

PERANCANGAN MESIN AMPLAS KAYU MENGGUNAKAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN *ZELIO LOGIC SMART RELAY*

Riza Fairuzza^{*)}, Tejo Sukmadi, and Jaka Windarta

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: riz.a.frz@gmail.com

Abstrak

Dalam pengolahan kayu, masih banyak industri kerajinan kayu yang melakukan pengamplasan dengan tenaga manusia. Untuk mempercepat dan meningkatkan efisiensi proses pengamplasan, dapat dilakukan dengan menggantikan tenaga manusia dengan motor induksi tiga fasa. Namun dalam penerapannya, mesin ini masih manual pengoperasiannya dengan bantuan kerja operator. Pengulangan pengamplasan diperlukan hingga 3 sampai 4 kali, sehingga operator masih banyak melakukan kerja. Pada penelitian ini, digunakan pengendalian motor berbasis komputer mini PLC *Zelio Smart Relay* tipe SR2 B121FU yang dapat memberikan solusi bagi permasalahan tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, mesin amplas kayu berhasil mengamplas kayu bengkirai ketebalan 7-19 mm, kayu jati belanda ketebalan 7-10 mm dan kayu meranti merah ketebalan 19-20 mm. Diperlukan 3 hingga 4 kali siklus untuk mengamplas satu sampel kayu dimana satu siklus membutuhkan waktu 20 detik untuk proses *forward-reverse* motor. Hasil penelitian menunjukkan motor induksi tiga fasa memiliki nilai efisiensi 70,5% dengan ketebalan kayu 7 dan 10 mm, 71,2% dengan ketebalan 13 dan 16 mm, 72,9-73,5% dengan ketebalan 18-20 mm. Rata-rata efisiensi motor induksi tiga fasa sebagai penggerak mesin amplas kayu sebesar 71,9%.

Kata kunci: motor induksi tiga fasa, Zelio SR2 B121FU, forward-reverse

Abstract

In the wood processing, there are still many woodworking industries that do sanding process with human labor. To speed up and improve the sanding process efficiency, it can be done by replacing the human labor with a three phase induction motor. But in practice, this machine is still operating manually with the help of operator. Sanding repetition is required up to 3 until 4 times, so the operator still do a lot of work. In this research, control system based on computer mini PLC *Zelio Smart Relay* SR2 B121FU type is used to motor controlling which can provide solution for the problem. Based on the research results, wood sanding machine succeeded in sanding bengkirai wood thickness 7-19 mm, jati belanda thickness 7-10 mm and meranti merah wood thickness 19-20 mm. It takes 3 until 4 cycles to sand a wood sample where one cycle takes 20 seconds to forward-reverse motor processing. The research results showed that three phase induction motor has an efficiency 70.5% with thickness 7 and 10 mm, 71.2% with thickness 13 and 16 mm, 72.9-73.5% with thickness 18-20 mm. The average efficiency of three phase induction motor as a wood sanding machine prime mover is 71.9%.

Keywords: 3-ph induction motor, Zelio SR2 B121FU, forward-reverse

1. Pendahuluan

Dalam pengolahan industri kerajinan kayu banyak tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil kerajinan yang memiliki nilai jual dan mampu bersaing. Salah satu proses dalam pengolahan kayu adalah pengamplasan. Masih banyak industri kerajinan kayu yang melakukan proses pengamplasan dengan tenaga manusia. Hal tersebut mempengaruhi waktu pengerjaan dimana tenaga manusia juga terbatas.

Untuk mempercepat dan meningkatkan efisiensi proses pengamplasan kayu pada industri kerajinan dapat

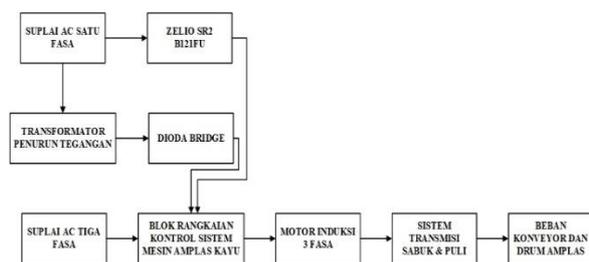
dilakukan dengan menggantikan tenaga manusia dengan mesin. Salah satu mesin yang dapat digunakan adalah motor induksi tiga fasa. Motor induksi tiga fasa memiliki banyak keunggulan diantaranya memiliki konstruksi sederhana, mudah perawatannya, memiliki putaran motor yang konstan dan harganya relatif lebih murah dibanding motor lainnya[1]. Namun dalam penerapannya, mesin ini masih manual pengoperasiannya dengan bantuan kerja operator. Pengulangan proses pengamplasan diperlukan hingga 3 sampai 4 kali, sehingga operator masih harus banyak melakukan kerja. Hal tersebut dikarenakan pengontrolan motor induksi tiga fasa sebagai penggerak

mesin yang masih cenderung bersifat konvensional. Pada penelitian ini digunakan sistem kendali berbasis komputer dikarenakan sistem ini lebih sederhana, tidak membutuhkan banyak perangkat pendukung dan mudah dimodifikasi dibanding sistem kendali menggunakan rele kontak yang kurang efektif[2]. Penelitian mengenai penggunaan PLC sebelumnya yang dilakukan oleh Hanif Nika H, PLC digunakan untuk mengatur kordinasi kerja motor induksi tiga fasa pembalikan arah putar, pengasutan *wye-delta* dan pengereman dinamik[2]. Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Azamul F D H, PLC difungsikan untuk mengatur kerja antara *VSD Micromaster 440* terhadap beban dan pengereman dinamik[3]. Dalam penelitian penelitian digunakan mini PLC *Zelio Logic Smart Relay* tipe SR2 B121FU sebagai pengatur kordinasi proses pengasutan tahanan depan, pengereman dinamik, dan pembalikan arah putar secara berulang yang dapat diatur sesuai keinginan untuk memberikan solusi terhadap permasalahan di atas dimana mesin yang masih bersifat konvensional pengontrolannya.

2. Metode

2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan alat pada penelitian diperlihatkan pada gambar 1



Gambar 1. Blok Diagram Alat.

2.1.1. Spesifikasi Motor Induksi Tiga Fasa

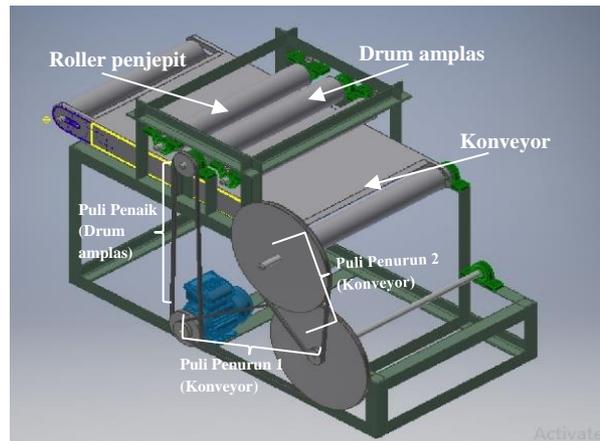
Motor induksi yang digunakan adalah motor induksi tiga fasa 1 HP/ 0,75 kW merk Bologna, tipe BLA-802-4

Tabel 1. Spesifikasi motor induksi tiga fasa[4].

Motor Induksi Tiga Fasa	
Merk	Bologna Electric Motor
Tipe	BLA-802-4
Tegangan Rating	220/380 V
Arus Rating	3.6/2.1 A
Hubungan Terminal Motor	Δ/Y
Daya	0,75 kW/1 HP
Frekuensi	50 Hz
Indeks Proteksi	IP 55
Kecepatan putar	1390 rpm
Jumlah Kutub	4
Kelas Isolasi	F
Berat	11 Kg

2.1.2. Perancangan Plant Sistem Mekanis Mesin Amplas Kayu

Plant sistem mesin amplas kayu memiliki empat komponen utama yaitu kerangka mesin, drum pengamplas, konveyor dan transmisi sabuk puli. Pembuatan gambar dilakukan menggunakan *software* AutoDesk Inventor 2017.



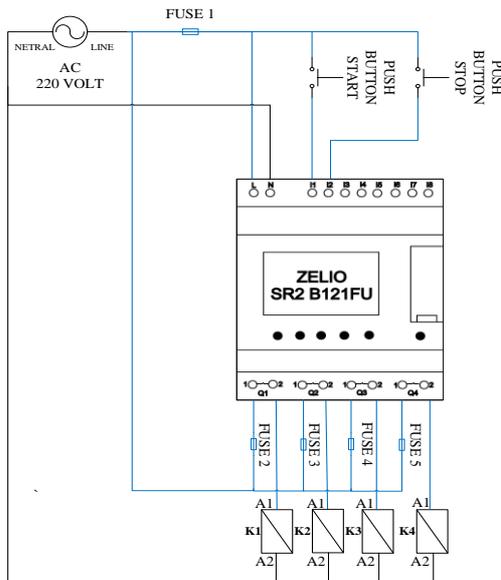
Gambar 2. Plant Mesin Amplas Kayu.

Tabel 2. Spesifikasi plant mesin amplas kayu.

Plant Mesin Amplas Kayu	
Dimensi (P x L x T)	160 cm x 70 cm x 60 cm
Jenis rangka	Besi siku 4 x 4 x 0,4
Dimensi konveyor (P x L)	100 cm x 40 cm
Diameter roller konveyor	7,5 cm
Jenis konveyor belt	Rough top grip
Perbandingan diameter puli konveyor	1:40,3
Tingkat 1	1:6,3
Tingkat 2	1:7,4
Diameter drum amplas	7,5 cm
Perbandingan diameter puli drum amplas	1,4:1
Tipe kain amplas	A60
Jenis van belt	Mitsuboshi Wrapped Van Belt type A53

2.1.3. Perancangan Rangkaian Kontrol

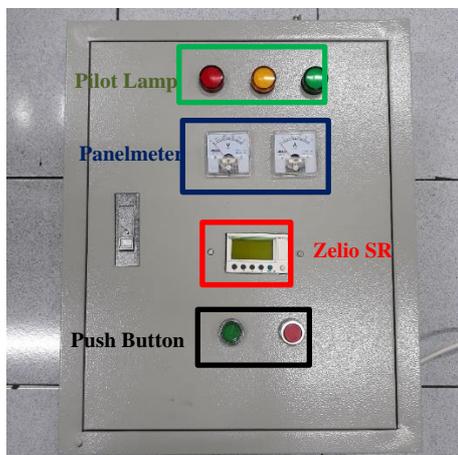
Rangkaian kontrol memiliki tiga komponen utama yaitu blok *Zelio SR*, blok kontaktor dan panel kendali. Ketiga komponen saling berhubungan dan dikordinasi oleh *Zelio SR* sebagai perangkat kontrol berbasis PC. *Zelio SR* yang digunakan bertipe SR2 B121FU yang memiliki 4 terminal relay output dan memiliki tegangan kerja 220V.



Gambar 3. Rangkaian kontrol dengan Zelio SR2 B121FU



Gambar 4. Realisasi rangkaian kontrol.



Gambar 5. Panel Kendali.

2.2. Pemodelan Alat

Pemodelan alat dilakukan pada sistem kendali Zelio SR2 B121FU. Pemrograman dan pengiriman program ke Smart Relay dapat dilakukan dengan konsol program bawaan dari Schneider Telematique yaitu ZelioSoft2.

2.2.1. Pengalamatan Input/Output Zelio SR2 B121FU

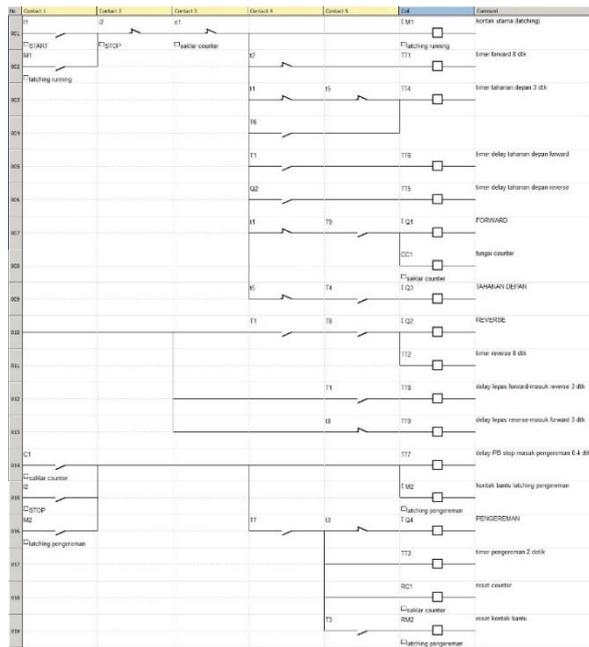
Secara garis besar, sistem kerja program pada Zelio Smart Relay dibagi menjadi dua, yaitu proses motor *running* (*starting*, *forward* dan *reverse*) dan saat proses motor *braking*. Dari *ladder diagram* keseluruhan program terdapat empat kontak output yang dialamatkan dengan kode Q1, Q2, Q3 dan Q4.

Tabel 3. Pengalamatan I/O Zelio SR.

Komponen	Alamat
Push Button Start	I1
Push Button Stop	I2
Rele bantu <i>latching running</i> (dalam Smart Relay)	M1
Rele bantu <i>latching braking</i> (dalam Smart Relay)	M2
Timer penghitung kerja <i>forward</i>	TT1
Timer penghitung kerja <i>reverse</i>	TT2
Timer penghitung kerja <i>braking</i>	TT3
Timer penghitung kerja kontaktor <i>starting</i>	TT4
Timer jeda kerja <i>starting</i> pada kondisi <i>reverse</i>	TT5
Timer jeda kerja <i>starting</i> pada kondisi <i>forward</i>	TT6
Timer jeda kerja <i>braking</i>	TT7
Timer jeda kerja transisi dari <i>forward</i> ke <i>reverse</i>	TT8
Timer jeda kerja transisi dari <i>reverse</i> ke <i>forward</i>	TT9
Fungsi <i>counter</i> (penghitung)	CC1
Output Kontaktor kerja <i>forward</i>	Q1
Output Kontaktor kerja <i>reverse</i>	Q2
Output Kontaktor kerja <i>starting</i>	Q3
Output Kontaktor kerja <i>braking</i>	Q4

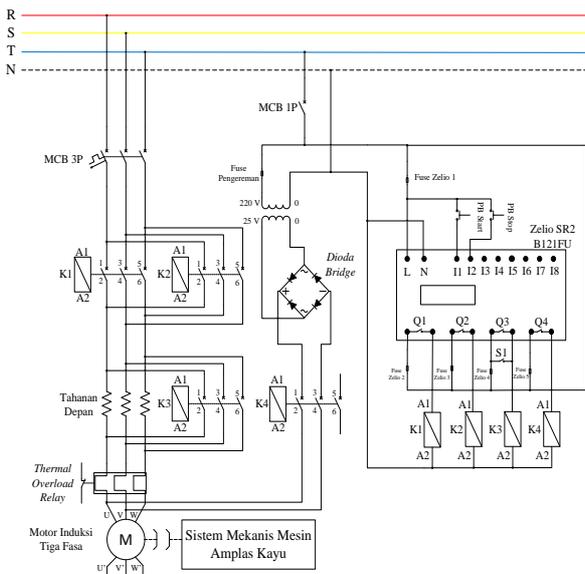
2.2.2. Program Pada Zelio SR2 B121FU

Program pada Zelio SR merupakan bahasa pemrograman yang dipakai pada Zelio SR untuk membaca kerja suatu sistem. Program yang dipakai berupa *ladder diagram* dengan software yang digunakan ZelioSoft2.



Gambar 6. Ladder diagram Zelio SR untuk proses kerja mesin amplas kayu.

Saat PB ON ditekan maka motor akan bergerak secara forward yang diasut dengan tahanan depan selama 3 detik. Motor akan menggerakkan konveyor dan drum secara forward selama 8 detik. Setelah 8 detik melakukan pengamplasan, motor akan berubah arah putar reverse dan kayu akan bergerak menuju drum kembali. Putaran motor secara reverse ini berlangsung selama 8 detik. Proses pembalikan arah putar ini berlangsung secara berulang dan diatur lama siklus pengamplasan pada counter.



Gambar 7. Rangkaian daya dan rangkaian kontrol motor.

Setelah counter selesai menghitung atau saat ditekan PB OFF, maka suplai daya ke motor akan lepas dan dilakukan

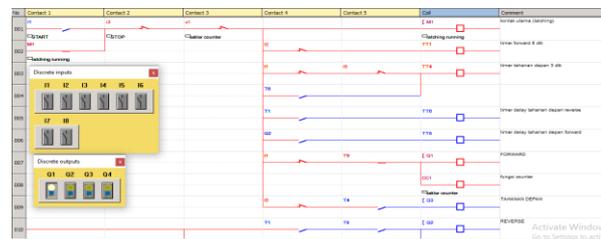
pengeraman injeksi arus DC untuk mempercepat motor berhenti.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Perangkat Lunak

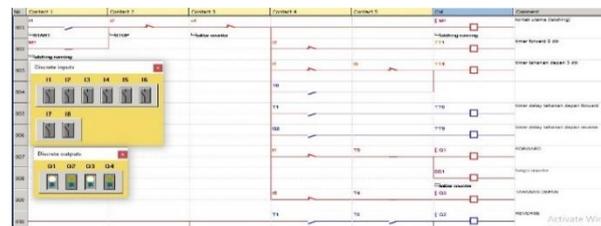
Pengujian perangkat lunak ini bertujuan untuk mengetahui kerja sistem apabila Push Button On dan OFF ditekan apakah sesuai mekanisme kerja yang dikehendaki. Pengujian kerja dari ladder diagram rangkaian kontrol meliputi skema kerja kondisi running dan skema kerja kondisi braking.

3.1.1. Pengujian Skema Kerja Running



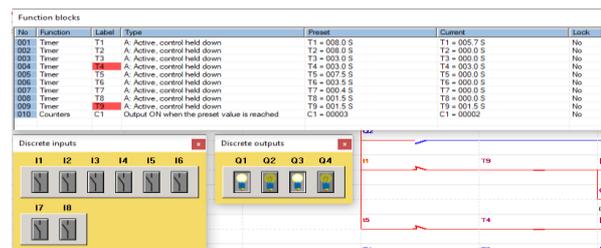
Gambar 8. Kondisi PB ON ditekan.

Saat PB ON (I1) ditekan maka kontak bantu utama (M1) akan energize dan menjadi latch kontaktor forward (Q1) akan energize dan motor terhubung forward. Timer kerja forward (TT1) dan tahanan depan (TT4) akan menghitung selama 10 dan 3 detik.



Gambar 9. Kondisi tahanan depan lepas.

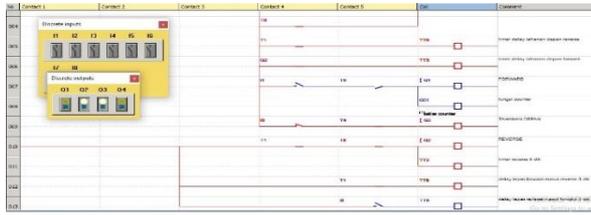
Setelah 3 detik, (TT4) akan energize dan melepas tahanan depan, rangkaian motor menjadi DOL. Skema kerja forward ini akan bekerja selama 8 detik.



Gambar 10. Pengujian kerja Timer running

Setelah 8 detik, (TT1) energize sehingga men-deenergize (Q1) dan (Q3) sehingga suplai motor lepas. Saat bersamaan

(TT8) akan mulai menghitung selama 3 detik untuk menjeda perpindahan antara *forward* ke *reverse* agar tidak terjadi *short circuit*.

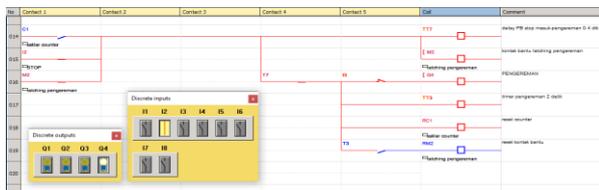


Gambar 11. Kondisi pembalikan arah putar

Pada saat (TT8) energize maka kontak T8 akan menutup dan (Q2) energize sehingga motor bergerak *reverse*, (TT2) akan mulai menghitung 8 detik untuk membatasi kerja *reverse*, begitu juga (TT4) akan mulai menghitung untuk mengatur pengasutan tahanan depan. Siklus akan berulang kembali seperti saat motor bekerja secara *forward*.

Pengulangan skema kerja ini diatur pada *counter* (CC1) dimana pengulangan skema kerja banyaknya berdasar nilai yang diinput pada (CC1).

3.1.2. Pengujian Skema Kerja Braking



Gambar 12. Pengujian *braking* injeksi arus DC

Saat PB OFF (I2) ditekan maka kontak bantu utama (M2) akan energize dan menjadi *latch*, *timer* (TT7) akan mulai menghitung selama 0,4 detik untuk memberi jeda antara terlepas suplai ke motor dengan terhubungnya injek DC. Setelah (TT7) selesai menghitung dan *energize*, kontaktor *brake* (Q4) akan energize dan arus DC dari hasil penyearahan *output* trafo *stepdown* akan mengalir ke motor. Bersamaan dengan *energize* (Q4) maka *Timer* kerja *brake* (TT3) menghitung selama 2 detik. Untuk memberi waktu lama pengereman dinamik injeksi arus DC.

No	Fungsi	Label	Type	Preset	Current	Lock	
0001	Timer	T1	A	Active, control held down	T1 = 000.0 S	T1 = 000.0 S	No
0002	Timer	T2	A	Active, control held down	T2 = 005.0 S	T2 = 000.0 S	No
0003	Timer	T3	A	Active, control held down	T3 = 003.0 S	T3 = 000.0 S	No
0004	Timer	T4	A	Active, control held down	T4 = 003.0 S	T4 = 000.0 S	No
0005	Timer	T5	A	Active, control held down	T5 = 007.5 S	T5 = 000.0 S	No
0006	Timer	T6	A	Active, control held down	T6 = 003.5 S	T6 = 000.0 S	No
0007	Timer	T7	A	Active, control held down	T7 = 000.4 S	T7 = 000.4 S	No
0008	Timer	T8	A	Active, control held down	T8 = 001.5 S	T8 = 000.0 S	No
0009	Timer	T9	A	Active, control held down	T9 = 001.5 S	T9 = 001.5 S	No
0010	Counters	C1	Output ON when the preset value is reached	C1 = 00003	C1 = 00000	C1 = 00000	No

Gambar 13. Pengujian kerja *timer braking*

Selain kondisi saat PB OFF tidak ditekan, pengereman juga akan terjadi saat siklus kerja motor telah mencapai nilai *input* pada *counter*. *Counter* akan menghitung berdasar kerja *forward*, setelah selesai menghitung, *counter* (CC1) akan *energize* dan menutup kontak (C1) pada pengereman sebagai kontak lain dari (I2).

3.2. Pengujian Sistem Kerja Puli

Sistem kerja puli terbagi menjadi dua bagian yaitu pengkonversi kecepatan putar konveyor dan pengkonversi kecepatan putar drum pengamplas. Pada puli sistem konveyor digunakan puli penurun kecepatan 2 tingkat dengan perbandingan 1:6,3 dan 1:7,4 sedangkan pada sistem drum pengamplas digunakan puli naik kecepatan dengan perbandingan 1,4:1. Konversi kecepatan pada sistem puli dapat dihitung dengan Persamaan (1)[5].

$$\frac{\text{RPM penggerak}}{\text{RPM digerakkan}} = \frac{\text{Diameter digerakkan}}{\text{Diameter penggerak}} \quad (1)$$

3.2.1. Puli Sistem Konveyor

Pengujian kecepatan putar puli dilakukan pada puli 2 dan 4 dimana puli 1 sebagai puli penggerak yang terhubung rotor motor sedangkan puli 3 sebagai puli penggerak untuk puli 4 yang terkopel langsung dengan puli 2 melalui as. Contoh perhitungan pada puli penurun kecepatan tingkat 1 antara puli 1 dan puli 2 dengan kecepatan putar puli 1 sebagai penggerak 1500 rpm dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$\begin{aligned} \frac{\text{RPM puli 1}}{\text{RPM puli 2}} &= \frac{\text{Diameter puli 2}}{\text{Diameter puli 1}} \\ \frac{1500}{\text{RPM puli 2}} &= \frac{6,3}{1} \\ \text{RPM puli 2} &= \frac{1500}{6,3} \\ &= 238 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Berdasarkan data yang diperoleh pada pengujian, maka dapat dilihat kecepatan putar dari puli penurun kecepatan 2 tingkat pada konveyor pada Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil pengujian kecepatan putar puli konveyor

<i>n</i> puli 1	<i>n</i> puli 2	<i>n</i> puli 3	<i>n</i> puli 4
1490 rpm	283 rpm	283 rpm	37 rpm

Berdasarkan Tabel 4. pengukuran pada kecepatan putar puli konveyor, maka nilai akhir dari puli 4 yang terhubung langsung dengan konveyor sudah mendekati nilai pada perancangan yaitu 36 rpm sesuai perbandingan keseluruhan sistem puli konveyor 1:40,3.

3.2.2. Puli Sistem Drum Amplas

Pengujian kecepatan putar dilakukan pada puli 1' dan puli 2' dimana puli 1' sebagai penggerak (terhubung motor) dan puli 2' sebagai puli beban yang terhubung drum amplas. Contoh perhitungan pada puli penaik kecepatan antara puli 1' dan puli 2' dengan kecepatan puli 1' 1500 rpm dapat dihitung dengan Persamaan (1).

$$\frac{\text{RPM puli 1}'}{\text{RPM puli 2}'} = \frac{\text{Diameter puli 2}'}{\text{Diameter puli 1}'}$$

$$\frac{1500}{\text{RPM puli 2}'} = \frac{1}{1,4}$$

$$\text{RPM puli 2}' = \frac{1500 \times 1,4}{1}$$

$$= 2100 \text{ rpm}$$

Berdasarkan data yang diperoleh pada pengujian, maka dapat dilihat kecepatan putar dari puli penaik kecepatan pada drum amplas pada Tabel 5.

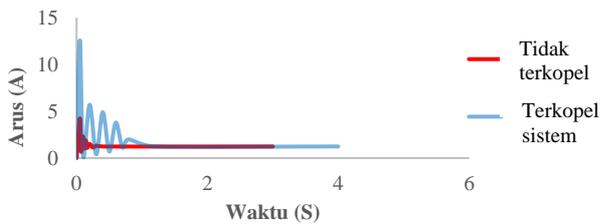
Tabel 5. Data hasil pengujian kecepatan putar puli drum amplas

n puli 1'	n puli 2'
1490 rpm	2257 rpm

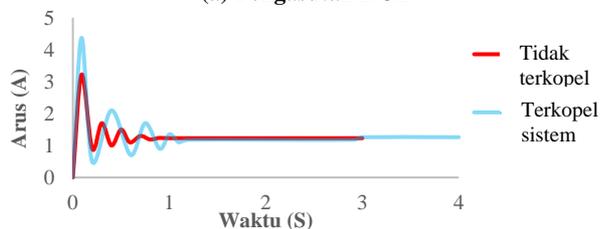
Berdasarkan Tabel 5. pengukuran pada kecepatan putar puli drum amplas, maka nilai akhir dari puli 2' yang terhubung langsung dengan drum sudah mendekati nilai pada perancangan yaitu 2090 rpm hanya terpaut selisih 8%. Hal ini dikarenakan slip pada *van belt* yang terjadi dikecepatan tinggi.

3.3. Pengujian Pengasutan Motor Induksi Tiga Fasa

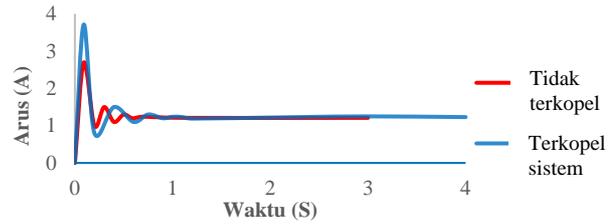
3.3.1. Arus Pengasutan



(a) Pengasutan DOL



(b) Pengasutan tahanan depan 33Ω

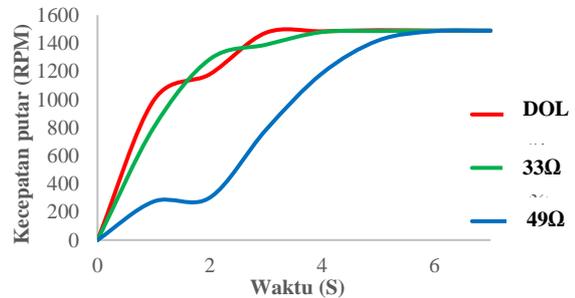


(c) Pengasutan tahanan depan 49Ω

Gambar 14. Grafik data arus starting

Berdasarkan Gambar 14 terlihat terjadi kenaikan arus *starting* pada setiap metode pengasutan saat motor dikopel sistem mesin amplas kayu. Hal ini dikarenakan saat terkopel beban pada rotor menjadi bertambah dan torsi *starting* yang dibutuhkan untuk memutar motor menjadi lebih besar. Arus *starting* pada metode DOL saat tidak terhubung sistem dan terhubung sistem sebesar 4,25A dan 12,8A dengan waktu *steady state* 0,4S dan 1,2S. Pada metode tahanan depan 33Ω sebesar 3,22A dan 4,37A dengan waktu *steady state* 1S dan 3S. Pada metode tahanan depan 49Ω sebesar 2,69A dan 3,71A dengan waktu *steady state* 1,1S dan 2,3S. Untuk arus *steady state* setiap metode dan keadaan terkopel maupun tidak terkopel memiliki rentang nilai yang sama pada angka 1,2A.

3.3.2. Kecepatan Pengasutan



Gambar 15. Grafik data kecepatan starting

Berdasarkan Gambar 15 pada pengasutan metode tahanan depan 49 ohm memiliki akselerasi paling halus dibanding dengan metode lainnya. Waktu dari diam ke kecepatan *rating* pada metode pengasutan DOL membutuhkan waktu 4S tetapi akselerasi yang terjadi cenderung berosilasi, sedangkan pada pengasutan tahanan depan berkisar pada waktu 5-7S namun osilasi dapat tereduksi dibanding metode DOL, sehingga dapat disimpulkan dengan menggunakan pengasutan tahanan depan dapat mengurangi getaran puli penggerak dengan cara memperhalus akselerasi saat *starting*.

3.4. Pengujian Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

3.4.1. Pengujian Daya Motor Induksi Tiga Fasa

Pengujian daya motor induksi tiga fasa dilakukan untuk mengetahui pengaruh pembebanan dalam penelitian ini variasi tebal kayu terhadap daya pada motor induksi tiga fasa. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data hasil pengujian daya pada motor induksi tiga fasa

Tebal kayu (mm)	Arus beban (A)			Faktor daya			Daya (W)		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
7	1,77	1,75	1,81	0,147	0,427	0,573	150	310	420
10	1,75	1,75	1,82	0,153	0,392	0,588	150	320	410
13	1,84	1,80	1,84	0,152	0,411	0,599	180	310	410
16	1,75	1,77	1,82	0,197	0,410	0,603	160	310	430
18	1,81	1,79	1,86	0,176	0,454	0,582	190	330	440
19	1,88	1,78	1,86	0,198	0,435	0,610	190	330	450
20	1,86	1,79	1,90	0,214	0,459	0,609	200	330	450

Berdasarkan Tabel 6 terlihat semakin tebal variasi kayu yang diampas maka arus yang mengalir ke motor induksi tiga fasa juga akan semakin besar, begitu pula pada daya masukan pada motor juga semakin besar.

Berdasar data arus beban pada Tabel 6, dapat dibuat perhitungan daya masukan keseluruhan motor dengan menjumlahkan daya per fasanya. Daya masukan pada motor dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Daya masukan motor induksi tiga fasa

Tebal kayu (mm)	Daya input (W)
7	880
10	880
13	900
16	900
18	960
19	970
20	980

3.4.2. Perhitungan Torsi Motor Induksi Tiga Fasa

Torsi beban pada motor induksi tiga fasa dapat dicari dengan cara membagi daya input (Pin) dengan kecepatan sudut dari rotor yang dapat dilihat pada Persamaan (2)[8].

$$T_L = \frac{P_{AC}}{\omega_m}$$

$$T_L = \frac{P_{AC}}{2\pi \frac{n}{60}} \tag{2}$$

Parameter kecepatan putar didapat dari pengukuran dengan tachometer pada poros drum pengampas. Sehingga dari data daya input pada Tabel 7 dapat dihitung torsi beban terhadap variasi ketebalan beban dengan Persamaan (2).

$$T_L = \frac{P_{AC}}{2\pi \frac{n}{60}}$$

$$= \frac{880}{2\pi \cdot \frac{2013}{60}}$$

$$= 4,2 Nm$$

Berdasar perhitungan di atas maka dapat dibuat data hasil perhitungan torsi beban pada Tabel 8.

Tabel 8. Kecepatan putar terhadap variasi beban

Tebal kayu (mm)	Daya (W)	Nbeban (rpm)	Torsi (Nm)
7	880	2013	4,2
10	880	2010	4,2
13	900	1987	4,3
16	900	1982	4,3
18	960	1982	4,6
19	970	1970	4,7
20	980	1967	4,8

Berdasarkan Tabel 8 terlihat hubungan antara torsi dengan variasi ketebalan beban berbanding lurus dikarenakan semakin tebal kayu maka massa dan gaya dari beban akan bertambah, sedangkan hubungan antara torsi dan kecepatan putar berbanding terbalik dimana semakin lambat kecepatan putar, torsi akan semakin besar.

Kecepatan putar pada pengujian kali ini pada rentang 85-95% dari kecepatan nominal motor 1490 rpm. Hal ini sudah sesuai dengan kurva karakteristik motor induksi tiga fasa dimana pada rentang 80-100% kecepatan nominal torsi akan semakin kecil.

3.4.3. Perhitungan Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa

Efisiensi dari motor induksi tiga fasa sebagai penggerak mesin ampas kayu dapat dicari menghitung daya output (Pout) dan menggunakan parameter daya input dari Tabel 8. Daya pada rotor dapat dicari dengan Persamaan (3)[8].

$$Pr = Pin - Pjs - Pf \tag{3}$$

Dimana pada penelitian kali ini rugi stator dan rugi inti memiliki nilai 198,6 Watt dan 61,5 Watt. Maka dari data

pertama, dapat dihitung daya pada rotor dari motor menurut Persamaan (3) sebagai berikut.

$$Pr = 880 - 198,6 - 61,5 = 624,8W$$

Nilai slip pada motor induksi tiga fasa sebesar 0,0067, sedangkan rugi angin diabaikan karena kapasitas motor yang kecil. Sehingga dari hasil perhitungan daya pada rotor, dapat dicari Daya *output* menurut Persamaan (4)[8].

$$P_{out} = (1-s)Pr = (1-0,0067)624,8 = 620,6W \quad (4)$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran pada Persamaan (4), dapat dicari nilai efisiensi menurut Persamaan (5)[8] berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% = \frac{620,6}{880} \times 100 \% = 70,5 \% \quad (5)$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dapat dibuat data hasil perhitungan efisiensi pada Tabel 10.

Tabel 10. Efisiensi motor induksi tiga fasa

Tebal kayu (mm)	Efisiensi (%)
7	70,5
10	70,5
13	71,2
16	71,2
18	72,9
19	73,2
20	73,5
Rata-rata	71,9

Berdasarkan Tabel 10 dapat dilihat hubungan antara variasi ketebalan kayu berbanding lurus dengan efisiensi meskipun kenaikan efisiensi tidak begitu signifikan. Nilai rata-rata dari efisiensi motor induksi tiga fasa pada nilai 71,9% untuk pengujian dengan beban kayu yang memiliki ketebalan 7-20mm.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa motor induksi tiga fasa telah berhasil di aplikasikan pada perangkat mesin amplas kayu dengan pengontrolan menggunakan *Zelio Smart Relay*. Mesin amplas kayu berhasil digunakan untuk mengamplas sampel kayu bengkirai, jati belanda ketebalan dan meranti merah ketebalan 7-20 mm. Diperlukan rata-rata 3 hingga 4 kali siklus untuk mengamplas satu sampel kayu dimana satu siklus membutuhkan waktu 20 detik. Skema kendali dengan *Zelio SR2 B121FU* dapat mengatur kordinasi

perpindahan kerja *forward-reverse* yang diatur melalui *timer* selama 8 detik dan berulang (*looping*) dengan *counter* pada *Zelio SR* serta mengatur kordinasi antara *runing-braking* dari motor. Pengujian puli pengonversi kecepatan yang digunakan untuk menurunkan kecepatan konveyor, kecepatan puli terukur 37 rpm, diturunkan 40,3 kali, sedangkan puli penaik kecepatan yang digunakan pada drum amplas, kecepatan puli 2257 rpm, dinaikkan 1,4 kali. Pengujian pengasutan motor, arus *starting* dengan metode tahanan depan 33Ω dan 49Ω berturut-turut sebesar 4,37A dan 3,71A, berhasil menurunkan arus *starting* metode DOL sebesar 12,58A. Motor induksi tiga fasa telah dapat digunakan sebagai penggerak mesin amplas kayu dan memiliki nilai efisiensi 70,5% saat beban kayu ketebalan 7 dan 10 mm, 71,2% saat ketebalan 13 dan 16 mm, 72,9-73,5% saat ketebalan 18,19 dan 20 mm. Rata-rata nilai efisiensi motor induksi tiga fasa sebagai penggerak mesin amplas kayu sebesar 71,9%.

Referensi

- [1]. Siswoyo, "Teknik Listrik Industri", Depdiknas, Jakarta, 2008.
- [2]. Handoko, Hanif Nika. "Pengendali Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Programable Logic Control (PLC) Untuk Pengolahan Kapuk", *Transient*, Vol. 3, No. 1, Maret 2014.
- [3]. Dinul Haq, M. Azamul Faiz. "Soft Starting dan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Micromaster 440 Pada Aplikasi Penggerak Blade Mesin Ekstraksi Biji Kapuk", *Transient*, Vol. 4, No. 1, Maret 2015.
- [4]. Datasheet Bologna Three Phase Induction Motor
- [5]. Herman, Stephen L. "Electric Motor Control", Ninth Edition Delmar Cengage Learning, United States of America, 2010.
- [6]. Chapman, Stephen J. "Electric Machinery Fundamentals", Second Edition Mc Graw Hill Companies, Singapore, 1991.
- [7]. Suyamto, Analisa Daya dan Torsi Pada Motor Induksi, *STTN*, hal. 205-212, Nov, 2009.
- [8]. Wildi, Theodore. "Electrical Machines, Drives, and Power System", Prentice Hall Inc, New Jersey. 2002