

Modifikasi Penambahan Inverter Pada Mesin Slicing Menggunakan Sistem Penggerak Motor Listrik

Benedictus Christiano Doni¹⁾
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
chritianodoni23@gmail.com

M Ridwan Arif Cahyono²⁾
Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal
ridwan@poltek-gt.ac.id

ABSTRAK

Kontrol kualitas dalam manufaktur kabel penting untuk menjamin keandalan produk. Penggunaan mesin semi-otomatis, seperti mesin pengiris bertenaga motor listrik, sangat penting dalam menciptakan spesimen tes. Mesin pemotong yang ada memiliki keterbatasan, seperti kecepatan tetap, yang memperlambat proses pemotongan. Studi ini meningkatkan efisiensi mesin pengiris dengan menggunakan inverter untuk mengatur frekuensi dan kecepatan motor. Inverter dengan frekuensi 127-135 Hz mengurangi waktu pemotongan dari 28 detik menjadi 10.28-9.69 detik. Motor 370 W menghasilkan torsi 2.52 Nm, yang diubah menjadi 75.6 Nm pada output gearbox dengan rasio 1:30. Dengan efisiensi gearbox 90%, torsi yang tersedia pada mata pisau adalah 68.04 Nm dengan kecepatan 4.89 rad/s, menghasilkan daya efektif 332.73 W. Modifikasi ini cukup kuat untuk mengiris isolasi kabel sesuai spesifikasi.

Kata Kunci : Kontrol Kualitas, Inverter, Motor Listrik, Modifikasi.

ABSTRACT

Quality control in cable manufacturing is important to guarantee product reliability. The use of semi-automated machines, such as electric motor-powered slicing machines, is essential in creating test specimens. Existing cutting machines have limitations, such as a fixed speed, which slows down the cutting process. This study improves the efficiency of the slicing machine by using an inverter to regulate the frequency and speed of the motor. The inverter with a frequency of 127-135 Hz reduced the cutting time from 28 seconds to 10.28-9.69 seconds. The 370 W motor produces 2.52 Nm of torque, which is converted to 75.6 Nm at the output of the gearbox with a ratio of 1:30. With a gearbox efficiency of 90%, the available torque on the blade is 68.04 Nm at a speed of 4.89 rad/s, resulting in an effective power of 332.73 W. This modification is powerful enough to slice cable insulation according to specifications.

Keywords : *Quality Control, Inverter, Electric Motor, Modification*

I. PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur kabel, kontrol kualitas memainkan peran krusial dalam memastikan keandalan dan keamanan produk yang dihasilkan. Kabel merupakan komponen vital dalam sistem listrik dan elektronik, sehingga kualitas yang baik sangat diperlukan untuk mencegah kegagalan serta risiko yang mungkin timbul akibat cacat pada kabel tersebut. Proses kontrol kualitas pada industri manufaktur kabel mencakup pengawasan dari bahan baku hingga produk jadi, termasuk pemeriksaan kekokohan bahan, kepatuhan terhadap standar teknis, dan pengujian kinerja kabel dalam berbagai kondisi operasional yang mungkin terjadi.

Dengan implementasi kontrol kualitas yang ketat, perusahaan dapat memastikan bahwa kabel yang dihasilkan memenuhi standar keamanan dan kinerja yang telah ditetapkan. Penggunaan teknologi dan metode inovatif dalam proses kontrol kualitas dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi biaya pembuatan kabel.

Salah satu teknologi yang digunakan dalam proses kontrol kualitas adalah mesin semi otomatis untuk membantu persiapan pengujian. Mesin slicing dengan sistem penggerak motor listrik menjadi salah satu mesin semi otomatis yang digunakan untuk membantu pengirisan spesimen uji. Namun, walaupun sudah menggunakan alat bantu mesin semi otomatis, proses pengirisan ini masih memerlukan waktu yang lama untuk menyelesaikan pengirisan. Hal ini disebabkan karena alat yang digunakan bergerak dengan lambat dan kecepatannya tidak dapat diatur atau disesuaikan. Proses pengirisan yang lama dan jumlah sampel yang tidak dapat diprediksi menyebabkan pekerjaan menumpuk.[1]



Gambar 1 Gambaran Umum Mesin

Sebagai contoh, pengujian hot set yang membutuhkan kinerja mesin slicing tercantum sangat acak dan tidak dapat diprediksi, sehingga saat sampel yang datang baik dari departemen produksi

dan permintaan customer datang sekaligus, dapat berpotensi terjadi penumpukan dalam penggunaan mesin slicing.

Departemen QC laboratorium melayani berbagai uji yang bertujuan agar setiap produk yang diuji sesuai dengan spesifikasi yang berlaku. Salah satu uji krusial dalam pengetesan unit kabel adalah uji Hot Set yang memastikan kualitas dan keamanan produk kabel. Persiapan yang cermat, termasuk pengirisan kabel menggunakan mesin slicing, sangat berperan dalam keberhasilan uji ini.

Proses pengirisan kabel menggunakan mesin slicing tidak hanya meningkatkan akurasi pengujian, tetapi juga memastikan bahwa produk kabel memenuhi standar keselamatan dan kinerja yang diperlukan dalam penggunaannya. Dengan demikian, peneliti berfokus pada proses preparing sebagai kunci awal keberhasilan uji Hot Set menjadi lebih efisien dengan memodifikasi kecepatan pada mesin slicing yang berguna sebagai alat bantu persiapan dalam tahap pengujian.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan mesin semi otomatis dalam proses kontrol kualitas dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi hasil. Namun, penelitian tersebut juga mengidentifikasi beberapa kendala, seperti keterbatasan dalam pengaturan kecepatan dan torsi mesin, yang mengakibatkan waktu pengirisan yang lama dan ketidakmampuan untuk menyesuaikan mesin dengan berbagai jenis bahan. Hal ini menunjukkan bahwa ada ruang untuk perbaikan dalam penggunaan mesin semi otomatis, khususnya dalam hal peningkatan fleksibilitas dan kontrol yang lebih baik.

Salah satu pendekatan yang telah dicoba adalah penggunaan teknologi inverter untuk mengontrol frekuensi dan kecepatan motor. Penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al. (2020) menunjukkan bahwa penambahan inverter pada mesin dapat meningkatkan kontrol dan efisiensi mesin, memungkinkan penyesuaian yang lebih baik terhadap berbagai kondisi operasional. Namun, penelitian ini lebih berfokus pada aplikasi umum di industri manufaktur dan belum secara khusus mengkaji aplikasi dalam industri kabel.[2]

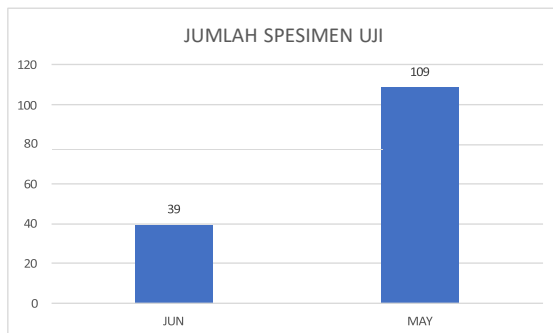
Tabel 1 Rekap Data Hot Set

REKAP HOT SET (MEDIUM VOLTAGE)

TANGGAL	PENGUJI	BANYAKNYA
16- Mei-24	MR.U	
17- Mei-24	MR.U	
18- Mei-24	MR.U	
19- Mei-24	MR.U	
20- Mei-24	MR.U	
21- Mei-24	MR.U	13
22- Mei-24	MR.U	
23- Mei-24	MR.U	2
24- Mei-24	MR.U	16
25- Mei-24	MR.U	
26- Mei-24	MR.U	
27- Mei-24	MR.U	8
28- Mei-24	MR.U	1
29- Mei-24	MR.U	12
30- Mei-24	MR.U	5

Walaupun sudah menggunakan alat bantu mesin semi otomatis, proses pengirisan ini masih memerlukan waktu yang lama untuk menyelesaikan pengirisan. Hal ini disebabkan karena alat yang digunakan bergerak dengan lambat dan kecepatannya tidak dapat diatur atau disesuaikan. Proses pengirisan yang lama dan jumlah sampel yang tidak dapat diprediksi sehingga menyebabkan pekerjaan menumpuk.

Sebagai gambaran bahwa pengujian hot set yang membutuhkan kinerja mesin slicing tercantum sangat acak dan tidak dapat di prediksi, sehingga saat sampel yang datang baik dari departemen

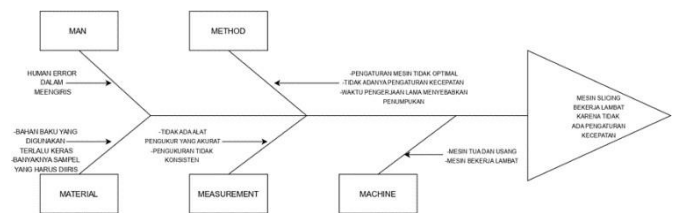


Gambar 2 histogram jumlah spesimen uji

produksi dan permintaan customer datang sekaligus dapat berpotensi terjadi nya penumpukan dalam penggunaan mesin slicing.

Dari banyaknya sampel yang dikirim oleh departemen produksi yang tak dapat diprediksi serta permintaan para customer yang ingin menguji ulang produk yang akan mereka beli, pihak laboratorium departemen QC melayani berbagai serangkaian uji yang bertujuan agar setiap produk yang di tes sesuai dengan spesifikasi yang berlaku

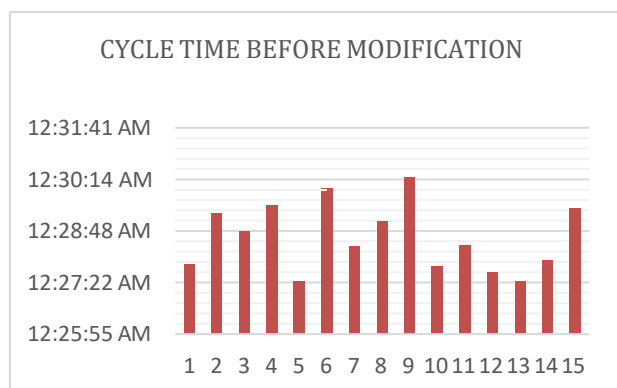
Salah satu uji krusial dalam pengetesan unit kabel adalah uji Hot Set dimana pengujian ini mengharuskan dan memastikan kualitas dan keamanan produk kabel. Persiapan yang cermat, termasuk pengirisan kabel menggunakan mesin slicing, sangat berperan dalam keberhasilan uji ini. Dengan melakukan uji Hot Set yang sesuai prosedur, kita dapat memastikan bahwa produk kabel memenuhi spesifikasi dan standar yang berlaku, sehingga dapat digunakan dengan aman dan efisien dalam berbagai kebutuhan. Meskipun penelitian terdahulu telah menunjukkan potensi penggunaan



Gambar 3 Diagram Sebab Akibat

inverter untuk meningkatkan efisiensi mesin, masih terdapat kesenjangan dalam penerapannya secara khusus dalam industri manufaktur kabel. Penelitian ini akan mengisi kesenjangan tersebut dengan mengkaji secara khusus modifikasi mesin slicing dengan penambahan inverter untuk mengontrol kecepatan dan torsi motor dalam proses pengirisan spesimen uji kabel. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses pengirisan, mengurangi waktu yang diperlukan, dan meningkatkan konsistensi hasil pengujian.

Proses preparing menggunakan mesin slicing merupakan tahap krusial dalam uji Hot Set pada produk kabel, di mana pengirisan kabel yang presisi dan sesuai standar sangat menentukan keberhasilan pengujian tersebut. Mesin slicing berfungsi untuk menghasilkan irisan kabel dengan ketebalan yang seragam, sehingga sampel yang dihasilkan dapat mewakili kondisi sebenarnya dari produk kabel.



Gambar 4 Cycle Time sebelum Modifikasi

waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proses uji Hot set akan meningkat secara signifikan. Salah satu tahap kritis dalam proses uji Hot set adalah pemotongan panjang sampel kabel. Secara ideal, proses pengirisan ini membutuhkan waktu sekitar 27 hingga 34 detik. Namun, jika terjadi kesalahan seperti kesalahan dalam pemotongan. Untuk itu peneliti menjadikan proses preparing sebagai kunci awal keberhasilan uji Hot Set menjadi lebih efisien dengan memodifikasi kecepatan pada mesin slicing yang berguna sebagai alat bantu persiapan dalam tahap pengujian

Dari pengamatan yang dilakukan, terdapat perbedaan antara waktu rata-rata aktual yang dibutuhkan untuk melakukan pemotongan sampel, yaitu sekitar 28detik,. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun secara teori proses pemotongan panjang sampel kabel seharusnya memakan waktu sekitar 30 detik dengan kondisi pengulangan pengirisan demi mendapatkan spesimen uji yang optimal, Faktor-faktor yang dapat menyebabkan kesalahan atau kegagalan dalam proses uji Hot Set dapat bervariasi, mulai dari kesalahan manusia, masalah dengan peralatan, hingga karakteristik material yang sulit untuk dipotong

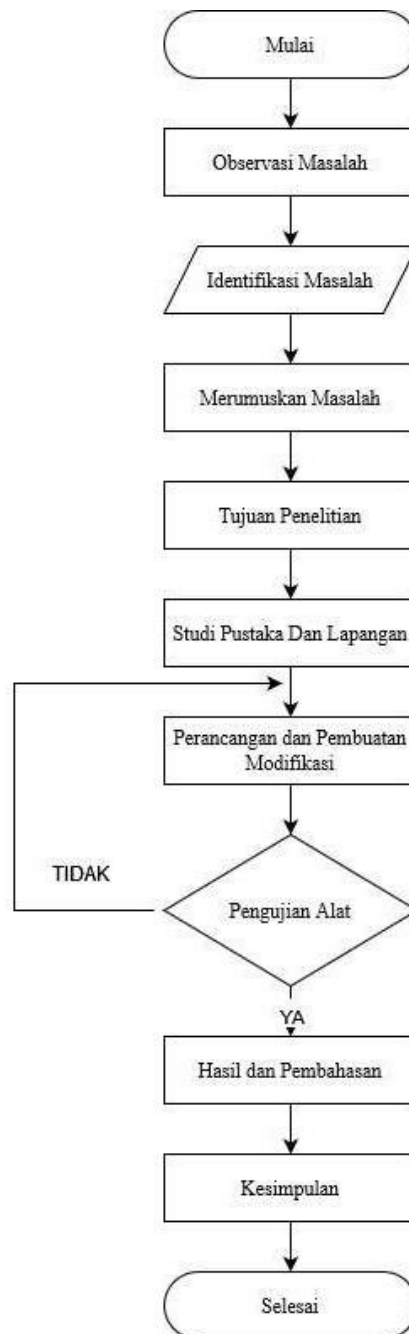
Dalam konteks diagram sebab akibat di atas, fokus penelitian ini adalah pada efisiensi laju kecepatan alat yang dibutuhkan demi menunjang efisiensi kinerja proses pengujian, sehingga sekalipun terdapat dalam kondisi datangnya sampel yang tidak dapat diprediksi, mesin dapat dijalankan lebih ringkas dan efisien. Penambahan inverter pada sistem penggerak motor listrik menjadi aspek penting dalam modifikasi mesin slicing. Inverter memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap kecepatan dan torsi motor listrik, memberikan kemampuan untuk mengatur mesin sesuai dengan kebutuhan spesifik proses pemotongan

Dengan modifikasi yang terfokus pada penambahan inverter, mesin slicing dapat ditingkatkan fungsinya untuk menjadi lebih serbaguna dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi produksi, termasuk pengirisan kulit kabel. Kemampuan untuk mengatur kecepatan dan torsi secara presisi akan memungkinkan mesin untuk menghadapi berbagai tantangan produksi dengan lebih baik, meningkatkan kualitas hasil potongan, Dengan demikian, melalui kombinasi penyesuaian dan penambahan inverter, diharapkan mesin slicing dapat beroperasi dengan lebih efisien, akurat, dan konsisten, memberikan kontribusi yang signifikan pada peningkatan produktivitas dan kualitas produksi secara keseluruhan di Departemen QC.

Modifikasi mesin dengan menambah fungsi pada mesin yang telah ada akan sangat berpengaruh terhadap beberapa proses pengerjaan dengan begitu dapat dilihat jika beban kerja akan dipengaruhi sehingga faktor-faktor yang bersifat waste akan bisa direduksi

II. METODE PENELITIAN

1. Alur Penelitian



Gambar 5 Alur Penelitian

2. Observasi Masalah

Observasi dilakukan dalam mencari sebuah probabilitas dalam sebuah konsep aktual yang terjadi dilapangan. Terletak pada Laboratorium pengetesan, peneliti mengamati setiap tahapan proses pengetesan salah satunya tes/uji Hot Set, didalam proses pengetesan tersebut terdapat beberapa segmen preparasi/persiapan sebelum pengujian dilaksanakan

3. Identifikasi masalah

Dari kondisi kasus yang ditemukan sebelumnya, terdapat segmen preparasi/persiapan uji yang masih menggunakan keandalan manual dalam proses pelaksanaan, disatu sisi yang lain terdapat fasilitas mesin slicing disatu lab yang sama, jika mesin slicing dapat digunakan dalam membantu proses persiapan uji tes Hot Set dalam mengiris dan memotong isolasi kabel maka proses preparasi uji kabel akan lebih efisien dalam skala waktu dan lebih aman dalam faktor keselamatan[3]

4. Merumuskan masalah

Berdasarkan pembahasan sebelumnya dari hasil observasi dan apa yang ditemukan dilapangan secara aktual, pokok-pokok permasalahan dapat diuraikan sebagai berikut

- proses persiapan uji tes Hot Set yang membutuhkan hasil sample untuk di oven perlu melewati segmen pemotongan dan pengirisan guna mendapatkan spesifikasi tertentu sebelum di proses didalam oven dalam kurun waktu tertentu
- proses persiapan masih mengandalkan kemampuan mesin dengan kecepatan yang lambat hingga waktu yang dibutuhkan dalam proses persiapan (pemotongan dan pengirisan) tidak selalu mendapatkan hasil sample yang sesuai dengan spesifikasi maka terjadi pengulangan (repetitif)
- terdapat mesin *slicing* (pengiris) di lab, namun memiliki torsi dan yang cukup besar sehingga tidak kompatibel jika digunakan menjadi sarana persiapan sampling pada uji tes Hot Set

5. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilaksanakan adalah membantu departemen QC dalam mengembangkan potensi mesin slicing sebagai alat pengiris kulit kabel pada spesimen uji dengan rincian tujuan sebagai berikut:

1. Memodifikasi kecepatan pada mesin *slicing*.
2. Melakukan instalasi *inverter* untuk mengontrol kecepatan motor Listrik
3. Menganalisis faktor-faktor yang berkaitan terhadap proses uji Hot Set kabel dengan fokus pada pengurangan *Cycle time* proses pengirisan dan peningkatan kesesuaian lebar dari hasil iris, guna meningkatkan efisiensi.

6. Studi pustaka dan lapangan

Tahap studi pustaka dan lapangan dilakukan untuk mencari informasi atau referensi yang membantu peneliti dalam mengatasi permasalahan tersebut. Referensi yang menjadi acuan yaitu berupa jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang dihadapi atau penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Sedangkan studi lapangan yaitu berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan maupun arahan langsung dari teknisi yang ada di area tersebut

7. Perancangan dan pembuatan modifikasi

Pada tahap ini setelah mendapatkan solusi yang tepat maka penulis mulai menyiapkan rancangan modifikasi alat seperti mendesain, mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk membuat rancangan desain

8. Pengujian

Pada tahap ini peneliti akan melakukan pengujian alat secara menyeluruh pada modifikasi penambahan inverter pada mesin slicing.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

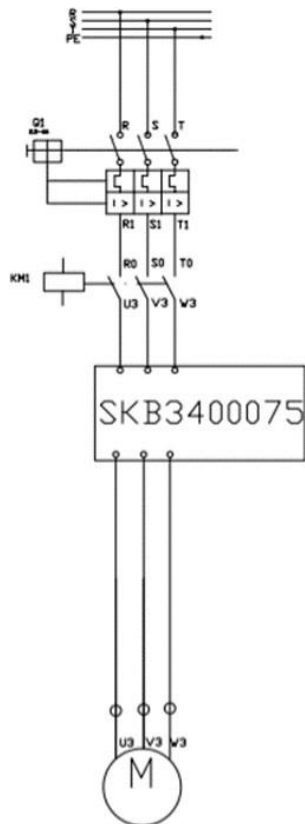
1. Diagram Kontrol



Gambar 6 Diagram Input Output

Berdasarkan gambar diatas, input dari modifikasi mesin ini berasal dari inverter, push button, dan selector switch yang memberikan inputan kepada motor listrik sebagai komponen yang memproses kerja. Motor listrik yang memproses sinyal dari inverter, dapat menggerakkan gearbox sebagai penggerak awal. Inverter mengatur kecepatan motor, push button dan selector switch sebagai pemberi sinyal on dan off kepada motor listrik. Motor listrik memproses semua inputan agar gearbox bisa menggerakkan komponen penggerak lainnya

2. Rangkaian 3 Fasa



Gambar 7 Rangkaian 3 Fasa

Diagram tersebut menunjukkan rangkaian pengendalian motor listrik tiga fasa menggunakan contactor dan relay. Berikut adalah penjelasan komponen dalam gambar:

1. Q1: Ini adalah pemutus sirkuit utama (circuit breaker) yang melindungi seluruh rangkaian dari arus lebih atau gangguan lainnya.
2. R, S, T: Ini adalah tiga fasa dari sumber daya listrik.
3. R1, S1, T1: Terminal masukan pada inverter (SKB3400075).
4. KH1: Contactor yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik ke inverter.
5. SKB3400075: Inverter yang digunakan untuk mengatur kecepatan dan torsi motor dengan mengubah frekuensi dan tegangan output.
6. U3, V3, W3: Terminal keluaran dari inverter yang mengalirkan arus ke motor.
7. M: Simbol motor tiga fasa yang dikendalikan oleh inverter.

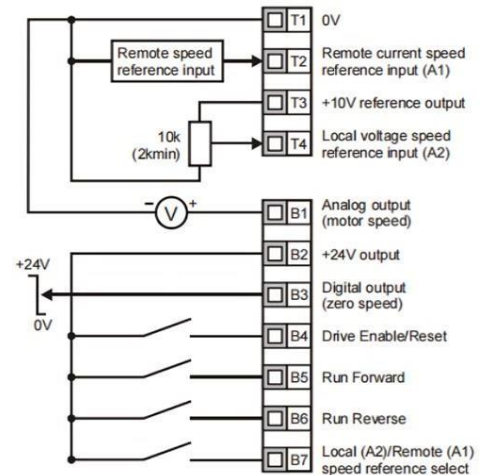
Cara kerja rangkaian:

1. Ketika pemutus sirkuit (Q1) diaktifkan, arus listrik dari sumber daya (R, S, T) akan mengalir ke contactor (KH1).
2. Jika contactor (KH1) diaktifkan, arus akan mengalir ke inverter (SKB3400075).
3. Inverter (SKB3400075) kemudian mengubah frekuensi dan tegangan dari masukan AC tiga fasa untuk menghasilkan keluaran yang sesuai dengan kebutuhan operasi motor.

4. Keluaran dari inverter (U3, V3, W3) akan dialirkan ke motor (M), memungkinkan kontrol yang presisi terhadap kecepatan dan torsi motor.

Inverter ini memungkinkan pengaturan yang fleksibel untuk motor, termasuk kontrol kecepatan, torsi, dan operasi yang lebih efisien

3. Wiring Control Inverter



Gambar 8 Wiring Control Inverter

Diagram kontrol inverter menggambarkan berbagai input dan output yang digunakan untuk mengontrol operasi inverter dan motor yang terhubung. Berikut adalah komponen-komponennya:

1. T1, T2, T3, T4:
 - i. T1: Ground (0V).
 - ii. T2: Remote current speed reference input (A1).
 - iii. T3: +10V reference output.
 - iv. T4: Local voltage speed reference input (A2).
2. B1 hingga B7:
 - i. B1: Analog output (kecepatan motor).
 - ii. B2: Output +24V.
 - iii. B3: Digital output (kecepatan nol).
 - iv. B4: Drive enable/reset.
 - v. B5: Jalankan maju (Run Forward).
 - vi. B6: Jalankan mundur (Run Reverse).
 - vii. B7: Pilihan referensi kecepatan lokal (A2)/remote (A1).

Cara Kerja Diagram Kontrol Inverter:

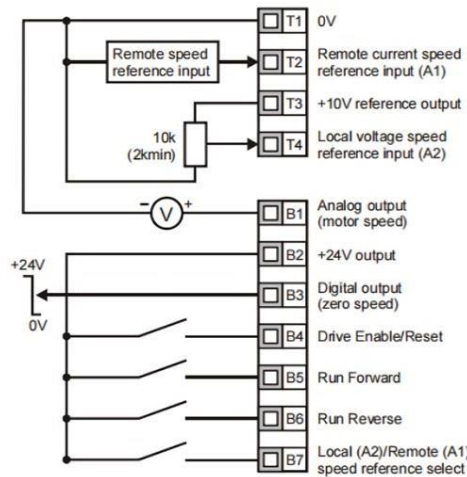
1. Remote dan Local Speed Reference Inputs:
 - Remote current speed reference input (T2) digunakan untuk menerima sinyal referensi kecepatan dari sumber eksternal.
 - Local voltage speed reference input (T4) digunakan untuk menerima sinyal referensi kecepatan dari potensiometer lokal yang diatur

dengan referensi 10V dari T3.

Output dan Kontrol:

1. B1 memberikan sinyal analog yang menunjukkan kecepatan motor saat ini.
2. B2 menyediakan tegangan +24V untuk menggerakkan sirkuit kontrol lainnya.
3. B3 menghasilkan sinyal digital yang menunjukkan motor sedang berhenti (kecepatan nol).
4. B4 digunakan untuk mengaktifkan atau mereset inverter.
5. B5 dan B6 digunakan untuk mengatur arah putaran motor (maju atau mundur).
6. B7 digunakan untuk memilih antara referensi kecepatan lokal (A2) atau remote (A1).

4. Wiring Power Inverter



Gambar 9 Diagram Power Inverter

Diagram power inverter menggambarkan koneksi daya dari inverter ke motor dan perangkat lainnya. Berikut adalah komponen-komponennya:

- a. Input dan Output Power:
 - i. L1, L2, L3/N: Terminal input daya tiga fasa atau fasa tunggal.
 - ii. U, V, W: Terminal output yang terhubung ke motor tiga fasa.
 - iii. +, -, PE (Protective Earth): Terminal untuk daya DC internal dan grounding.
 - iv. PE: Grounding protektif.
- b. Komponen Tambahan:
 - i. Optional EMC filter: Digunakan untuk mengurangi gangguan elektromagnetik.
 - ii. Optional line reactor: Mengurangi harmonik pada jaringan listrik.
 - iii. Fuses: Melindungi rangkaian dari arus lebih.
 - iv. Braking resistor: Digunakan untuk membuang energi saat motor memperlambat atau berhenti.

- v. Thermal protection device: Melindungi motor dari overheating.
 - vi. Stop/Start/Reset switches: Mengontrol operasi dasar inverter dan motor.
- c. Cara Kerja Diagram Power Inverter:
 - i. Sumber Daya Masuk:
 - Tegangan AC dari sumber listrik masuk melalui terminal L1, L2, L3/N dan dilindungi oleh fuse.
 - ii. Koneksi Motor:
 - Inverter mengonversi tegangan AC dari sumber daya menjadi tegangan AC yang diatur dan dikirim ke motor melalui terminal U, V, W.
 - iii. Komponen Proteksi dan Aksesori:
 - EMC filter dan line reactor adalah komponen opsional untuk meningkatkan kualitas daya dan mengurangi interferensi.
 - Fuses melindungi sistem dari arus lebih.
 - Braking resistor membantu dalam mengelola energi kinetik selama deselerasi motor.
 - Thermal protection device mencegah motor dari overheating dengan memutuskan aliran listrik jika suhu terlalu tinggi.
 - Switches (Stop/Start/Reset) memberikan kontrol manual dasar untuk operasi inverter dan motor.

5. Perhitungan Motor



Gambar 10 Nameplate Motor

Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui spesifikasi motor yang digunakan sebagai berikut:

- a. Daya (P): 0.37 kW (50 Hz) dan 0.44 kW (60 Hz)
- b. Faktor Daya (cos φ): 0.68
- c. Tegangan (V): 230/400 V (Y/Δ) untuk 50 Hz dan 277/480 V (Y/Δ) untuk 60 Hz
- d. Arus (I): 1.9/1.1 A (Y/Δ) untuk 50 Hz dan 2.1/1.2 A (Y/Δ) untuk 60 Hz

- e. Kecepatan (RPM): 1400 RPM (50 Hz) dan 1680 RPM (60 Hz)
Motor dengan spesifikasi tersebut berfungsi sebagai penggerak utama mesin *slicing*



Gambar 11 Nameplate Gearbox

Berdasarkan gambar nameplate gearbox diatas, dapat diketahui spesifikasi motor yang digunakan sebagai berikut:

- Model Gearbox: Ghirri Motoriduttori MVS0
- Rasio Gearbox (Rap.): 1/30

Berdasarkan nameplate motor listrik dan gearbox diatas, dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- Perhitungan Daya Motor

Untuk melakukan perhitungan daya motor yang menggerakkan mata pisau, terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan seperti faktor mekanis dan daya motor. Langkah-langkah perhitungan daya akan melibatkan:

1. Menentukan Torsi dan Kecepatan Sudut pada Motor:

Dari perhitungan sebelumnya, torsi motor dapat dihitung menggunakan daya dan kecepatan.

$$P_{motor} = \frac{T_{motor} \times \omega_{motor}}{1000}$$

Di mana:

$$\omega_{motor} = 2\pi \times \frac{1400}{60} \text{ rad/s}$$

$$\omega_{motor} \approx 146.6 \text{ rad/s}$$

$$P_{motor} = 0.37 \text{ kW} = 370 \text{ W}$$

$$T_{motor} = \frac{370 \text{ W}}{146.6 \text{ rad/s}}$$

$$T_{motor} \approx 2.52 \text{ Nm}$$

2. Menghitung Daya Mekanis

Daya mekanis ($P_{mekanis}$) dapat dihitung menggunakan torsi (T) dan kecepatan sudut (ω).

$$\begin{aligned} P_{mekanis} &= T_{motor} \times \omega_{motor} \\ P_{mekanis} &= 2.52 \text{ Nm} \times 146.6 \text{ rad/s} \\ P_{mekanis} &= 369.432 \text{ W} \\ P_{mekanis} &= 0.369 \text{ kW} \end{aligned}$$

3. Menggunakan Efisiensi Motor

Menggunakan efisiensi motor (η) untuk menentukan daya input listrik (P_{input}).

$$P_{input} = \frac{P_{mekanis}}{\eta}$$

$$P_{input} = \frac{0.369 \text{ kW}}{0.8}$$

$$P_{input} = 0.46125 \text{ kW}$$

Dari perhitungan ini, daya input listrik yang dibutuhkan motor untuk menggerakkan mata pisau dengan spesifikasi gaya pemotongan dan kecepatan rotasi yang diberikan adalah sekitar 0.46125 kW. Perhitungan ini sesuai dengan spesifikasi motor yang memiliki daya output 0.369 kW, yang menunjukkan bahwa motor ini cukup untuk aplikasi tersebut.

- Perhitungan Beban

Pada perhitungan ini beban yang dihitung adalah beban dari gearbox hingga mata pisau. Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan seperti rasio gearbox, efisiensi gearbox, dan torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan mata pisau. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Torsi pada Output Gearbox:

Menurut keterangan pada *nameplate gearbox*, nilai rasio gearbox adalah 1/30. Rasio ini akan mengurangi kecepatan motor dan meningkatkan torsi sebesar 30 kali.

$$T_{output} = T_{motor} \times r$$

$$T_{output} = \frac{370 \text{ W}}{146.6 \text{ rad/s}} \times 30$$

$$T_{output} = 75.6 \text{ Nm}$$

2. Menghitung Torsi pada Mata pisau:

Menggunakan efisiensi gearbox ($\eta_{gearbox}$), efisiensi gearbox adalah 80% (0.80).

$$T_{matapisau} = T_{output} \times \eta_{gearbox}$$

$$T_{matapisau} = 75.6 \text{ Nm} \times 0.80$$

$$T_{matapisau} = 60.48 \text{ Nm}$$

Perhitungan ini menunjukkan bahwa dengan motor yang memiliki daya output 0.37 kW dan gearbox dengan rasio 1/30 serta efisiensi 90%, torsi yang tersedia pada mata pisau adalah sekitar 68.04 Nm. Torsi ini cukup besar dan dapat menggerakkan mata pisau untuk mengiris isolasi kabel sesuai dengan spesifikasi yang diberikan

- Perhitungan Daya Yang Dihasilkan Mata Pisau

Daya mata pisau ($P_{matapisau}$) dapat dihitung menggunakan torsi (T) dan kecepatan keluaran gearbox (ω) Dengan rasio gearbox 1:30.

$$P_{matapisau} = T_{matapisau} \times \omega_{output}$$

Di mana:

$$RPM_{output} = \frac{RPM_{motor}}{30}$$

$$RPM_{output} = \frac{1400}{30}$$

$$RPM_{output} \approx 46.67$$

$$\omega_{output} = 2\pi \times \frac{46.67}{60} \text{ rad/s}$$

$$\omega_{output} \approx 4.89 \text{ rad/s}$$

$$P_{matapisau} = 60.48 \text{ Nm} \times 4.89 \text{ rad/s}$$

$$P_{matapisau} \approx 332.73 \text{ W}$$

Dari perhitungan ini, kita dapat melihat bahwa daya motor sebesar 370 W menghasilkan torsi 2.52 Nm pada motor, yang kemudian diubah menjadi torsi 75.6 Nm pada output gearbox dengan rasio 1:30. Dengan efisiensi gearbox 90%, torsi yang tersedia pada mata pisau adalah 68.04 Nm dengan kecepatan sekitar 4.89 rad/s, menghasilkan daya efektif di mata pisau sebesar 332.73 W

6. Perhitungan Inverter

Untuk menghitung frekuensi dan waktu kerja motor listrik sebelum dan sesudah dipasang inverter, perlu dipahami parameter yang digunakan dalam pengaturan inverter dan perbandingan kinerja motor sebelum dan sesudah pemasangan inverter.

- Sebelum Dipasang Inverter
Sebelum dipasang inverter, motor beroperasi pada frekuensi jaringan standar, yaitu 50 Hz atau 60 Hz. Berdasarkan nameplate motor, motor beroperasi pada 50 Hz.
- Setelah Dipasang Inverter
Setelah dipasang inverter, parameter pengaturan minimum speed, maximum speed, acceleration rate, dan deceleration rate mempengaruhi kinerja motor.
 1. Parameter Inverter:
 - Minimum Speed: 127 Hz
 - Maximum Speed: 135 Hz
 - Acceleration Rate: 0 Hz
 - Deceleration Rate: 5 Hz
 2. Frekuensi Operasi:
 - Frekuensi minimum: 127 Hz
 - Frekuensi maksimum: 135 Hz

Setelah Dipasang Inverter kecepatan motor (n) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$n = \frac{120 \times f}{p}$$

Di mana:

n adalah kecepatan motor dalam RPM

f adalah frekuensi dalam Hz

p adalah jumlah kutub motor (untuk motor 4 kutub, $p = 4$)

Kecepatan Motor pada Frekuensi Minimum (127 Hz):

$$n_{min} = \frac{120 \times 127}{4}$$

$$n_{min} = \frac{15240}{4}$$

$$n_{min} = 3810 \text{ RPM}$$

Kecepatan Motor pada Frekuensi Maksimum (135 Hz):

$$n_{max} = \frac{120 \times 135}{4}$$

$$n_{max} = \frac{16200}{4}$$

$$n_{max} = 4050 \text{ RPM}$$

Untuk menghitung waktu yang dibutuhkan motor dalam menyelesaikan satu proses setelah pemasangan inverter, perlu mempertimbangkan perubahan frekuensi yang mempengaruhi kecepatan motor. Waktu yang dibutuhkan (t) untuk menyelesaikan satu proses berbanding terbalik dengan kecepatan motor (n).

$$t \propto \frac{1}{n}$$

Untuk kecepatan berbeda, menggunakan rumus:

$$\frac{t_{new}}{t_{normal}} = \frac{n_{normal}}{n_{new}}$$

Dari sini, dapat dihitung waktu proses baru pada masing-masing frekuensi inverter.

1. Waktu Proses pada 127 Hz

$$t = t_{normal} \times \frac{n_{normal}}{n_{new}}$$

$$t = 28 \text{ detik} \times \frac{1400 \text{ RPM}}{3810 \text{ RPM}}$$

$$t = 28 \text{ detik} \times 0.367$$

$$t \approx 10.28 \text{ detik}$$

2. Waktu Proses pada 135 Hz

$$t = t_{normal} \times \frac{n_{normal}}{n_{new}}$$

$$t = 28 \text{ detik} \times \frac{1400 \text{ RPM}}{4050 \text{ RPM}}$$

$$t = 28 \text{ detik} \times 0.346$$

$$t \approx 9.69 \text{ detik}$$

Jadi, penggunaan inverter dengan setting frekuensi 127 Hz hingga 135 Hz secara signifikan mengurangi waktu proses dibandingkan dengan operasi pada frekuensi normal 50 Hz

IV. KESIMPULAN

Modifikasi mesin slicing ini dapat bekerja dengan aman karena berdasarkan hasil perhitungan

beban, daya dan efisiensi, tidak melebihi beban yang diizinkan dan spesifikasi motor yang digunakan melebihi dari spesifikasi motor yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Santoso, A. Waris, A. Apriliansyah, S. Sirait, and A. Murtilaksono, "Desain Dan Uji Kinerja Mata Pisau Modifikasi Pada Mesin Pencacah Limbah Pertanian," *J. Teknol. Pertan. Andalas*, vol. 25, no. 2, p. 205, 2021, doi: 10.25077/jtpa.25.2.205-214.2021.
- [2] O. T. L. Mogot, L. S. Patras, and F. Lisi, "Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Peletakan Kabel Tanah 20 kV," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 29–36, 2019.
- [3] S. Miranda and W. Tripiawan, "Perbandingan Penentuan Waktu Baku Menggunakan Metode Time Study dan Critical Path Method (CPM)," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 3, no. 1, p. 19, 2019, doi: 10.30656/jsmi.v3i1.1418.
- [4] Ibrahim, D. Arifin, and A. Khairunnisa, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma Dengan Tahapan DMAIC Untuk Mengurangi Jumlah Cacat Pada Produk Vibrating Roller Compactor Di PT. Sakai Indonesia," *J. Kalibr. - Karya Lintas Ilmu Bid. Rekayasa Arsitektur, Sipil, Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 18–36, 2020.
- [5] A. N. Ichniarsyah, E. Widiono, and T. P. Purboningtyas, "Uji Kinerja Mesin Pengiris Singkong Tipe Vertikal Performance Test of Cassava Slicing Machine (Vertical Type)," 2021.