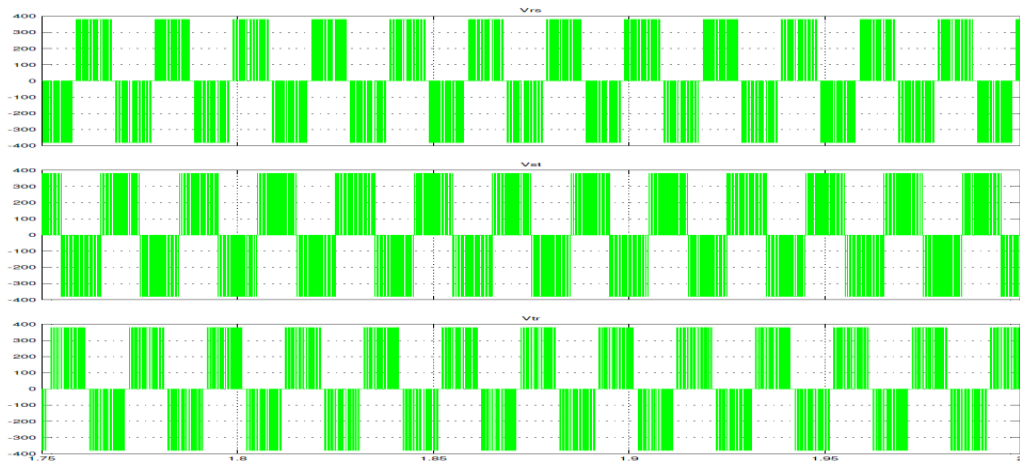


Gambar 7. Rangkaian Simulasi



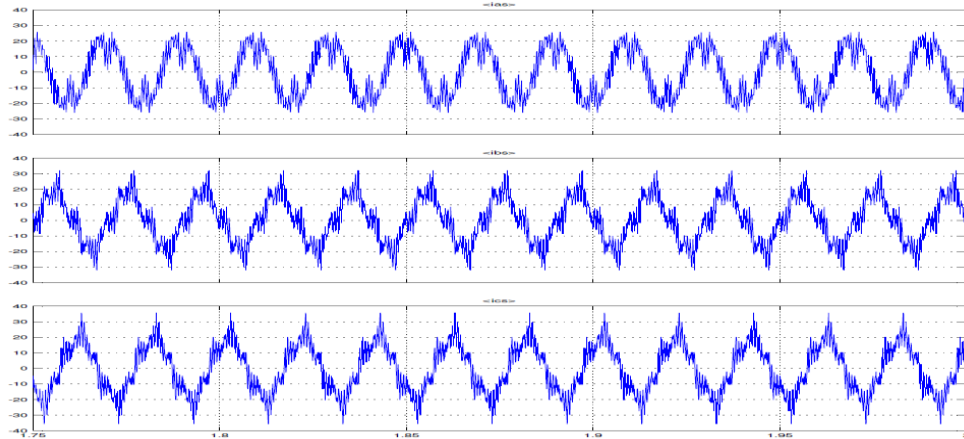
Gambar 8. Sinyal Gate untuk universal bridge

Sinyal gate untuk universal bridge digunakan untuk mengatur on/off dari switch universal gate yg terdiri dari dari 6 switch, switch ini akan di atur hidup dan mati secara bergantian sesuai dengan sinyal gate yang diberikan untuk menghasilkan tegangan output 3 fasa. Tegangan output 3 fasa ini digunakan unukt mensuplai motor induksi.



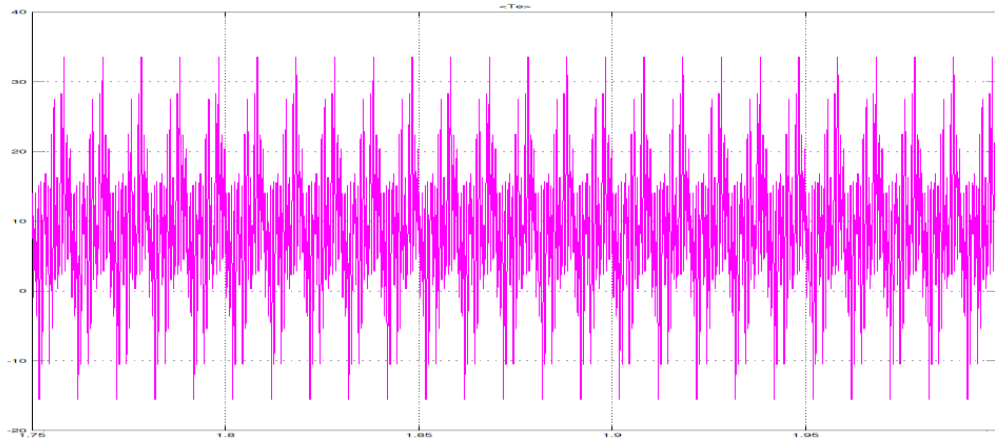
Gambar 9. Output tegangan dari universal bridge/inverter

Tegangan output dari universal bridge/inverter akan menghasilkan tegangan output 3 fasa yang memiliki nilai rms 380Vac untuk tegangan line nya dengan frekuensi sebesar 50 Hz. Nilai tegangan ini adalah sesuai dengan rating motor induksi sehingga dengan suplai tegangan tersebut motor induksi akan berputar dengan kecepatan sesuai dengan rating speed nya.



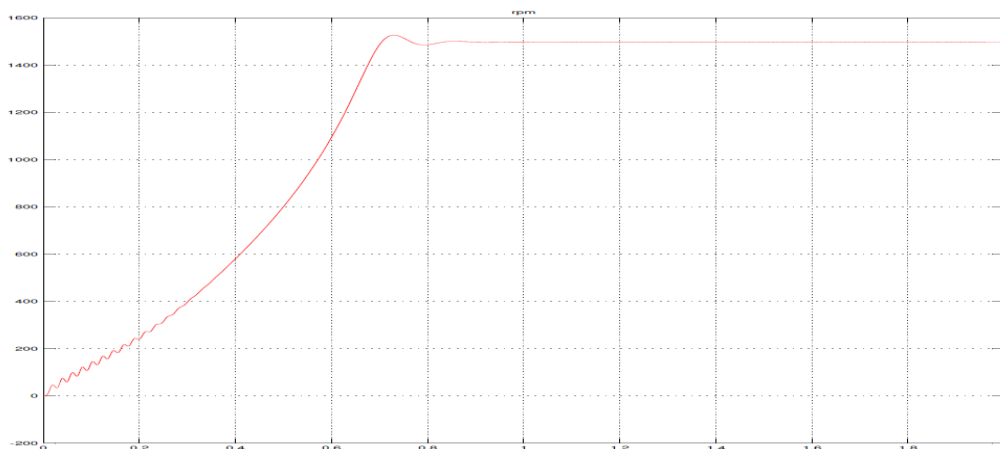
Gambar 10. Arus stator dari motor induksi

Arus stator motor induksi ini merupakan arus line 3 fasa dengan nilai arus yang sama untuk nilai arusnya tetapi berbeda fasa sebesar 120^0 antara fasa satu dengan yang lain.



Gambar 11. Torsi elektromagnetik dari motor induksi

Torsi elektromagnetik dari motor induksi dipengaruhi oleh kecepatan putar (rpm) dari motor induksi tersebut. Kecepatan putar yang berubah-ubah akan menghasilkan torsi elektromagnetik yang berubah-ubah.



Gambar 12. Kecepatan rpm dari motor induksi

Rating dari motor induksi yang digunakan adalah memiliki kecepatan putar 1500 rpm. Berdasarkan grafik rpm diatas, motor induksi telah berputar sesuai dengan kecepatan ratingnya yaitu 1500rpm.

ANALISA HASIL

Simulasi pada penelitian ini dilakukan dengan cara memvariasikan nilai frekuensi dan amplitudo tegangan masukan pada bagian stator dari motor induksi, dimana pengaturan nilai amplitudo tegangan masukan pada bagian stator dilakukan melalui pengaturan nilai indeks modulasi pada model *discrete 3-phase PWM generator*. Nilai-nilai yang akan dianalisis pada simulasi ini adalah kecepatan putar rotor n_r , dan nilai torsi elektromagnetik T_e . Selain itu juga akan dilakukan analisis secara umum terhadap nilai tegangan dan arus stator dari motor induksi.

KESIMPULAN

Pada proses simulasi, semakin besar nilai frekuensi tegangan stator yang digunakan maka semakin lama waktu yang diperlukan untuk mencapai keadaan tunak sedangkan semakin besar nilai indeks modulasi maka waktu yang diperlukan untuk mencapai keadaan tunak akan semakin cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Chapman, Stephen J., *Electric Machinery and Power System Fundamentals* (New York: McGraw-Hill, 2002)
- Finney, David, *Variable frequency AC motor drive system* (London: Peter Peregrinus Ltd., 1991)
- Mohan, Ned, Undeland, Tore M., Robbins, William P., *Power Electronics Converter, Applications and Design* (Singapore: John Wiley & Sons, Inc., 2003)
- Rashid, Muhammad H, *Power Electronics: Circuits, Devices and Applications* (New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1993)
- Zuhal, Zhanggischan, *Prinsip Dasar Elektroteknik* (Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2004)