

## **Sistem Pengendali Motor Induksi pada *Belt Conveyor* dengan Teknik Vektor Kontrol pada VFD menggunakan MATLAB/Simulink**

Dwi Mutiara Harfina<sup>1\*</sup>, Zaini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

\*Corresponding author, e-mail: dwimutiaraharfina@gmail.com

### **Abstrak**

Permintaan beban yang bervariasi pada pendistribusian material melalui *belt conveyor* mengakibatkan kecepatan motor induksi berubah. Perubahan terjadi karena perbedaan torsi akibat perubahan beban. Hal tersebut mengakibatkan waktu pendistribusian material setiap perubahan beban akan berbeda. Untuk menghindari hal tersebut diperlukan sistem kontrol kecepatan yang mampu mempertahankan nilai *setpoint* antara *belt conveyor* bermuatan maksimum ataupun minimum. Sistem kontrol yang digunakan pada tulisan ini adalah sistem vektor kontrol dengan *Variable Frequency Drive* (VFD). Pada sistem ini koordinat-abc pada motor induksi tiga fasa diproyeksikan pada koordinat-dq yang diibaratkan berputar bersama dengan rotor. Dengan metode ini kecepatan lebih mudah dikendalikan dengan memanfaatkan *Field Oriented Control* (FOC). Untuk mengetahui pengaruh ini terhadap kecepatan motor induksi dilakukan simulasi dengan MATLAB/Simulink. Berdasarkan simulasi ini motor yang telah diberikan sistem kontrol mampu mempertahankan kecepatannya pada nilai *setpoint* meskipun beban berubah secara drastis. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengatasi perubahan kecepatan pada *belt conveyor* akibat adanya perubahan beban.

### **Abstract**

*Varied load in demand causes the changing of induction motor speed due to changing speed in torque. The distribution of each material change in the load will affect the production process in the industry. Therefore, a speed control system is needed which can maintain the setpoint value between the maximum or minimum loaded. The speed control system used in this paper is a vector control system with Variable Frequency Drive (VFD). In this system, the ABC-coordinates of the three-phase induction motor are projected at the DQ-coordinates which are rotating together with the rotor. With this method, the speed will be more easily controlled by utilizing Field Oriented Control (FOC). To find out the effect of this technique the simulation using MATLAB / Simulink is performed. Based on the simulation, it is concluded that the motor which has been given a control system is able to maintain its speed at the setpoint value even though the load has changed drastically. It shows that the system can cope with changes in speed on the conveyor belt due to changes in load.*

**Keywords:** *Induction Motor, Variable Frequency Drive, Vector Control, Field Oriented Control and MATLAB/Simulink.*

## **PENDAHULUAN**

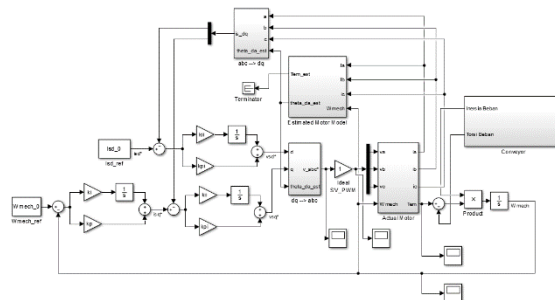
Motor induksi pada industri dapat diaplikasikan pada *belt conveyor*. Pengaplikasian ini dilakukan agar *belt conveyor* mampu melakukan pendistribusian material dimana motor induksi bekerja sebagai aktuator. Kecepatan pendistribusian pada *konveyor* bergantung dari kecepatan motor induksi dan beban yang diberikan pada *konveyor*. Semakin besar beban yang diberikan, semakin besar pula torsi pada motor induksi yang akan menghambat kecepatan motor induksi.

Kecepatan motor induksi akan berubah ubah ketika diberikan beban yang berubah ubah pula. Untuk mengatasi perubahan ini diperlukan penambahan sistem kontrol kecepatan seperti yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya [1]–[3]. Pada penelitian tersebut sistem pengontrolan hanya dilakukan terhadap motor induksi tanpa beban, sedangkan pada tulisan ini akan diberikan beban berupa *belt conveyor*.

Kontrol kecepatan pada motor induksi tergolong sulit apabila dibandingkan dengan motor dc. Untuk mempermudah dalam pengontrolan, pada tulisan ini dibuat sistem yang semula berada pada fasa abc diproyeksikan dalam  $dq$ -frame. Bentuk *direct-quadrature* ( $dq$ -frame) ini didapatkan dengan memanfaatkan teknik *field oriented control* (FOC) pada Variable Frequency Drive (VFD). Cara ini diibaratkan terdapat kordinat sumbu  $dq$  yang berputar bersama bagian rotor motor induksi, flux yang terdapat pada sumbu  $dq$  inilah yang akan diatur kecepatannya sehingga apabila diberikan beban yang berubah ubah flux pada sumbu ini akan mampu menyesuaikan. Penyesuaian nilai flux ini didapatkan dengan bantuan dari kontrol PI. Sehingga kecepatan motor induksi akan selalu dipertahankan meskipun diberikan beban yang berubah drastis.

#### A. Model Rangkaian Motor Induksi dengan Vektor Kontrol

Model pengendali vektor ini digunakan sebagai pembanding dari sistem skalar kontrol. Pada model ini dilakukan pembuatan diagram simulasi yang terdiri atas beberapa subsistem. Subsistem tersebut terdiri atas sistem transformasi abc- $dq$ , sistem *Estimated Motor Model*, sistem transformasi  $dq$  - abc, dan sistem *Actual Motor*.

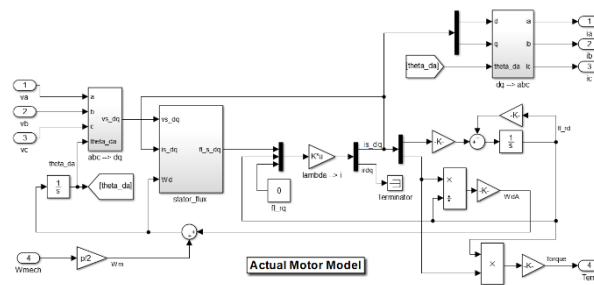


Gambar 1. Rangkaian Sistem Vektor Kontrol

Gambar 1. menunjukkan diagram rangkaian simulasi secara keseluruhan dari sistem pengendali vektor kontrol kecepatan motor induksi tiga fasa. Dari gambar tersebut terlihat bahwa sistem ini menggunakan kombinasi kontrol antara konstanta proporsional dan konstanta integral. Kombinasi tersebut digunakan untuk mengendalikan arus stator  $dq$  sebelum ditransformasikan kembali menjadi arus abc untuk menjadi sumber tegangan motor. Selain itu dari gambar juga terlihat bahwa motor induksi akan diberikan beban berupa *conveyor*.

#### 1. Subsistem Aktual Motor

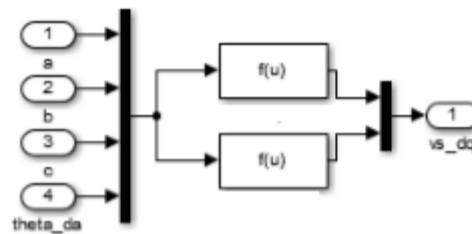
Pada subsistem aktual motor terdapat beberapa subsistem di dalamnya, subsistem tersebut terdiri atas sistem transformasi abc menjadi  $dq$ , sistem fluks stator dan sistem transformasi  $dq$  menjadi abc. Subsistem ini membutuhkan empat buah input dimana tiga diantaranya berasal dari keluaran transformasi  $dq$  yang sebelumnya telah melalau gain SV-PWM dan satu lainnya berasal dari kecepatan referensi mekanikal.



**Gambar 2. Rangkaian Subsistem Aktual Motor**

Gambar 2. menunjukkan rangkaian untuk subsistem aktual motor. Rangkaian ini disusun atas beberapa persamaan hingga diperoleh arus abc dan torsi elektromagnetik. Adapun persamaan yang digunakan tersebut adalah :

1.1 Transformasi abc – dq



**Gambar 3. Rangkaian Subsistem Aktual Motor**

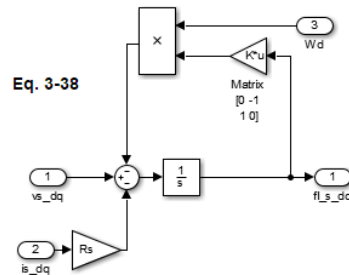
Gambar. menunjukkan blok diagram untuk mendapatkan tegangan stator pada sumbu *dq*. Adapun cara memperoleh nilai tersebut adalah dengan mentransformasikan tegangan stator pada sumbu abc, namun pada MATLAB/Simulink dimodifikasi menjadi:

$$V_{sd} = \text{sqrt}(2/3) * (\cos(u(4)) * u(1) + \cos(u(4) - 2 * \text{pi}/3) * u(2) + \cos(u(4) - 4 * \text{pi}/3) * u(3)) \quad (1)$$

$$V_{sq} = \text{sqrt}(2/3) * (\sin(u(4)) * u(1) + \sin(u(4) - 2 * \text{pi}/3) * u(2) + \sin(u(4) - 4 * \text{pi}/3) * u(3)) \quad (2)$$

dimana u(1) merupakan nilai masukan ia , u(2) untuk nilai masukan ib, u(3) untuk nilai masukan ic dan u(4) untuk nilai teta.

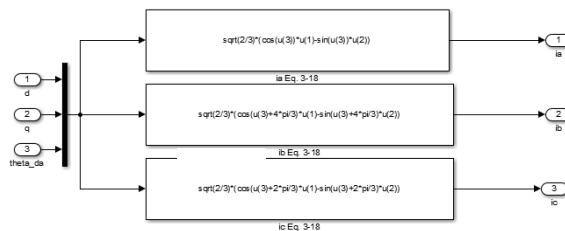
1.2 Fluks Stator



Gambar 4. Blok diagram stator flux

Gambar 4. menunjukkan blok diagram stator fluks yang menyajikan persamaan sehingga dihasilkan nilai fluks stator pada sumbu dq dengan input yang dibutuhkan berupa nilai tegangan stator dq, nilai arus stator dq dan nilai kecepatan sudut pada sumbu d.

1.3 Transformasi dq – abc

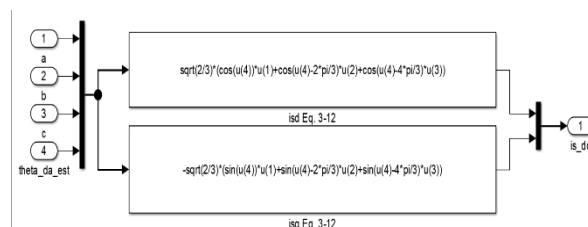


Gambar 5. Blok diagram persamaan transformasi dq-abc

Gambar 5. menunjukkan blok diagram persamaan transformasi dq – abc. Blok ini menunjukkan hasil perkalian matriks dari matriks yang disajikan pada persamaan di bab 2. Hasil Perkalian matriks tersebut akan menghasilkan nilai arus ia, ib dan ic yang selanjutnya akan menjadi keluaran dari sistem transformasi dq.

2. SubSistem Transformasi ABC

Pada sistem utama, subsistem transformasi ABC akan menghasilkan nilai arus pada sumbu dq. Arus ini selanjutnya akan digunakan kembali sebagai nilai error untuk arus referensi sumbu d dan juga nilai error untuk arus referensi sumbu q yang berasal dari nilai kecepatan mekanikal referensi yang telah mengalami kontrol PI.

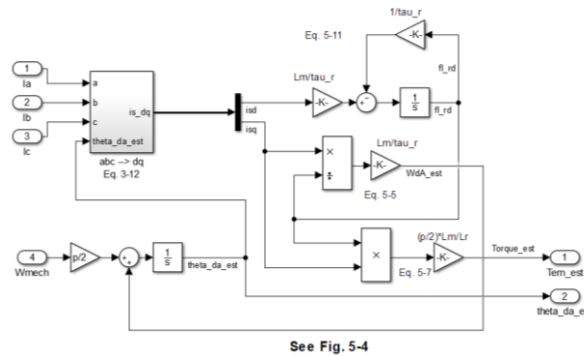


Gambar 6. Diagram transformasi ABC

Gambar. 6 menunjukkan diagram yang berisi fungsi perkalian matriks untuk transformasi ABC. Hasil perkalian matriks ini akan menghasilkan arus stator di sumbu dq. Dimana setiap baris yang terlihat pada diagram akan menghasilkan arus stator yang berbeda.

### 3. Subsistem Estimasi Model Motor

Subsistem model ini berfungsi untuk menghasilkan nilai estimasi torsi elektromagnetik dan nilai estimasi teta.



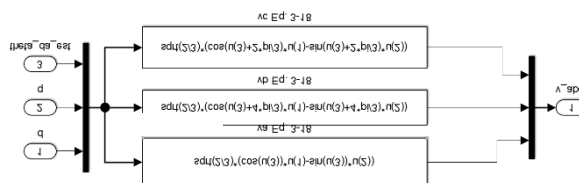
Gambar 7. Subsistem model estimasi motor

Gambar 7. menunjukkan subsistem dari model estimasi motor dimana terlihat nilai estimasi torsi elektromagnetik (Tem\_est) diperoleh dari hasil transformasi arus di sumbu abc yang akan menghasilkan arus stator disumbu dq (is\_dq). Arus ini kemudian diproses kembali dengan beberapa persamaan sehingga diperoleh nilai yang diinginkan.

Selain nilai torsi, pada Gambar 7. terlihat bahwa sistem ini menghasilkan keluaran berupa nilai estimasi theta (theta\_da\_est). Nilai ini diperoleh dari penjumlahan nilai kecepatan mekanikal (Wmech) dan kecepatan estimasi slip (Wda\_est) yang diturunkan.

### 4. Subsistem Transformasi dq

Sistem ini berfungsi untuk mengubah nilai arus pada sumbu dq (I\_dq) menjadi nilai tegangan disumbu abc (V\_abc\*). Tanda \* pada nilai keluaran berarti bahwa v\_abc akan menjadi nilai input untuk motor.



Gambar 8. Diagram Transformasi dq

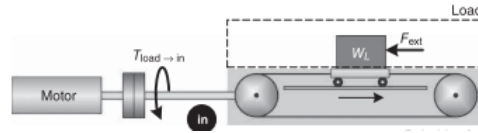
Gambar 8. menunjukkan diagram transformasi dq. Dari gambar terlihat fungsi persamaan untuk mendapatkan nilai tegangan abc (v\_abc). Fungsi persamaan tersebut berasal dari perkalian invers matriks transformasi abc.

### 5. Beban Motor

Motor induksi 3 fasa yang digunakan pada penelitian ini dihubungkan dengan beban berupa belt conveyor, yang dimisalkan berupa *belt-drive*.

## 1) Belt-Drive

Jika beban terhubung ke sabuk dan dua katrol identik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15, maka gerakan putar motor dapat dikonversi menjadi gerakan linear dari beban.



Gambar 9. belt-drive yang bergerak secara linear

Inersia yang direfleksikan oleh mekanisme ke poros inputnya diberikan oleh (29)

$$J_{ref}^{Trans} = J_{IP} + J_{load-in} + J_{Carriage-in} + J_{belt-in} + J_{LP} \quad (3)$$

$$= 2J_P + \frac{1}{\eta N_{BD}^2} \left( \frac{W_L + W_C + W_{belt}}{G} \right)$$

di mana  $J_P = J_{IP} = J_{LP}$  adalah inersia dari dua katrol. Karena mereka identik, kelembaman katrol beban muncul langsung seolah-olah berada di poros input. Dengan kata lain, rasio transmisi dari katrol beban ke katrol input melalui sabuk sama dengan satu.  $W_L$  adalah berat beban,  $W_C$  untuk berat wagon dan  $W_{belt}$  untuk berat belt.

Gaya gesek  $F_f$  dan komponen gaya gravitasi  $F_g$  di sepanjang arah gerakan beban dapat ditemukan dari (30-31)

$$F_f = \mu(W_L + W_C)\cos\beta \quad (4)$$

$$F_g = (W_L + W_C)\sin\beta \quad (5)$$

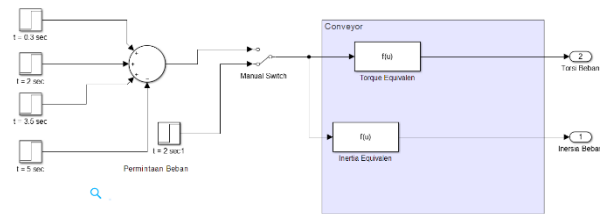
Kemudian, permintaan torsi tercermin ke input katrol tersebut

$$T_{load-in} = F_{ext}/\eta N_{BD} \quad (6)$$

$$F_{ext} = F_p + (W_L + W_C)(\sin\beta + \mu \cos\beta) \quad (7)$$

Dimana  $F_{ext}$  merupakan gaya eksternal yang bekerja pada *belt*,  $\eta$  merupakan nilai efisiensi dan  $N_{BD}$  ada nilai rasio transmisi antara *belt* dan *pulley*.

### b. Profil Beban



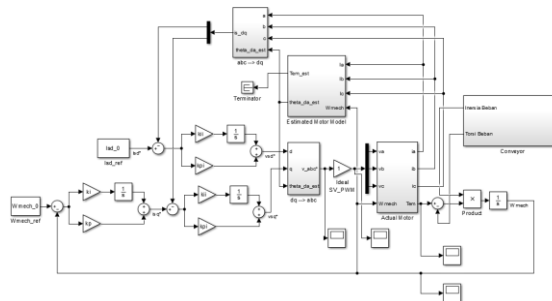
**Gambar 10. Diagram Transformasi dq**

Pada simulasi yang dilakukan diberikan dua model beban Seperti yang terlihat pada Gambar 10. Model yang pertama diberikan satu buah beban pada detik ke dua dengan berat 150 Kg dan model kedua diberikan empat buah beban pada detik ke 0,3 ; 2 ; 3,5 dan 5. Masing masing waktu diberikan beban sebesar 100 Kg, 75 Kg, 200 Kg dan 100 Kg. Kedua model beban tersebut masing-masing akan dikalkulasikan terhadap persamaan torsi dan kelembaman (momen inersia) yang kemudian akan diumpungkan kepada motor induksi.

## METODE

### 6. Model Rangkaian Sistem Kontrol Motor Induksi 3 Fasa Dengan Vektor Kontrol.

Model pengendali vektor ini digunakan sebagai pembanding dari sistem skalar kontrol. Pada model ini dilakukan pembuatan diagram simulasi yang terdiri atas beberapa subsistem. Subsistem tersebut terdiri atas sistem transformasi abc-dq, sistem *Estimated Motor Model*, sistem transformasi dq - abc, dan sistem *Actual Motor*.

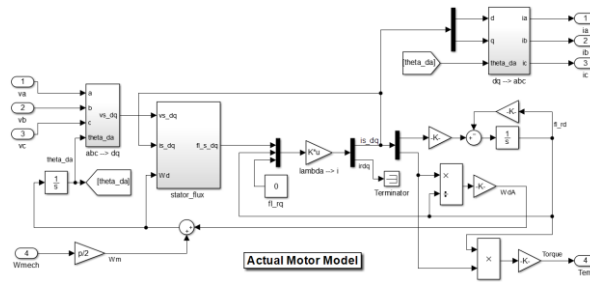


**Gambar 11. Rangkaian Sistem Vektor Kontrol**

Gambar 11. menunjukkan diagram rangkaian simulasi secara keseluruhan dari sistem pengendali vektor kontrol kecepatan motor induksi tiga fasa. Dari gambar tersebut terlihat bahwa sistem ini menggunakan kombinasi kontrol antara konstanta proporsional dan konstanta integral. Kombinasi tersebut digunakan untuk mengendalikan arus stator dq sebelum ditransformasikan kembali menjadi arus abc untuk menjadi sumber tegangan motor. Selain itu dari gambar juga terlihat bahwa motor induksi akan diberikan beban berupa conveyor.

### 7. Subsistem Aktual Motor

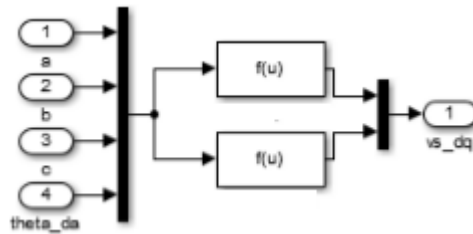
Pada subsistem aktual motor terdapat beberapa subsistem di dalamnya, subsistem tersebut terdiri atas sistem transformasi abc menjadi dq, sistem fluks stator dan sistem transformasi dq menjadi abc. Subsistem ini membutuhkan empat buah input dimana tiga diantaranya berasal dari keluaran transformasi dq yang sebelumnya telah melalau gain SV-PWM dan satu lainnya berasal dari kecepatan referensi mekanikal.



Gambar 12. Subsistem Aktual Motor

Gambar 12. menunjukkan rangkaian untuk subsistem aktual motor. Rangkaian ini disusun atas beberapa persamaan hingga diperoleh arus abc dan torsi elektromagnetik. Adapun persamaan yang digunakan tersebut adalah :

7.1 Transformasi abc – dq



Gambar 13. Subsistem Aktual Motor

Gambar 13. menunjukkan blok diagram untuk mendapatkan tegangan stator pada sumbu dq. Adapun cara memperoleh nilai tersebut adalah dengan mentransformasikan tegangan stator pada sumbu abc seperti dalam persamaan pada bab 2 namun pada MATLAB/Simulink dimodifikasi menjadi:

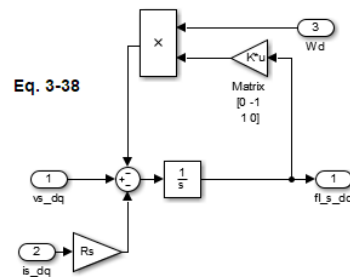
$$V_{sd} = \text{sqrt}(2/3) * (\cos(u(4)) * u(1) + \cos(u(4) - 2 * \text{pi}/3) * u(2) + \cos(u(4) - 4 * \text{pi}/3) * u(3)) \tag{8}$$

$$V_{sq} = \text{sqrt}(2/3) * (\sin(u(4)) * u(1) + \sin(u(4) - 2 * \text{pi}/3) * u(2) + \sin(u(4) - 4 * \text{pi}/3) * u(3)) \tag{9}$$

dimana u(1) merupakan nilai masukan ia , u(2) untuk nilai masukan ib, u(3) untuk nilai masukan ic dan u(4) untuk nilai teta.



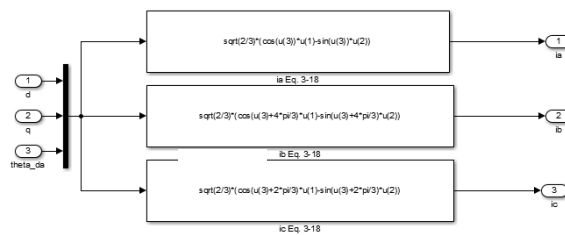
7.2 Fluks Stator



Gambar 14. Blok Diagram Stator Fluks

Gambar 14. menunjukkan blok diagram stator fluks yang menyajikan persamaan sehingga dihasilkan nilai fluks stator pada sumbu dq dengan input yang dibutuhkan berupa nilai tegangan stator dq, nilai arus stator dq dan nilai kecepatan sudut pada sumbu d. Adapun persamaan fungsi yang diinginkan adalah persamaan yang disajikan pada bab 2.

7.3 Transformasi dq – abc

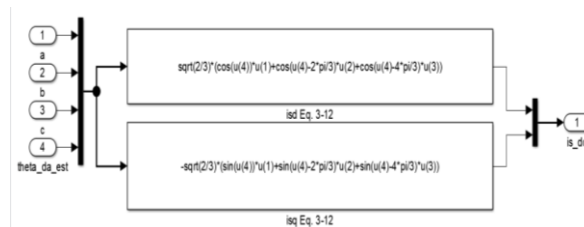


Gambar 15. Blok Diagram Persamaan Transformasi dq – abc

Gambar 15. menunjukkan blok diagram persamaan transformasi dq – abc. Blok ini menunjukkan hasil perkalian matriks. Hasil Perkalian matriks tersebut akan menghasilkan nilai arus ia, ib dan ic yang selanjutnya akan menjadi keluaran dari sistem transformasi dq.

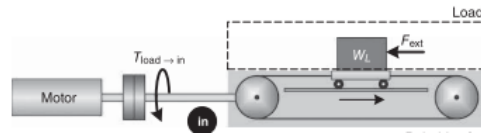
8. SubSistem Transformasi ABC

Pada sistem utama, subsistem transformasi ABC akan menghasilkan nilai arus pada sumbu dq. Arus ini selanjutnya akan digunakan kembali sebagai nilai error untuk arus referensi sumbu d dan juga nilai error untuk arus referensi sumbu q yang berasal dari nilai kecepatan mekanikal referensi yang telah mengalami kontrol PI.



Gambar 16. Diagram transformasi ABC

Gambar 16. menunjukkan diagram yang berisi fungsi perkalian matriks untuk transformasi ABC. Hasil perkalian matriks ini akan menghasilkan arus stator di sumbu dq. Dimana setiap baris yang terlihat pada diagram akan menghasilkan arus stator yang berbeda.



**Gambar 17. belt-drive yang bergerak secara linear**

Inersia yang direfleksikan oleh mekanisme ke poros inputnya diberikan oleh Persamaan  $J_{trans}$

$$J_{ref}^{Trans} = J_{IP} + J_{load-in} + J_{carriage-in} + J_{belt-in} + J_{LP} \quad (10)$$

$$= 2J_P + \frac{1}{\eta N_{BD}^2} \left( \frac{W_L + W_C + W_{belt}}{G} \right)$$

di mana  $J_P = J_{IP} = J_{LP}$  adalah inersia dari dua katrol. Karena mereka identik, kelembaman katrol beban muncul langsung seolah-olah berada di poros input. Dengan kata lain, rasio transmisi dari katrol beban ke katrol input melalui sabuk sama dengan satu.  $W_L$  adalah berat beban,  $W_C$  untuk berat wagon dan  $W_{belt}$  untuk berat belt.

Gaya gesek  $F_f$  dan komponen gaya gravitasi  $F_g$  di sepanjang arah gerakan beban dapat ditemukan dari Persamaan (39) dan persamaan (40).

$$F_f = \mu(W_L + W_C)\cos\beta \quad (11)$$

$$F_g = (W_L + W_C)\sin\beta \quad (12)$$

Kemudian, permintaan torsi tercermin ke input katrol tersebut

$$T_{load-in} = F_{ext}/\eta N_{BD} \quad (13)$$

$$F_{ext} = F_p + (W_L + W_C)(\sin\beta + \mu \cos\beta) \quad (14)$$

Dimana  $F_{ext}$  merupakan gaya eksternal yang bekerja pada *belt*,  $\eta$  merupakan nilai efisiensi dan  $N_{BD}$  ada nilai rasio transmisi antara *belt* dan *pulley*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

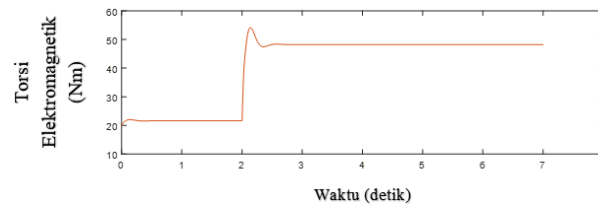
Berdasarkan setup rangkaian yang didapatkan diperoleh hasil simulasi untuk skalar dan vektor kontrol kecepatan motor induksi dengan beban conveyor sebagai berikut:

### 9. Hasil Simulasi Rangkaian Vektor Kontrol Kecepatan

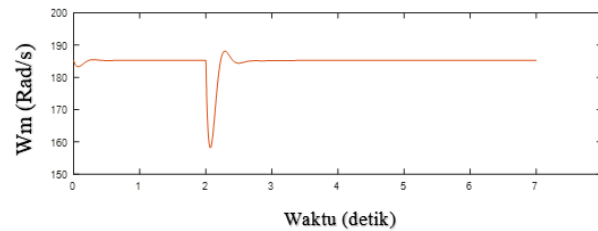
Pada pengamatan pengaruh vektor kontrol terhadap perubahan kecepatan dan torsi akibat perubahan beban, diperoleh hasil simulasi sebagai berikut :

#### 9.1 Hasil Simulasi Vektor Kontrol Kecepatan dengan satu Beban

**Sistem Pengendali Motor Induksi pada Belt Conveyor dengan Teknik Vektor Kontrol pada VFD menggunakan MATLAB/Simulink**



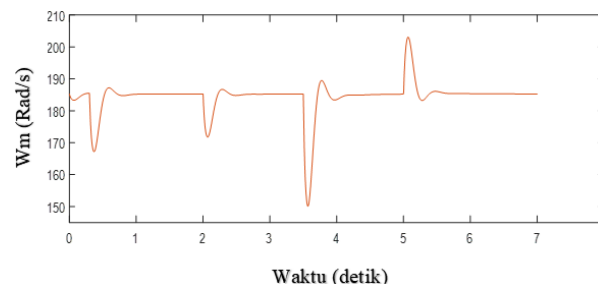
**Gambar 18. Torsi elektromagnetik vektor kontrol dengan 1 beban.**



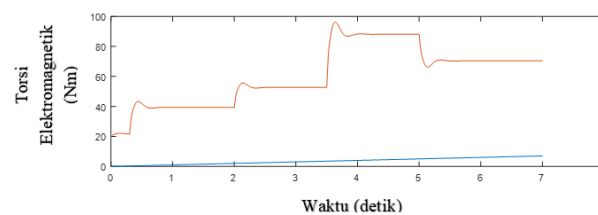
**Gambar 19. Kecepatan mekanikal motor dengan 1 beban.**

Gambar 18 dan 19 menunjukkan hasil simulasi motor induksi dengan vektor kontrol yang diberikan beban pada detik ke 2. Pada detik 0, kecepatan motor induksi bernilai 185 rad/s yang kemudian dalam sesaat akan berkurang sekitar 2 rad/s dan kemudian akan kembali stabil ke kecepatan awal. Ketika konveyor diberikan beban pada detik ke 2, kecepatan motor akan turun drastis selama 0,2 detik dan kemudian akan kembali ke kecepatan awal motor hingga kembali stabil. Perubahan kecepatan akibat perubahan beban terjadi karena adanya perubahan torsi seperti yang terlihat pada gambar 16.

## 9.2 Hasil Simulasi Rangkaian dengan Empat Beban



**Gambar 20. Kecepatan mekanikal vektor kontrol kecepatan dengan empat beban.**



**Gambar 21. Torsi elektromagnetik vektor kontrol kecepatan dengan empat beban**

Gambar 20 dan Gambar 21. menunjukkan perubahan kecepatan dan torsi yang diakibatkan orang empat perubahan beban yang diberikan pada konveyor. Pada Gambar 20 terlihat bahwa berapa

pun perubahan beban yang mengakibatkan perubahan torsi, motor induksi mampu mempertahankan kembali kecepatan awalnya berapapun besarnya perubahan yang terjadi.

## PENUTUP

Berdasarkan grafik yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa:

1. Teknik vektor kontrol mampu mempertahankan nilai kecepatan mekanikal mendekati nilai awal meskipun diberikan beban yang berubah ubah.
2. Teknik vektor kontrol mampu mengembalikan kecepatan pada nilai awal ketika beban yang diberikan meningkat drastis.
3. Teknik vektor kontrol dapat diterapkan kepada sistem yang membutuhkan kecepatan yang harus dipertahankan konstan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Pasila, B. Krisnawan, F. T. Industri, J. Teknik, E. Universitas, and K. Petra, "Desain Flux Vector Control Inverter 3 Fasa Pada Motor Induksi 1.5 HP Menggunakan Power Blockset," *Tek. Elektro Univ. Kristen Petra*, vol. 3, no. September, pp. 57–63, 2003.
- [2] M. Arvianto, Ferry Rameli, "Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Metode Flux Vector Control Berbasis Self-Tuning PI," *Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, 2017.
- [3] M. Yusuf, V. Prasetia, S. D. Riyanto, A. A. Rafiq, and I. Pendahuluan, "Desain Simulasi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa dengan Switching Space Vector Pulse Width Modulation II . LANDASAN TEORI matematis motor induksi dalam model d-q dan tipe squirrel cage yang mempunyai beberapa menggunakan rangkaian ekiva," *ECOTIPE*, vol. 6, no. 1, pp. 24–31, 2019.
- [4] S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*. New York: McGraw-Hill, 2012.
- [5] Danfoss, *Danfoss Design Guide VLT Automation Drive FC 301/302 0.25-75 kW*. Danfoss VLT The Real Drive, 2013.
- [6] N. Mohan, *Advanced Electric Drives Analysis, Control and modeling using MATLAB/Simulink*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2014.

## Biodata Penulis

**Dwi Mutiara Harfina**, S.T Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro FT UNAND 2019 dengan bidang konsentrasi Teknik Kendali.

**Zaini, Ph.D** Dosen senior dan peneliti di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang, Indonesia. Menyelesaikan pendidikan S-3 di University of Bradford pada tahun 2012. Ia juga menjadi pembicara yang diundang di *European Conference on Braking, Lille Prancis*, 2010.