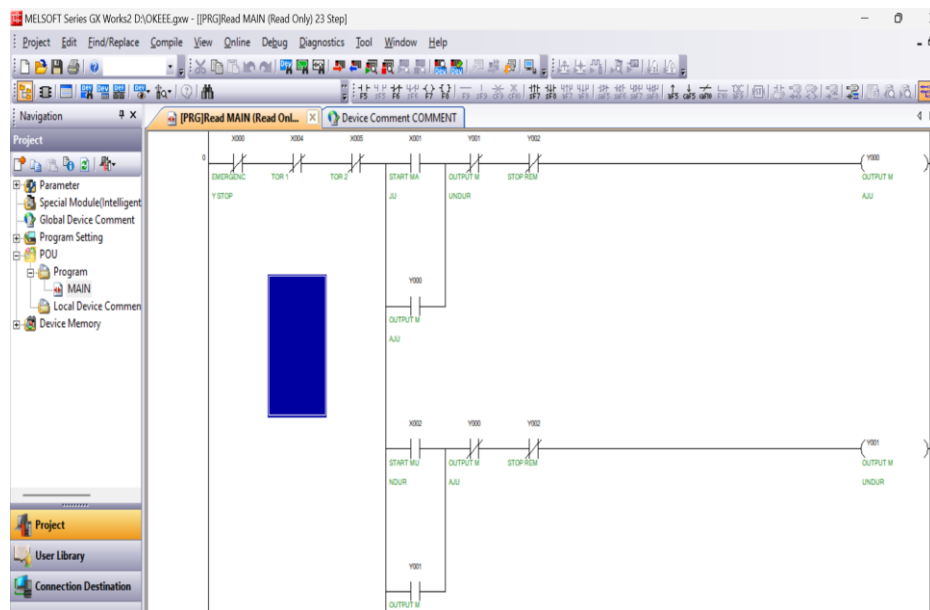
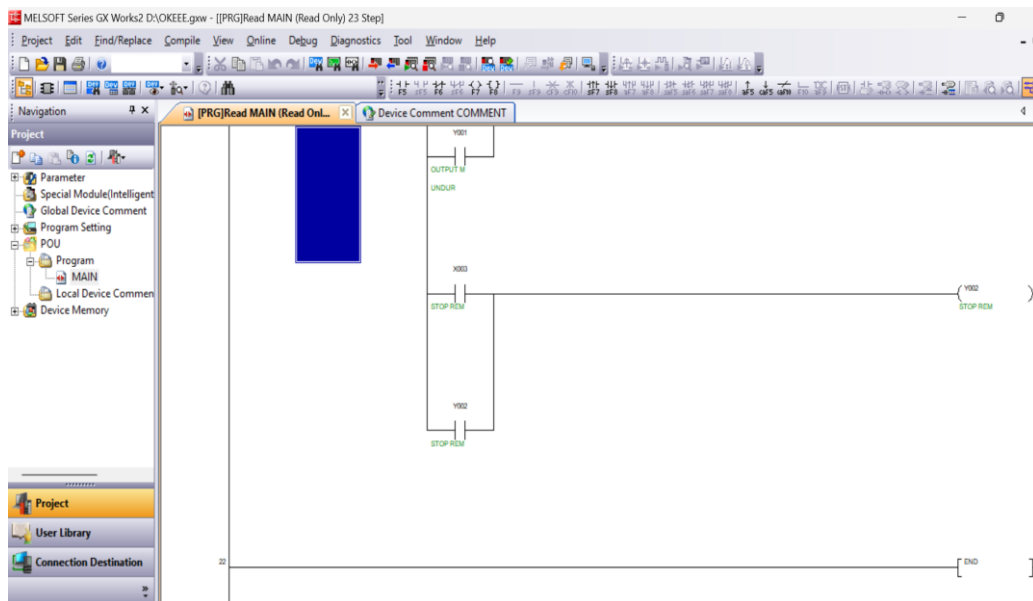


BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian *Software*

Perancangan alat pengereman dinamik motor induksi 3 phase menggunakan *software* GX-WORKS2 dengan *ladder* diagram sebagai bahasa pemrograman yang diintegrasikan dengan perancangan rangkaian pada modul PLC FX3U. Rangkaian pada *ladder* diagram digambar sesuai dengan jumlah *input* dan *output* yang digunakan pada modul PLC. Perangkat lunak GX-WORKS2 sebagai perangkat pemrograman untuk rangkaian kontrol yang diujikan. Adapun *ladder* diagram yang dirancang ditampilkan pada gambar 4.1.





Gambar 4.1 Ladder Diagram pada software GX-WORKS2

Berdasarkan gambar 4.1 dapat diketahui data alamat *input* dan *output* pada PLC FX3U sebagai berikut :

Tabel 4.1 Alamat *input* dan *output* pada PLC FX3U

<i>Input</i>	Alamat	<i>Output</i>	Alamat
<i>Push button forward</i>	X001	Kontaktor <i>forward</i>	Y000
<i>Push Button Reverse</i>	X002	Kontaktor <i>Reverse</i>	Y001
<i>Push Button Brake</i>	X003	Kontaktor <i>Brake</i>	Y002
<i>Push Button Emergency</i>	X000	-	-
<i>Thermal Overload Relay 1</i>	X004	-	-

Berdasarkan gambar 4.1 dan tabel 4.1 ditunjukkan bahwa rangkaian kontrol alat pengereman dinamik pada motor induksi 3 *phase* menggunakan software GX-WORKS2 sudah selesai dengan prinsip kerja yang diperlukan sebagai berikut :

1. Dalam kondisi motor tidak digunakan atau dioperasikan, kontaktor 1 dan kontaktor 2 tidak terhubung.
2. Jika *push button forward* tidak ditekan maka kontaktor *forward* bekerja sehingga motor listrik 3 fasa akan berputar ke kanan.
3. Jika *push button rem* ditekan, maka kontaktor *forward* berhenti dialiri arus,

sehingga motor listrik berhenti dengan pengereman dinamik.

4. Jika *push button reverse* ditekan maka kontaktor *reverse* bekerja sehingga motor listrik 3 phasa akan berputar ke kiri.
5. Jika *push button rem* ditekan, maka kontaktor *forward* berhenti dialiri arus, sehingga motor listrik berhenti dengan pengereman dinamik.
6. *Push button emergency* ditekan untuk mengembalikan rangkaian ke posisi semula/reset
7. Penggunaan motor *frequency driver* sebagai mengatur kecepatan putaran motor dengan menggunakan frekuensi.

4.2 Hasil Pengukuran Komponen Peralatan

Pengujian melibatkan berbagai macam komponen, pengukuran dilakukan diantaranya pada tegangan *power supply* ditampilkan pada tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Pengujian *power supply*

No.	Pengujian Input <i>Power Supply</i> Vac		Pengujian Output <i>Power Supply</i> Vdc	
	Data teruji	Data terukur	Data teruji	Data terukur
1	220	225	24	24,7
2	220	226	24	24,8
3	220	226	24	24,8
4	220	225	24	24,6
5	220	226	24	24,7

Tabel 4.3 Pengukuran *dioda bridge*

Input AC	Output AC
200	24,8
200	24,8
201	24,7
201	24,7
200	24,8

4.3 Hasil Pengujian Rangkaian Motor *Forward Reverse* Menggunakan PLC

Berdasarkan kendali motor induksi 3 fasa *Forward Reverse* menggunakan PLC FX dengan rangkaian logika kontrol memanfaatkan komponen relay secara fisik yang ditampilkan pada gambar 4.2 berikut :

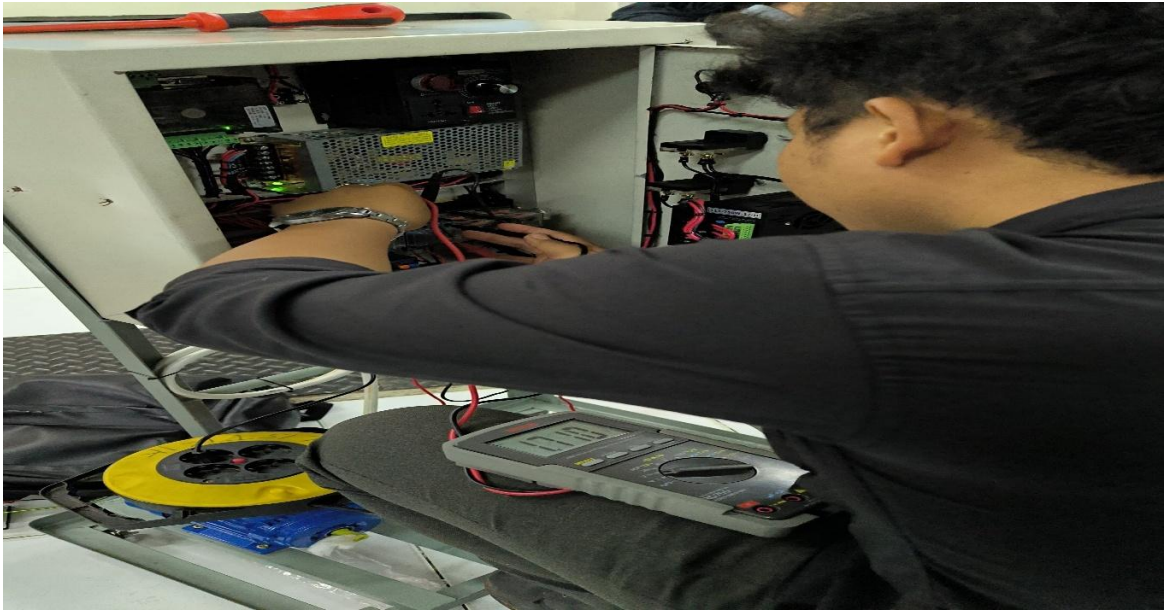


Gambar 4.2 Rangkaian Panel

Pengujian rangkaian kontrol motor listrik pada pengoperasian menggunakan tombol tekan / *push button* yang ditampilkan pada tabel 4.4 berikut :

Tabel 4.4 Pengujian Tombol tekan / *push Button*

Komponen	Kondisi	Kontaktor	Relay	Lampu Indikator
<i>Push Button forward</i>	1	Aktif	Aktif	Hijau
	0	Tidak Aktif	Tidak Aktif	Mati
<i>Push Button Reverse</i>	1	Aktif	Aktif	Biru
	0	Tidak Aktif	Tidak Aktif	Mati
Push Button Brake	1	Aktif	Aktif	Merah
	0	Tidak Aktif	Tidak Aktif	Mati
<i>Push Button Emergency</i>	1	-	-	-
	0	-	-	-
TOR 1	1	-	-	-
	0	-	-	-
TOR 2	1	-	-	-
	0	-	-	-



a) Arus AC (Iac)



b) Tegangan AC (Vac)

Gambar 4.3 a. Pengukuran arus AC b. Pengujian Tegangan AC

Berdasarkan hasil pengukuran pada gambar 4.3 yang dilakukan saat pengujian, pengukuran arus maka didapatkan data hasil pengukuran arus injeksi, tegangan dan lama waktu pengereman dinamik sebagai berikut yang ditampilkan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 hasil pengukuran Arus AC terhadap waktu pengereman dinamik

Pada arus injeksi 0,01A, Waktu pengeremannya adalah 11.09 detik, sementara pada arus injeksi 0,10A, waktu pengereman nya hanya 00.59 detik. Hal ini

Arus I_{ac}	Waktu	Tegangan V_{ac}	Frekuensi
0,01 A	02,52 detik	11,09 V	40 Hz
0,03 A	01,76 detik	18,62 V	40 Hz
0,05 A	01,18 detik	30,60 V	40 Hz
0,07 A	00,68 detik	40,07 V	40 Hz
0,10 A	00,59 detik	55,06 V	40 Hz

menunjukkan seiring meningkatnya arus injeksi, waktu pengereman semakin pendek. Pada perbandingan arus injeksi dan waktu pengereman dapat disimpulkan bahwa semakin besar arus yang diberikan pada kumparan motor, semakin cepat proses pengereman yang terjadi. Dengan meningkatnya arus injeksi, komponen yang terlibat dalam pengereman yang terjadi. Tegangan dioda juga meningkat seiring dengan meningkatnya arus injeksi. Pada arus injeksi 0,01A, tegangan dioda tercatat 1,4V, sedangkan pada arus injeksi 0,10A, tegangan dioda mencapai 17,5V. Ini menunjukkan adanya hubungan antara arus yang masuk dengan tegangan dioda, dimana semakin besar arus, semakin tinggi pula tegangan yang terukur pada dioda. Hal ini bisa disebabkan oleh sifat dioda yang memberikan respons terhadap perubahan arus yang mengalir melalui rangkaian.

4.4 Pembahasan

Berdasarkan dari rancangan *ladder* diagram, rangkaian pengawatan dan pengujian fungsi komponen fisik peralatan telah sesuai yang di inginkan. Dalam pembahasan ini yang akan dibahas merupakan Perbedaan prinsip kerja antara sistem rem dinamik dan non dinamik pada motor 3 Fasa, Pada gambar 4.5 berikut ditampilkan keseluruhan rangkaian alat pengereman dinamik motor induksi 3 Fasa.



Gambar 4.4 Alat Pengereman Dinamik Motor 3 Phasa

Hasil dari perancangan ini adalah kita dapat mengetahui perbedaan antara cara kerja rem dinamik dan non dinamik pada motor 3 Phasa, selain itu ada pun pengertian apa perbedaan antara prinsip cara kerja rem dinamik dan non dinamik sebagai

berikut :

A. Rem Dinamik

Prinsip Kerja:

- Rem dinamik bekerja dengan mengubah energi kinetik motor menjadi energi listrik, lalu energi listrik ini dibuang ke beban resistif (resistor) yang berada di rangkaian pada system *Variable Frequency Drives* (VFD).
- Saat motor dimatikan, kumparan motor masih berputar (karena inersia), maka motor akan bertindak seperti generator dan menghasilkan arus.
- Arus ini kemudian diarahkan ke resistor yang menyerap energi dan memperlambat motor dengan cepat.
- Tidak menggunakan gaya mekanis.
- Umumnya digunakan pada sistem dengan kontrol elektronik seperti PLC atau inverter.
- Cocok untuk aplikasi yang butuh pengereman cepat dan efisien, misalnya lift atau conveyor.

Sedangkan prinsip kerja non dinamik adalah sebagai berikut :

B. Rem Non Dinamik

Prinsip Kerja:

- Bisa berupa: Rem mekanis, yaitu menggunakan kampas dan cakram, seperti rem pada mobil.
- Rem regeneratif, di mana energi kinetik diubah jadi listrik dan dikirim balik ke jaringan listrik (grid).
- Dalam sistem mekanis, pengereman dilakukan dengan gesekan fisik.
- Dalam sistem regeneratif, dibutuhkan peralatan khusus seperti regenerative drive agar energi bisa dikembalikan.
- Pada rem mekanis: butuh perawatan rutin karena ada aus pada komponen.
- Pada rem regeneratif: efisien energi, tapi kompleks dan mahal.
- Tidak secepat rem dinamik untuk menghentikan motor dalam waktu singkat.

Kemudian untuk mengetahui perbedaan antara waktu henti rem dinamik dan non dinamik bisa ditampilkan pada tabel **4.6 dan 4.7** kemudian grafik hasil perbandingan data yang diinginkan bisa ditampilkan pada gambar **4.5 dan 4.6**.

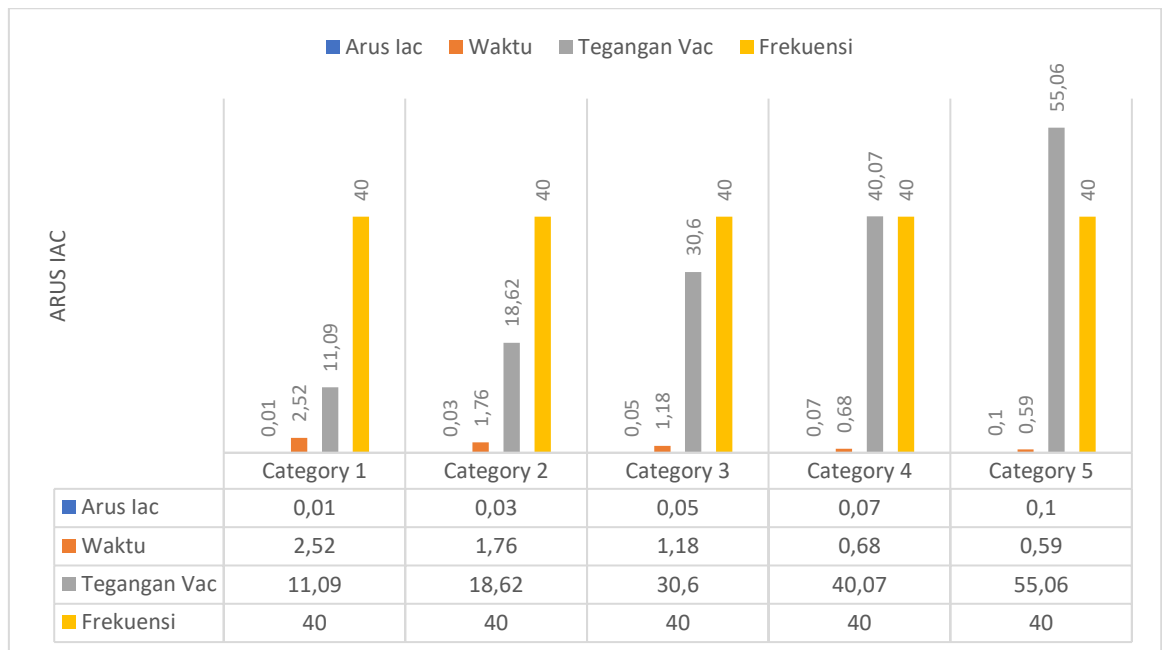
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Iac pengereman dinamik

Arus I_{ac}	Waktu	Tegangan V_{ac}	Frekuensi
0,01 A	02,52 detik	11,09 V	40 Hz
0,03 A	01,76 detik	18,62 V	40 Hz
0,05 A	01,18 detik	30,60 V	40 Hz
0,07 A	00,68 detik	40,07 V	40 Hz
0,10 A	00,59 detik	55,06 V	40 Hz

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Iac pengereman non dinamik

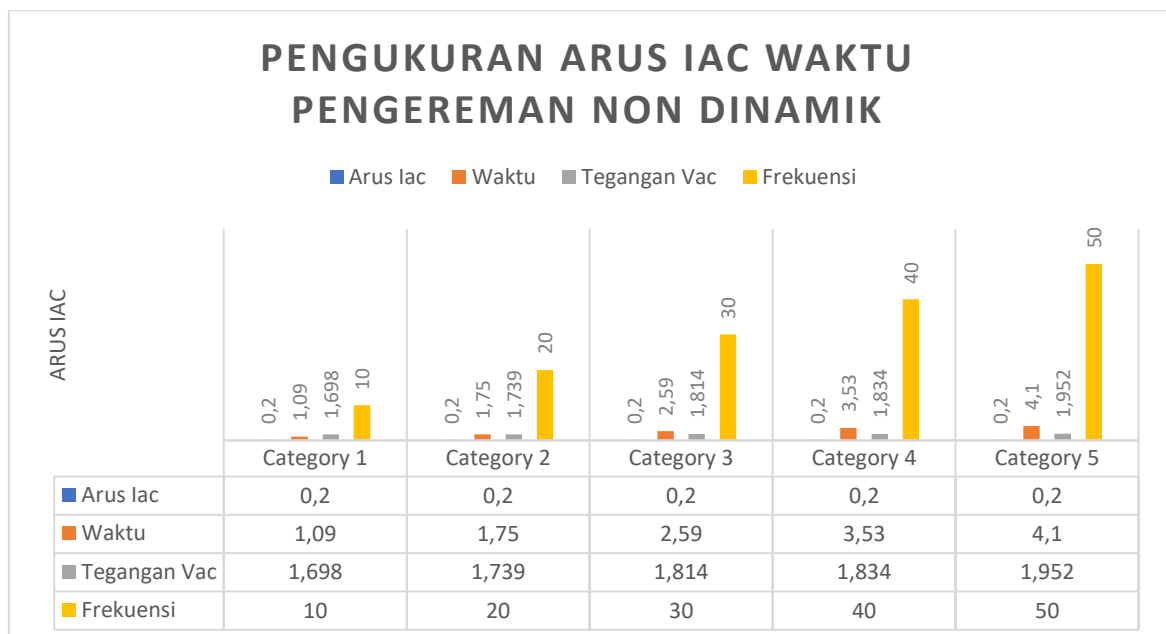
Arus I_{ac}	Waktu	Tegangan V_{ac}	Frekuensi
0,20 A	01,09 detik	1,698 V	10 Hz
0,20 A	01,75 detik	1,739 V	20 Hz
0,20 A	02,59 detik	1,814 V	30 Hz
0,20 A	03,53 detik	1,834 V	40 Hz
0,20 A	04,10 detik	1,952 V	50 Hz

Pengukuran arus I_{AC} waktu pengereman dinamik



Gambar 4.5 Grafik hasil pengukuran arus I_{AC} pengereman dinamik

Pengukuran arus I_{AC} waktu pengereman non dinamik



Gambar 4.6 Grafik hasil pengukuran arus I_{AC} pengereman non dinamik

Selanjutnya pembahasan yang terakhir, akan menjelaskan tentang apa kelebihan dan kekurangan antara kedua sistem kerja rem dinamik dan non dinamik pada motor 3 phasa sebagai berikut :

A. Rem Dinamik

Kelebihan:

- Pengereman cepat: Cocok untuk menghentikan motor dalam waktu singkat.
- Tidak ada gesekan mekanis: Mengurangi keausan dan perawatan.
- Lebih aman: Karena tidak menggunakan komponen mekanis yang bisa aus atau macet.
- Efisien untuk aplikasi otomatis: Umumnya digunakan bersama inverter atau PLC, sangat cocok untuk industri modern.

Kekurangan:

- Energi dibuang sebagai panas: Tidak efisien secara energi, karena energi tidak digunakan kembali.
- Butuh komponen tambahan: Seperti resistor, kontaktor, atau sistem kontrol elektronik.
- Biaya awal lebih tinggi dibandingkan sistem mekanis biasa.
- Tidak cocok untuk aplikasi yang butuh tahan lama saat berhenti (karena pengereman hanya aktif selama energi kinetik ada).

B. Rem non dinamik

Terdiri dari dua jenis umum:

- Rem Mekanis (kampas/cakram)
- Rem Regeneratif (mengembalikan energi ke jaringan)

Kelebihan:

Rem Mekanis:

- Konstruksi sederhana dan murah.
- Bisa menahan posisi motor saat berhenti (misalnya rem cakram ditahan oleh pegas).

Rem Regeneratif:

- Energi bisa dikembalikan ke grid, jadi hemat energi.
- Ramah lingkungan karena tidak menghasilkan panas berlebih.

Kekurangan:

Rem Mekanis:

- Cepat aus, perlu perawatan berkala.
- Gesekan bisa menyebabkan panas dan suara bising.
- Pengereman kurang cepat dan tidak sehalus sistem dinamik.

Rem Regeneratif:

- Biaya tinggi dan kompleks, karena perlu inverter/drive khusus.
- Tidak bisa bekerja jika jaringan tidak siap menampung energi balik.
- Tidak efektif untuk semua jenis motor atau aplikasi.

Berdasarkan Hasil Pembahasan yang didapat, metode pengerem dinamik dapat digunakan untuk pengereman secara darurat yang membutuhkan penghentian motor secara langsung, sementara metode pengaturan *speed control* dapat digunakan untuk penghentian motor secara bertahap atau perlahan dengan penggunaan motor Listrik dengan menurunkan Hz atau disebut Rpm.