

## MODEL MOTOR INDUKSI DUAL FIELD ORIENTED CONTROL (DIFOC) MENGUNAKAN INVERTER MULTILEVEL TIGA PHASA *Dual Field Oriented Control (Difoc) Induction Motor Model Using hree-Phase Multilevel Inverter*

I Ketut Wiryajati<sup>1</sup>, I Nyoman Wahyu Satiawan<sup>2</sup>, Ida Bagus Fery Citarsa<sup>3</sup><sup>1</sup>

### ABSTRAK

Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari seperti pada industri otomotif, pertambangan, perhotelan, maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase. Pada dasawarsa ini motor induksi lebih banyak dan sering digunakan pada industri dibandingkan dengan motor DC. Kekurangan motor induksi adalah tidak dapat beroperasi dengan baik pada kecepatan rendah maupun bervariasi. Perlunya dilakukan pengaturan kecepatan adalah untuk mendapatkan efisiensi yang baik. Pengaturan kecepatan motor dapat mereduksi rugi-rugi mencapai 20% dan dapat menghemat energy sekitar 50%.

Untuk mendapatkan performansi motor induksi yang ekstra tinggi, diperkenalkan algorithm model Dual Field Oriented Control (DIFOC), yaitu dengan mengontrol sisi keluaran dari sinyal masukan dari model single FOC yang dimodifikasi menjadi model dual FED. Teknik Dual FOC ini mengubah motor induksi menjadi motor yang berfungsi layaknya seperti motor DC dengan memiliki kinerja yang ekstra tinggi. Algorithma ini menggunakan simulasi MATLAB/SIMULINK pada indeks modulasi 0,65 dan 1,15.

Berdasarkan analisa hasil secara visual dan grafis pengolahan data yang dilakukan diperoleh bahwa performansi dari motor meningkat ditunjukkan dengan gelombang spektrum harmonisa yang bertambah baik pada kedua nilai indeks modulasi. Besaran tegangan, arus dan frekuensi fundamental bertambah besar pada nilai indeks modulasi yang lebih tinggi, sementara nilai THD yang diperoleh lebih baik pada nilai indeks modulasi yang lebih rendah.

**Kata kunci :** Dual Field Oriented Control, motor induksi, Total Harmonik Distorsi (THD)

### ABSTRACT

Induction motors are widely used in everyday life such as in the automotive industry, mining, hotels, and in the household. The commonly used induction motor is a 3-phase induction motor. In this decade induction motors are more numerous and often used in industry compared to DC motors. The shortage of induction motors is that they can not operate properly at low or variable speeds. They need to set the speed to get better efficiency. Motor speed settings can reduce losses to 20% and can save energy about 50%.

To obtain the extra-high performance of an induction motor, the Dual Field Oriented Control (DIFOC) model algorithm is introduced by controlling the output side of the input signal from a single FOC model modified to a dual FED model. This Dual FOC technique transforms the induction motor into a motor that functions like a DC motor with an extra high performance. The algorithm uses MATLAB / SIMULINK simulation on the modulation index of 0.65 and 1.15.

From the analysis of visual and graphical result of data processed, it was found that the increased performance of motor was shown by increasing harmonic spectrum wave in both modulation index values. The fundamental value of voltage, current and frequency increases in higher index modulation value, while the value of THD obtained is better at lower modulation index value.

**Keywords:** Dual Field Oriented Control, induction motor, Total Harmonic Distortion (THD)

### PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak. Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari seperti pada *industry otomotive*, pertambangan, perhotelan, maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase. Pada dasawarsa

ini motor induksi lebih banyak dan sering digunakan pada industri dibandingkan dengan motor DC. Hal ini karena motor induksi memiliki beberapa keuntungan dari pada motor DC yaitu, bentuknya lebih kompak, lebih kecil, tidak memerlukan perawatan, harga relative lebih murah. Tetapi motor

<sup>1</sup>.Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia  
[1.kjatiwirya@yahoo.co.uk](mailto:1.kjatiwirya@yahoo.co.uk); 2. [nwahyus@yahoo.com](mailto:nwahyus@yahoo.com); 3. [gusmanperi@yahoo.com](mailto:gusmanperi@yahoo.com)

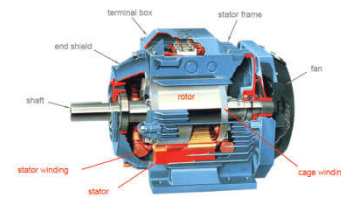
induksi tidak dapat beroperasi dengan baik pada kecepatan rendah maupun bervariasi. Sedangkan motor dc memiliki kemampuan beroperasi pada kecepatan rendah maupun bervariasi. Perlunya dilakukan pengaturan kecepatan adalah untuk mendapatkan efisiensi yang baik. Pengaturan kecepatan motor dapat mereduksi rugi-rugi mencapai 20% dan dapat menghemat energy sekitar 50% (Srvanathi, 2015).

1. Untuk dapat mengatur kecepatan motor induksi, ada beberapa parameter yang bisa diatur. Salah satu cara yang paling efektif untuk mengatur kecepatan motor induksi adalah dengan mengubah frekwensi dari tegangan input (kecepatan motor,  $n = 120 f/P$ , dimana  $f$  adalah frekwensi dan  $P$  adalah jumlah pasang kutub) (Salih, 2015). Dengan mengubah frekwensi maka kecepatan motor dapat diubah dengan step yang sangat halus (*smooth*). Pengaturan kecepatan dengan mengubah frekwensi biasanya diikuti dengan mengubah magnitude tegangan untuk menjaga torsi tetap dalam keadaan optimum. Teknik ini dikenal dengan istilah  $v/f = \text{constan}$  atau disebut dengan metoda *scalar control*. Untuk mendapatkan tegangan dengan frekwensi dan magnitude yang berubah-ubah maka dibutuhkan alat konversi daya yang disebut inverter (Balamurugan, 2015).

2. Metoda yang lain adalah metoda *vector control* atau *Field Oriented Control* (FOC) yaitu suatu cara yang digunakan untuk mengendalikan motor induksi dengan memisahkan torsi dan fluksi. Metoda ini dibagi menjadi dua katagori yaitu *Direct Torque Control* (DTC) dan *Field Oriented Control* (FOC). Kedua metoda ini telah mampu membuat motor induksi menjadi lebih unggul dari pada motor-motor yang lainnya (Gerald, 2015). Dengan metoda pemisahan seperti ini kinerja dari motor induksi menjadi lebih baik dari segi putaran maupun torsi nya..

**Model Motor Induksi Tiga Fasa.** Model pengendalian motor induksi dikategorikan dalam dua model yaitu model dinamis (*dynamic*) dan model elektrik. Model elektrik atau disebut dengan model tunak (*steadystate*) model ini sering digunakan untuk pengendalian motor induksi secara *scalar control* teknik ini berdasarkan atas dasar model rangkaian pengganti dalam keadaan tunak. Sebelum dimodelkan bentuk

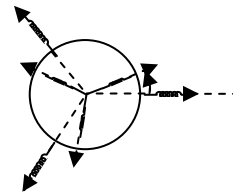
fisik dari motor induksi adalah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk fisik motor induksi dengan belitan stator dan rotor

Motor induksi (MI) penggunaannya sangat luas pada industri karena mempunyai ciri dan kemampuan yang sangat baik. Oleh karena itu banyak metoda yang digunakan untuk meningkatkan kinerja dari motor induksi. Untuk mengatur kecepatan motor induksi maka diperlukan pemodelan matematika sebagai berikut: stator

Motor induksi terdiri dari belitan stator dan belitan rotor, dengan belitan stator a, b, dan b berbeda phasa sebesar 120 derajat, bila dimodelkan secara grafis seperti pada Gambar 2, beda sudut antara rotor dengan stator sebesar  $\theta_r$ ,



Gambar 2. Model dinamik dari motor induksi

Persamaan tegangan pada stator a, b, dan c dinyatakan dengan

$$v_{as} = R_s i_{as} + d(\Psi_{as})/dt \dots\dots\dots(1)$$

$$v_{bs} = R_s i_{bs} + d(\Psi_{bs})/dt \dots\dots\dots(2)$$

$$v_{cs} = R_s i_{cs} + d(\Psi_{cs})/dt \dots\dots\dots(3)$$

Persamaan tegangan pada rotor a,b, dan c,

$$v_{ar} = R_r i_{ar} + d(\Psi_{ar})/dt \dots\dots\dots(4)$$

$$v_{br} = R_r i_{br} + d(\Psi_{br})/dt \dots\dots\dots(5)$$

$$v_{cr} = R_r i_{cr} + d(\Psi_{cr})/dt \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan (1) sampai (6) dapat dinyatakan dengan

$$\mathbf{v}_{abcs} = R_s \mathbf{i}_{abcs} + d(\Psi_{abcs})/dt \dots\dots\dots(7)$$

$$\mathbf{v}_{abcr} = R_r \mathbf{i}_{abcr} + d(\Psi_{abcr})/dt \dots\dots\dots(8)$$

dengan

$\Psi_{abcs}$  = fluksi lingkup stator (*flux linking stator windings*)

$\Psi_{abcr}$  = fluksi lingkup rotor (*flux linking rotor windings*)

Bentuk matrik dari persamaan stator dan rotor

$$\mathbf{v}_{abcs} = \begin{bmatrix} v_{as} \\ v_{bs} \\ v_{cs} \end{bmatrix}, \mathbf{i}_{abcs} = \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix}, \Psi_{abcs} = \begin{bmatrix} \Psi_{as} \\ \Psi_{bs} \\ \Psi_{cs} \end{bmatrix}, \dots(9)$$

$$\mathbf{v}_{abcr} = \begin{bmatrix} v_{ar} \\ v_{br} \\ v_{cr} \end{bmatrix}, \mathbf{i}_{abcr} = \begin{bmatrix} i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix}, \Psi_{abcr} = \begin{bmatrix} \Psi_{ar} \\ \Psi_{br} \\ \Psi_{cr} \end{bmatrix}.(10)$$

$$\Psi_{abcs} = \Psi_{abcs,s} + \Psi_{abcs,r}$$

Jarak antara belitan tiga fasa stator maupun rotor tidak tegak lurus, maka kopling *fluksi magnetic* yang dihasilkan dari masing-masing belitan dapat dinyatakan sebagai jumlah dari setiap belitan dari stator maupun rotor, atau dapat dinyatakan sebagai berikut:

1. Fluksi yang dihasilkan oleh belitan itu sendiri (aa)sr, (bb)sr, (cc)sr.
2. Fluksi yang dihasilkan dari belitan stator dan rotor (ab)sr, (bc)sr, (ca)sr.
3. Fluksi yang dihasilkan akibat ketiga sator atau rotor tersebut. (asar), (bsbr), (cscr).

Secara lengkap dinyatakan dengan,

$$\Psi_{abcs,s} = \begin{bmatrix} L_{as} & L_{abs} & L_{acs} \\ L_{abs} & L_{bs} & L_{bcs} \\ L_{acs} & L_{bcs} & L_{cs} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} \dots\dots(11)$$

$$\Psi_{abcs,r} = \begin{bmatrix} L_{as,ar} & L_{as,br} & L_{as,cr} \\ L_{bs,ar} & L_{bs,br} & L_{bs,cr} \\ L_{cs,ar} & L_{cs,br} & L_{cs,cr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix} \dots\dots(12)$$

$$\Psi_{abcr,r} = \begin{bmatrix} L_{ar} & L_{abr} & L_{acr} \\ L_{abr} & L_{br} & L_{bcr} \\ L_{acr} & L_{bcr} & L_{cr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(13)$$

$$\Psi_{abcr,s} = \begin{bmatrix} L_{ar,as} & L_{ar,bs} & L_{ar,cs} \\ L_{br,as} & L_{br,bs} & L_{br,cs} \\ L_{cr,as} & L_{cr,bs} & L_{cr,cs} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} \dots\dots(14)$$

dengan Induktansi diri pada rotor terdiri dari Induktansi magnetic ( $L_{ms}$ ) dan induktansi bocor ( $L_{ls}$ ) atau  $L_{as} = L_{bs} = L_{cs} = L_{ms} + L_{ls}$  demikian juga untuk rotor  $L_{ar} = L_{br} = L_{cr} = L_{ms} + L_{lr}$ .

Karena belitan dianggap simetri, maka persamaan diatas dapat di tulis menjadi bentuk berikut:

$$\Psi_{abcs,s} = \begin{bmatrix} L_{ms} + L_{ls} & -\frac{L_{ms}}{2} & -\frac{L_{ms}}{2} \\ -\frac{L_{ms}}{2} & L_{ms} + L_{ls} & -\frac{L_{ms}}{2} \\ -\frac{L_{ms}}{2} & -\frac{L_{ms}}{2} & L_{ms} + L_{ls} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} \dots\dots(15)$$

Induktansi bersama dari belitan stator dan rotor tergantung dari posisi sudut rotor ( $\theta_r$ ) dan perbandingan belitan rotor dan stator. Sehingga persamaan dapat dinyatakan berikut:

$$\Psi_{abcsr} = \frac{N_r L_{ms}}{N_s} \begin{bmatrix} \cos\theta_r & \cos(\theta_r + 2\pi/3) & \cos(\theta_r - 2\pi/3) \\ \cos(\theta_r - 2\pi/3) & \cos\theta_r & \cos(\theta_r + 2\pi/3) \\ \cos(\theta_r + 2\pi/3) & \cos(\theta_r - 2\pi/3) & \cos\theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix} \dots\dots(16)$$

$$\Psi_{abcsr} = \frac{N_r L_{ms}}{N_s} \begin{bmatrix} \cos\theta_r & \cos(\theta_r - 2\pi/3) & \cos(\theta_r + 2\pi/3) \\ \cos(\theta_r + 2\pi/3) & \cos\theta_r & \cos(\theta_r - 2\pi/3) \\ \cos(\theta_r - 2\pi/3) & \cos(\theta_r + 2\pi/3) & \cos\theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} \dots\dots(17)$$

Karena akan dikendalikan secara vector maka bentuk sumber tiga fasa dikonversi dengan vector phasor,

Bila kita memiliki persamaan tiga fasa  $x_a = \hat{x} \cos(\omega t) \dots\dots\dots(18)$

$x_b = \hat{x} \cos(\omega t - 2\pi/3) \dots\dots\dots(19)$

$x_c = \hat{x} \cos(\omega t - 4\pi/3) \dots\dots\dots(20)$

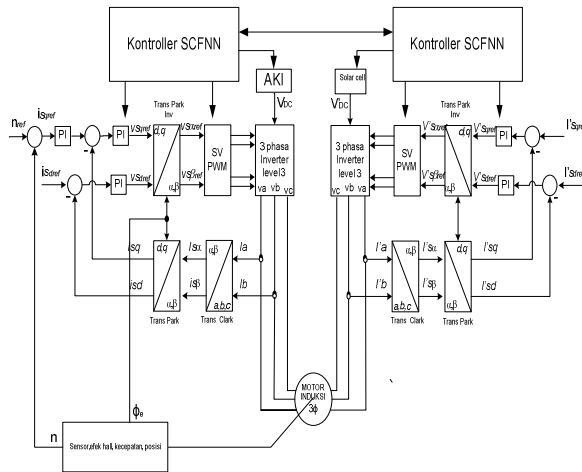
Maka ketiga persamaan tersebut dapat diubah menjadi mode vector phasor berikut

$$\bar{x} = \frac{2}{3} \left( x_a + x_b e^{j\frac{2\pi}{3}} + x_c e^{j\frac{4\pi}{3}} \right) = \frac{2}{3} (x_a + ax_b + a^2 x_c) \dots\dots(21)$$

dengan  $a = e^{j2\pi/3}$

**Motor Induksi dengan Dual Field Oriented Control.** Istilah Algorithm Dual Field Oriented Control (DIFOC) adalah suatu metoda pengaturan medan pada motor ac, dengan mengubah sistem couple menjadi sistem decouple. Sistem ini mengacu pada transformasi model motor induksi dalam koordinat d-q dengan memisahkan antara arus medan ( $i_d$ ) dan arus torka ( $i_q$ ) melalui sebuah transformasi koordinat sehingga motor induksi dapat dipisahkan, antara fluksi dan torka.

Dikatakan dual adalah terdapat referensi yang digunakan untuk memisahkan antara inverter satu dengan yang lain. Simbol (\*) menunjukkan arti komplemen pada sisi lawan. Diagram pengaturan motor induksi dengan mengatur arus medan dan arus torka dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Konsep dari DiFOC pada catu daya ganda

Sinyal perintah arus torka ( $i_{qs}^*$ ) dan sinyal perintah arus medan ( $i_{ds}^*$ ) merupakan nilai torka dan fluks (medan) yang dihasilkan dengan transformasi sumbu d-q ke sumbu a-b-c. Dengan demikian akan menghasilkan sinyal perintah atau seting arus dalam koordinat a-b-c. Sinyal ini kemudian dipergunakan untuk memberikan sinyal trigger pada inverter. Kemudian digunakan untuk mengatur arus motor melalui Space Vector/Space Base Pulse Wide Modulation (SVPWM) Pemisahan arus medan dan arus torka ini disebut dengan FOC. Untuk mencatu dua sisi maka rangkaian di buca daan si satu dalam dua sisi Diagram sistem pengaturan kecepatan motor induksi dengan metoda FOC catu daya ganda seperti Gambar 3 (Gerald, 2015).

Pada sistem ini dipasang sebuah kontroler yang berfungsi untuk menghasilkan sebuah sinyal perintah torka yang diperoleh dari pengurangan antara sinyal referensi dengan sinyal keluaran dari rotor disebut *sinyal error*. Sinyal error ini dalam bentuk sinyal arus perintah torka yang kemudian dipergunakan untuk menghasilkan sinyal referensi arus dalam koordinat abc. Sinyal ini digunakan untuk memberikan sinyal seting kepada pada dua vector SVPWM untuk menghasilkan pulsa-pulsa sebagai trigger pada pada sisi satu Inverter sedangkan pada sisi lain dipasang rangkaian *blok referensi divider* untuk menggerakkan inverter satu sisinya. Dengan demikian maka dapat dibuat sebuah blok penyederhanaan, yaitu blok ganda FOC (Gerald, 2015).

**Persamaan model dynamic Motor Induksi.** Persamaan deferensial yang digunakan dalam mensimulasikan motor induksi adalah sebagai berikut;

Persamaan arus stator sumbu d ( $i_{ds}$ ) arus satator sumbu q ( $i_{qs}$ ), arus rotor sumbu d ( $i_{dr}$ ) arus rotor sumbu q ( $i_{qr}$ ).

$$\frac{d}{dt} i_{ds} = \frac{1}{D} (L_r A_1 + M A_2) \dots\dots\dots(22)$$

$$\frac{d}{dt} i_{qs} = \frac{1}{D} (L_r B_1 - M B_2) \dots\dots\dots(23)$$

$$\frac{d}{dt} i_{dr} = \frac{1}{D} (-M A_1 + L_s A_2) \dots\dots\dots(24)$$

$$\frac{d}{dt} i_{qr} = \frac{1}{D} (-M B_1 + L_s B_2) \dots\dots\dots(25)$$

dengan

$$A_1 = v_{sd} - R_s i_{ds}$$

$$A_2 = M \omega_r i_{qs} + R_r i_{dr} + L_r \omega_r i_{qr}$$

$$B_1 = v_{qs} - R_s i_{qs}$$

$$B_2 = M \omega_r i_{ds} + L_r i_{dr} - R_r i_{qr}$$

$$D = L_s L_r - M^2$$

Persamaan sudut (posisi) dan kecepatan dari putaran rotor, dinyatakan dengan:

$$\frac{d}{dt} \theta_r = \omega_r \dots\dots\dots(26)$$

$$\frac{d}{dt} \omega_r = \frac{1}{J} (T_e - T_l) - K_g \omega_r \dots\dots\dots(27)$$

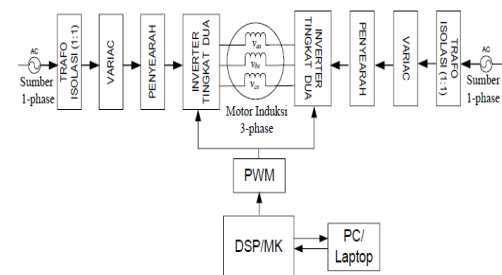
**Torka referensi ( $T_r^*$ )** adalah variabel keluaran dari unit kontrol (sinyal input pada plant). Torka referensi yang dihasilkan merupakan masukan terhadap arus torka, dinyatakan :

$$i_r = \frac{L_r}{p M^2 i_M} T_r^* \dots\dots\dots(28)$$

Untuk menghasilkan respon kecepatan yang cepat (*fast response*), maka arus medan dijaga konstan.

**METODE PENELITIAN**

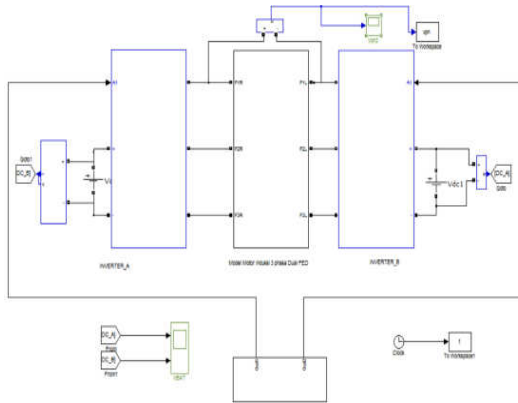
Gambar berikut menunjukkan model dinamik motor induksi dengan catu daya ganda menggunakan multilevel Inverter 3 fase



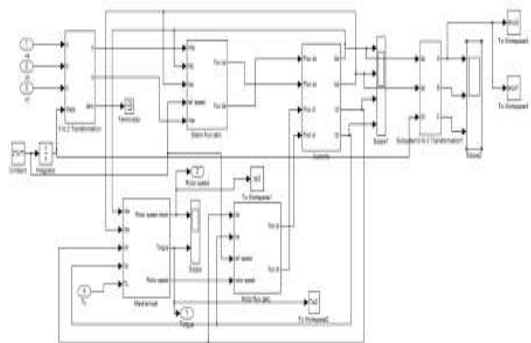
Gambar 4. Setup Motor Induksi DiFOC dengan Inverter Multilevel

Data parameter motor yang digunakan adalah sebagai berikut:  
 Phases=3;  $R_s=10$ ;  $R_r=6.3$ ;  $L_{ls}=0.04$   
 $L_{lr}=0.04$ ;  $X_{ls}=i*(2*\pi*f*L_{ls})$ ;  $X_{lr}=i*(2*\pi*f*L_{lr})$ ;  
 $L_m=0.42$ ;  
 $X_{lm}=i*(2*\pi*f*L_m)$ ;  $L_s=L_m+L_{ls}$ ;  $L_r=L_m+L_{lr}$ ;  
 $J=0.05$ ;  $P=2$ ;  $V_n=220*\sqrt{2}$ ;

Sementara rangkaian dan blok diagram yang digunakan dalam simulasi adalah:



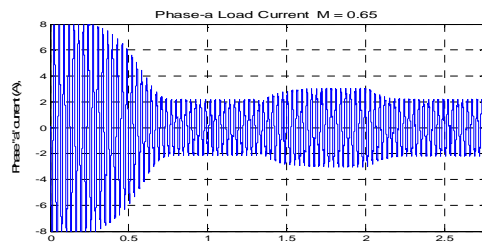
Gambar 5. Rangkaian simulai system DiFOC motor Induksi dengan inverter multilevel



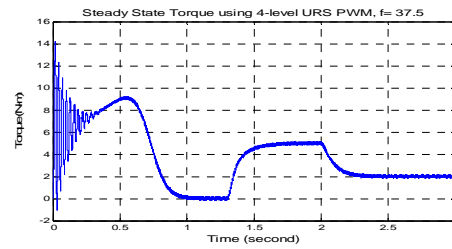
Gambar 6. Blok Diagram Teknik Field Oriented Control Motor Induksi 3 Fasa

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

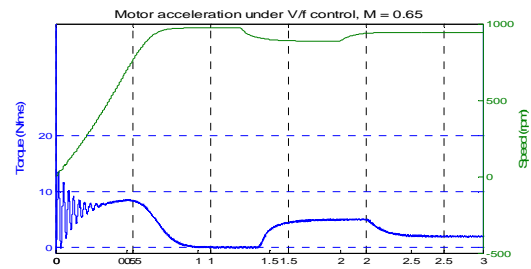
Simulasi dilaksanakan dengan bervariasi indeks modulasi dengan variasi indeks modulasi dari 0.65 sampai dengan 1,15 Adapun hasil sebagai berikut:



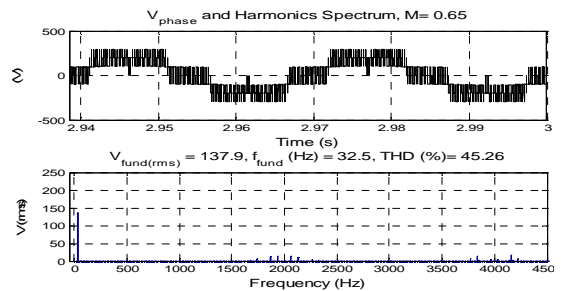
Gambar 7. Arus pada Inverter m=0.65



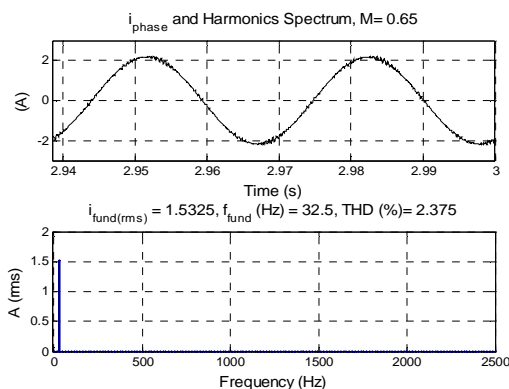
Gambar 8. Torsi pada model Motor Induksi DiFOC dgn m=0.65



Gambar 9. Torsi dan Kecepatan pada model Motor Induksi DiFOC dgn M=0.65

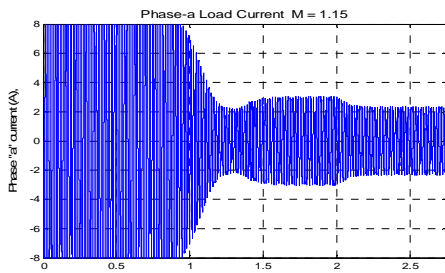


Gambar 10. Spektrum Tegangan pada model Motor Induksi DiFOC dgn M=0.65

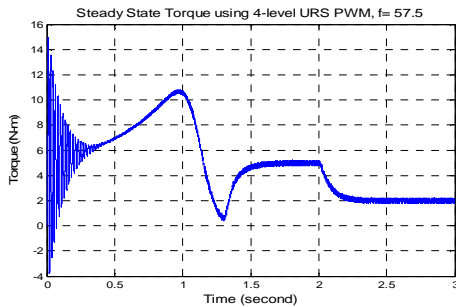


Gambar 11. Spektrum arus pada model Motor Induksi DiFOC dgn M=0.65

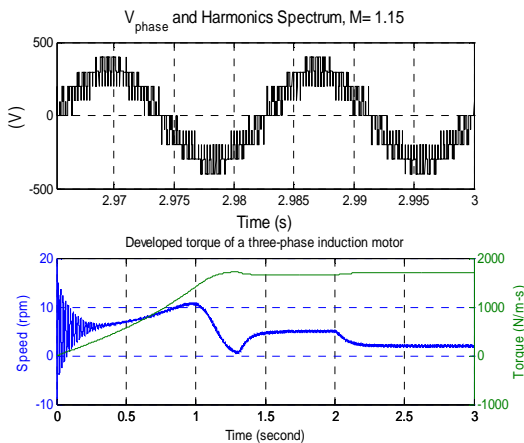
Dengan memvariasikan indeks modulasi 0.65 sampai 1.15 maka level tegangan naik sekitar 1,15 kali tegangan sumber.



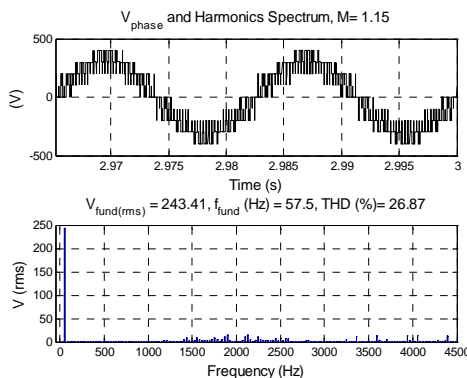
Gambar 12. Arus pada Inverter m=1.15



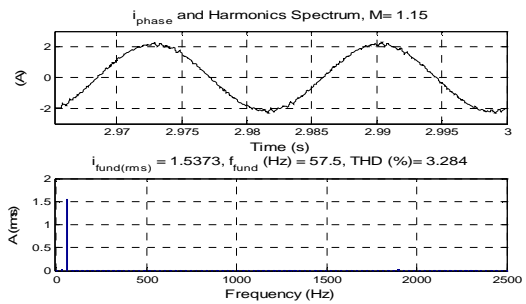
Gambar 13. Torsi pada Motor m=1.15



Gambar 14. Torsi kecepatan tegangan pada Motor m=1.15



Gambar 15. Spektrum Tegangan dan Harmonisa pada Motor m=1.15



Gambar 16. Spektrum Arus dan Harmonisa ada Motor m=1.15

Berdasarkan hasil simulasi yang sebagaimana pada Gambar 7 sampai Gambar 16 diperoleh perbandingan sebagai berikut :

- Pada indeks modulasi  $M = 0,65$ ,
- Tegangan fundamental = 137,9 V,
  - Arus fundamental = 1,5325 A
  - Frekuensi fundamental = 32,5 H
  - THD tegangan = 45,26%
  - THD arus = 2,375%

- Pada indeks modulasi  $M = 1,15$ ,
- Tegangan fundamental = 243,41 V,
  - Arus fundamental = 1,5373 A
  - Frekuensi fundamental = 57,5 Hz
  - THD tegangan = 26,87%
  - THD arus = 3,284%

### KESIMPULAN

Dari analisa secara visual dan grafis pengolahan data yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Performansi dari motor meningkat ditunjukkan dengan gelombang spektrum harmonisa yang bertambah baik pada kedua nilai indeks modulasi.
- Besaran tegangan, arus dan frekuensi fundamental bertambah besar seiring peningkatan nilai indeks modulasi.
- Nilai THD yang diperoleh lebih baik pada nilai indeks modulasi yang lebih rendah.

### DAFTAR PUSTAKA

Balamurugan, C.R, Natarajan, S.P., and Arumugam, M., *A Review On Various Multilevel Inverter Topologies*. Global Journal of Advanced Research, 2015. 2(1): p. 11.

Gerald, M.B.J. and K. Mahadevan, *A Realible Vector Control Method ; IFOC for Three Phase Induction Motor Drive using SVPWM*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2015. 10(6): p. 5.

Hassan, A.A., *Direct torque control of an induction motor drive integrated with sliding mode control and space vector modulation.* Engineering and Technology, 2015. 2(3): p. 7.

Salih, Z.H., K.S. Gaeid, and A. Saghafia<sup>3</sup>, *Sliding Mode Control of Induction Motor with Vector Control in Field Weakening.* Modern Applied Science, 2015. 9(2): p. 13.

Sravanthi, K., M. Ranjith, and S. Srinivasulu, *Space Vector Pulse Width Modulation Base Indirect Vector Control of Induction Motor.* International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE), 2015. 2(1): p. 8.