

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Dari hasil uji coba prototype didapatkan hasil analisis beban dan system sebagai berikut:

4.1.1 Perhitungan

Dari hasil perhitungan dan perancangan prototype maka dihasilkan rancangan yang sesuai dengan kebutuhan. Hasil perancangan dimulai dengan melakukan perhitungan-perhitungan dasar sistem, antara lain perhitungan beban, kapasitas kabel, kapasitas pengaman. Selanjutnya pembuatan wiring menggunakan software FluidSim dan Ms. Visio diteruskan dengan membuat program dan desain layout pada software CX-One. Langkah berikutnya membangun prototype sesuai dengan rancangan layout yang telah disiapkan.

Berikut ini langkah awal adalah dengan menghitung kebutuhan beban pada prototype:

- a. Motor yang digunakan adalah motor listrik 3 fasa 0,5 HP 4 pole. Langkah pertama dengan menghitung daya motor listrik (1HP / 1 Horse Power = 746 Watt)

Jadi:

$$0,5 \text{ HP} \times 746 \text{ W} = 373 \text{ W} = 0,373 \text{ kW} \dots \dots \dots (4.1)$$

Selanjutnya menghitung nilai RPM motor yang digunakan:

$$\begin{aligned} n &= \frac{(n_p \times 120)}{p} = \frac{50 \times 120}{4} \\ &= \frac{6000}{4} \\ &= 1500 \text{ RPM} \dots \dots \dots (4.2) \end{aligned}$$

*Catatan : RPM pada *nameplate* motor adalah 1400 RPM

b. Menghitung nilai slip pada motor

$$\begin{aligned} \% \text{ slip} &= \frac{1500 - 1400}{1500} \times 100 \\ &= 6,6 \% \dots \dots \dots (4.3) \end{aligned}$$

c. Menghitung torsi (tenaga)

$$T = \frac{5252 \times 0,5 \text{ kW}}{1400 \text{ RPM}} = 1,876 \text{ Nm} \dots \dots \dots (4.4)$$

d. Menghitung daya dan arus motor 3 fasa

$$\begin{aligned} P &= \frac{373 \text{ W}}{1,73 \times 380 \text{ V} \times 0,8} \\ I &= \frac{373 \text{ W}}{525,92} \\ I &= 0,71 \text{ A} \dots \dots \dots (4.5) \end{aligned}$$

e. Menghitung efisiensi daya output motor

$$\begin{aligned} \eta &= 1,73 \times 380 \text{ V} \times 0,71 \text{ A} \times 0,9 \times 0,8 \\ \eta &= 336,1 \text{ W} = 0,336 \text{ kW} \\ \eta &= \frac{336,1}{746} = 0,451 \dots \dots \dots (4.6) \end{aligned}$$

f. Menghitung nilai pemasangan TOR (*Thermal Overload Relay*)

$$\begin{aligned} I_{TOR} &= 0,71 \times 0,1 \\ I_{TOR} &= 0,071 \text{ A} \dots \dots \dots (4.7) \end{aligned}$$

Jadi untuk setingan TOR adalah:

$$\begin{aligned} I_{TOR} + I_{motor} 10\% &= 0,71 + 0,071 \\ I_{TOR} + I_{motor} 10\% &= 0,781 \text{ A} \dots \dots \dots (4.8) \end{aligned}$$

g Menghitung luas penampang kabel 3 fasa

$$I = \frac{373}{1,73 \times 380 \times 0,8}$$

$$I = \frac{373}{525,92}$$

$$I = 0,71 \text{ A} \dots\dots\dots(4.9)$$

Hasil kuat hantar arus (KHA) adalah:

$$KHA = 125\% \times 0,71 \text{ A} = 0,888 \text{ A} \dots\dots\dots(4.10)$$

Tabel 4.1 Spesifikasi Kabel NYA

Luas penampang	KHA (A)	Max Watt
1,5 mm	6	1320
2,5 mm	10	2200

(Sumber : <https://panduanteknisi.com/>)

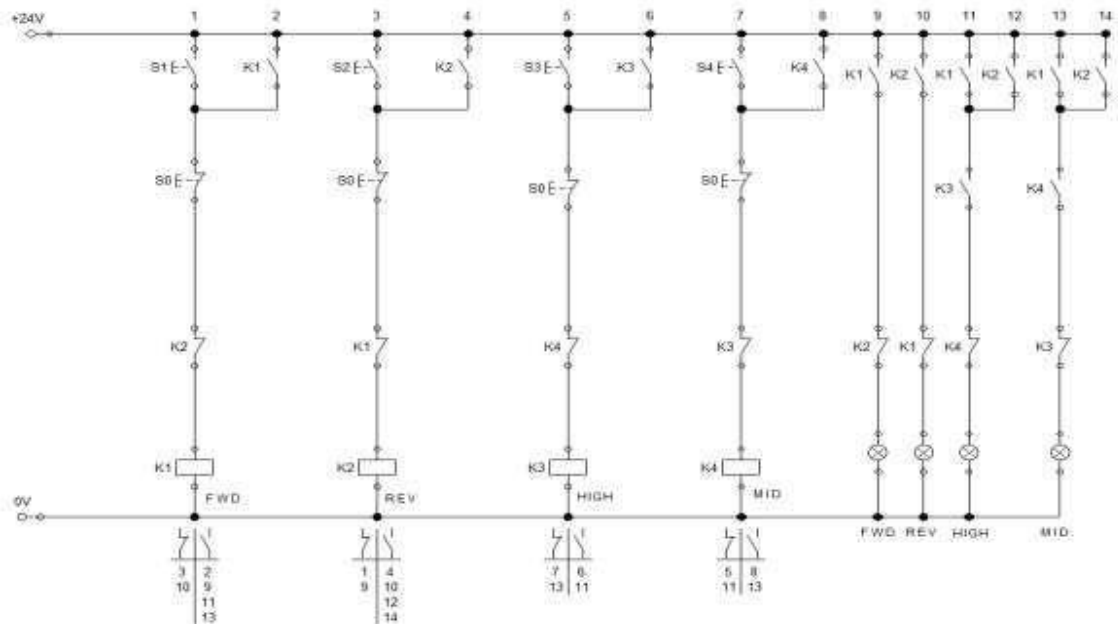
h Menghitung nilai MCB yang dipasang

$$KHA = 125\% \times 0,71 \text{ A} = 0,888 \text{ A} \dots\dots\dots(4.11)$$

Maka MCB yang dipasang adalah 6 Ampere

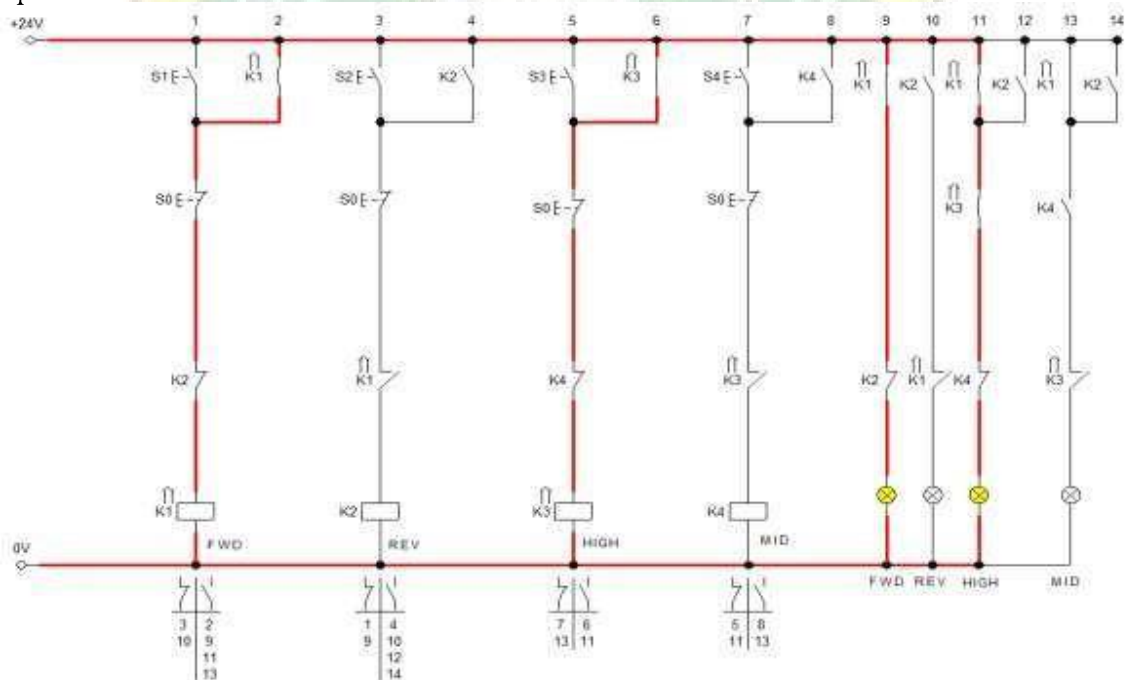
4.1.2 Rangkaian Kontrol

Setelah merancang perhitungan pada prototype, langkah berikutnya adalah membuat wiring kontrol motor pada software FluidSim agar bisa dilakukan simulasi sebelum diimplementasikan pada hardware.



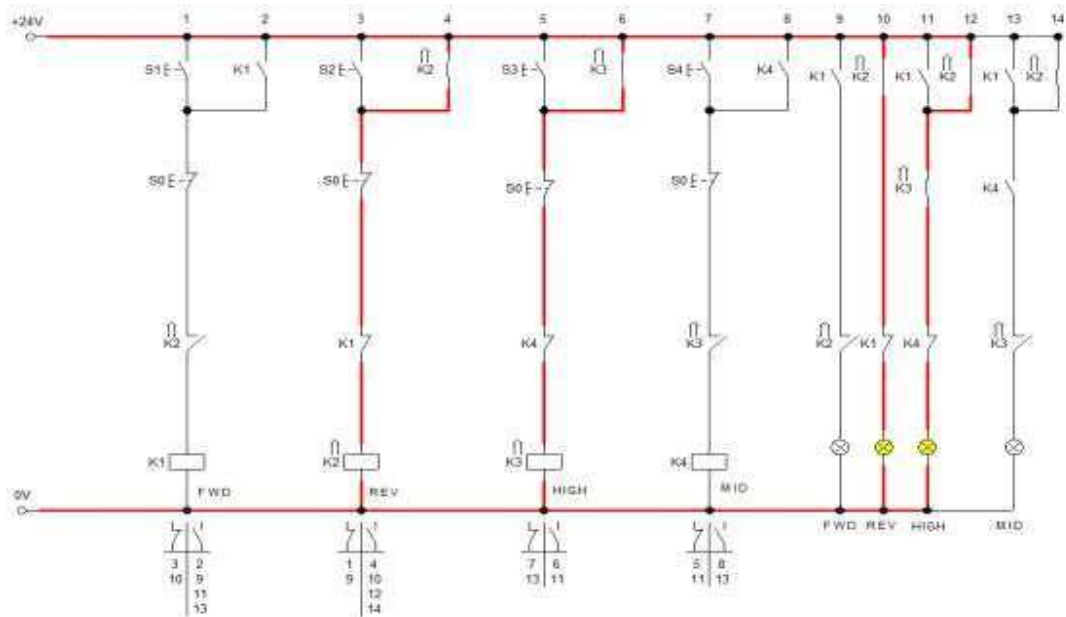
Gambar 4.1 Wiring Mnemonic Control Motor Menggunakan FluidSim

Langkah berikutnya melakukan uji coba wiring dengan instruksi tombol start forward ditekan (S1) - motor forward ON – tombol high ditekan (S3) - motor bekerja secara forward dengan frekuensi 50Hz – tekan tombol stop (S0) untuk menghentikan operasi motor.



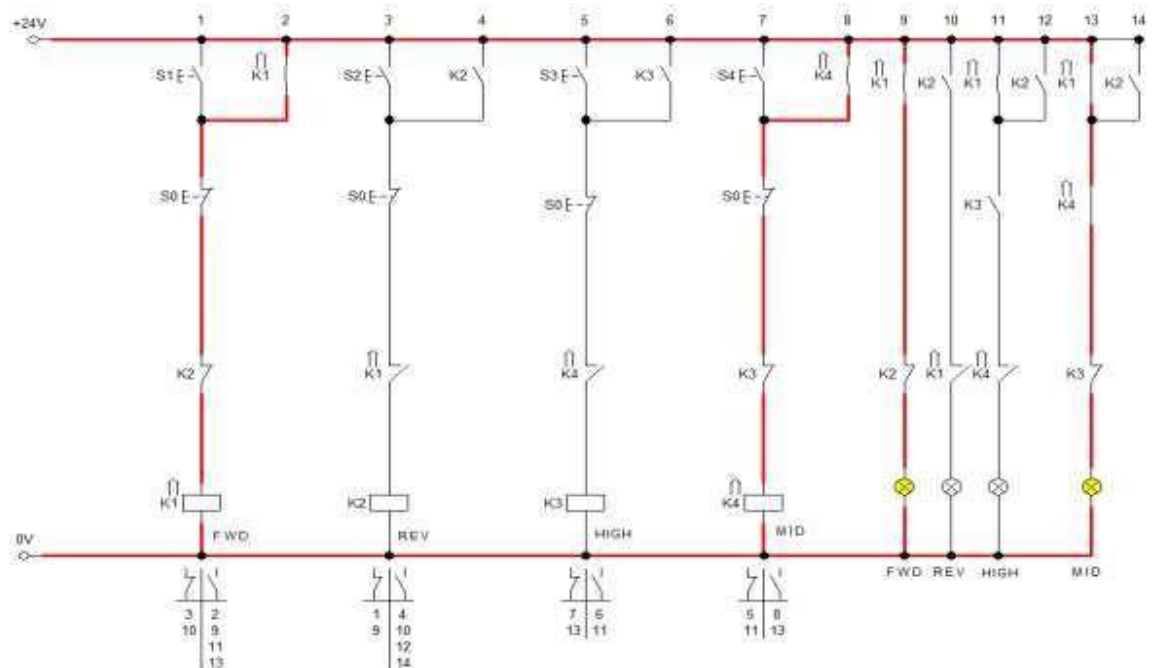
Gambar 4.2 Motor Start Forward Frekuensi 50 Hz

Setelah motor beroperasi secara forward dengan kecepatan penuh, berikutnya wiring motor diuji dengan instruksi tombol start reverse ditekan (S2) – motor reverse ON – tombol high ditekan (S3) – motor bekerja secara reverse dengan frekuensi 50 Hz – tekan tombol stop (S0) untuk menghentikan operasi motor.



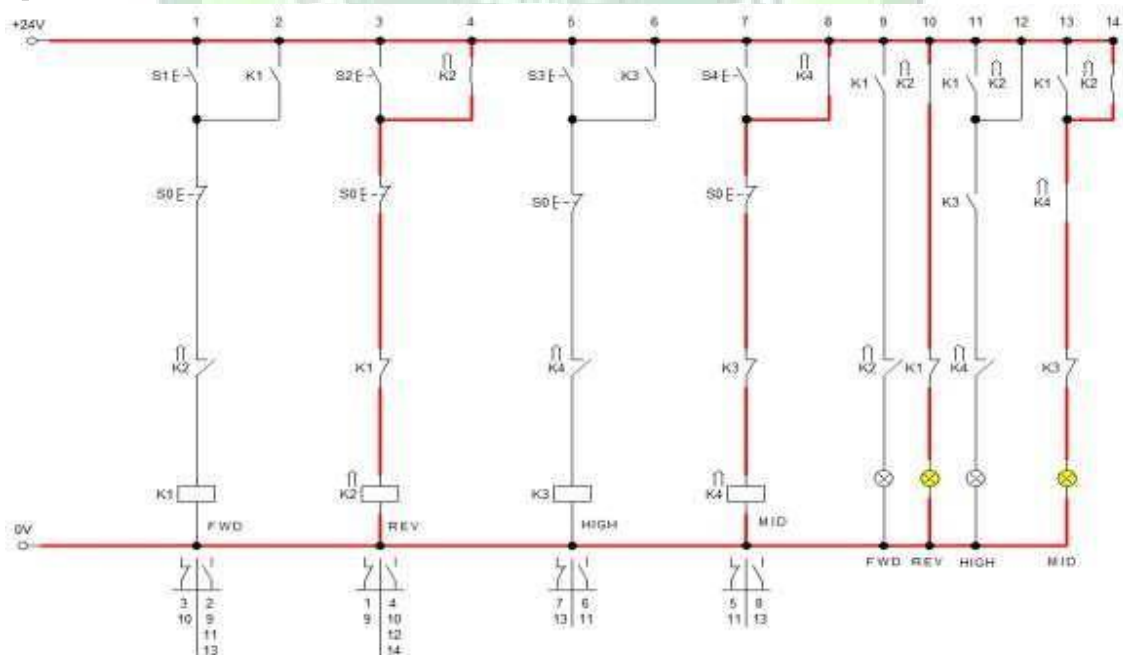
Gambar 4.3 Motor Start Reverse Frekuensi 50 Hz

Berikutnya wiring motor kita uji dengan instruksi tombol start forward ditekan (S1) - motor forward ON – tombol middle ditekan (S4) - motor bekerja secara forward dengan frekuensi 35Hz – tekan tombol stop (S0) untuk menghentikan operasi motor.



Gambar 4.4 Motor Start Foward Frekuensi 35 Hz

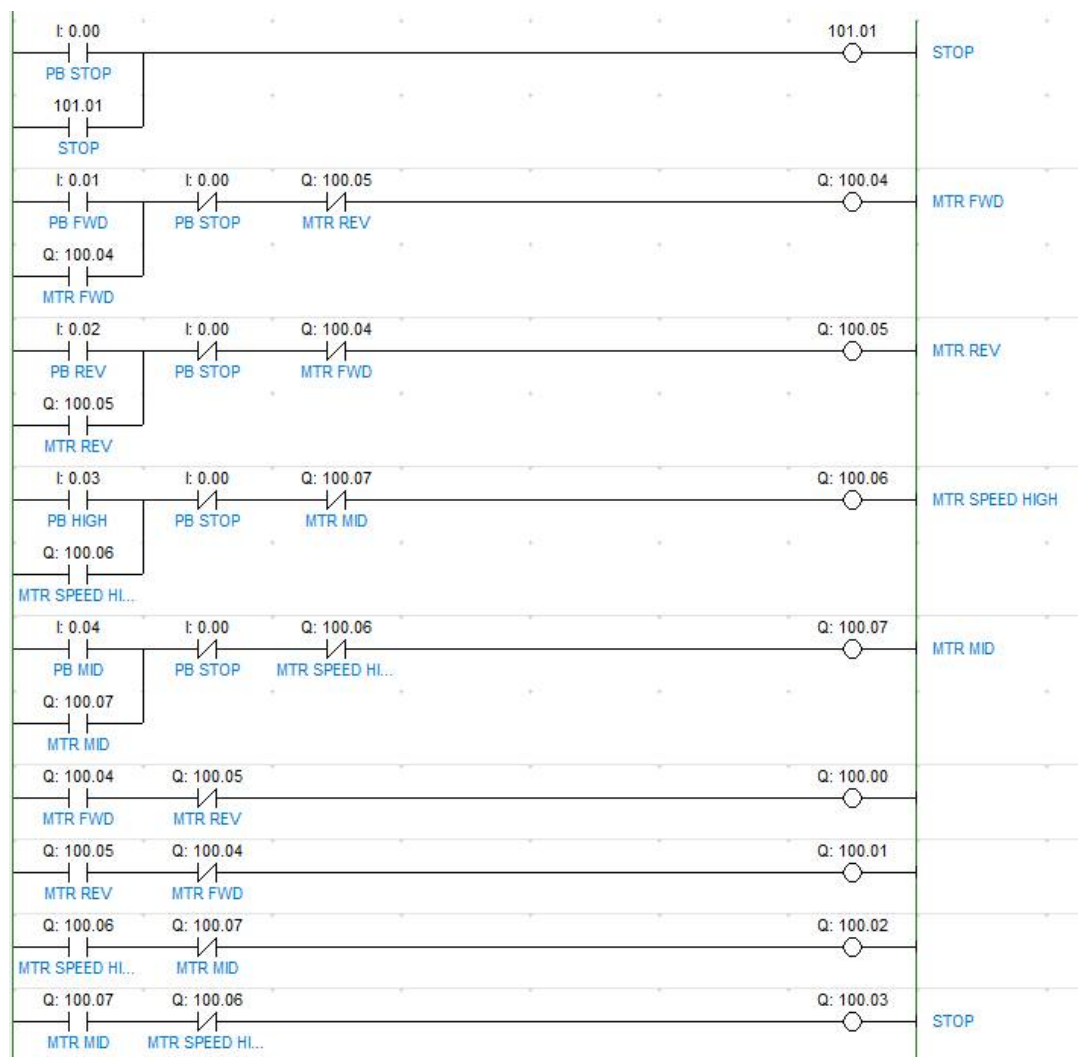
Selanjutnya motor beroperasi secara reverse dengan instruksi tombol start reverse ditekan (S2) – motor reverse ON – tombol middle ditekan (S4) – motor bekerja secara reverse dengan frekuensi 35 Hz – tekan tombol stop (S0) untuk menghentikan operasi motor.



Gambar 4.5 Motor Start Reverse Frekuensi 35 Hz

4.1.3 Program Ladder Diagram PLC

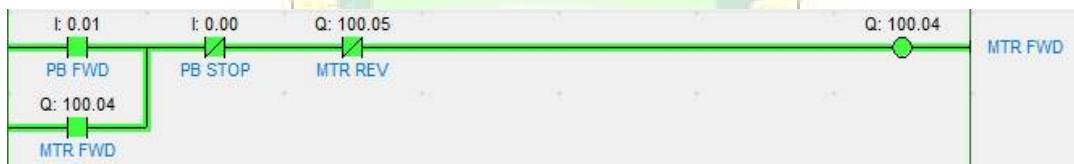
Program dibangun menggunakan software CX-One dengan menggunakan CX Programmer dan CX Designer. CX programmer digunakan untuk membangun sebuah sistem kontrol dengan mengalamatkan I/O PLC yang dipakai. Berikut program kontrol motor yang telah dirancang untuk menggerakkan motor 3 fasa menggunakan inverter.



Gambar 4.6 Wiring ladder diagram PLC Omron CP1E

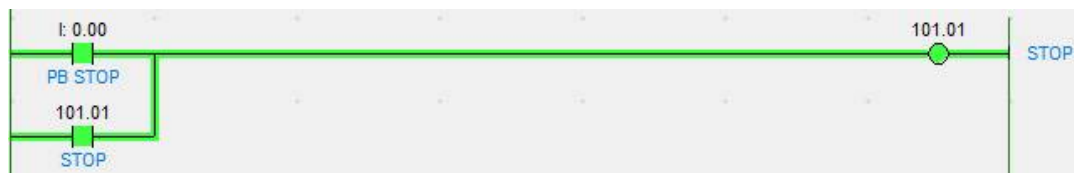
Ladder diagram tersebut menginstruksikan untuk menggerakkan motor 3 fasa secara *forward* dan *reverse* dengan disertai kecepatan bertingkat (*speed level*). Kecepatan motor diatur dengan pilihan *High* (tinggi) dan *Middle* (Menengah).

Pada gambar dibawah ini menunjukkan motor bekerja secara *forward* dengan alamat yang digunakan 001 (tombol *forward*), 000 (tombol stop), 100.04 (aktuator motor *forward*), 100.05 (untuk menonaktifkan motor *reverse*). Setelah motor berputar secara *forward* kemudian 003 (tombol *high speed*) diaktifkan agar motor berputar dengan kecepatan penuh.



Gambar 4.7 Motor bekerja secara *forward* dengan kecepatan tinggi (*high speed*)

Selanjutnya setelah motor berputar secara *forward* dengan kecepatan penuh apabila tombol *reverse* ditekan maka tombol tidak akan berfungsi karena motor masih bekerja dengan instruksi yang pertama, jadi agar instruksi berikutnya bisa dijalankan maka instruksi pertama harus di matikan / stop terlebih dahulu, seperti ladder diagram dibawah ini.



Gambar 4.8 Tombol stop setelah diaktifkan / ditekan

Setelah tombol stop ditekan instruksi kedua bisa dilakukan, instruksi kedua tersebut adalah mengaktifkan motor *forward* dengan kecepatan menengah. 001 (tombol *forward*), 000 (tombol stop), 100.04 (aktuator motor *forward*), 004 (tombol *middle speed*)

Gambar 4.9 Motor bekerja secara *forward* dengan kecepatan menengah (*middle speed*)

Setelah tombol *forward* ditekan maka motor berputar secara *forward* dan tombol kecepatan *middle* ditekan maka motor bekerja secara *forward* dengan kecepatan menengah / *middle speed*. Dalam kondisi ini instruksi lain sudah tidak dapat dimasukan karena motor masih berputar secara *forward* kecepatan menengah. Apabila ingin menjalankan instruksi lain maka tombol stop harus ditekan terlebih dahulu untuk menonaktifkan semua instruksi.

Instruksi selanjutnya menjalankan motor secara *reverse* dengan kecepatan penuh, instruksi yang diberikan untuk mengkatifkan 002 (tombol *reverse*), 000 (tombol stop), 100.05 (aktuator motor *reverse*), 003 (tombol *high speed*).

Gambar 4.10 Motor bekerja secara *reverse* dengan kecepatan tinggi (*high speed*)

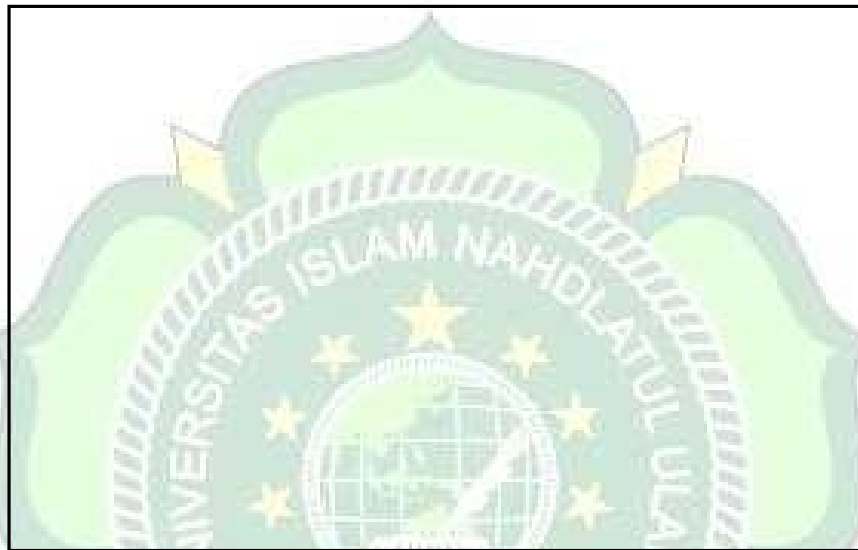
Selanjutnya setelah motor berputar secara *reverse* dengan kecepatan penuh apabila tombol *forward* ditekan maka tombol tidak akan berfungsi karena motor masih bekerja dengan instruksi yang pertama, jadi agar instruksi berikutnya bisa dijalankan maka instruksi pertama harus di matikan / stop terlebih dahulu.

Setelah tombol stop ditekan instruksi kedua bisa dilakukan, instruksi kedua tersebut adalah mengaktifkan motor *reverse* dengan kecepatan menengah. 002 (tombol *reverse*), 000 (tombol stop), 100.05 (aktuator motor *reverse*), 004 (tombol *middle speed*)

Gambar 4.11 Motor bekerja secara *reverse* dengan kecepatan menengah (*middle speed*)

4.1.4 Tampilan HMI

Pembuatan desain HMI pada *prototype* ini menggunakan *software Easy Builder Pro*, dengan rencana tampilan dibagi menjadi 3 (tiga) halaman. Halaman pertama berisi judul, halaman kedua berisi sistem kontrol dan halaman ketiga berisi simulasi tampilan HMI sebelum dikirim ke *hardware* HMI.



Gambar 4.12 Tampilan halaman pertama pada HMI

Gambar diatas ini menunjukkan tampilan dari halaman HMI sistem kontrol motor, pada tampilan ini berisi informasi judul, tombol push button dan indicator berupa lampu dan motor serta memuat informasi pembuat dan instansi.

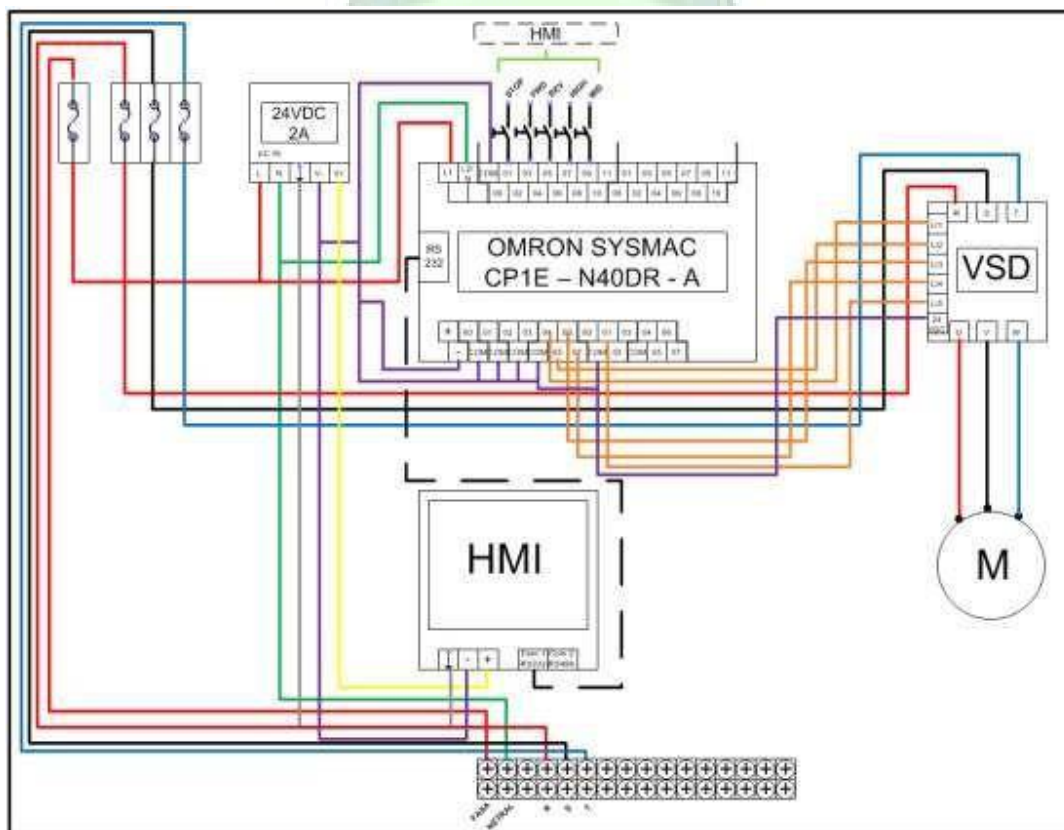
Pada halaman ini *push button* (PB) yaitu PB *Forward*, PB *Reverse*, PB *High Speed*, dan PB *Low Speed*. Kecepatan menengah atau *Middle Speed* diatur dari start awal motor dengan merubah nilai frekuensinya.

Sistem kerja dari halaman kontrol ini dengan cara menekan tombol yang diinginkan, contoh instruksi yang dimasukan adalah motor bekerja secara *forward* dengan kecepatan tinggi, maka tekan tombol PB *Forward* kemudian tekan tombol *High Speed* dengan begini motor bekerja secara *forward* kecepatan penuh dengan

ditunjukkan oleh lampu indikator *forward* dan *high speed* yang menyala. Pada prototype sistem kontrol motor dilengkapi dengan *conveyor* sebagai simulasi bawasannya sistem ini dapat bekerja sebagaimana mestinya.

4.1.5 Pengkabelan / Wiring Diagram

Selanjutnya dibuat wiring diagram untuk sistem kontrol motor menggunakan software Ms. Visio, dimana pada pengkabelan ini digunakan untuk menghubungkan antara PLC, HMI, Inverter (VSD), dan beberapa komponen pendukung lainnya.



Gambar 4.13 Wiring diagram sistem kontrol

Supply tegangan pada pengkabelan / wiring diatas menggunakan 2 sumber tegangan yaitu sumber tegangan 220 V dan 380 V. sumber tegangan 220 V dimasukan ke dalam power supply untuk diubah menjadi tegangan 24 VDC sebagai catu daya

PLC, HMI dan VSD. Pada rangkaian VSD menggunakan pengkabelan 2 (*two*) *wire*, sehingga dapat menjalankan motor secara *forward*, *reverse*, *low*, *middle*, *high speed*.

VSD pada *prototype* ini harus di setting terlebih dahulu sebelum digunakan , guna menentukan nilai *low*, *middle* dan *high speed* serta kontrol *forward* dan *reverse* motor. Cara *setting* VSD Inverter Altivar Schneider ATV312HU11N4.

1. **Rdy> drC >FCS> In l** > no (Reset Factory)
2. **Rdy> I_O > tCC > 2C** (2 kabel)
3. **Rdy> CTL>FrI>All** (Remote Lokal)
4. **Rdy> drC > tfr > max. 150 Hz** (frekuensi maksimum inverter diatas normal)
5. **Rdy >Fun > PSS > PS2 > no**
6. **Rdy >Fun > PSS > PS4 > LI4**
7. **Rdy >Fun > PSS > PS8 > LI3**
8. **Rdy > Fun > PSS > SP3 > 150**
9. **Rdy >Fun > PSS > SP5 > 37,3** (Middle speed)
10. **Rdy > Set> HSP > 50** (High Speed)
11. **Rdy > Set> LSP > 10** (Low Speed)
12. **Rdy > Set> ACC > 0.1** (soft start)
13. **Rdy > Set> dEC > 0.1** (soft stop)

4.1.6 Hasil Prototype

Dari penelitian ini dihasilkan *prototype* sistem kontrol motor berbasis HMI sesuai dengan perencanaan awal, dengan hasil seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.14 Hasil *prototype* kontrol motor

Gambar dibawah ini merupakan tampilan asli dari motor coal feeder PLTU Tanjung Jati B Unit 1 & 2.



Gambar 4.15 Motor *coal feeder* PLTU Tanjung Jati B Unit 1 & 2

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil uji coba pada rangkaian *prototype* didapatkan data yang relevan dengan perhitungan manual, dan di komparasikan dengan *datasheet* dari data motor *coal feeder* PLTU Tanjung Jati B Unit 1 & 2, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil uji coba *prototype*

SPEED	PROTOTYPE			COAL FEEDER		
	FREKUENSI (Hz)	RPM	TORQUE (Nm)	FREKUENSI (Hz)	RPM	TORQUE (Nm)
LOW	10	300	8,753	20	600	4,376
MIDDLE	37,3	1.119	2,346	60	1.800	1,458
HIGH	50	1.500	1,751	75	2.250	1,167

Nilai RPM didapatkan dengan memasukan rumus mencari RPM motor, dan pada uji coba tersebut menggunakan nilai frekuensi yang berbeda dengan frekuensi asli motor *coal feeder*, nilai frekuensi dikurangi sebesar 50% untuk uji coba *prototype*. Dengan start awal motor kondisi *low speed* sebesar 10 Hz.

Jika nilai frekuensi pada *prototype* disamakan dengan nilai frekuensi pada *coal feeder* maka RPM dan torsi motor memiliki nilai yang sama antara *prototype* dan *coal feeder*. Sehingga dapat disimpulkan keakuratan *prototype* untuk mengatur kecepatan motor dengan kecepatan *low*, *middle* dan *high* nilai akurasinya adalah 100%.

Perhitungan perbandingan antara *prototype* dengan *coal feeder* mengacu pada rumus 2.2 tentang perhitungan kecepatan putaran motor dan pada rumus 2.4 tentang perhitungan torsi motor, maka didapatkan hasil perhitungan perbandingan sebagai berikut:

a. Low Speed

$$\frac{20 \text{ Hz}}{10 \text{ Hz}} = 2 \text{ (Perbandingan Frekuensi)}$$

$$300 \text{ RPM} \times 2 = 600 \text{ RPM}$$

$$\frac{\text{Keakuratan nilai torsi}}{2} = \frac{8,753}{2} = 4,376 \text{ Nm}$$

Keakuratan nilai torsi *low speed* antara *prototype* dan motor *coal feeder* berdasarkan Tabel 4.2 Hasil Uji Coba *prototype* sebesar 100%. Apabila pada *prototype low speed* diberi nilai frekuensi sama dengan *coal feeder* sebesar 20 Hz maka akan menghasilkan RPM dan torsi yang sama dengan *coal feeder* yaitu putaran motor 600 RPM dan torsi sebesar 4,376 Nm.

b. Middle Speed

$$\frac{\text{Keakuratan nilai torsi}}{\text{Keakuratan nilai torsi}} = \frac{60 \text{ Hz}}{37,3 \text{ Hz}} = 1,61 \text{ (Keakuratan nilai torsi)}$$

$$\text{RPM} \times 1,61 = 1.119 \times 1,61 = 1800 \text{ RPM}$$

$$\frac{\text{Keakuratan nilai torsi}}{1,61} = \frac{2,346}{1,61} = 1,458 \text{ Nm}$$

Keakuratan nilai torsi *middle speed* antara *prototype* dan motor *coal feeder* berdasarkan Tabel 4.2 Hasil Uji Coba *prototype* sebesar 100%. Apabila pada *prototype middle speed* diberi nilai frekuensi sama dengan *coal feeder* sebesar 60 Hz maka akan menghasilkan RPM dan torsi yang sama dengan *coal feeder* yaitu putaran motor 1.800 RPM dan torsi sebesar 1,458 Nm.

c. High Speed

$$\frac{\text{Keakuratan nilai torsi}}{\text{Keakuratan nilai torsi}} = \frac{75 \text{ Hz}}{50 \text{ Hz}} = 1,5 \text{ (Keakuratan nilai torsi)}$$

$$\text{RPM} \times 1,5 = 1500 \times 1,5 = 2.250 \text{ RPM}$$

$$\frac{\text{Keakuratan nilai torsi}}{1,5} = \frac{1,751}{1,5} = 1,167 \text{ Nm}$$

Keakuratan nilai torsi *high speed* antara *prototype* dan motor *coal feeder* berdasarkan Tabel 4.2 Hasil Uji Coba *prototype* sebesar 100%. Apabila pada *prototype high speed* diberi nilai frekuensi sama dengan *coal feeder* sebesar 75 Hz maka akan menghasilkan RPM dan torsi yang sama dengan *coal feeder* yaitu putaran motor 2.250 RPM dan torsi sebesar 1,167Nm.

Nilai torsi berbanding terbalik dengan nilai frekuensi dan RPM, semakin

besar nilai frekuensi dan RPM maka semakin kecil nilai torsi pada motor.



Gambar 4.16 Nameplate motor coal feeder PLTU Tanjung Jati B unit 1 & 2