

Modifikasi Sistem Kontrol Pada Motor 3 Fasa dengan *Inverter*

Satria Duta Pratama¹⁾

Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
Satria.duta@student.poltek-gt.ac.id

Slamet Afandi²⁾

Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
slamet@poltek-gt.ac.id

ABSTRAK

PT. DEF merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi ban berkualitas tinggi melalui proses pencampuran bahan kimia dan karbon hitam dengan menggunakan mesin mixer. Kompon yang dihasilkan dalam proses tersebut sangat penting untuk keberhasilan produksi ban yang berkualitas. PT. DEF memiliki pabrik pencampuran yang memproduksi kompon sebagai bahan pembuatan ban. Salah satu bagian penting dalam proses produksi adalah mixing yang bertujuan untuk mengolah bahan baku menjadi satu jenis kompon. Proses pelapisan cairan promol juga dilakukan untuk mencegah terjadinya compound yang lengket, yang dapat menyebabkan cacat compound pada proses selanjutnya. Penelitian ini mengidentifikasi bahwa beberapa mesin tidak sesuai dengan data spesifikasi yang telah ditetapkan, terutama yang berkaitan dengan pencampuran air pada bak pencampur promol dan pengecekan secara manual oleh operator. Penelitian ini difokuskan pada mesin MCD 4, dimana pada mesin ini belum terdapat sistem yang dapat mengatur kecepatan motor secara otomatis. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini akan dibuat sistem kontrol untuk motor 3 fasa dengan menggunakan Inverter. Setelah melakukan penelitian, hasil yang didapatkan adalah pemasangan sistem kontrol pada motor 3 fasa dan Inverter yang telah berhasil dilakukan, motor dapat berubah kecepatannya melalui Inverter dengan cara mengatur frekuensi pada Inverter sesuai dengan yang telah diatur pada parameter Inverter.

Kata Kunci: *Motor 3 Phase, Inverter, Mixing*

I. PENDAHULUAN

PT.DEF adalah perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur dengan hasil produknya berupa ban yang berkualitas. Pada proses produksinya PT.DEF melakukan pencampuran bahan kimia dan carbon hitam dengan menggunakan mesin sebagai alat pencampur yang menghasilkan *Output* berupa *compound*. Kualitas *compound* sangat menentukan keberhasilan PT.DEF memproduksi ban berkualitas tinggi, terdapat dua jenis *compound* dalam PT.DEF yakni *compound* SO dan *compound* BO.

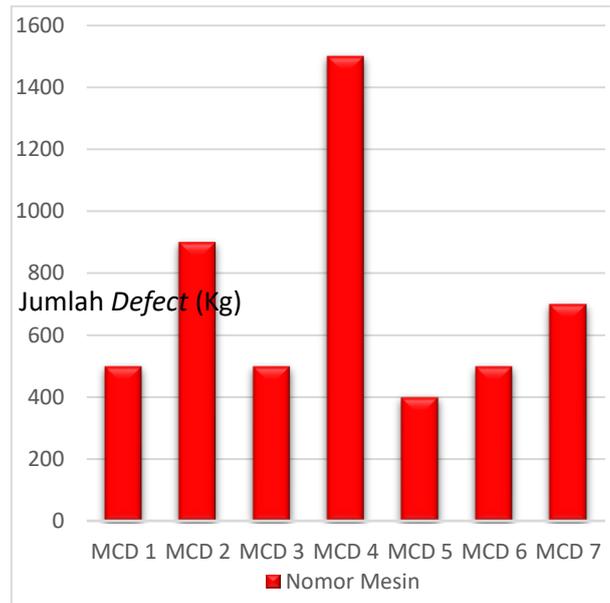
PT.DEF yang menghasilkan produk berupa ban memiliki beberapa plant salah satunya adalah plant *mixing*. Plant ini merupakan plant yang memproduksi *compound*, yang akan dijadikan material untuk bahan pembuatan ban. Plant ini memiliki beberapa bagian yaitu MCG, MCD, MCI, dan MCA untuk mempermudah pengiriman antar plant.

Mixing adalah salah satu bagian pada proses produksi yang berfungsi untuk mengolah bahan produksi dari berbagai bahan baku dicampur menjadi satu jenis bahan produksi. Proses pelapisan cairan *promol* adalah salah satu proses yang dilakukan pada saat pembuatan *compound*, yang bertujuan agar lipatan *compound* tidak lengket, *defect compound* lengket akan menjadi kendala pada proses berikutnya. Salah satu penyebab *defect compound* adalah tidak tercampurnya antara air dan *promol* secara homogen. Menurut hasil studi penulis setelah melakukan *interview* kepada para pekerja didapati bahwa sebanyak 7 mesin tidak mengikuti data spesifikasi yang telah diberikan, dikarenakan banyak proses yang dikerjakan secara manual seperti proses pengisian air pada bak pengaduk *promol* dan *operator* masih secara manual melakukan pengecekan kedalam isi tangki.

Ing. Clas	Item Code	INGREDIENTS	WEIGHT (Kg)	TOLERANCE (Kg)
p	RLAE	PROMOL 1276 S-TS	13.00	12.90 - 13.10
TOTAL			13.00	12.90 - 13.10
Ing. Clas	Item Code	INGREDIENTS	VOLUME (Liter)	TOLERANCE (Kg)
w	H20	WATER	637.00	630.60 - 643.40
TOTAL			637.00	630.60 - 643.40

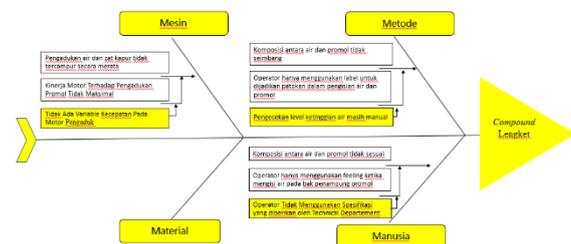
Gambar 29. Data campuran air dan *promol* pada mesin di PT.DEF.

Data yang ditunjukkan oleh Gambar 1 adalah data spesifikasi antara air dan *promol* agar campuran menjadi homogen. Penulis menemukan permasalahan yang dapat terjadi jika campuran antara air dan *promol* tidak tepat salah satu efek yang diakibatkan karena permasalahan ini adalah *compound* lengket. berikut adalah tabel dari data *defect compound* berupa *compound* lengket pada beberapa mesin.



Gambar 30. Data defect compound

Dari total keseluruhan *defect compound* adalah sebanyak 5.000 Kg dan line yang paling banyak menghasilkan banyak *defect compound* adalah pada mesin MCD 4 sebanyak 1.500 kg. Dari data tersebut maka penulis berupaya untuk mengurangi *defect compound* yang terjadi dengan penelitian ini, dan fokus penulis pada penelitian ini adalah di mesin MCD 4 dengan alasan mesin tersebut adalah mesin yang menghasilkan *defect compound* terbanyak. Dari data diatas penulis ingin membuat diagram fishbone untuk mengetahui penyebab dari permasalahan yang terjadi. Gambar 1 adalah diagram fishbone yang diperoleh.



Gambar 31. Diagram Fishbone

Dari total keseluruhan *defect compound* lengket adalah sebanyak 5.000 Kg dan mesin yang paling banyak menghasilkan banyak *defect compound* lengket adalah pada mesin MCD 4 sebanyak 1.500 kg.

1.1 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan dari uraian latar belakang maka penulis merumuskan masalah yang akan dibahas antara lain:

1. *Operator* melakukan pengecekan level ketinggian air secara *manual*.

2. Tidak adanya sistem untuk mengatur kecepatan putaran motor.

1.2 BATASAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang diatas, lalu dirumuskanlah batas masalah antara lain:

1. Alat hanya digunakan pada mesin MCD 4
2. Penelitian ini tidak membahas *life time* alat.
3. Data yang dibahas hanya data *defect compound* tertinggi pada mesin MCD 4.
4. Modifikasi hanya dilakukan pada mesin MCD 4.
5. Tidak membahas unsur mekanik dalam proses penelitian.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Dalam tujuan Kajian penelitian ini penulis memiliki tujuan terkait permasalahan yang ada, yaitu sebagai berikut :

1. Memberikan display dan sensor Ultrasonik supaya *operator* dapat mengetahui level ketinggian air pada bak pengaduk *promol* tanpa harus memeriksanya secara manual.
2. Merancang sistem control yang dapat mengatur kecepatan motor menggunakan *Inverter*.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mencegah *defect compound*
2. Mempermudah pekerjaan *operator* dalam memonitor isi air dan *Promol* pada bak pengaduk.
3. Mengatur kecepatan putar motor secara otomatis berdasarkan jarak yang ditangkap oleh sensor *ultrasonic*.

II. TINJUAN PUSTAKA

2.1 STUDI PUSTAKA

Tabel 1. Studi Pustaka

No	Nama Penulis-Tahun	Judul	Hasil Kajian
1.	Fauzan, F., Hasannudin, T., Hafidh, S. M., & Taufik, T. - 2019	Studi Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa 4 KW Menggunakan Perangkat Kecepatan Variabel di PT. Pembangkit Jawa Bali PLTMG Arun.	Hasil yang didapat Pengaturan kecepatan motor induksi dengan perangkat kecepatan variable sangatlah mudah dan dapat disesuaikan dengan keinginan pengguna.

2.	Nugroho, E. A.- 2019	<i>Inverter Dengan Metode Kendali Variable Voltage Variable Frekuensi Sebagai Pengatur Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa</i>	Motor listrik mampu dikendalikan kecepatannya dari frekuensi 10 Hz hingga 50 Hz secara linier.
----	----------------------	---	--

2.2 LANDASAN TEORI

1. Motor Induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Garis-garis gaya fluks yang di induksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul Gaya Gerak Listrik (GGL) atau tegangan induksi dan karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Penghantar (kumparan) rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator.

2. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC berupa sinyal sinusoidal setelah melalui pembentukan gelombang dan rangkaian filter, tegangan *Output* yang dihasilkan harus stabil baik amplitud tegangan maupun frekuensi tegangan yang dihasilkan, distorsi yang rendah, tidak terdapat tegangan transient dan tidak dapat diinterupsi oleh suatu keadaan, nilai tegangan dan frekuensi dapat diatur. Fungsi *Inverter* adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi *Inputnya*. Fungsi *Inverter* adalah untuk merubah kecepatan motor AC dengan cara merubah frekuensi *Inputnya*, Dimana :

$$n = \frac{120f}{p} \dots \dots \dots (1)$$

keterangan :
n = Putaran per menit
f = Frekuensi (hertz)
p = Jumlah kutub

Berdasarkan persamaannya nilai slip pada saat mendekati kecepatan sinkron, sebagai berikut:

$$\%slip = \frac{Ns-Nr}{Ns} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:
Slip= Selisih kecepatan medan stator dengan rotor (%)

Ns= Kecepatan Sinkron (rpm)
Nr= Kecepatan Rotor (rpm)

3. Pengertian Daya

Daya dalam tegangan AC pada setiap saat sama dengan perkalian dari harga arus dan tegangan pada saat itu. Jika arus dan tegangan bolak-balik satu fasa, maka daya dalam satu periode sama dengan perkalian dari arus dan tegangan efektif. Tetapi jika ada reaktansi dalam rangkaian arus dan tegangan tidak satu fasa sehingga selama siklusnya biasa terjadi arus negatif dan tegangan positif. Secara teoritis daya terdiri dari tiga yaitu daya efektif, daya reaktif dan daya semu.

Untuk daya tiga fasa rumus daya aktif, daya reaktif dan daya semu adalah seperti dibawah ini :

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi \dots \dots \dots (3)$$

4. Rugi-rugi Pada Motor Induksi

Motor-motor listrik adalah suatu alat untuk mengkonversikan energi listrik menjadi energi mekanis. Keadaan ideal dalam sistem konversi energi, yaitu mempunyai daya *Output* tepat sama dengan daya *Input* yang dapat dikatakan efisiensi 100%. Tetapi pada keadaan yang sebenarnya, tentu ada kerugian energi yang menyebabkan efisiensi dibawah 100%. Dalam sistem konversi energi elektro mekanik yakni dalam operasi motor – motor listrik terutama pada motor induksi, total daya yang diterima sama dengan daya yang diberikan, ditambah dengan kerugian daya yang terjadi.

$$P_{in} = P_{out} + P_{(rugi-rugi)} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

P_{in} = Total daya yang diterima motor

P_{out} = Daya yang diterima motor untuk melakukan kerja

$P_{(rugi-rugi)}$ = Total kerugian daya yang dihasilkan oleh motor

a. Rugi-rugi *stray load*

Sebagai tambahan, kita tidak dapat menghitung berapa besar kerugian ini seperti yang diakibatkan oleh perubahan fluks terhadap beban, geometri konduktor sehingga arus terbagi sedikit tidak merata dalam konduktor bertambah, mengakibatkan pertambahan tahanan konduktor dan karena itu rugi-rugi konduktor harus bertambah. Dari semua kerugian yang relatif kecil ini, baik dari sumber yang ketahui maupun yang tidak diketahui, disatukan menjadi rugi-rugi *stray load* yang cenderung bertambah besar apabila beban meningkat (berbanding kuadrat dengan arus beban).

Machine Rating KW	Stray Load Loss Percent of Rated Load
1-90	1.8%
91-375	1.5%
376-1850	1.2%
1851 and greater	0.9%

Gambar 4. persentase rugi-rugi *stray load*

Pada umumnya kerugian ini berkisar 1 - 5% dari total kerugian daya motor pada keadaan beban nominal.

$$P_s = P_{(rugi-rugi)} \times 0,05 \dots \dots \dots (5)$$

5. Efisiensi

Motor listrik tidak pernah mengkonversikan semua daya yang diterima menjadi daya mekanik, tetapi selalu timbul kerugian daya yang semuanya berubah menjadi energi panas yang semuanya berubah menjadi energi panas yang terbuang.

Efisiensi motor listrik dapat didefinisikan sebagai perbandingan dimana :

$$\text{"Efisiensi"} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

6. MCB (Miniature Circuit Braker)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) atau pemutus tenaga adalah peralatan listrik yang berfungsi sebagai pengaman (proteksi), yang memutus jaringan listrik dalam keadaan tidak normal dan bekerja secara otomatis. Pengamanan yang dapat dilakukan oleh MCB (*Miniature Circuit Breaker*) adalah jika terjadi gangguan terhadap arus hubung singkat (*short circuit current*) atau beban lebih (*over load*). Gangguan hubung singkat dapat diamankan oleh mekanisme *receiver* sedangkan gangguan beban lebih dapat diamankan oleh mekanisme *receiver bimetal/dwi logam*. Kedua sistem mekanisme pengamanan tersebut selalu ada pada MCB (*Miniature Circuit Breaker*).

7. Pilot Lamp

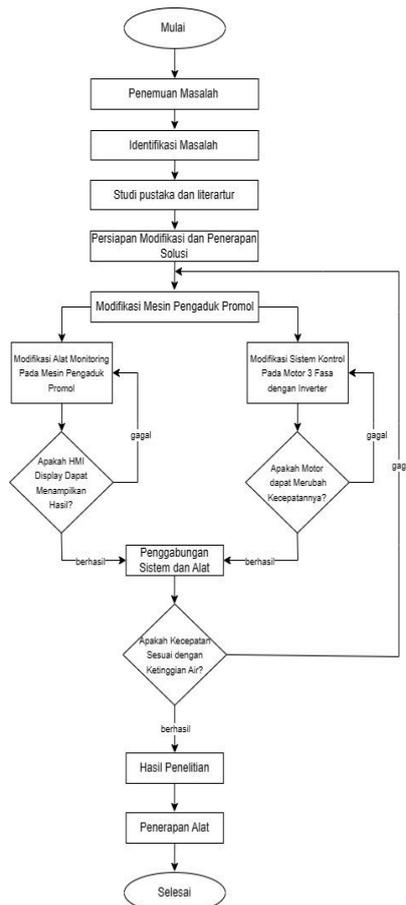
Pilot lamp adalah sebuah lampu indikator yang menandakan jika lamp ini menyala, maka terdapat sebuah aliran listrik masuk pada panel listrik tersebut. Pilot lamp merupakan sebuah bagian penting dari komponen panel listrik. Pilot lamp bekerja ketika ada tegangan masuk (*phase-netral*) dengan menyalanya sebuah lampu led pada pilot lamp.

8. Relay

Relay merupakan komponen elektronika berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan secara listrik dan terdiri dari 2 bagian utama yaitu Elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (*seperangkat kontak Saklar/Switch*). Komponen elektronika ini menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 5. Flowchart Penelitian

3.2 Detail Alur Penelitian

1. Penemuan Masalah

Pada proses ini ditemukan permasalahan berupa proses yang dilakukan oleh *operator* masih manual, seperti proses pengecekan isi angka pengaduk, proses buka tutup keran, dan pengisian *promol* masih hanya menggunakan perkiraan dari *operator* serta ditemukan juga permasalahan tidak adanya sistem yang dapat merubah kecepatan motor yang berfungsi untuk mengaduk campuran antara air dan *promol* setelah melakukan beberapa identifikasi maka penulis menyimpulkan bahwa proses-proses tersebut dapat menjadi salah satu angka yang mengakibatkan *defect compound*.

2. Identifikasi Solusi

Pada proses ini penulis memikirkan solusi yang diharapkan dapat meminimalisir permasalahan yang ada. Metode yang kami gunakan adalah berdiskusi dengan mentor dan menggunakan diagram fishbone, untuk mencari akar permasalahan yang terjadi. Tujuan dari mencari akar permasalahan ini yaitu agar dapat mencari solusi terbaik yang dapat dilakukan.

3. Studi Pustaka dan Literatur

Pada proses studi Pustaka dan literatur, penulis melakukan studi terhadap penelitian sebelumnya yang memiliki sistem serupa, dengan tujuan penelitian yang

dilakukan memiliki pedoman dan dasar teori yang kuat agar lebih terarah.

4. Persiapan Modifikasi dan Penerapan Solusi

Pada proses ini dilakukan persiapan untuk memodifikasi dengan menambahkan alat monitoring menggunakan Nextion Display yang disambungkan dengan sensor Ultrasonik serta dikontrol menggunakan Arduino Mega, serta menambahkan sistem yang dapat mengatur kecepatan motor menggunakan *Inverter*.

5. Modifikasi Mesin Pengaduk *Promol*

a) Modifikasi Alat Monitoring pada Mesin Pengaduk *Promol*

Pada tahap ini kami menambahkan sistem monitoring menggunakan Nextion Display yang dapat menampilkan kondisi jumlah air yang berada didalam tabung pengaduk *promol*. Jarak yang ditampilkan pada display dihasilkan dari perhitungan yang dilakukan oleh sensor jarak.

b) Modifikasi Sistem Kontrol pada Motor 3 Fasa dengan *Inverter*

Pada tahap ini kami menambahkan *Inverter* dengan tujuan agar kecepatan putar motor dapat diatur kecepatannya, dimana putaran motor ini digunakan untuk mengaduk campuran antara air dan *promol*.

c) Pengujian Alat Monitoring dan Sistem Kontrol

Pada tahap ini kami melakukan uji coba dari alat monitoring dan sistem kontrol kecepatan motor yang telah ditambahkan apakah sudah sesuai dengan yang diharapkan atau belum, dan jika belum maka kami melakukan pengecekan terhadap sistem yang telah ditambahkan.

6. Penggabungan Sistem dan Alat

Pada proses ini kami melakukan penggabungan antara sistem monitoring dan sistem kontrol yang telah dikerjakan dan melakukan pengecekan apakah sistem tersebut sudah sesuai dengan yang diharapkan atau belum, dan jika belum maka akan kembali ke tahap modifikasi kembali.

7. Pengujian Mesin Pengaduk *Promol*

Pada tahap ini kami melakukan uji coba pada semua sistem yang telah ditambahkan, apakah berjalan sesuai dengan yang direncanakan atau belum, dari sitem monitoring dan juga sistem kontrol untuk mengatur kecepatan motor. Jika belum maka akan kembali pada tahap modifikasi.

8. Hasil Penelitian

Pada tahap ini, penulis melakukan penarikan kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilakukan, serta memberikan saran terkait penelitian untuk dikembangkan dalam penelitian selanjutnya.

9. Penerapan Alat

Pada tahap ini dilakukan pemantauan apakah alat yang telah dibuat hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh user.

3.3 Jadwal Penelitian

NO	KEGIATAN	BULAN KE-				
		Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	Identifikasi Masalah					
2	Studi Lapangan					
3	Perumusan Masalah					
4	Pembuatan Desain Alat					
5	Pembuatan Alat					
6	Pengumpulan data					
8	Menyempurnakan Alat dan Memperoleh Hasil Penelitian					
9	Menyusun Tugas Akhir					

Gambar 6. Jadwal Penelitian

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Kajian

1. Gambaran Alat Sebelum Modifikasi

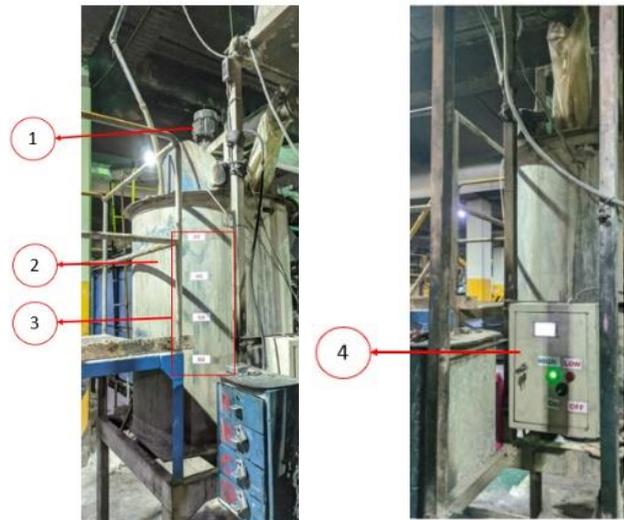
Gambaran mesin sebelum modifikasi adalah tidak adanya alat bantu monitoring berupa display yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi ketinggian didalam tangki pengaduk *promol*, yang mengharuskan *operator* untuk menaiki tangga untuk melihatnya langsung.



Gambar 7. Sebelum Modifikasi

2. Gambaran Alat Setelah Modifikasi

Setelah dilakukan modifikasi pada mesin tersebut terdapat sebuah *display* yang dapat digunakan untuk menampilkan keadaan dari ketinggian dari isi air didalam tangki pengaduk *promol*. Terdapat juga sebuah sistem kontrol yang berada didalam panel yang bertujuan agar kecepatan motor dapat diatur melalui jarak yang diukur oleh sensor ultrasonik.



Gambar 8. Setelah Modifikasi

4.2 Pembahasan Hasil

Pembahasan hasil dilakukan untuk mengetahui fitur apa saja yang terdapat pada alat bantu yang akan dipasang mesin serta sistematis dari penggunaan alat bantu yang akan dipasang pada alat.

1. Spesifikasi motor dan *Inverter*

Data motor induksi satu fasa dari data name plate yang diteliti adalah sebagai berikut :

Daya Motor	: 1 HP (0,75 kW)
Jumlah Kutub	: 4
Frekuensi	: 50 Hz
Tegangan	: 380 Volt
Arus	: 1,94 Amper
Putaran	: 1420 rpm

Untuk data *Inverter* berupa Variable Speed Drive (VSD) sebagai berikut :

Series	: TOSHIBA
	TOSVERT VF-S11
Power (kW)	: 1,5 (1 HP)
Phases	: Three Phase
Voltage input (Volt)	: 380-500V
Voltage <i>output</i> (Volt)	: 380-500V
Frequency (Hz) input	: 50/60
Frequency (Hz) <i>output</i>	: 0... 500
Current input (Amps)	: 3,6 max
Current <i>output</i> (Amps)	: 2,3

2. *Setting Parameter Inverter*

Dalam mengoperasikan *Inverter* untuk mengatur kecepatan motor ada beberapa parameter yang harus diatur. Berikut beberapa parameter yang digunakan mengoperasikan motor. Gambar 10 menerangkan procedure untuk mengatur frekuensi dan metode operasi yang digunakan untuk mengoperasikan *Inverter*.

Nama	Fungsi	Keterangan	Default Set
CNOD	Command mode selection	0: Terminal Board 1: Panel	1
FNOD	Frequency setting mode	0: Internal potentiometer setting 1: VIA 2: VIB 3: Operation Panel 4: Serial Communication 5: External contact up/down 6: VIA+VIB	0

Gambar 9. Setting Parameter Inverter

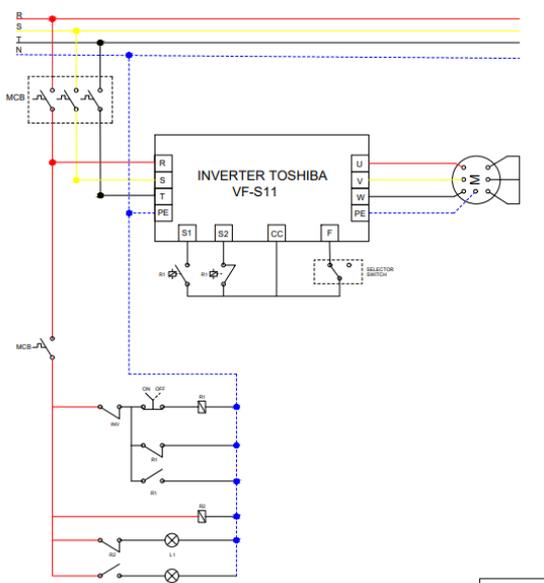
3. Operasi Kecepatan Preset

Operasi kecepatan preset digunakan untuk mengatur beberapa nilai frekuensi selama pengoperasian. Pengaturan operasi kecepatan dapat dilihat pada Gambar 11.

Nama	Fungsi	Keterangan	Nilai
Sr 1- Sr 7	Preset speed operation frequencies	LL – UL (Hz)	0.0
F287 – F294	Preset speed operation frequencies	LL – UL (Hz)	0.0
		8-15	

Gambar 10. Operasi Kecepatan Preset

4. Rangkaian Kontrol dan Daya



Gambar 11. Rangkaian Kontrol dan Daya

Pada Gambar 11 menunjukkan gambaran dari rangkaian kontrol dan daya dari *Inverter*.

Pada rangkaian tersebut menunjukkan rangkaian

motor induksi 3 fasa dengan *Inverter* sebagai pengendali kecepatan dan Relay sebagai piranti penghubung antara sensor pada rangkaian monitoring dengan rangkaian kontrol *Inverter*. Cara kerja dari rangkaian ini adalah sebagai berikut:

1. Ketika MCB dinyalakan, arus mengalir ke *Inverter*, relay 1 dan relay 2
2. Pembacaan sensor jarak 1-60 cm akan memicu relay 1 untuk bekerja NC
3. Arus *output* akan mengalir dan menggerakkan motor pada frekuensi 50Hz dan menhidupkan pilot lamp hijau.
4. Pembacaan sensor jarak 60-100 cm akan memicu relay 2 untuk bekerja NC
5. Arus *output* akan mengalir dan menggerakkan motor pada frekuensi 25Hz dan menhidupkan pilot lamp merah.

5. Perhitungan Motor

Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan putar motor yang digunakan sesuai dengan persamaan (1) sebagai berikut:

$$N_s = 120 \cdot F / P$$

$$N_s = 120 \cdot 50 / 4$$

$$= 1500 \text{ rpm}$$

Keterangan:

F= 50 (Hz)

P= 4 (Pole)

N_s= Kecepatan sinkron motor (rpm)

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa nilai putaran stator (N_s) adalah 1500 rpm. Pada Nameplate motor tertera nilai putaran rotor (N_r) sebesar 1420 rpm, maka dapat dihitung dengan nilai presentase slip sesuai dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$\% \text{ slip} = (N_s - N_r) / N_s \times 100\%$$

$$= (1500 - 1420) / 1500 \times 100\%$$

$$= 5,3\%$$

Keterangan:

Slip= Selisih kecepatan medan stator dengan rotor (%)

N_s= Kecepatan Sinkron (rpm)

N_r= Kecepatan Rotor (rpm)

Dapat diketahui bahwa nilai presentase slip antara putaran rotor dan stator adalah 5,3%. Perhitungan daya motor juga dapat dilakukan menggunakan persamaan (3) bila diketahui Arus (I), Tegangan (V), dan Faktor Daya (cos φ) adalah sebagai berikut:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 1,94 \cdot 0,85$$

$$P = 1.084,05 \text{ watt}$$

Keterangan:

P = Daya Motor (Kw)

V = Tegangan Listrik (V)
I = Arus Listrik (A)
Cos Ø = Faktor Daya

Berdasarkan perhitungan daya *Output* pada motor dapat diketahui bahwa daya motor adalah 1084,05 Watt atau 1 Kw. Setelah mendapat daya *Output* selanjutnya dapat dilakukan perhitungan daya *Input* pada motor yang digunakan, untuk dapat menghitung daya *Input* yang digunakan, diketahui pada Gambar 4 rugi-rugi stray load (P_s) untuk motor dengan daya *Output* pada Nameplate = 1,8% dari rating beban untuk Nameplate pada motor, kemudian ditentukan nilai (P_s) adalah seperti berikut:

$$P_s = 1,8/100 \times 1.084$$

$$P_s = 19,512$$

Setelah nilai (P_s) didapatkan maka langkah selanjutnya adalah menentukan rugi-rugi total sesuai dengan persamaan (5) seperti berikut:

$$P_{s_total} = P_{(rugi-rugi)} \times 0,05$$

$$= P_s / 0,05$$

$$P_{(rugi-rugi)} = 19,512 / 0,05$$

$$= 390,24$$

Sehingga daya masukan (*Input*) dapat dihitung sesuai dengan persamaan (4) seperti dibawah ini:

$$P_{input} = P_{output} + P_{(rugi-rugi)}$$

$$= 1.084 + 390,24$$

$$= 1.474,24 \text{ watt}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan nilai *Input* pada motor adalah 1.474 Kw.

Setelah mendapat nilai daya *Input* dan *Output* pada motor, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan efisiensi motor sesuai dengan persamaan (6) sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi} = P_{out} / P \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi} = 1.084 / 1.474 \times 100\%$$

$$= 73,54\%$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapat nilai dari efisiensi motor adalah 73,54 %.

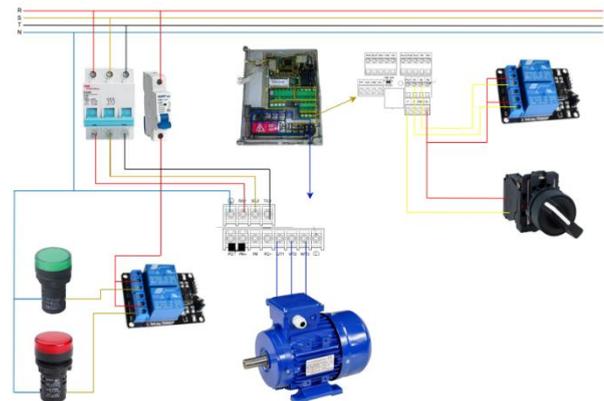
6. Pengujian Sistem Kontrol

Tabel 2. Pengujian

No.	Item Pengujian	Keterangan	Hasil
1.	Relay	Akan bekerja ketika sensor <i>ultrasonik</i> menangkap tinggi air pada jarak kurang dari 60 cm dan lebih dari 60 cm	Sesuai

2.	Inverter	Akan mengubah frekuensi menjadi 25Hz dan 50Hz sesuai dengan jarak yang ditangkap oleh sensor	Sesuai
3.	Motor Induksi	Kecepatan putar motor akan berubah sesuai dengan hasil frekuensi yang diberikan <i>Inverter</i>	Sesuai
4.	Pilot Lamp	Akan bekerja sesuai dengan pembacaan yang ditangkap sensor	Sesuai

7. Skematik Rangkaian



Gambar 12. Skematik Rangkaian

IV. KESIMPULAN

- Sebelum pemasangan alat bantu monitoring dan pengaturan kecepatan motor, mesin MCD 4 adalah mesin yang menghasilkan defect compound berupa compound lengket terbanyak yaitu sebanyak 1.500 kg. kemudian, setelah pemasangan alat bantu jumlah defect compound yang dihasilkan menurun menjadi 1.000 kg, yang artinya alat bantu yang dipasang mampu untuk mengeliminasi jumlah defect compound pada mesin MCD 4 sebesar 500 kg atau 33%.
- Berdasarkan sistem kontrol motor 3 phase dengan menggunakan inverter yang telah dilakukan, Inverter dapat mengatur kecepatan motor berdasarkan dari ketinggian air yang ditangkap oleh sensor. Apabila pembacaan sensor kurang dari 60cm maka frekuensi inverter akan berubah menjadi 50Hz dan apabila pembacaan sensor lebih dari 60cm maka frekuensi inverter akan berubah menjadi 25 Hz.

DAFTAR PUSTAKA

Novianto, D., Zondra, E., & Yuvendius, H. (2022).

- Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 6(2), 73-80.
- Nuari, S., & Zondra, E. (2018). Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 2(2), 60-67.
- Pratama, H. D. (2021). Penggunaan Sensor WLC (Water Level Control) Omron 61f-G1-Ap, untuk Mengatur Ketinggian Air Tangki (Doctoral dissertation).
- Suryono, S., & Supriyati, S. (2018). Rancang Bangun Pengontrol Panel Listrik Menggunakan Radio Frekuensi Identifikasi (RFID). *Orbith: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa dan Sosial*, 14(1).
- Zulfikar, Z., Evalina, N., & Arfis, A. (2019). Penggunaan *Inverter* 3G3MX2 Untuk Merubah Kecepatan Putar Motor Induksi 3 Fasa. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 4(2), 93-95.