

IMPLEMENTASI SENSOR *INFRARED* DAN Pengereman *DYNAMIC* DENGAN *INJECT* DC PADA MOTOR INDUKSI 3 FASA BERBASIS ESP32 UNTUK APLIKASI SISTEM KONVEYOR TERKENDALI

Aditya Mahendra^{*)}, Iwan Setiawan dan Denis

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang,
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} E-mail: adityamahndra@gmail.com

Abstrak

Pada industri kuliner, pengantaran makanan masih banyak dilakukan secara manual. Untuk mempercepat waktu pengantaran makanan, dapat digunakan pengaplikasian konveyor otomatis yang digerakkan oleh motor induksi tiga fasa sebagai alat pengantar makanan. Pada motor induksi tiga fasa terdapat masalah pengereman motor induksi tiga fasa dimana rotasi rotor tidak berhenti secara langsung ketika tegangan tiga fasa diputus dari stator karena masih ada sisa energi rotasi pada poros. Oleh karena itu, metode pengereman induksi tiga fasa diperlukan untuk menghentikan rotasi rotor dengan cepat ketika tegangan tiga fasa diputus dari stator. Dalam tugas akhir ini, dirancang pengereman *dynamic* dengan *inject* DC dengan sensor *proximity infrared* untuk menghentikan rotasi rotor ketika tegangan tiga fasa diputus dari stator dengan media pengendalian mikrokontroler ESP32. Hasilnya, metode pengereman *dynamic* dengan *inject* DC dapat menghentikan rotasi rotor dengan cepat ketika makanan terdeteksi oleh sensor *proximity infrared*. Untuk mengurangi waktu penghentian rotasi rotor dapat dilakukan dengan penambahan arus DC.

Kata kunci: Motor induksi tiga fasa, Mikrokontroler ESP32, Pengereman dynamic dengan inject DC, Sensor proximity infrared.

Abstract

In the culinary industry, food delivery is still mostly done manually. To speed up the time of food delivery, the application of an automatic conveyor driven by a three-phase induction motor can be used as a food delivery device. In a three-phase induction motor, there is a problem with the braking of a three-phase induction motor where the rotation of the rotor does not stop immediately when the three-phase voltage is disconnected from the stator, because there is still rotational energy left on the shaft. Therefore, a three-phase induction braking method is required to quickly stop the rotation of the rotor when the three-phase voltage is disconnected from the stator. In this final project, dynamic braking is designed with a DC injector with an infrared proximity sensor to stop the rotation of the rotor when the three-phase voltage is cut off from the stator using the ESP32 microcontroller as control media. As a result, the dynamic braking method with DC inject can stop the rotation of the rotor quickly when food is detected by the proximity infrared sensor. To reduce the time to stop the rotor rotation can be done by adding DC current.

Keywords: Three phase induction motor, ESP32 Microcontroller, Dynamic braking with DC current injection, infrared proximity sensor.

1. Pendahuluan

Era sekarang, cara pengantaran makanan yang di lakukan di sebuah industri kuliner masih di lakukan secara manual. Cara manual di lakukan secara langsung di antar kepada meja. Kelemahan manusia menginginkan sesuatu yang lebih praktis dan juga mengurangi pengeluaran biaya tenaga kerja. Pengantaran makanan otomatis tersebut dapat di lakukan dengan sensor infrared yang di pasang di sistem konveyor untuk menghentikan motor secara otomatis. Konveyor adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu

tempat ketempat yang lain[1][2][3]. Konveyor tersebut digerakkan oleh motor induksi 3 fasa karena karakteristik dari motor induksi mempunyai konstruksi yang kuat, harga yang relatif murah dengan keandalan tinggi, dan pengoperasiannya mudah[1][2][3].

Pada pengoperasian motor induksi 3 fasa, hal yang menjadi permasalahan adalah pengereman motor yang tidak langsung berhenti. Pengereman motor induksi 3 fasa dimana putaran rotor motor induksi 3 fasa tidak berhenti secara langsung saat suplai 3 fasa diputus dari motor, hal ini disebabkan karena masih ada sisa energi putar yang

terdapat pada poros[3]. Lama waktu berhentinya putaran motor induksi 3 fasa setelah suplai 3 fasa dilepas dari motor bergantung pada beban yang terhubung dengan motor, kecepatan putar motor dan daya motor. Semakin besar beban motor maka motor akan berhenti lebih cepat dibandingkan tanpa beban. Semakin cepat putaran motor maka motor akan berhenti lebih lama dibandingkan saat motor berputar lambat. Semakin besar daya motor maka motor akan berhenti lebih lama karena torsi yang dihasilkan oleh motor juga semakin besar[2][3]. Oleh sebab itu, diperlukan metode pengereman motor induksi 3 fasa yang bertujuan untuk menghentikan putaran motor secara cepat ketika suplai 3 fasa sudah diputus dari motor[4].

Pada dasarnya, sistem pengereman dibagi menjadi 2 macam, yaitu pengereman mekanik dan pengereman elektrik. Dimana pengereman elektrik dibagi menjadi 3 macam, yaitu pengereman regenerative, pengereman plugging dan pengereman dynamic[4]. Pengereman dynamic sendiri juga dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu dengan metode capacitor self – excitation braking, DC inject braking, zero sequence braking dan magnetic braking[4][5][6].

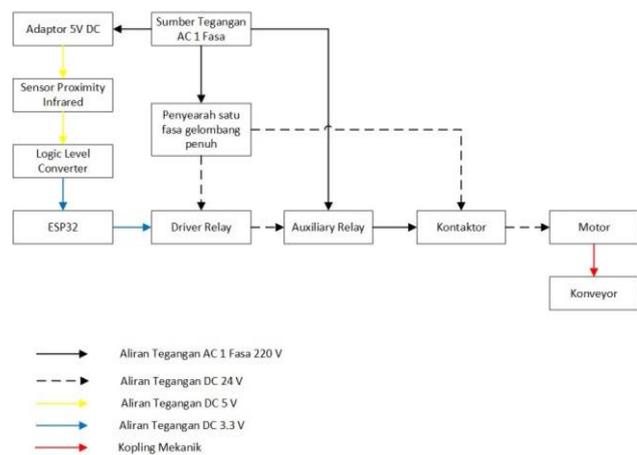
Salah satu dari metode pengereman motor induksi 3 fasa, yaitu pengereman dynamic dengan inject DC yang bertujuan untuk menghentikan putaran motor induksi 3 fasa saat suplai 3 fasanya sudah diputus. Pada pengereman dynamic dengan inject DC, pengereman diperoleh ketika sumber arus searah dihubungkan diantara dua terminal stator saat suplai 3 fasa sudah diputus dari motor[4][5][6]. Arus searah ini membentuk medan stasioner pada stator yang jumlah kutubnya sama dengan jumlah kutub dari motor, misal motor induksi 3 fasa 4 kutub, juga menghasilkan 4 kutub DC, walaupun hanya dua terminal motor yang dihubungkan dengan sumber DC. Ketika rotor bergerak melalui medan statis, maka tegangan AC akan terinduksi pada rotor, tegangan tersebut menghasilkan arus AC yang menyebabkan rugi – rugi I^2R yang akan didisipasikan karena masih terdapat energi kinetik tersimpan pada benda yang bergerak (rotor), motor akan berhenti bergerak ketika semua energi kinetik pada rotor sudah habis didisipasikan menjadi panas[7][8]. Keunggulan dari pengereman dynamic dengan inject DC adalah menghasilkan panas yang jauh lebih kecil daripada pengereman plugging, selain itu inject DC efektif pada kecepatan rendah. Pada pengereman dynamic dengan inject DC, semakin kecil arus DC yang dipakai maka semakin lama waktu pengereman, namun nilai arus DC dapat diperbesar dan mempercepat waktu pengereman tanpa menghasilkan suhu yang terlalu tinggi pada stator[4][5][6].

Pada tugas akhir ini, akan dirancang sistem konveyor otomatis dengan salah satu metode pengereman motor induksi 3 fasa, yaitu metode pengereman dynamic dengan inject DC. Sistem konveyor otomatis tersebut dilengkapi

dengan sensor proximity infrared untuk memberi perintah ke ESP32 ketika makanan terdeteksi sensor untuk menghentikan motor induksi tiga fasa. ESP32 digunakan karena sistem ini terdapat sistem built-in internet sehingga memudahkan untuk penyambungan sistem IoT[9][10].

2. Metode

Pada implementasi perancangan pengereman *dynamic* dengan *inject* DC pada motor induksi tiga fasa, blok diagram sistem terdapat pada Gambar 1.

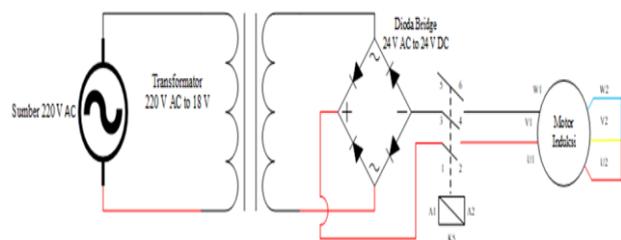


Gambar 1. Blok Diagram Perangkat Keras

2.1. Rangkaian Daya Pengereman *Dynamic* dengan *Inject* DC

2.1.1. Rangkaian Daya Pengereman *Dynamic* dengan *Inject* DC pada Konveyor A

Rangkaian daya pengereman *dynamic* dengan *inject* DC pada konveyor A terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian daya pengereman *dynamic* dengan *inject* DC pada konveyor A

Spesifikasi motor induksi tiga fasa pada konveyor A dapat dilihat pada tabel 1.

Pada metode pengereman *dynamic* dengan *inject* DC di konveyor A, diperlukan 1 buah *magnetic contactor* untuk mengatur aliran daya ke motor induksi tiga fasa. Aliran

daya satu fasa akan masuk dan mengalir menuju kontaktor pengereman (K5).

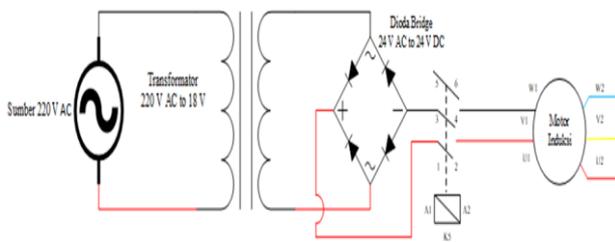
Kontaktor pengereman (K5) dengan *normally open* berfungsi sebagai kontaktor pengereman. Ketika motor induksi tiga fasa sedang beroperasi, saat makanan diantar dan teridentifikasi oleh sensor, kontaktor pengereman (K5) akan beroperasi dan memberikan sumber DC ke motor induksi tiga fasa untuk menghentikan putaran motor induksi tiga fasa. Selang dua detik kemudian, kontaktor pengereman (K5) berhenti beroperasi dan motor induksi tiga fasa telah dihentikan sepenuhnya.

Tabel 1. Spesifikasi motor induksi tiga fasa konveyor A

Parameter	Nilai
Merk	Motori Elettrici – Italy
Tipe	BA 7124
Daya	0,37 Kw 0,5 HP
Faktor Daya	0,74
Fasa	3
Tegangan	Δ 220 V/Y 380 V
Arus	Δ 2,02 A/Y 1,17 A
Frekuensi	50 Hz
Kecepatan Putar	1370 rpm
Pole	4
Berat	7 kg
Indeks Proteksi	IP55
Kelas Insulasi	Kelas F

2.1.2. Rangkaian Daya Pengereman *Dynamic* dengan *Inject DC* pada Konveyor B

Rangkaian daya pengereman *dynamic* dengan *inject DC* pada konveyor B terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian daya pengereman *dynamic* dengan *inject DC* pada konveyor B

Spesifikasi motor induksi tiga fasa pada konveyor B dapat dilihat pada tabel 2.

Pada metode pengereman *dynamic* dengan *inject DC* di konveyor B, diperlukan 1 buah *magnetic contactor* untuk mengatur aliran daya ke motor induksi tiga fasa. Aliran daya satu fasa akan masuk dan mengalir menuju kontaktor pengereman (K4).

Kontaktor pengereman (K4) dengan *normally open* berfungsi sebagai kontaktor pengereman. Ketika motor induksi tiga fasa sedang beroperasi, saat makanan diantar

dan teridentifikasi sensor, kontaktor pengereman (K4) akan beroperasi dan memberikan sumber DC ke motor induksi tiga fasa untuk menghentikan putaran motor induksi tiga fasa. Selang dua detik kemudian, kontaktor pengereman (K4) berhenti beroperasi dan motor induksi tiga fasa telah dihentikan sepenuhnya

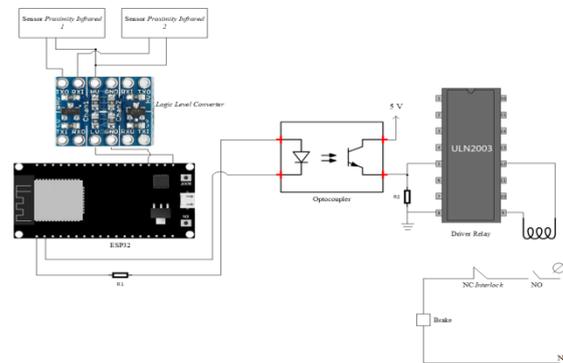
Tabel 2. Spesifikasi motor induksi tiga fasa konveyor B

Parameter	Nilai
Merk	BOLOGNA Electric Motors
Tipe	BLA – 802 – 4
Daya	0,75 Kw 1 HP
Faktor Daya	0,76
Fasa	3
Tegangan	Δ 220 V/Y 380 V
Arus	Δ 3,6 A/Y 2,1 A
Frekuensi	50 Hz
Kecepatan Putar	1390 rpm
Pole	4
Berat	11 kg
Indeks Proteksi	IP55
Kelas Insulasi	Kelas F

2.2. Rangkaian Kontrol Pengereman *Dynamic* dengan *Inject DC*

2.2.1. Rangkaian Kontrol Pengereman *Dynamic* dengan *Inject DC* pada Konveyor A

Rangkaian kontrol daya pengereman *dynamic* dengan *inject DC* pada konveyor A terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian kontrol pengereman *dynamic* dengan *inject DC* pada konveyor A

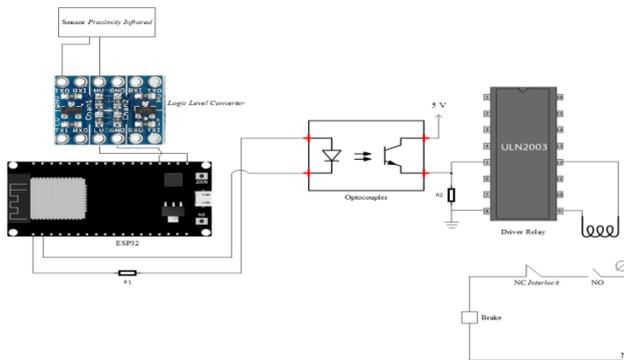
Pada metode pengereman *dynamic* dengan *inject DC*, untuk perancangan kontrol pada konveyor A, pengereman pada konveyor A menggunakan 2 sensor *proximity infrared* yang masing-masing menjadi input sinyal yang nantinya akan diproses oleh mikrokontroler ESP32 sehingga akan memicu driver relay ULN2003 untuk melakukan pengereman *dynamic* dengan *inject DC*.

Ketika salah satu sensor *proximity infrared* mendeteksi objek, maka sensor *proximity infrared* akan mengirimkan sinyal digital melalui *logic level converter* karena sensor *proximity infrared* membutuhkan tegangan 3.3 V DC sehingga harus diturunkan melalui *logic level converter*

dan dilanjutkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses. Setelah diproses oleh mikrokontroler ESP32, sinyal digital tersebut di alirkan ke driver relay ULN2003 yang nantinya untuk memicu driver relay ULN 2003 dan memicu kontaktor K5 atau kontaktor pengereman untuk melakukan pengereman *dynamic* dengan *inject* DC.

2.2.2. Rangkaian Kontrol Pengereman *Dynamic* dengan *Inject* DC pada Konveyor B

Rangkaian kontrol daya pengereman *dynamic* dengan *inject* DC pada konveyor B terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian kontrol pengereman *dynamic* dengan *inject* DC pada konveyor B

Pada metode pengereman *dynamic* dengan *inject* DC, untuk perancangan kontrol pada konveyor B, pengereman menggunakan sensor *proximity infrared* sebagai input sinyal yang nantinya akan diproses oleh mikrokontroler ESP32 sehingga akan memicu driver relay ULN2003 untuk melakukan pengereman *dynamic* dengan *inject* DC. Ketika sensor *proximity infrared* mendeteksi objek, maka sensor *proximity infrared* akan mengirimkan sinyal digital melalui *logic level converter* karena sensor *proximity infrared* membutuhkan tegangan 3.3 V DC sehingga harus diturunkan melalui *logic level converter* dan dilanjutkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses. Setelah diproses oleh mikrokontroler ESP32, sinyal digital tersebut di alirkan ke driver relay ULN2003 yang nantinya untuk memicu driver relay ULN 2003 dan memicu kontaktor K4 atau kontaktor pengereman untuk melakukan pengereman *dynamic* dengan *inject* DC.

2.3. Perancangan Penyearah Satu Fasa Gelombang Penuh Tidak Terkontrol

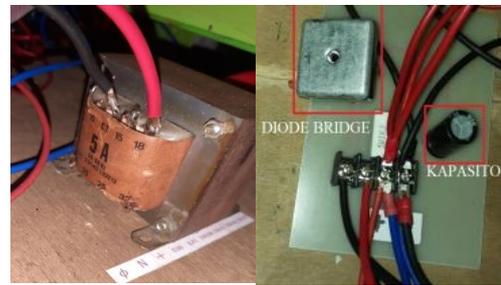
Pada proses pengereman *dynamic* dengan *inject* DC pada motor induksi tiga fasa, arus DC yang masuk ke motor tidak diperbolehkan melebihi rating arus pada motor induksi karena hal ini menyebabkan naiknya suhu pada stator motor induksi dan gangguan pada operasi selanjutnya[11].

Tegangan DC yang akan digunakan sebagai pengereman sebesar 24 V DC. Berdasarkan proses penentuan

parameter motor induksi tiga fasa yang telah dilakukan, pada pengujian dengan sumber DC, nilai tegangan 24 V DC tidak merusak motor induksi tiga fasa dan motor dapat beroperasi secara normal.

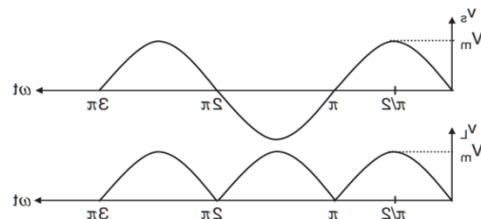
Untuk mendapatkan nilai tegangan DC sebesar 24 V, maka diperlukan penyearah 1 fasa gelombang penuh tidak terkontrol yang dapat mengalirkan tegangan rms keluaran dengan nilai yang sama dengan tegangan masukan ke penyearah[12][13].

Gambar 6 menunjukkan realisasi rangkaian penyearah 1 fasa gelombang penuh tidak terkontrol yang digunakan sebagai sumber DC untuk pengereman *dynamic* pada motor induksi dengan beban berupa resistansi stator pada motor.



Gambar 6. Realisasi rangkaian penyearah 1 fasa gelombang penuh tidak terkontrol sebagai sumber DC untuk pengereman *dynamic inject* DC

Gambar 7 menunjukkan proses pembentukan gelombang pada rangkaian penyearah 1 fasa gelombang penuh tidak terkontrol.



Gambar 7. Proses pembentukan gelombang tegangan keluaran pada rangkaian penyearah 1 fasa gelombang penuh tidak terkontrol

Dari gambar 7, dapat diketahui bahwa tegangan rms yang diperoleh dari proses penyearahan yaitu :

$$V_L = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_s^2 d\omega t} \quad (1)$$

$$V_L = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi (V_m \sin \omega t)^2 d\omega t} \quad (2)$$

$$V_L = V_m \sqrt{2}$$

Dari gambar 7 juga dapat diketahui bahwa nilai V_m atau tegangan maksimum pada hasil penyearahan memiliki nilai yang sama dengan tegangan maksimum pada masukan ke rangkaian penyearah. Sehingga persamaan (2) dapat diubah menjadi :

$$V_L = V_s \quad (3)$$

Keterangan :

V_L = Tegangan keluaran

V_s = Tegangan masukan

Dari persamaan (3) dapat diketahui bahwa untuk mendapatkan nilai tegangan 24 V DC, maka diperlukan tegangan masukan sebesar 24 V AC. Dan untuk mendapatkan nilai tegangan masukan sebesar 24 V AC, maka diperlukan transformator penurun tegangan dari 220 V AC ke 18 V AC.

Transformator yang tap digunakan adalah tap CT dan tap 18 V karena dapat langsung menghasilkan tegangan 24 V AC[14]. Sehingga ketika tegangan keluaran transformator melewati dioda bridge, dapat menghasilkan tegangan keluaran 24 V DC.

2.4. Perancangan Program Pengereman pada Mikrokontroler ESP32

Flowchart perancangan program pengereman pada mikrokontroler ESP32 dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Flowchart program pengereman

Pada tahap awal program pengereman, ketika motor induksi tiga fasa dinyalakan, sensor *proximity infrared* dalam kondisi *standby*. Ketika objek makanan diantar, maka sensor *proximity infrared* akan mendeteksi ketika objek makanan tepat berada didepan sensor tersebut.

Jika sensor *proximity infrared* tidak mendeteksi objek makanan, maka sensor *proximity infrared* akan tetap *standby*[15]. Jika sensor *proximity infrared* mendeteksi objek makanan, maka motor induksi tiga fasa akan melakukan pengereman *dynamic* dengan *inject DC*.

3. Pengujian dan Analisis

Setelah menentukan komponen-komponen yang akan digunakan dalam implementasi sensor *infrared* dan pengereman *dynamic* dengan *inject DC* pada motor induksi 3 fasa berbasis ESP32 untuk aplikasi sistem konveyor terkendali, tahapan selanjutnya adalah pengujian pada alat.

3.1. Pengujian Rangkaian Penyearah Satu Fasa Gelombang Penuh Tidak Terkontrol

Pada pengujian rangkaian penyearah satu fasa gelombang penuh tidak terkontrol dilakukan dalam kondisi berbeban dan tidak berbeban. Data pengujian rangkaian penyearah satu fasa gelombang penuh tidak terkontrol terdapat pada tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3. Pengujian penyearah satu fasa gelombang penuh tidak terkontrol dalam kondisi tidak berbeban

Tegangan Masukan Transformator (V AC)	Tegangan Keluaran Transformator (V AC)	Tegangan Keluaran Rangkaian Penyearah (V DC)
232,92	19,09	24,6

Tabel 4. Pengujian penyearah satu fasa gelombang penuh tidak terkontrol dalam kondisi berbeban motor induksi tiga fasa

Tegangan Masukan Transformator (V AC)	Tegangan Keluaran Transformator (V AC)	Tegangan Keluaran Rangkaian Penyearah (V DC)
232,91	18,9	23,8

Berdasarkan data pada tabel 3 dan tabel 3, diketahui bahwa nilai tegangan keluaran penyearah satu fasa gelombang penuh tidak terkontrol pada kondisi berbeban lebih kecil dari keluaran penyearah satu fasa gelombang penuh tidak terkontrol pada kondisi tidak berbeban.

Hal ini disebabkan nilai tegangan keluaran pada diode bridge yang digunakan dalam rangkaian penyearah satu fasa gelombang penuh tidak terkontrol bergantung pada nilai tegangan keluaran transformator yang digunakan sebagai tegangan masukan ke diode bridge, sehingga nilai tegangan keluaran penyearah satu fasa gelombang penuh akan mengikuti karakteristik pembebanan pada transformator.

3.2. Pengujian Sensor Proximity Infrared

Data pengujian sensor proximity infrared terdapat pada tabel 5.

Tabel 1. Data pengujian sensor proximity infrared

Sensor	Tegangan Masukan (V)		Tegangan Keluaran (V)	
	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi	Tidak Mendeteksi	Mendeteksi
Sensor 1 (A)	3.706	0.007	2.55	0.006
Sensor 2 (A)	3.71	0.067	2.439	0.0056
Sensor 1 (B)	4.92	0.12	3.27	0.014

Berdasarkan data pada tabel 5, diketahui bahwa nilai tegangan masukan sensor 1 konveyor A, sensor 2 konveyor A, dan sensor 1 konveyor B pada kondisi tidak mendeteksi lebih besar dari tegangan keluaran pada kondisi tidak mendeteksi, dikarenakan tegangan pada sensor 1 konveyor A, sensor 2 konveyor A, dan sensor 1 konveyor B masuk melalui logic level converter yang mengakibatkan tegangan sensor proximity infrared diturunkan menjadi 3.3 V DC.

Selisih tegangan masukan pada kondisi tidak mendeteksi antara sensor 1 konveyor A, sensor 2 konveyor A, dengan sensor 2 konveyor B cukup besar dikarenakan faktor kepresisian alat. Selisih tegangan keluaran pada kondisi mendeteksi antara sensor 1 konveyor A, sensor 2 konveyor A, dengan sensor 2 konveyor B cukup besar dikarenakan faktor kepresisian alat ukur.

Nilai tegangan masukan dan tegangan keluaran sensor 1 konveyor A, sensor 2 konveyor A, dan sensor 1 konveyor B saat tidak mendeteksi lebih besar dari tegangan masukan dan tegangan keluaran saat mendeteksi. Hal ini disebabkan adanya objek yang menghalangi sensor proximity infrared.

3.3. Pengujian Pengereman Motor Induksi Tiga Fasa pada Keadaan Berbeban dengan Metode Dynamic dengan Inject DC

Pengujian pengereman motor induksi tiga fasa pada keadaan berbeban dengan metode dynamic dengan inject DC dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan dan arus DC ketika dilakukan pengereman.

3.3.1. Pengujian Pengereman pada Sensor 1 di Konveyor A

Data pengujian pengereman pada sensor 1 di konveyor A terdapat pada tabel 6.

Tabel 6. Data pengujian motor induksi tiga fasa dalam kondisi pengereman dynamic dengan inject DC pada sensor 1 di konveyor A

Detik Ke -	V _{LL} (V)	I _{rms} (A)	I _{maks} (A)	Tegangan DC (V)	Arus DC (A)
6	121,8	0,76	1,4	0	0
7	123,6	0,73	1,4	0	0
8	121,8	0,73	1,4	0	0
9	0	0	0	22,28	0,42
10	0	0	0	0	0

Berdasarkan data pada tabel 6, dapat diketahui bahwa motor induksi tiga fasa bekerja dalam keadaan berbeban selama 8 detik dan inject DC selama 1 detik. Pada detik ke - 8, sumber tegangan satu fasa diputus dari motor induksi tiga fasa dan digantikan dengan sumber tegangan DC pada detik ke - 9. Pada detik ke - 10, tidak ada sumber tegangan yang mengalir di motor induksi tiga fasa dan motor induksi tiga fasa berhenti berputar.

Pada proses pengereman inject DC, didapatkan arus DC yang mengalir ke motor induksi tiga fasa adalah 0,42 A, sedangkan spesifikasi arus yang diperbolehkan mengalir ke motor induksi tiga fasa pada hubung bintang adalah 1,17 A. Hal ini menunjukkan bahwa arus DC yang mengalir ke motor induksi tiga fasa pada proses pengereman jauh lebih rendah dibandingkan spesifikasi arus motor induksi tiga fasa pada hubung bintang.

3.3.2. Pengujian Pengereman pada Sensor 2 di Konveyor A

Data pengujian pengereman pada sensor 2 di konveyor A terdapat pada tabel 7.

Tabel 7. Data pengujian motor induksi tiga fasa dalam kondisi pengereman dynamic dengan inject DC pada sensor 2 di konveyor A

Detik Ke -	V _{LL} (V)	I _{rms} (A)	I _{maks} (A)	Tegangan DC (V)	Arus DC (A)
6	121,8	0,76	1,4	0	0
7	123,6	0,73	1,4	0	0
8	121,8	0,73	1,4	0	0
9	0	0	0	22,23	0,42
10	0	0	0	0	0

Berdasarkan data pada tabel 7, dapat diketahui bahwa motor induksi tiga fasa bekerja dalam keadaan berbeban selama 8 detik dan inject DC selama 1 detik. Pada detik ke - 8, sumber tegangan satu fasa diputus dari motor induksi tiga fasa dan digantikan dengan sumber tegangan DC pada detik ke - 9. Pada detik ke - 10, tidak ada sumber tegangan yang mengalir di motor induksi tiga fasa dan motor induksi tiga fasa berhenti berputar.

Pada proses pengereman *inject* DC, didapatkan arus DC yang mengalir ke motor induksi tiga fasa adalah 0,42 A, sedangkan spesifikasi arus yang diperbolehkan mengalir ke motor induksi tiga fasa pada hubung bintang adalah 1,17 A. Hal ini menunjukkan bahwa arus DC yang mengalir ke motor induksi tiga fasa pada proses pengereman jauh lebih rendah dibandingkan spesifikasi arus motor induksi tiga fasa pada hubung bintang.

3.3.3. Pengujian Pengereman pada Sensor 1 di Konveyor B

Data pengujian pengereman pada sensor 1 di konveyor B terdapat pada tabel 8.

Tabel 8. Data pengujian motor induksi tiga fasa dalam kondisi pengereman *dynamic* dengan *inject* DC pada sensor 1 di konveyor B

Detik Ke -	V_{LL} (V)	I_{rms} (A)	I_{maks} (A)	Tegangan DC (V)	Arus DC (A)
6	79,4	1,33	2,7	0	0
7	79,4	1,34	2,7	0	0
8	79,4	1,34	2,7	0	0
9	0	0	0	24,76	0,51
10	0	0	0	0	0

Berdasarkan data pada tabel 8, dapat diketahui bahwa motor induksi tiga fasa bekerja dalam keadaan berbeban selama 8 detik dan *inject* DC selama 1 detik. Pada detik ke - 8, sumber tegangan satu fasa diputus dari motor induksi tiga fasa dan digantikan dengan sumber tegangan DC pada detik ke - 9. Pada detik ke - 10, tidak ada sumber tegangan yang mengalir di motor induksi tiga fasa dan motor induksi tiga fasa berhenti berputar.

Pada proses pengereman *inject* DC, didapatkan arus DC yang mengalir ke motor induksi tiga fasa adalah 0,51 A, sedangkan spesifikasi arus yang diperbolehkan mengalir ke motor induksi tiga fasa pada hubung bintang adalah 2,1 A. Hal ini menunjukkan bahwa arus DC yang mengalir ke motor induksi tiga fasa pada proses pengereman jauh lebih rendah dibandingkan spesifikasi arus motor induksi tiga fasa pada hubung bintang.

4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan, pengujian dan analisa pada tugas akhir "Implementasi Sensor Infrared dan Pengereman Dynamic dengan Inject DC pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis ESP32 untuk Aplikasi Sistem Konveyor Terkendali" ini didapatkan kesimpulan yaitu implementasi sensor infrared dan pengereman dynamic dengan inject DC pada motor induksi 3 fasa berbasis ESP32 untuk aplikasi sistem konveyor terkendali berhasil dibuat. Hal ini dibuktikan pada pengujian pengereman motor induksi tiga fasa pada kondisi berbeban menggunakan metode dynamic dengan inject DC diperoleh tegangan DC dan arus DC ketika sensor proximity infrared mendeteksi objek makanan. Pada pengujian penyerah satu fasa

gelombang tidak terkontrol didapatkan hasil pengujian tegangan keluaran penyearah satu fasa gelombang penuh pada kondisi berbeban lebih kecil dari tegangan keluaran penyearah satu fasa gelombang penuh tidak terkontrol pada kondisi tidak berbeban. Hal ini disebabkan nilai tegangan keluaran diode bridge yang digunakan dalam rangkaian penyearah satu fasa gelombang penuh tidak terkontrol bergantung pada nilai tegangan keluaran transformator yang digunakan sebagai tegangan masukan ke diode bridge, sehingga nilai tegangan keluaran penyearah satu fasa gelombang penuh akan mengikuti karakteristik pembebanan pada transformator.

Referensi

- [1] Saputra, R. R. M., dan C. Setianingsih, "Perancangan dan Implementasi Alat Untuk Penyortiran Buah Tomat (*Lycopersicon Esculentum*) Menggunakan Mikrokomputer Design," e-Proceeding Eng., vol. 4, no. 3, hal. 4074–4082, 2017.
- [2] Tawakal, P., Nugroho, A. and Facta, M., 2017. Penyearah Terkontrol Penggerak Motor Arus Searah Pada Purwarupa Konveyor. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 5(3), pp.389-394.
- [3] F. Nugroho W, M. Facta, dan T. Sukmadi, "Perancangan Modul dan Perbandingan Metode Starting dan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa," *Transient*, vol. 4, no. 1, hal. 58–68, 2015.
- [4] M. H. Pradipta, T. Sukmadi, dan M. Facta, "Pengereman Dinamis Konvensional Pada Motor Induksi," *Transient*, vol. 3, no. 4, hal. 656–663, 2014.
- [5] R. Singh, U. S, D. Vijaykumar, dan D. P. Kothari, "Dynamic Braking of Induction Motor - Analysis of Conventional Methods and an Efficient Multistage Braking Model," *Int. Conf. Energy Effic. Technol. Sustain. ICEETS 2013*, hal. 197–206, 2013.
- [6] D. Firmansyah, "Pengaturan Pengereman Dinamik Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Smartphone Android dan Simulasi Matlab," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Lampung, 2016.
- [7] A. Kadir, *Mesin Tak Serempak* : Buku teks untuk Institut Teknologi Fakultas Teknik, Sekolah Tinggi Teknik, Akademi Teknik. Jakarta : Djambatan, 1986.
- [8] A. K. T. B.L. Theraja, *A Textbook of Electrical Technology -Volume II - AC and DC Machines*. New Delhi, India: Nirja Construction and Development, Co., 1994.
- [9] Kurniawan, A., 2019. *Internet of Things Projects with ESP32: Build exciting and powerful IoT projects using the all-new Espressif ESP32*. Packt Publishing Ltd.
- [10] Maier, A., Sharp, A. and Vagapov, Y., 2017, September. Comparative analysis and practical implementation of the ESP32 microcontroller module for the internet of things. In *2017 Internet Technologies and Applications (ITA)* (pp. 143-148). IEEE.
- [11] Munarto, R. and Rinaldi, B., 2018. Analisis Pengereman dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan metode Injeksi Arus Searah dan Kapasitor Eksitasi Sendiri Fuzzy C-Means Clustering. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 7(1), pp.69-78.

- [12] Hudaya, K.A.W., Warsito, A. and Facta, M., 2002. Pembuatan Penyearah Terkontrol Penuh Satu Fasa Sebagai Pengemudi Motor DC 3 HP (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip).
- [13] Ghofur, M.A., Purnomo, H. and Wibawa, U., 2019. ANALISIS Pengereman dan Proteksi pada Motor Induksi Tiga Fasa. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 7(5).
- [14] Prabowo, H.F.A., Facta, M. and Nugroho, A., 2015. Analisis Resonant Trafo Step Up dengan Penyearah CT dan Jembatan Penuh. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 4(3), pp.542-549.
- [15] Scheible, G., ABB Research Ltd Switzerland, 2004. Proximity sensor. U.S. Patent 6,798,217.