

## ANALISA PERHITUNGAN PENGGUNAAN MOTOR 3 PHASE DAN CYLINDER PNEUMATIC SEBAGAI SISTEM PENGGERAK MESIN CUTTING TOPPING SUDARE PT XYZ

Ilham Alamsyah<sup>1)</sup>

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal  
alamsyahilham2@gmail.com

Puguh Elmiawan<sup>2)</sup>

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal  
elmiawan@gmail.com

### **Keywords :**

Improvement  
Production  
Cylinder Pneumatic  
Motor Induksi

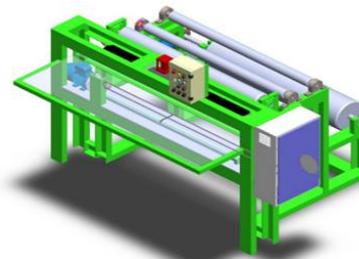
### **Abstract :**

*This article describes the production of a Sudare cutting machine using an electric motor and a pneumatic cylinder as a drive. The working principle of the cutting machine is based on an automatic machine working system. Control circuits use input components such as sensors, push buttons, emergency buttons, selector switches and footswitches. On the other hand, three-phase motors, pneumatic cylinders and thermal relays are used for the output components. This machine is used to reduce the number of cycle times in the bonding process. This machine reduced cycle times from 29 minutes 29 seconds to 19 minutes 46 seconds, giving a cycle time of 27 minutes 30 seconds.*

### **PENDAHULUAN**

Berkembangnya dunia industri yang semakin pesat membuat tuntutan hasil produk yang semakin tinggi. mengakibatkan adanya tuntutan untuk menciptakan suatu mesin perkakas yang memiliki kemampuan dalam melakukan pekerjaan yang kompleks dengan waktu pengerjaan yang singkat. Dengan menggunakan sistem otomasi diharapkan dapat meningkatkan kualitas produk dengan menggunakan waktu yang relatif lebih cepat. Pengaplikasian sistem *Programmable Logic Control (PLC)* pada mesin dinilai dapat meningkatkan kualitas hasil produk dengan tingkat ketelitian tinggi (Puguh dkk, 2022).

*V-belt* merupakan suatu sabuk transmisi dengan bahan dasar karet dan berbentuk trapesium yang berfungsi untuk memindahkan daya dari motor dengan tingkat tegangan rendah dan dapat meneruskan daya motor tinggi. Perkembangan pada industri pembuat *V-belt* mengalami sistem produksi yang semakin berkembang menuju industri 4.0. Permintaan konsumen dari kualitas *V-belt* dengan tingkat ketelitian tinggi semakin diperhatikan oleh produsen (Lisnawati, 2022).



Gambar 1. Desain Mesin *Cutting topping sudare*  
(Sumber : Hasil penulis, 2023)

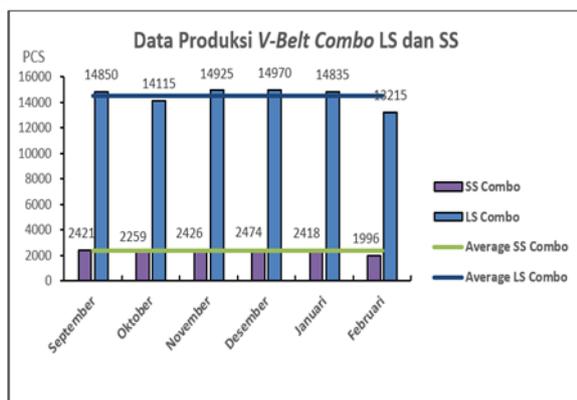
Gambar 1 menunjukkan desain mesin *cutting topping sudare* dengan menggunakan besi CNP 100 x 50 yang digunakan sbagai rangka dasar, besi siku 40 x 40 tempat panel dan sensor. Mesin digerakkan oleh motor 3 *phase* dengan sistem pengontrol PLC FX2N yang menggunakan inputan push button, sensor reed switch, sensor *magnetic switch*, sensor *limit switch*, dan sensor *photo electric*. Mesin *cutting topping sudare* dirancang untuk bisa beroperasi secara otomatis dengan menggunakan prinsip kerja pemesinan mesin bias cutting. Di era industri 4.0 dengan kebutuhan dan permintaan yang semakin meningkat serta tuntutan kualitas produk yang semakin tinggi, maka diperlukan akat-alat yang dapat bekerja secara cepat dengan kontrol otomasi seperti mesin *cutting topping sudare* (M.Munaidi dkk, 2018).

Proses produksi pada PT. XYZ memiliki beberapa departemen salah satunya departemen *long size* yang memproduksi tipe *V-belt combo* dengan

ukuran 101 *I nch* – 1000 *inch*. *V-belt* tipe *combo* membutuhkan komponen tambahan sebagai perekat *V-belt* yang biasa disebut sebagai *sudare*.

Proses pada *departement long size* diawali oleh dua proses yang berbeda yaitu *mixing compound* dan proses *building*. Proses *mixing compound* dilakukan dengan mesin *warming* setelah itu *compound* masuk ke mesin *extruder* untuk dibuat menjadi *UCR*. Sedangkan pada proses *building* dilakukan pembuatan *cores* yaitu melapisi *cord* dengan *ADR*. Selanjutnya semua material yang telah dibuat di satukan pada mesin *sticking*. Kemudian dari mesin *sticking* masuk ke proses pelapisan *canvas* pada mesin *TCM*. Setelah dilapisi *canvas* selanjutnya menuju proses *Curing*. Proses *curing* yang dilakukan pada *belt* yang berukuran panjang menggunakan mesin *oil press*. Untuk jenis *V-belt combo* setelah dilakukan pelapisan *canvas* maka selanjutnya masuk ke proses pemasangan *sudare* sebagai perekat *belt* jenis *combo*. Dalam proses pembuatan *belt combo* terdapat kegiatan pemotongan *sudare* yang masih dilakukan secara manual dengan menggunakan gunting, meja potong, penggaris, dan *cutter* sebagai alat pemotong *sudare*. Setelah dilakukan pemasangan *sudare* maka masuk ke dalam proses pemasakan *V-belt* atau *curing*.

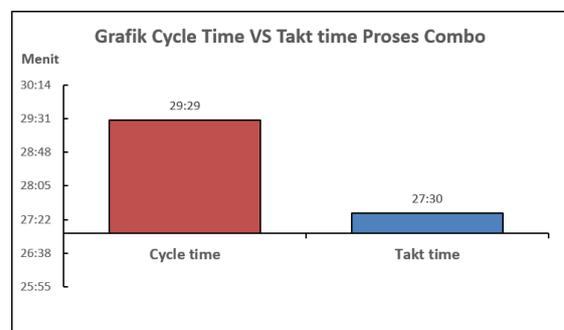
Proses pemotongan *sudare* masih dilakukan secara manual sehingga cukup menyita waktu. Jika waktu proses pemotongan *sudare* dapat dikurangi menjadi lebih singkat, maka proses produksi secara keseluruhan dapat menjadi lebih efektif. Dengan mengurangi waktu, maka dapat meningkatkan *output* atau produksi dalam satu waktu tertentu, meningkatkan kapasitas produksi, dan dapat memungkinkan pabrik untuk memproduksi lebih banyak produk dalam waktu yang sama. Hal ini juga dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas pabrik, dan membantu meningkatkan daya saing di pasar.



Gambar 2. Data order *V-belt Combo long size* dan *short size*

(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

Gambar 2 menunjukkan data order tipe *combo long size* dan *short size* selama 6 bulan terakhir dimulai pada bulan September 2022 hingga Februari 2023. Dalam gambar 2 jumlah permintaan tipe *V-belt combo long size* memiliki nilai yang lebih besar, 14850 pcs, 14115 pcs, 14925 pcs, 14970 pcs, 14835 pcs, dan 13215 pcs dengan jumlah permintaan tipe *V-belt combo short size*, 2421 pcs, 2259 pcs, 2426 pcs, 2474 pcs, 2428 pcs, dan 1996 pcs. Dari jumlah permintaan yang lebih besar pada tipe *V-belt combo*, maka lebih fokus untuk menindak lanjuti permasalahan yang terdapat dalam departemen *long size* tipe *V-belt combo*.



Gambar 3 . Grafik *cycle time & Takt time* proses *combo*

(Sumber :Hasil kajian penulis, 2023)

Dengan memperhatikan permasalahan yang ditunjukkan pada gambar 3, maka dibuatlah suatu inovasi baru yaitu mengubah suatu proses produksi dari proses manual menjadi otomatis pada bagian proses pemotongan *sudare*. Inovasi berupa alat pemotong otomatis *cutting topping sudare*. Alat ini dibuat untuk mempermudah operator dalam memotong *sudare*, selain dapat mempersingkat waktu, meningkatkan produksi, dapat juga mengurangi kecelakan pada operator karena alat ini otomatis yang bisa mengurangi interaksi langsung antara operator dengan mesin.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Kajian Pustaka**

**Tabel I.** Kajian Pustaka

No	Nama Penulis	Judul	Hasil Kajian

1	Kholiqul Misbah, Heroe Poernomo, Rizal Indrawan (2018)  (Misbah et al., 2017)	Rancang Bangun Mesin Stapler Siku Kayu Fleksibel Dua Sisi dengan Sistem Elektropneumatik pada Perusahaan Manufaktur Mebel	Diperoleh system kerja mesin stapler kayu menggunakan silinder double acting dengan jumlah dua silinder
2	Devicha Zafiaanisa, Aidi Finawan, Azhar (2018)  (Bangun Alat Pengepres et al., 2018)	Rancang bangun alat pengepres serbuk kayu menjadi briket menggunakan system kontrol elektropneumatik	Diperoleh system kerja mesin pengepres serbuk menggunakan silinder double acting untuk membentuk menjadi briket

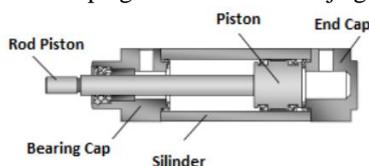
**Landasan Teori**

**Pneumatik**

Silinder kerja ganda merupakan jenis silinder yang memiliki dua bagian lubang yaitu depan dan belakang, dimana pergerakan keluar dan masuknya diatur oleh angin yang masuk melalui dua lubang tersebut (Coba et al., 2020).

Pneumatik berasal dari bahasa Yunani yaitu “pneuma” berarti napas atau udara. Pneumatik berkaitan pada teknologi pemakaian udara terkompresi. Penggunaan udara bertekanan tidak hanya digunakan untuk ban motor atau mobil saja melainkan bisa digunakan sebagai keperluan sistem gerak otomatis yang dapat menggantikan tenaga manusia untuk sebuah pekerjaan yang cukup berat seperti mengangkat, menggeser, mendorong, menekan maupun memutar (Wawan Sumbodo dkk., 2017).

Berikut beberapa gambar silinder kerja ganda.



**Gambar 4.** Silinder Kerja Ganda

(Coba et al, 2020)

Menghitung Gaya Normal

Rumus menghitung gaya normal dengan menggunakan gravitasi :

$$F = m \times g$$

Dimana :F = Gaya tekanan *press* (Newton)

m = Massa tekanan *press* (Kg)

g = Gaya gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Menghitung Gesekan pada Silinder

Rumus menghitung gesekan pada silinder dapat menggunakan persamaan:

$$R = 5\% \times F$$

Dimana: R = Nilai Gesekan

5%= Ketetapan gesekan silinder

F= Gaya maju / mundur (N)

Perencanaan Diameter silinder

Untuk menghitung diameter silinder yang efektif dapat menggunakan persamaan :

$$F = \left(\frac{\pi}{4} \cdot D^2\right) \cdot P - R$$

Dimana :F = Gaya *piston* efektif (N)

P = Tekanan kerja (bar)

R = Gesekan (N) yaitu: 3-20% dari gaya terhitung

D = Diameter *piston* (mm)

Menghitung gaya *outstroke* silinder

Untuk menghitung gaya *outsrtoke* silinder dapat menggunakan persamaan :

$$F_{maju} = A_1 \times P$$

Dimana : F = Gaya yang diberikan (N)

A<sub>1</sub> = Luas penampang silinder tanpa batang *torak* (m<sup>2</sup>)

P = Tekanan Udara (N/m<sup>2</sup>)

Dimana Luas penampang tanpa batang *torak* dapat dicari dengan persamaan :

$$A_1 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

Dimana : A<sub>1</sub> = Luas penampang silinder tanpa batang *torak* (m<sup>2</sup>)

D = Diameter *piston* (mm)

Menghitung Rod Piston

Untuk menghitung diameter rod piston dapat menggunakan persamaan :

Dimana: d<sup>2</sup>= Diameter rod piston (mm)

F = Tekanan udara (N/m<sup>2</sup>)

R = Gesekan (N)

P = Tekanan udara (N/m<sup>2</sup>)

Menghitung gaya *instroke* silinder

Untuk menghitung gaya *instroke* silinder dapat menggunakan persamaan :

$$F_{mundur} = A_2 \times P$$

Dimana :  $F$  = Gaya yang diberikan (N)

$A_2$  = Luas penampang silinder dengan batang *torak* ( $m^2$ )

$P$  = Tekanan Udara ( $N/m^2$ )

Dimana luas penampang dengan batang *torak* bisa dicari dengan persamaan :

$$A_2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2)$$

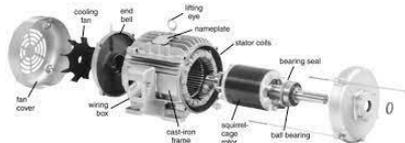
Dengan :  $A_2$  = Luas penampang silinder dengan batang *torak* ( $m^2$ )

$D$  = Diameter *piston* (mm)

$d$  = Diameter *rod piston* (mm)

## Motor Induksi

Berikut merupakan gambar bagian motor induksi:



Gambar 5. Motor Induksi

( Sumber : I Nyoman Bagia., 2018 )

Motor induksi merupakan motor yang mengonversi energi listrik berubah menjadi energi kinetik dan juga sebaliknya, dan menggunakan perangkat yang disebut generator atau dinamo. Elektromagnet merupakan suatu jenis medan magnet yang memiliki prinsip kerja memanfaatkan arus listrik untuk diubah menjadi medan magnet. Sumbu magnet dengan polaritas sebanding menghasilkan reaksi tolak menolak, sementara sumbu magnet dengan polaritas berbeda akan saling tarik. Untuk menghasilkan aksi, dibutuhkan dua magnet yang diletakkan pada poros berputar dan poros tetap. ( I Made Parsa, 2018).

Motor induksi memiliki tampilan serupa dengan motor induksi lainnya. Terdiri dari komponen utama, yakni stator sebagai komponen tetap dan rotor sebagai komponen berputar. Kedua komponen ini memiliki ruang udara sempit dan jarak yang bervariasi, yakni 0,4 mm - 4 mm (evalina et al., 2018).

Motor induksi merupakan salah satu perangkat yang dapat mengonversi sumber listrik menjadi aksi kinetik. Terdapat dua jenis motor induksi yakni arus searah dan bolak-balik sesuai dengan suplai dayanya. Motor dengan arus bolak-balik lebih menguntungkan daripada motor dengan arus searah karena lebih andal dan harganya lebih terjangkau. Namun, kecepatan motor arus bolak-balik tidak dapat diatur, sedangkan motor arus searah memiliki kecepatan, arah putar, dan laju yang dapat diatur.

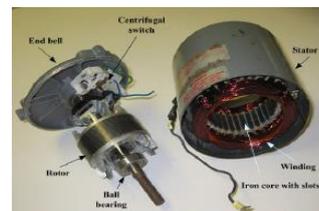
Selain itu, motor arus searah hanya dapat dioperasikan pada tegangan arus searah (Saptono et al., 2018).

## Fungsi Motor Induksi

Pada industri 4.0 motor induksi digunakan untuk menggerakkan *Conveyor belt*, penggunaan motor ini berfungsi untuk menggerakkan *roller Conveyor* supaya berputar dan bergerak dengan kecepatan yang diinginkan (Saptono et al., 2018).

## Konstruksi Motor Induksi

Berikut merupakan contoh gambar *rotor* dan *stator* pada motor listrik 3 *phase* :



Gambar 6. Rotor dan Stator Motor Induksi

( Sumber : I Made Pharsa., 2018 )

Motor induksi memiliki 3 bagian utama yaitu:

1. *Stator* : Komponen tetap dengan koil sebagai alat elektromagnetik ke koil rotor.
2. *Interval* : Celah angin yang terletak pada bagian mesin yang berfungsi sebagai tempat perpindahan kekuatan pada *stator* menuju *rotor*.
3. *Rotor* : Elemen berputar karena terdapat perpindahan induksi magnetik *stator* ke kumparan *rotor*.

## Jenis Motor Induksi

Motor listrik memiliki macam-macam klasifikasi. Motor listrik dibedakan menjadi motor AC dan DC. Motor listrik AC dan DC terbagi menjadi beberapa bagian dan berikut gambar klasifikasi mengenai motor listrik :



Gambar 7. Klasifikasi Motor Listrik

( Sumber : Nyoman Bagia., 2018 )

## Motor DC ( Direct Current )

Motor DC yaitu perangkat yang berperan mengonversikan sumber listrik DC menjadi kekuatan

mekanik. Motor DC dikenal sebagai mesin yang menghasilkan tenaga mekanik dalam bentuk kecepatan atau putaran. Keunggulan menggunakan motor DC yakni dapat digunakan untuk mengatur kecepatan tanpa memengaruhi mutu tenaga yang menyuplai. Pada umumnya motor DC digunakan pada kecepatan dan daya rendah, disebabkan seringkali mengalami problem apabila digunakan pada ukuran yang besar. Motor DC memiliki keunggulan lebih ekonomis dibandingkan dengan motor AC (I Made Parsa., 2018).

### Motor AC (*Alternative Current*)

Motor AC yaitu motor dengan kerja arus bolak-balik yang memiliki dua komponen utama yakni stator sebagai komponen tetap dan rotor sebagai komponen berputar. Stator merupakan bagian yang diam dan terletak di luar. Kumparan pada stator mendapatkan suplai daya dari arus bolak-balik yang kemudian menciptakan medan putar. Sementara itu, rotor merupakan elemen berputar yang terletak pada bagian dalam (di sebelah stator). Pergerakan rotor disebabkan oleh torsi yang dihasilkan oleh medan magnet yang berputar dan bekerja dalam poros. (I Made Parsa., 2018).

Motor AC dapat dibedakan menjadi 2 jenis menurut sifat arus listrik yang mengalirinya, seperti:

- Motor listrik AC 1 phase.
- Motor listrik AC 3 phase.

### Motor Listrik 3 Phase

Mesin induksi tiga *phase* yaitu mesin listrik yang merubah sumber listrik ke energi mekanik, dengan adanya gerakan ini terjadi rotasi pada poros mesin. Mesin induksi tiga fasa mempunyai bentuk yang mirip dengan mesin induksi lainnya. Bagian utama mesin induksi yakni stator merupakan bagian diam dan rotor merupakan bagian gerak. (Norly Evalina, dkk, 2018). Kecepatan rotasi medan magnet pada motor induksi tergantung pada frekuensi input dari sumber yang diberikan ke motor induksi. Hal ini juga berdampak pada kecepatan rotasi rotor pada motor tersebut. (Norly et al., 2018).

Penggunaan motor induksi pada bidang industri dapat digunakan sebagai penggerak *conveyor belt*, penggunaan motor ini berfungsi untuk menggerakkan *roller conveyor* supaya berputar dan bergerak dengan kecepatan yang diinginkan (Saptono et al., 2018).

### Menghitung Kecepatan Motor

Untuk menghitung kecepatan motor dapat menggunakan persamaan :

$$N_1 = N_2 \times i$$

Dimana :  $N_1$  = Putaran poros 1 (rpm)

$N_2$  = Putaran poros 2 *gearbox*

$i$  = Rasio *gearbox*

Untuk menghitung torsi pada motor listrik 3 pisa dapat menggunakan rumus persamaan :

$$P = \frac{T \times 2\pi \times N}{60}$$

Dimana : P = Daya Motor

T = Torsi Motor

N = Putaran Motor

Untuk menghitung kecepatan sinkron motor dapat menggunakan rumus persamaan :

$$ns = \frac{120 \times f}{\text{jumlah pole}}$$

Dimana : ns = Kecepatan sinkron motor

f = frekuensi

Untuk menghitung slip motor dapat menggunakan persamaan :

$$\% slip = \frac{ns - n}{ns} \times 100$$

Dimana : n = Kecepatan motor

ns = Kecepatan sinkron motor

Untuk menghitung beban maksimum yang akan digerakan motor depan dapat menggunakan rumus persamaan :

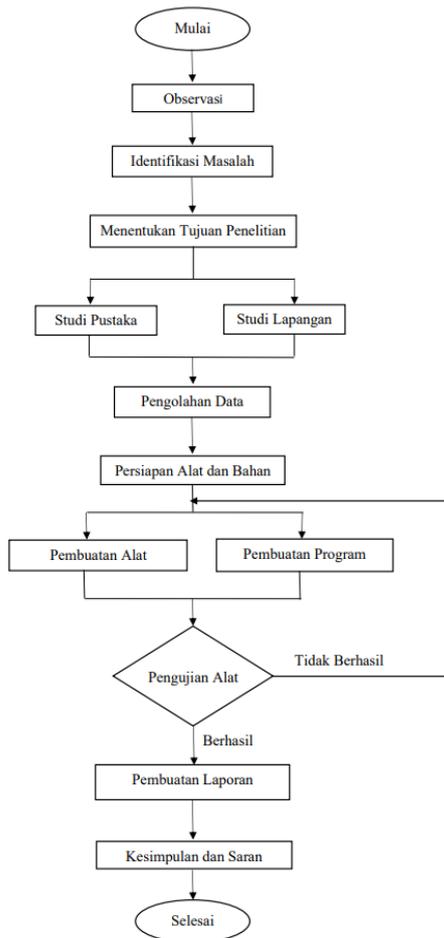
$$W = (W_{roller\ atas}) + (W_{roller\ bawah}) + (W_{sproket}) + (W_{rantai})$$

Dimana : W = Berat (Newton)

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alur Penelitian

Proses pembuatan dan perancangan suatu sistem kontrol memiliki proses dan prosedur yang harus diikuti. Alur penelitian digunakan sebagai acuan dari peneliti dalam membuat perancangan sistem kontrol penggerak dengan efektif.



Gambar 8. Alur penelitian  
(Sumber : Hasil kajian penulis, 2023)

**Jadwan Penelitian**

Pada penelitian diperlukan jadwal kegiatan yang dilakukan sebagai pengacu peneliti untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

**Tabel 2. Jadwal Kegiatan Magang**

No.	Kegiatan	Bulan				
		Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	Identifikasi Masalah					
2	Identifikasi Solusi					
3	Studi Pustaka					

4	Pemilihan, pengadaan, dan pembuatan komponen					
5	Pengecekan kesesuaian fungsi komponen					
6	Perancangan program PLC dan perakitan komponen elektrik					
7	Pengambilan data dan pengujian komponen elektrik					
8	Laporan dan panduan					

Pada tabel 1 ditunjukkan kegiatan selama dilaksanakan proses magang dengan tujuan dapat mencapai *target* yang ditentukan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perhitungan beban gulungan *topping sudare* yang akan digerakkan motor listrik 3 *phase* :



Jenis Compound = COMP GM-70  
 Tebal Standar = 1,5 mm ± 0,5 mm = 0,0015 m  
 Lebar Standar = 1100 mm = 1,1 m  
 Panjang Standar = 154 meter  
 Massa Jenis Comp GM-70 = 940 kg/m<sup>3</sup>  
 Massa penggulung = 4 kg  
 Massa as 4x4 130cm = 7 kg  
 Dari Spesifikasi diatas dapat dihitung menggunakan rumus persamaan :  
 Massa = Volume x Massa Jenis

$$\begin{aligned}
 &= (P \times l \times t) \times \text{Massa Jenis} \\
 &= (154 \times 1,1 \times 0,0015) \times 940 \\
 &= (0,2341) \times 940 \\
 &= 238,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Massa Total = Massa Punggulung + Massa as + Massa bahan

$$\begin{aligned}
 &= 4 \text{ kg} + 7 \text{ kg} + 238,9 \text{ kg} \\
 &= 249,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi, massa total yang digerakkan motor sebesar 249,9 kg

Perhitungan Kebutuhan Motor

Massa maksimal gulungan *sudare* apabila pada posisi penuh yaitu 249,9 kg. Motor yang dapat digunakan untuk memutar gulungan *Sudare* dapat ditentukan dengan:

Diketahui: 1 HP = 746 w = 746 Nm/s

1 Nm = 0,7375621 lbs

1 HP = 746 x 0,7375621 = 550 lbs (250kg)

Jadi, motor listrik yang dapat menggerakkan gulungan *sudare* harus memiliki kekuatan minimal 1 HP.

### Menghitung Beban yang digerakkan Motor

Untuk menghitung seberapa besar beban yang akan digerakkan motor kita dapat menghitungnya dengan menggunakan persamaan :

$$W = m \times g$$

Dimana, W = Beban (N)

m = massa benda (kg)

g = gravitasi

$$W = m \times g$$

$$W = 249,9 \times 9,8$$

$$W = 2450 \text{ N}$$

Dalam perhitungan beban yang akan digerakkan motor didapatkan beban sebesar 2450 N. Berdasarkan *stock* motor yang tersedia di *workshop* kita mendapatkan motor 3 *phase* YUEMA SA100LA-4 dengan rasio gearbox 1:30 dan memiliki daya keluaran sebesar 3HP, 2,2 KW, *frekuensi* 50 Hz, kecepatan putaran 1430 rpm dan rasio gear box 1:30. Perhitungan rpm motor dengan rasio gearbox menggunakan rumus persamaan :

$$N_1 = N_2 \times i$$

$$N_2 = \frac{1430}{30}$$

$$N_2 = 47,66 \text{ rpm}$$

Jadi, kecepatan  $N_2$  setelah direduksi dengan gearbox adalah 47,66 rpm

Berdasarkan perhitungan sebelumnya maka motor YUEMA SA100LA-4 mampu menggerakkan gulungan *Sudare* dengan mudah meskipun dalam

keadaan penuh.

### Menghitung Torsi Motor Belakang

Untuk menentukan torsi pada motor dapat menghitung dengan persamaan :

$$P = \frac{T \times 2\pi \times N}{60}$$

$$2200 = \frac{T \times 6,28 \times 1430}{60}$$

$$T = \frac{132.000}{8.980,4}$$

$$T = 14,69 \text{ Nm}$$

Berdasarkan perhitungan dengan persamaan diatas menghasilkan torsi sebesar 14,69Nm. Semakin besar torsi motor maka semakin kecil putaran motornya.

### Menghitung Daya Motor untuk menggerakkan Gulungan *Sudare*

Setelah mengetahui besar beban dan Torsi, dapat kita temukan Daya Motor untuk menghitung daya motor listrik 3 *phase* yang akan digunakan maka kita dapat menggunakan persamaan :

$$P = \frac{2\pi \times N \times T}{60}$$

Dimana, P = Daya Motor (Kw)

N = Kecepatan putaran motor

T = Torsi Motor (Nm)

$$P = \frac{2\pi \times N \times T}{60}$$

$$P = \frac{2\pi \times 1430 \times 14,69}{60}$$

$$P = \frac{131.922,076}{60}$$

$$P = 2.198,7 \text{ Watt} = 2,19 \text{ kW}$$

Jadi, setelah dihitung menggunakan persamaan diatas daya yang bekerja pada motor yang digunakan adalah sebesar 2,19 kW.

### Kecepatan Sinkron Motor

Dalam setiap motor Induksi terdapat putaran sinkron motor, dimana kecepatan putaran sinkron motor Induksi merupakan kecepatan putaran motor sebelum dipengaruhi oleh hambatan-hambatan yang terjadi pada motor itu sendiri, untuk mengetahui seberapa besar kecepatan sinkron motor Induksi kita dapat menghitung menggunakan persamaan :

$$\text{Jumlah Phole} = 4$$

$$ns = \frac{120 \times f}{\text{jumlah phole}}$$

Dimana, ns = Kecepatan Sinkron Motor

f = frekuensi

$$ns = \frac{120 \times f}{\text{jumlah phole}}$$

$$n_s = \frac{120 \times 50}{4}$$

$$= 1500 \text{ rpm}$$

Motor Induksi memiliki rpm sinkron sebesar 1500 rpm dan putaran poros akan dibawah dari putaran sinkron dikarenakan adanya hambatan-hambatan yang terjadi pada motor induksi.

### Menghitung Slip motor

Untuk menghitung seberapa besar slip yang terjadi pada motor dapat menggunakan rumus persamaan berikut. Rumus perhitungan slip motor, diketahui kecepatan motor sebesar 1430 rpm.

$$\% \text{ Slip} = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100$$

Dimana:  $n$  = Kecepatan motor

$n_s$  = Kecepatan sinkron motor

$$\% \text{ Slip} = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100$$

$$\% \text{ slip} = \frac{1500 - 1430}{1500} \times 100$$

$$\% \text{ slip} = 4,6 \%$$

Jadi, berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan diatas, presentase slip pada motor Induksi YUEMA SA100LA-4 sebesar 4,6%.

### Perhitungan Massa yang digerakkan Motor depan

Sebelum menentukan besar kebutuhan motor yang diperlukan, langkah awal yang harus diketahui adalah massa benda yang akan digerakkan oleh motor. Untuk menentukan beban yang digerakkan oleh motor berdasarkan berat maksimum yang ditopang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$W = (W_{roller \text{ atas}}) + (W_{roller \text{ bawah}}) + (W_{sproket}) + (W_{rantai})$$

$$W = 147 \text{ N} + 147 \text{ N} + 49 \text{ N} + 6,86 \text{ N}$$

$$W = 349,86 \text{ N}$$

Dari perhitungan diatas, maka beban yang harus digerakkan oleh motor listrik yaitu 349,86 N. Nilai yang telah didapat digunakan untuk menghitung torsi untuk menahan beban yang diterima. Berdasarkan *stock* motor yang tersedia di *workshop* kita mendapatkan motor 3 *phase* LENZE dengan rasio gearbox 1:10 dan memiliki daya keluaran sebesar 0.5 HP, 0,37 KW, *frekuensi* 50 Hz, kecepatan putaran 1370 rpm dan rasio gear box 1:10. Perhitungan rpm motor dengan rasio gearbox;

$$N_1 = N_2 \times 1$$

$$N_2 = \frac{1370}{10}$$

$$N_2 = 137 \text{ rpm}$$

Jadi,  $N_2$  setelah direduksi dengan gearbox memiliki

kecepatan putar 137 rpm.

### Perhitungan Torsi Motor Depan

Untuk menghitung seberapa besar torsi pada motor listrik 3 *phase* yang digunakan, dapat menggunakan persamaan :

$$P = \frac{T \times 2\pi \times N}{60}$$

$$370 = \frac{T \times 6,28 \times 1370}{60}$$

$$T = \frac{22.200}{8.603,6}$$

$$T = 2,58 \text{ Nm}$$

Setelah dihitung menggunakan rumus persamaan diatas, torsi yang bekerja pada motor depan adalah sebesar 2,58 Nm

### Menghitung Daya Motor untuk menggerakkan Gulungan Sudare

Setelah mengetahui besar beban dan Torsi, dapat kita temukan Daya Motor untuk menghitung daya motor listrik 3 *phase* yang akan digunakan maka kita dapat menggunakan persamaan :

$$P = \frac{2\pi \times N \times T}{60}$$

Dimana,  $P$  = Daya Motor (Kw)

$N$  = Kecepatan putaran motor

$T$  = Torsi Motor (Nm)

$$P = \frac{2\pi \times N \times T}{60}$$

$$P = \frac{2\pi \times 1370 \times 2,58}{60}$$

$$P = \frac{22.197,288}{60}$$

$$P = 369,95 \text{ Watt} = 0,369 \text{ kW}$$

Jadi, daya yang bekerja pada motor listrik 3 *phase* yang digunakan adalah sebesar 0,369 kW.

### Pneumatik

Pneumatik digunakan untuk menggerakkan penutup cutter arah vertikal yang bertujuan untuk menghindari adanya kecelakaan kerja seperti tangan atau jari yang masuk pada saat proses pemotongan. Diketahui berat penutup cutter tersebut sebesar 5 kg dan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Diame- ter Piston ( mm )	Tekanan Kerja ( bar )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Gaya Piston ( kgf )									
6	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
25	4	9	13	17	21	24	30	34	38	42
35	8	17	26	35	43	52	61	70	78	86
40	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120
50	17	35	53	71	88	106	124	142	159	176
70	34	69	104	139	173	208	243	278	312	346
100	70	141	212	283	353	424	495	566	636	706
140	138	277	416	555	693	832	971	1110	1248	1386
200	283	566	850	1133	1416	1700	1983	2266	2550	2832
250	433	866	1300	1733	2166	2600	3033	3466	3800	4332

Gambar 9. Tekanan silinder pneumatik  
( Sumber: M Harahap, 2021)

Tekanan kerja yang digunakan untuk pneumatik mengangkat massa sebesar 5 kg dapat diketahui melalui tabel diatas, untuk mengangkat massa sebesar 5 kg diperlukan menggunakan Tekanan sebesar 5 bar dan diameter piston minimal yang mampu untuk bekerja sebesar 12 mm.

### Menghitung Massa Tekan

Dalam menghitung besar silinder pneumatik yang dibutuhkan maka langkah pertama ditentukan terlebih dahulu massa yang akan diterima oleh silinder dengan persamaan :

$$F = m \cdot g$$

Dimana,  $m$  = massa

$g$  = Percepatan Gravitasi

$$F = m \cdot g$$

$$F = 5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 49,05 \text{ N}$$

Jadi massa total yang bekerja pada pneumatik sebesar 49,04 N

### Perhitungan Gesekan Silinder

Untuk menghitung berapa besar gesekan yang terjadi pada motor dapat menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} R &= \pm 5\% \times F \\ &= 5\% \times 49,05 \text{ N} \\ &= 2,45 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari perhitungan menggunakan persamaan diatas maka didapatkan gaya gesekan sebesar 2,45 N

### Menghitung diameter Silinder

Untuk menghitung diameter silinder minimum yang dapat digunakan, menggunakan persamaan :

$$F = \left( \frac{\pi}{4} + D^2 \right) \times P - R$$

Dimana;  $F$  = Gaya = 49,05 N

$R$  = Gesekan =  $\pm 5\% \times F$

$$= 5\% \times 49,05 \text{ N}$$

$$= 2,45 \text{ N}$$

$P$  = Tekanan kerja = 5 bar

$$= 500.000 \text{ N/m}^2$$

$$F = \left( \frac{\pi}{4} + D^2 \right) \times P - R$$

$$49,05 \text{ N} = \left( \frac{3,14}{4} + D^2 \right) \times 500.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} - 2,45 \text{ N}$$

$$49,05 \text{ N} = 0,785 D^2 \times 500.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} - 2,45 \text{ N}$$

$$49,05 \text{ N} + 2,45 \text{ N} = 392.500$$

$$D^2 = \frac{51,5 \text{ N}}{392.500}$$

$$D = \sqrt{0,0001312}$$

$$D = 0,011 \text{ m}$$

$$D = 11 \text{ mm}$$

Jadi, diameter silinder minimum yang dapat digunakan sebesar 11 mm.

Berdasarkan perhitungan dari diameter silinder dihasilkan besarnya yaitu 11 mm, dengan adanya silinder dari peralatan yang dipakai, berdasarkan stock silinder pneumatik yang ada di gudang *sparepart* kami menggunakan silinder pneumatik dengan diameter silinder sebesar 25 mm SMC CDM2B 25-50.

### Perhitungan luas Penampang

Untuk menghitung luas penampang tanpa batang torak silinder dapat menggunakan persamaan :

$$A^1 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A^1 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 \text{ mm}$$

$$A^1 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 625 \text{ mm}$$

$$A^1 = 490,625 \text{ mm}^2$$

$$A^1 = 0,00049 \text{ m}^2$$

Hasil dari perhitungan diatas maka menghasilkan nilai luas penampang sebesar 490,625 mm<sup>2</sup> atau 0,00049 m<sup>2</sup>

Setelah luas penampang tanpa batang torak sudah diketahui kita dapat menghitung atau mencari gaya maju silinder. Perhitungan gaya maju silinder dapat menggunakan persamaan :

$$F_{\text{maju}} = A1 \times P$$

$$F_{\text{maju}} = 0,00049 \times 500.000$$

$$F_{\text{maju}} = 245 \text{ N}$$

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan diatas, gaya maju silinder yang dihasilkan yaitu sebesar 245 N. Berdasarkan hasil perhitungan dengan tekanan 5 bar dan diameter silinder 25mm maka gaya efektif pada alat bantu pemasangan bladder yang digunakan pada saat silinder maju adalah sebesar 245 N.

### Perhitungan Diameter Rod Piston

Untuk menghitung besar diameter rod piston dapat

dicari dengan menggunakan persamaan :

$$d^2 = (F + R) / (p \times 7,86)$$

$$d^2 = (49,05 + 2,45) / (500000 \times 7,86)$$

$$d^2 = (51,5) / (3930000)$$

$$d^2 = 0,00013104 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{0,00013104}$$

$$d = 0,0114 \text{ m}$$

$$d = 11,44 \text{ mm}$$

Hasil dari perhitungan diameter rod piston diatas menghasilkan angka sebesar 0,0114 m atau 11,44 mm.

### Perhitungan Gaya Efektif Piston Mundur

Berdasarkan penggunaan silinder pneumatik dengan diameter 25 mm maka dapat menentukan gaya mundur silinder dengan menggunakan persamaan :

$$F_{mundur} = A_2 \times P$$

Sebelum mencari gaya efektif piston mundur kita harus mencari besar luas penampang terlebih dahulu. Perhitungan luas penampang dengan batang torak dapat dapat dihitung dengan persamaan:

$$A_2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2 - d^2)$$

$$A_2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (25^2 - 11,44^2)$$

$$A_2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (625 - 130,9)$$

$$A_2 = 387,9 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 0,0003879 \text{ m}^2$$

Setelah luas penampang dengan batang torak sudah diketahui kita dapat menghitung atau mencari gaya maju silinder. Perhitungan gaya mundur silinder dapat menggunakan rumus persamaan :

$$F_{mundur} = A_2 \times P$$

$$F_{mundur} = 0,0003879 \times 500.000 \text{ N} / \text{m}^2$$

$$F_{mundur} = 193,95 \text{ N}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan tekanan 5 bar dan diameter silinder 25 mm, maka gaya efektif piston pada saat mundur yaitu sebesar 193,95 N.

### KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini dapat diambil dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa analisa perhitungan penggerak motor listrik 3 phase dan silinder pneumatik sebagai sistem penggerak mesin *cutting topping sudare* yang semula menggunakan sistem manual diubah dengan menggunakan motor listrik 3 phase YUEMA SA100LA-4 dan silinder pneumatik SMC CDM2B 25-50 hasil perhitungan kekuatan penggeraknya dapat bekerja dengan baik dan kuat untuk sebagai penggerak pada mesin *cutting topping sudare*.. Sehingga permasalahan *cycle time* yang melebihi *takt time* dapat dihilangkan dengan

nilai *cycle time* 19 menit 46 detik dan nilai *takt time* 27 menit 30 detik pada mesin *cutting topping sudare* menggunakan penggerak motor listrik 3 phase dan silinder pneumatik.

### DAFTAR PUSTAKA

P. Elmiawan, D. Dharmanto, A. S.W, M. F. M, and A. R, "Akurasi Mesin Cnc Router Low Budget Berbasis Mach 3," *Rotor*, vol. 15, no. 2, p. 70, 2022, doi: 10.19184/rotor.v15i2.34645.

Lisnawati, "Analisis Perhitungan Poros, Pulley dan V-belt pada Sepeda Motor Honda Vario 125CC 2018," *J. Ilm. Pendidik.*, vol. 8, no. 3, pp. 178–183, 2022, doi: 10.5281/zenodo.6604957.

M. Munadi, A. Syukri, J. D. Setiawan, and M. Ariyanto, "Rancang-bangun prototipe mesin CNC laser engraving dua sumbu menggunakan diode laser," *J. Tek. Mesin Indonesia.*, vol. 13, no. 1, pp. 32–37, 2018, doi: 10.36289/jtmi.v13i1.88.

Sumbodo, W., Setiadi, R., & Poedjiono, S. (2017). *Pneumatik dan Hidrolik*. Deepublish.(perhitungan pneumatik)

Parsa, I., Bagia, N., & Made, I. (2018). *Motor-Motor Listrik. Kupang: Rasibook*.

Kabib, M., & Hudaya, A. Z. (2021). *Desain Dan Analisa Simulasi Mesin Pneumatic Conveying Untuk Memindahkan Biji Jagung. Jurnal Crankshaft*, 4(1), 49-56.

Guswara, D. M. (2020). *ANALISA KEMAMPUAN SILINDER PNEUMATIK DOUBLE ACTING UNTUK MENGGANGKAT BEBAN PADA ALAT LENGAN ROBOT BERBASIS PLC* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional).

Evalina, N., Azis, A., & Zulfikar, Z. (2018). *Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller. JET (Journal of Electrical Technology)*, 3(2), 73-80.

Sirait, E. J., Pi, S. T., Saptono, M. P., Kom, S., Sarwom, S. Y., ST, F. D., ... & Md, A. *Analisis Jumlah Tegangan (V) dan Arus (I) Untuk Mengindikasikan Kerusakan Pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic (Studi Kasus: Laboratorium Simulator Elektrik)*.