

Rancang Bangun Modul Forward Reverse Motor 3 Fasa Beserta Pengereman Dinamik Menggunakan PLC ZELIO SR B121FU

Muhammad Helmy Anjab

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: M.17050874060@mhs.unesa.ac.id

Bambang Suprianto, Unit Three Kartini, Subuh Isnur Haryudo

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: bambangsuprianto@unesa.ac.id , unitthree@unesa.ac.id , subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Dalam dunia industri, motor induksi merupakan peralatan yang sudah umum digunakan dalam kegiatan proses produksi karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya yaitu memiliki konstruksi sederhana, harganya relatif murah, tidak membutuhkan biaya besar dalam perawatan, dan efisiensi yang tinggi. Motor induksi sangat penting untuk dapat dikendalikan saat *starting*, pengendalian pengereman, dan pengendalian berhenti. Programmable Logic Controller (PLC) adalah suatu rangkaian yang terdiri dari processor dan input/output. Upaya untuk pengendalian motor induksi secara otomatis dapat dikontrol melalui PLC. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perbandingan kinerja dari sistem *forward reverse* beserta pengereman dinamik antara konvensional dengan rangkaian PLC, dan mengetahui efektifitas pembuatan rangkaian secara fisik, dan biaya produksi dari kedua rancangan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Setelah melakukan penelitian didapatkan hasil kinerja dari sistem forward reverse beserta pengereman dinamik pada penggunaan PLC jauh lebih efisien dan sederhana, tetapi rangkaian menggunakan PLC menjadi lebih mahal. Implikasi penelitian ini diharapkan dapat membantu mengotomasi sistem pengendalian motor induksi guna menggantikan sistem konvensional dan meningkatkan efisiensi proses produksi.

Kata Kunci: pengontrolan, motor induksi, sistem *forward reverse*, zelio smart relay.

Abstract

In the industrial world, induction motors are equipment that is commonly used in production process activities because it has several advantages including having a simple construction, relatively cheap price, not requiring large maintenance costs, and high efficiency. Induction motors are very important to be able to be controlled when starting, controlling braking, and controlled stopping. A programmable Logic Controller (PLC) is a circuit consisting of a processor and input/output. Efforts to control the induction motor can automatically be controlled via PLC. The purpose of this study was to compare the performance of the forward-reverse system along with dynamic braking between conventional and PLC circuits and to determine the effectiveness of making a physical circuit, and the production costs of both designs. The research method used is the experimental method. After doing research, it was found that the performance of the forward reverse system along with dynamic braking on the use of PLC is much more efficient and simple, but the circuit using PLC becomes more expensive. The implications of this research are expected to help automate the induction motor control system to replace the conventional system and increase the efficiency of the production process.

Keywords: controlling, induction motor, forward reverse system, zelio smart relay.

PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa merupakan peralatan yang sudah umum digunakan di berbagai industri skala besar maupun industri skala kecil untuk menunjang proses produksi. Motor induksi tiga fasa digunakan karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya yaitu memiliki konstruksi sederhana, harganya relatif murah, tidak membutuhkan biaya besar dalam perawatan, dan efisiensi yang tinggi (Ta'ali dan Taliza, 2020). Dalam pengoperasiannya motor induksi tiga fasa membutuhkan sumber tegangan arus bolak balik atau *alternating current* (AC) tiga fasa. Motor induksi tiga fasa dapat dibentuk dalam hubungan bintang (Y) atau segitiga (Δ) (Sutarno 2010). Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, yang dimana putaran rotornya

tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan stator terdapat selisih putaran yang disebut slip. Kontruksi motor induksi bagian pada rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit (air gap) dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm (Faishol dan Joko, 2018).

Penggunaan peralatan motor induksi yang dikontrol secara *forward-reverse* dan digunakan di berbagai industri seperti contohnya mesin *conveyor*, *lift*, mesin *crane*, dan mesin lainnya. Pada saat proses motor induksi dihentikan, putaran motor tidak langsung berhenti karena masih ada sisa energi putar yang terdapat pada poros. Penghentian putaran motor induksi dipengaruhi oleh beban yang dilayani, kecepatan putaran dan daya

motor. Jika semakin besar beban poros motor maka putaran motor untuk berhenti lebih cepat dibandingkan tanpa beban. Semakin cepat putaran motor maka untuk berhenti lebih lama dibandingkan putaran lambat. Semakin besar daya motor maka semakin lama pula, karena torsi yang dihasilkan lebih besar (Abdulbahar, 2010).

Pengereman dengan peningkatan efisiensi energi dengan membuat medan magnetik motor stasioner. Kondisi tersebut dilakukan dengan menginjeksikan arus searah atau *direct current* (DC) pada kumparan stator motor induksi tiga fasa setelah hubungan kumparan stator dilepaskan dari sumber tegangan suplai arus AC. Pengereman ini disebut dengan metode pengereman dinamik (*dynamic breaking*). Pengereman metode dinamik memiliki keuntungan antara lain kemudahan pengaturan kecepatan pengereman terhadap motor induksi tiga fasa dan kerugian mekanis dapat dikurangi. (Muhamin and zamzami, 2018), maka dari itu metode pengereman ini banyak digunakan pada industri yang membutuhkan pengereman motor dengan cepat.

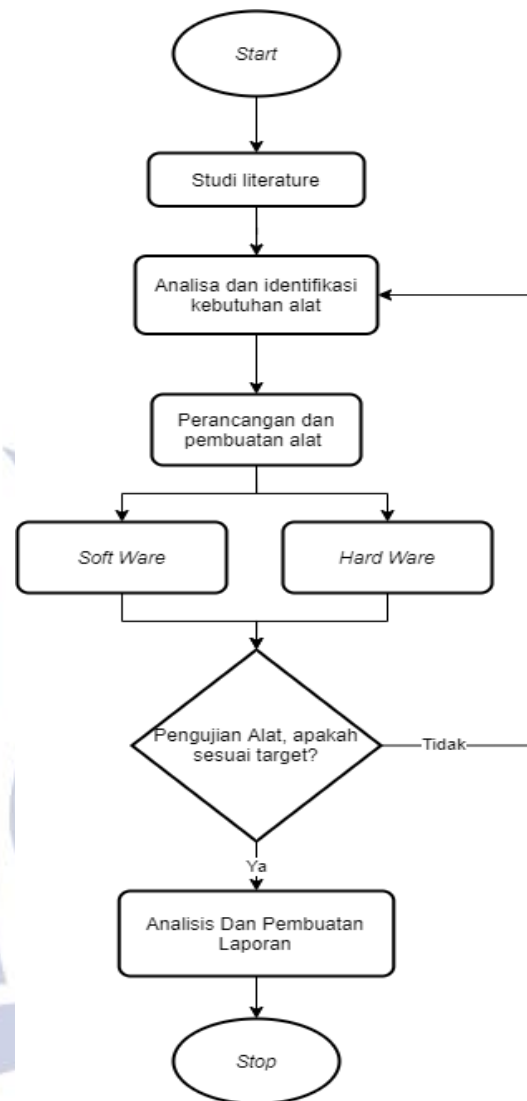
Penelitian ini akan membahas tentang rancang bangun modul *forward reverse* motor tiga fasa beserta pengereman dinamik menggunakan PLC (*Program Logic Controller*) zelio SR B121FU. Dari penelitian ini bertujuan untuk mengetahui PLC zelio sebagai pengontrol motor induksi tiga fasa dengan sistem *forward reverse* dan mengetahui kinerja dari pengereman dinamik.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian berjenis eksperimen (percobaan) dengan pendekatan kuantitatif. Teknik pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengamatan (observasi), yaitu mengumpulkan data dengan cara pengamatan pada objek yang diuji dan mencatat data-data yang akan dianalisis.

Teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif. Teknik analisis data ini dilakukan dengan cara melakukan eksperimen dimana hasilnya berupa data kuantitatif yang akan dimasukkan dalam bentuk tabel dan selanjutnya data akan dideskripsikan dalam bentuk kalimat.

Rancangan penelitian



Gambar 1. Flowchart rancangan penelitian.

Gambar 1 menunjukkan *flowchart* rancangan penelitian yang dilakukan langkah pertama yaitu melakukan studi literatur berdasarkan jurnal atau artikel publikasi yang relevan untuk menyelesaikan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Modul Forward Reverse Motor Tiga Fasa Beserta Dengan Pengereman Dinamik Menggunakan PLC Zelio SR B121FU”.

Analisa dan identifikasi kebutuhan alat merupakan proses analisis permasalahan yang berdasarkan studi literatur sehingga memicu proses perancangan alat serta menunjang mengidentifikasi kebutuhan alat yang akan dibuat.

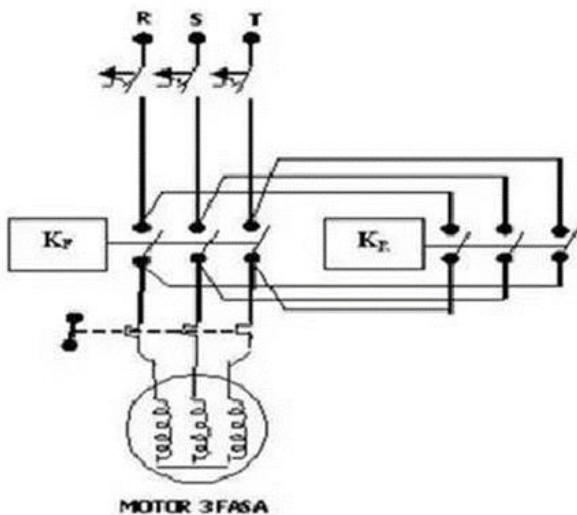
Perancangan dan pembuatan alat merupakan suatu proses mendesain dan merancang sistem secara *software* dan *hardware* dengan kesesuaian alat yang diteliti. Pengujian alat dilakukan untuk mengambil data sesuai pada alat yang telah dirancang secara *software* dan *hardware*. Apabila terjadi tidak sesuai pada alat yang

diteliti maka dilakukan kembali pada analisis dan identifikasi kebutuhan alat.

Analisis dan pembuatan laporan merupakan proses akhir dari pengumpulan data yang didapat pada saat proses pengujian dan dianalisis, kemudian dilanjutkan dengan penulisan laporan berdasarkan data yang diteliti.

Kontrol Forward dan Reverse

Kendali forward reverse merupakan pengontrolan putar motor induksi tiga fasa, yang dimana motor akan berputar dalam dua arah, yang bergerak maju dan bergerak ke arah sebaliknya (Mohd Sofian, dkk., 2016).



Rangkaian Utama

Gambar 2. Rangkaian kontrol forward dan reverse.

Kendali *forward reverse* menggunakan dua magnetik kontaktor sebagai alat bantu *switching* untuk menjalankan motor induksi. Pada penyusunan rangkaian kontrol *forward reverse* ini memang dihubungkan dengan cara terbalik pada output kontaktor guna mendapatkan dua arah putar pada motor induksi tiga fasa yang berbeda. Perhatikan Gambar 2 terlihat pada input magnetik kontaktor Kf (Kontrol *forward*) dihubungkan secara paralel dengan magnetik kontaktor Kr (Kontrol *reverse*) akan tetapi tegangan keluaran pada magnetik kontaktor Kf dihubungkan secara terbalik, jika magnetik kontaktor Kf yang bekerja maka motor induksi akan bekerja secara *forward* atau kerja arah putaran pada rotor motor induksi tiga fasa bergerak secara maju dan jika kontaktor Kr bekerja maka motor induksi akan bekerja secara *reverse* atau kerja arah putaran rotor motor induksi tiga fasa bergerak secara mundur.

Pengereman Dinamik (Dynamic Breaking)

Pengereman dinamik digunakan untuk menghentikan putaran rotor motor induksi, contohnya seperti

menghentikan putaran pada alat crane dan lift yang terjadi di industri. Untuk menghentikan putaran rotor motor induksi tiga fasa dengan cara menginjeksikan tegangan dan arus searah atau *Direct current* (DC) pada belitan stator motor induksi, yang dimana tegangan dan arus DC dihasilkan oleh rangkaian penyearah dioda. Torsi pengereman yang dihasilkan tergantung pada besaran tegangan dan arus DC yang diinjeksikan pada belitan stator (Agung, dkk., 2006).

Arus DC yang diinjeksikan ke belitan stator motor induksi sendiri berguna sebagai penguat putaran motor induksi. Akan timbul gaya magnet yang dihasilkan oleh arus yang mengalir yang disebabkan hubung singkat yang terjadi pada kumparan rotor, lalu rotor akan berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan magnet. Namun rotor akan berusaha berputar ke arah yang berlawanan untuk menjadikan stasioner pada stator. Interaksi medan resultan dan gaya gerak magnet rotor akan menghasilkan torsi yang berlawanan dengan torsi motor sehingga pengereman terjadi (Ahmad, 2020).

Pada penelitian pengereman ini menggunakan diode *full bridge rectifier* yang disuplay oleh sumber tegangan bolak-balik atau *alternating current* (AC) dengan nilai tegangannya 220V, tegangan output pada rangkaian penyearah gelombang penuh satu fasa tanpa filter dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut.

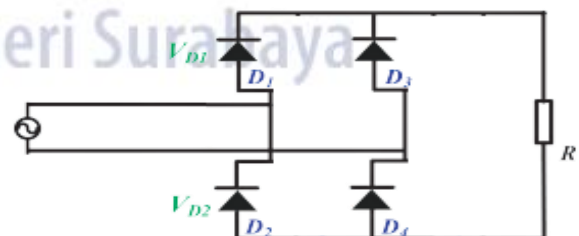
$$V_{dc} = \frac{2v_{max}}{\pi}$$
$$= 0,637V_{max}$$
$$= 0,9V_{RMS}$$

Ket: V_{dc} : Tegangan searah.

V_{max} : Nilai tegangan puncak.

V_{RMS} : Nilai rms.

Gambar 3 menunjukkan rangkaian diode *full bridge rectifier* yang disuplay sumber tegangan AC diubah menjadi tegangan keluaran DC sehingga menimbulkan polaritas positif dan polaritas negatif.



Gambar 3. Rangkaian diode *full bridge rectifier*. (Fu dkk., 2018)

Perancangan Sistem

Penelitian kali ini menggunakan perancangan sistem kontrol motor tiga fasa yang bekerja secara *forward* dan *reverse* beserta pengereman dinamik. Perancangan ini membandingkan sistem rangkaian konvensional dengan

rangkaian kontrol yang dikendalikan oleh PLC (*Programmable Logic Control*). Perancangan sistem ini menggunakan sebuah MCB (*Magnetic Circuit Breaker*), tiga buah magnetik kontaktor, empat buah *push button* dan tiga buah *pilot lamp*, dan TOR (*Thermal Overload Relay*), masing masing lampu dan *push button* bekerja sebagai indikator dan *trigger* dari kondisi yang disesuaikan seperti pada tabel berikut:

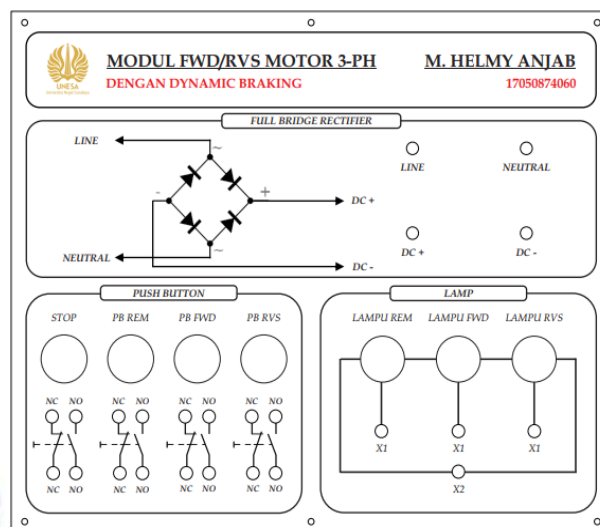
Tabel 1. Daftar komponen sistem

Komponen	Fungsi
Lampu merah	Indikator pengereman
Lampu kuning	Indikator <i>reverse</i>
Lampu hijau	Indikator <i>forward</i>
<i>Push Button Forward</i>	Tombol <i>forward</i>
<i>Push Button reverse</i>	Tombol <i>reverse</i>
<i>Push Button Brake</i>	Tombol Rem
<i>Push Button Stop</i>	Tombol Stop

Pada kondisi yang pertama perancangan sistem ini apabila *push button forward* ditekan maka tegangan bolak-balik masuk pada magnetik kontaktor *forward* dan motor induksi akan berputar ke arah depan dan juga lampu indikator warna hijau menyala. Kondisi kedua menjelaskan apabila *push button reverse* ditekan maka tegangan bolak-balik masuk pada kontaktor *reverse* lalu diteruskan pada motor induksi, sehingga motor induksi akan berputar ke arah mundur atau ke arah berlawanan dengan kondisi pertama dan lampu indikator warna kuning menyala, pada kondisi ini motor harus dalam keadaan berhenti terlebih dahulu. Kondisi ketiga adalah pengereman dinamis. Pada pengereman motor apabila *push button rem* ditekan akan mengoperasikan kontaktor Rem sehingga motor akan berhenti atau melakukan pengereman pada saat motor induksi beroperasi.

Perancangan software

Perancangan *software* penelitian kali ini yang dimulai dari perancangan desain sistem dan perancangan *software* menggunakan *ladder diagram* sebagai bahasa pemrograman pada PLC (*Programmable Logic Control*). Dalam desain sistem pada rancangan kali ini terdapat tahapan-tahapan perancangan, tahapan awal yaitu dimulai dari perencanaan pembuatan desain modul beserta deskriptif komponen yang dibutuhkan dan yang kedua yaitu melakukan perancangan desain melalui *software* CorelDraw 2021. Selanjutnya yang ketiga dilanjutkan dengan pencetakan desain yang telah dirancang dan penginstalan komponen pada modul PLC yang telah dicetak, dan yang terakhir yaitu pemasangan *chassis* atau pelindung agar modul PLC dapat bertahan lama, dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada matakuliah PLC.



Gambar 4. Desain modul PLC

Physical inputs

No	Symbol	Function	Lock	Parameters	Location of (LC)	Comment
I1		Discrete inputs	--	No parameters	(1/1)	Stop
I2		Discrete inputs	--	No parameters	(3/2)	PB-F
I3		Discrete inputs	--	No parameters	(1/2)	PB-R
I4		Discrete inputs	--	No parameters	(5/2)	PB-Rem

Gambar 5. Komponen input PLC

Physical outputs

No	Symbol	Function	Latching	Location of (LC)	Comment
Q1		Discrete outputs	No	(1/6) (2/2) (3/3)	MCR
Q2		Discrete outputs	No	(1/3) (3/6) (4/2)	MCF
Q3		Discrete outputs	No	(1/4) (3/4) (5/6) (6/2)	MC Rem

Gambar 6. Komponen output PLC

Gambar 5 dan 6 diatas menjelaskan komponen-komponen I/O yang telah deprogram menggunakan *software* Zelio Soft 2 dengan sistem kerja kontrol motor *forward reverse* beserta pengereman dinamik.

Perancangan hardware

perancangan *hardware* merupakan mempersiapkan bahan-bahan rancangan yang mengikuti prosedur penelitian dan merakit menjadi satu kesatuan sistem kontrol motor *forward reverse* beserta pengereman dinamik. Bahan-bahan yang digunakan terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daftar bahan modul *dynamic breaking*

No	Bahan	Jumlah
1.	Jack Banana	24 buah
2.	Kabel	Seperlunya

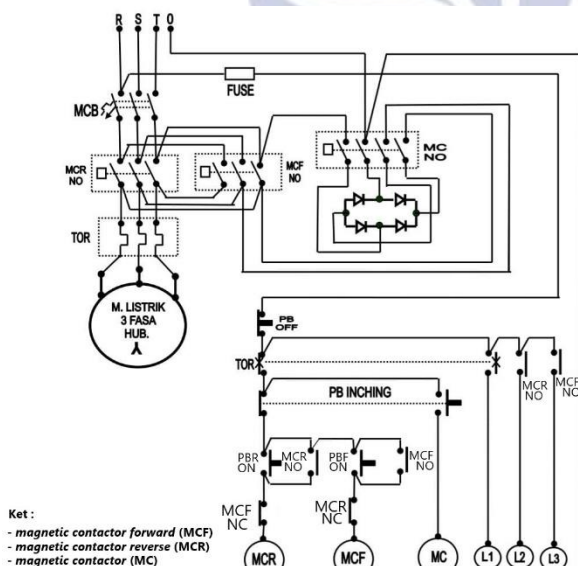
No	Bahan	Jumlah
3.	Diode 6 Ampere	4 buah
4.	<i>Pilot lamp</i>	3 buah
5.	<i>Push button</i>	16 buah

Pada perancangan *hardware* penulis menggunakan push button sebagai tombol menyalakan atau mematikan (*on/off*) motor sesuai pengontrolan, lampu sebagai indikator kerja motor pada kondisi *forward* (bergerak maju), *reverse* (bergerak mundur), dan *break* (pengereman).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji rangkaian semi otomatis

Rangkaian semi otomatis yaitu rangkaian yang masih menggunakan logika kontrol dengan memanfaatkan komponen relay secara fisik, namun pada penelitian kali ini penulis melakukan hasil uji rangkaian semi otomatis melalui simulasi. Simulasi ini menggunakan dua perangkat *software* yaitu PSIM (power simulator) untuk analisis hasil tegangan dan arus keluaran pada saat pengereman motor terjadi.



Gambar 7. Rangkaian sistem semi otomatis

Jika tombol *forward* ditekan maka tegangan akan disalurkan pada magnetik kontaktor *forward* (MCF), jika MCF beroperasi putaran motor induksi bekerja secara gerak *forward* atau maju dan lampu indikator warna hijau akan menyala. Jika tombol *reverse* ditekan maka tegangan akan disalurkan pada magnetik kontaktor *reverse* (MCR), jika MCR beroperasi motor induksi akan bekerja secara putar arah berlawanan dengan MCF atau bekerja secara putar

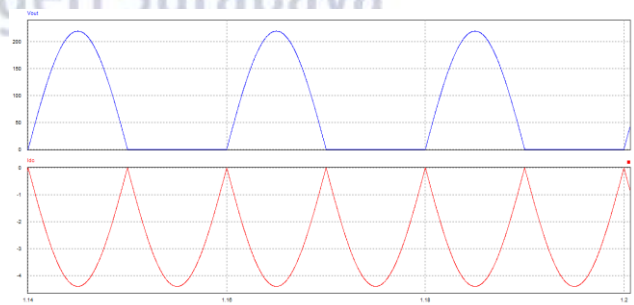
arah *reverse* atau mundur dan lampu indikator warna kuning akan menyala. Dan apabila tombol rem ditekan maka akan mengaktifkan kontaktor rem, jika kontaktor rem beroperasi maka putar gerak rotor pada motor induksi akan berhenti atau terjadi pengereman dan lampu indikator warna merah akan menyala. Berikut adalah kondisi sistem ketika bekerja dengan *triger* yang diberikan.

Tabel 3. Hasil Simulasi kondisi sistem

Komponen	Kondisi	Kontaktor	Lampu Indikator
Push Button Forward	0	Mati	Mati
	1	Hidup	Hidup warna hijau
Push Button Reverse	0	Mati	Mati
	1	Hidup	Hidup warna kuning
Push Button Rem	0	Mati	Mati
	1	Hidup	Hidup warna merah

Berdasarkan data dari Tabel 3 yaitu apabila *push button forward* dalam kondisi 1 (ditekan) maka lampu indikator warna hijau akan menyala, bila *push button forward* dalam kondisi 0 (tidak ditekan) maka lampu indikator mati. apabila *push button reverse* dalam kondisi 1 (ditekan) maka lampu indikator warna kuning akan menyala, bila *push button reverse* dalam kondisi 0 (tidak ditekan) maka lampu indikator mati. apabila *push button rem* dalam kondisi 1 (ditekan) maka lampu indikator warna merah akan menyala, bila *push button rem* dalam kondisi 0 (tidak ditekan) maka lampu indikator mati.

Berikut adalah hasil grafik dari simulasi PSIM (*Power Simulator*) untuk tegangan dan arus pada pengereman dinamik ketika motor induksi diinjeksikan.



Gambar 8. Grafik tegangan dan arus

Dari hasil simulasi yang sudah dilakukan rangkaian berjalan sesuai dengan prinsip kerja kontrol motor beserta pengereman, akan tetapi mengaplikasikan rangkaian

konvensional tersebut secara real akan menjadi rumit dalam hal fleksibilitas dan juga biaya mengingat rangkaian tersebut butuh beberapa relay tambahan.

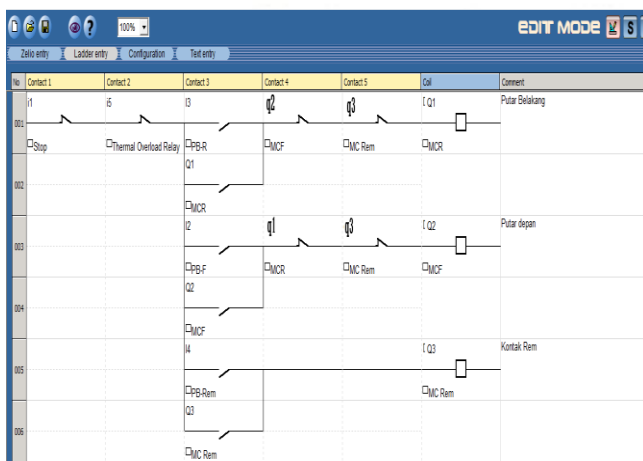
Dari grafik hasil simulasi menggunakan PSIM menjelaskan bahwa hasil keluran tegangan dan arus pada pengereman motor yang diinjeksikan, merupakan tegangan dan arus searah atau *direct current* (DC) dengan parameter nilai keluaran yang sama. Pada arus DC masih terdapat *ripple* yang terlalu banyak, apabila ingin menghilangkan *ripple* pada arus injeksi ini maka perlu penambahan komponen tambahan berupa kapasitor. Kapasitor ini berfungsi sebagai *filter* atau penyangkutan tegangan dan arus DC sehingga *ripple* yang dikeluarkan akan menjadi kecil.

Pengujian software

Pengujian kali ini bertujuan untuk menjalankan fungsi *ladder diagram* sebagai bahasa pemrograman pada *software* yang akan diintegrasikan dengan perancangan modul PLC. *ladder diagram* dirangkai sesuai dengan alamat input dan output pada PLC. Hal ini perancangan serta pengujian pada *ladder diagram* dapat dilakukan melalui *software* Zelio Soft 2. Data hasil pengujian *software* menggunakan Zelio Soft 2 yang dapat dilihat pada tabel 4 merupakan alamat input dan output dan gambar 10 adalah rangkaian kontrol menggunakan bahasa *ladder diagram* PLC zelio pada sistem *forward reverse* beserta pengereman dinamik. Berikut adalah perancangan alamat input dan juga output yang akan digunakan.

Tabel 4. Alamat Input Output PLC

Input	Output
Push Button Stop (I1)	-
Push Button Forward (I2)	MC F [Q1]
Push Button Reverse (I3)	MC R [Q2]
Push Button Rem (I4)	MC Rem [Q3]



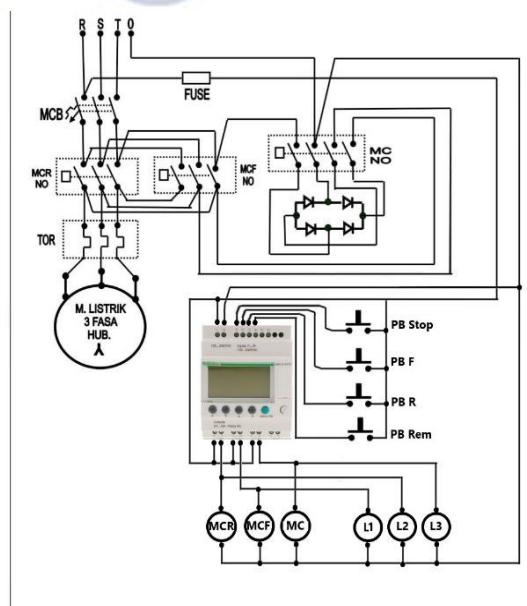
Gambar 9. Ladder diagram Zelio Soft 2

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 9 menunjukkan hasil rancangan sistem *forward reverse* beserta pengereman pada *software* sesuai yang diharapkan. Yaitu ketika tombol dari masing masing fungsi kerja ditekan maka akan mengoprasikan I/O (*input/output*) yang telah disesuaikan dengan alamat penginputan pada zelio soft 2. Penginputan alamat I/O ini berdasarkan dengan spesifikasi zelio smart relay yang akan digunakan dan untuk pengontrolan motor induksi tiga fasa dengan sistem kerja *forward reverse* beserta pengereman dinamik.

Pengujian modul PLC

Pengujian kali ini melakukan pengujian terhadap keseluruhan sistem pada modul yang dirancang. Beberapa kali pengujian dilakukan sesuai dengan kebutuhan analisis untuk memperoleh hasil yang diinginkan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui fungsionalitas dari perancangan modul dapat bekerja dengan baik dan sesuai sistem yang diharapkan. Pengujian modul menggunakan PLC terdiri dari pengujian fungsi keseluruhan dan pengujian pengereman dari sistem *forward reverse* beserta pengereman dinamik yang telah dirancang apakah sesuai dengan perancangan yang sudah dibahas.

Pengujian fungsi keseluruhan merupakan uji fungsionalitas kerja pada modul secara menyeluruh. Pengujian ini meliputi pemasangan wiring pada modul serta mengintegrasikan sistem kerja kontrol menggunakan PLC, penggunaan PLC sebagai pengontrolan motor induksi yang dapat bekerja secara *forward* (putar maju) atau *reverse* (putar mundur) beserta pengereaman dinamik untuk menghentikan kontrol kerja sistem keseluruhan. Berikut data hasil perancangan wiring yang akan digunakan serta pengujian fungsi keseluruhan.



Gambar 10. Wairing pada modul menggunakan PLC zelio smart relay.

Rancang Bangun Modul Forward Reverse Motor 3 Fasa Beserta Pengereman Dinamik Menggunakan PLC ZELIO SR B121FU



Gambar 11. Pengujian fungsi keseluruhan.

Berdasarkan hasil pada Gambar 10 yang merupakan diagram pewairingan dan pengujian fungsi keseluruhan telah sesuai yang diharapkan. Hal ini dibuktikan pada Gambar 11 yang merupakan hasil pewairingan pada modul serta mengintegrasikan PLC sebagai pengontrolan motor induksi tiga fasa dengan cara kerja yang sesuai dengan sistem *forward reverse* beserta pengereman dinamik.

Pada sistem tersebut jika *push button forward* ditekan maka akan mengaktifkan sistem kerja putaran rotor pada motor induksi bergerak secara *forward* atau maju. Ketika motor induksi beroperasi secara kerja *forward*, pada sistem kerja ini tidak dapat dikombinasikan dengan sistem kerja putar *reverse* atau mundur. Karena pada *ladder diagram* pada pemrograman PLC terdapat relay kontaktor *normally close* (NC) *forward* yang dalam keadaan kondisi terbuka sehingga *push button reverse* tidak dapat memberikan perintah. Dalam kondisi ini berlaku sama halnya pada *push button reverse*. Jika ingin mengaktifkan sistem kerja motor bergerak secara *reverse* atau mundur perlu menghentikan sistem kerja *forward* terlebih dahulu dengan cara menekan *push button stop* dan *push button rem*. Pada sistem kerja kontrol putar motor secara *forward* atau *reverse* putaran rotor dapat diberhentikan langsung dengan cara menekan *push button rem*. Jika keadaan motor sedang direm maka indikator lampu warna merah akan menyala dan sistem kerja dari kedua kontrol motor putar *forward* dan *reverse* tidak dapat bekerja. Karena pada *ladder diagram* dari bahasa PLC terdapat relay kontaktor NC rem yang dalam keadaan kondisi terbuka sehingga *push button forward* dan *push button reverse* tidak dapat dioperasikan.

Pengujian pengereman merupakan pengujian yang bertujuan untuk menghentikan putaran pada rotor motor. Prinsip kerja pengereman dinamik yaitu menghentikan putaran pada rotor motor induksi menggunakan rangkaian penyearah sebagai injeksi arus

dan tegangan DC sebagai pengereman putaran pada rotor motor induksi agar putaran motor berhenti secara langsung tanpa menyisakan energi putar pada putaran rotor motor. Berikut hasil pengujian pengereman putar motor yang telah dilakukan.



Gambar 12. Pengereman motor

Berdasarkan hasil pengujian pengereman dinamik pada motor induksi yaitu data yang diperoleh merupakan menghentikan putaran rotor motor induksi dengan sistem *forward reverse*. Pada saat menghentikan putaran rotor motor induksi pengereman dinamik dapat menghentikan putaran rotor motor secara langsung tanpa menyisakan energi putaran pada rotor motor induksi.

Analisis

Data ini diambil bertujuan untuk pengamatan data dalam menggunakan PLC zelio smart relay, perhatikan pada Tabel 5. dibawah berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Karakter Penggunaan PLC

Input	Alamat	Output	alamat	Hasil	Kondisi alat
Push button Forward	I2	Kontak or Forward	Q1	0	Tidak beroperasi
				1	Beroperasi
Push button Reverse	I3	Kontak or Reverse	Q2	0	Tidak beroperasi
				1	Beroperasi
Push button Rem	I4	Kontak or Rem	Q3	0	Tidak beroperasi
				1	Beroperasi
Push button Stop	I1	-	-	0	Beroperasi
				1	Tidak beroperasi
Thermal overload relay	I5	-	-	0	Beroperasi
				1	Tidak beroperasi

Berdasarkan data penelitian pada Tabel 5. Bahwa sistem *forward reverse* beserta dengan pengereman dinamik menggunakan PLC dapat dikatakan berhasil, hal ini dapat dilihat pada beroprasinya motor induksi secara *forward* (maju) atau *reverse* (berlawanan) dan motor induksi dapat di rem dengan cara pengereman dinamik.

Pada sistem jika push button *forward* tertrigger (ditekan) maka motor induksi akan beroperasi secara *forward* (maju) dan kontaktor *forward* menyala. Pada sistem jika push button *reverse* tertrigger (ditekan) maka motor induksi akan beroperasi secara *reverse* (berlawanan) dan kontaktor *reverse* menyala. Saat push button rem tertrigger (ditekan) maka motor induksi akan terjadi pengereman dan berhenti beroperasi, tapi pada program PLC zelio masih tetap berjalan. Pada saat push button *stop* tertrigger (ditekan) maka motor induksi akan berhenti beroperasi tanpa terjadi pengereman dan pemrograman pada PLC zelio akan *me-restart* sehingga motor induksi siap untuk digunakan kembali. Pada saat motor induksi terjadi gangguan panas berlebih maka TOR (*Thermal Overload Relay*) akan menyala dengan otomatis sebagai pengaman motor.

PENUTUP

Kesimpulan

Pada hasil analisis data yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan kinerja rancangan konvensional dan rancangan menggunakan PLC keduanya dapat beroperasi dengan baik dan bagus karena sistem *forward reverse* beserta pengereman dinamik hanya bersifat digital dengan kondisi 0 (kondisi alat tidak beroperasi) dan 1 (kondisi alat beroperasi).

Pada pengujian efektifitas perancangan rangkaian fisik dari kedua rangkaian tersebut sangat berbeda, rancangan dari rangkaian konvensional cenderung rumit untuk diimplementasikan karena pada rangkaian ini masih memerlukan banyak kontak-kontak (NO/NC) yang ada pada kontaktor, sebaliknya menggunakan PLC mempermudah perancangan rangkaian dengan menggunakan bahasa *ladder diagram*. Dari segi biaya produksi rancangan menggunakan PLC lebih membutuhkan biaya lebih besar dibandingkan dengan konvensional.

Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian *forward reverse* motor induksi tiga fasa beserta dengan pengereman dinamik untuk pengembangan penelitian dalam pembuatan modul ini perlu penambahan pengasutan delta (Δ). Dimana penambahan ini untuk meningkatkan energi putaran rotor pada motor ketika motor akan bekerja dengan beban yang lebih besar dalam pengoprasiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulbahar. (2010). *Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa*. Skripsi. Politeknik Negeri Semarang, Semarang.
- Faishol M., dan Joko. (2018). *Pengereman Dinamik Motor Induksi 3 Fase 220V/380V*. Jurnal INAJEEE. Volume 01, pp 0-37.
- Fu, M., Tang, Z., dan Ma, C. (2018). *Analysis and Optimized Design of Compensation Capacitor for A Megahertz WPT System Using Full-Bridge Rectifier*. IEEE Transactions on Industrial Informatics, pp 1-10.
- Muhamin., dan Zamzami. (2018). *Perancangan Pengereman Dinamik pada Motor Induksi 3 Fasa dengan Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)*. Medan. Politeknik Negeri Lhokseumawe, Vol.2 (1) pp 135-140. ISSN 2598-3954.
- Mukhrodi, A., Isnur, S. H., Imam, A. A., dan Chandra, A. H. (2020). *Pengereman Dinamik Dengan Zero Speed Switch Sebagai Pengendali Motor Induksi 3 Fasa*. Jurnal Teknik Elektro, Volume 09 (03), pp 709-715.
- Prasetyo, A., Triyono, B., Kusbandono, H., dan Tranggono, A. S. (2020). *Optimization of Solar Panel Output Using Smart Relay*. International Research Journal of Advanced Engineering and Science, Volume 5, (4), pp 78-80.
- Sofian, M. M. Z., Aziq, A. S., Akmar, K. O., dan Othman, A. (2016). *Development of Forward Reverse Star Delta Three Phase Motor Control Trainer*. Malaysia. University Kuala Lumpur. Paper Nomor 15, pp 63-67.
- Sutarno. (2010). *Pengereman Dinamik Motor Induksi Dengan Injeksi Arus Searah*. Yogyakarta. Jurnal Teknik Elektro Vol. 2, (1), pp: 42-51
- Ta'ali, T., dan Eliza, F. (2020). *Sistem Monitoring dan Kontrol Motor AC Berbasis SCADA*. Padang. Universitas Negeri Padang. Jurnal Teknik Elektro Indonesia, Vol 1, (1), pp 15-20.
- Warsito, A., Facta, M. dan Anantha B.P. (2006). *Pengereman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa*. Semarang. Transmisi, Vol. 11, (1), pp 1-5.