

CALCULATION OF POWER REQUIREMENTS TO DRIVE THE BELT WINDER PROTOTYPE PRINTED BY A 3D PRINTER

Danang Murdiyanto¹, Bernardus Crisanto Putra Mbulu², Iga Yuswantoro³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin-Fakultas Teknik-Universitas Widya Karya-Malang-Jawa Timur

Email: danang_t.mesin@widyakarya.ac.id, chris_bernardo666@widyakarya.ac.id, igayuswantoro@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima:
11 November 2023

Naskah Disetujui:
18 Desember 2023

Naskah Diterbitkan:
30 Desember 2023

ABSTRACT

The industrial world in the field of medium and large scale construction and maintenance from both various industrial sectors needs to improve procedures with technology that is efficient, safe, can reduce costs, and can minimize process time. Based on the experience of researchers in the agricultural machinery industry when installing and replacing belts on conveyors is done manually, namely by moving the belt using a forklift and according to researchers it is less efficient. The design of this prototype belt winder is to present the actual performance mechanism of the belt winder machine. The method used is to calculate the prototype design, design using 3d software, then the model is printed using a 3d printer. The last process carried out by researchers is assembling each component, then conducting trials and observing the performance mechanism of the prototype belt winder. The results obtained are able to roll a 1030 mm long belt with the required motor power of 5.31 Watt.

Keywords: *Belt winder prototype, Motor Power, 3D Printer*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi pada era saat ini sangatlah pesat, khususnya di dunia industri. Berbagai sektor industri dituntut perlu meningkatkan prosedur dengan teknologi yang efisien, aman, dapat mengurangi biaya, dan meminimalkan waktu proses.

Belt conveyor merupakan elemen penting dalam semua transportasi material baik di pertambangan, konstruksi, agribisnis, dan industri pada umumnya. Mesin ini banyak digunakan karena memiliki kapasitas angkut yang besar, mampu memindahkan material dengan jarak yang jauh [1].

Belt winder portable merupakan sebuah alat penggulung *belt* yang digunakan sebagai alat pemindah *dram belt* (tempat gulungan *belt*) dari *laydown belt* menuju *conveyor belt* yang perlu diganti. *Dram belt* diangkat oleh hidrolik, dan diangkat langsung oleh trailer atau truk, sedangkan *belt* digerakan oleh rangkaian unit penggerak seperti *sprocket*, *gearbox*, dan *electric motor* [2].

Permasalahan dari *belt* seperti pada industri manufaktur mesin pertanian yang dilakukan pengamatan, ditemukan proses instalasi dan penggantian *belt* pada *conveyor* dilakukan dengan cara manual yaitu dengan memindahkan *belt* menggunakan forklift. Hal ini kurang efisien, oleh sebab itu pada latar belakang

penelitian ini dilakukan perancangan *prototype belt winder*, yang mana diharapkan dapat mempresentasikan mekanisme kinerja mesin *belt winder* yang sesungguhnya.

Rancang bangun adalah penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam suatu kesatuan yang utuh dan berfungsi [3].

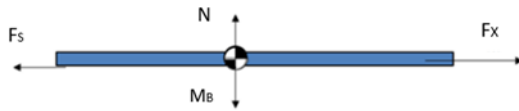
Prototype merupakan suatu metode dalam pengembangan sistem yang menggunakan pendekatan untuk membuat sesuatu program dengan cepat dan bertahap sehingga segera dapat dievaluasi. *Prototype* akan mempresentasikan struktur, mekanisme, dan operasi sistem [4].

3D Printing yaitu merupakan proses membuat objek tiga dimensi atau bentuk yang fleksibel dari model digital. Cara kerja mesin ini yaitu membuat objek dari sejumlah *layer* atau lapisan yang masing-masing dicetak di atas setiap lapisan lainnya. Printer 3 dimensi pertama yang bekerja dengan baik dibuat oleh Chuck Hull dari 3D System Corp, pada tahun 1984 *3D printing* terus berkembang dan digunakan dalam purwarupa (model) maupun industri secara luas [5].

Perhitungan dalam penelitian ini menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mencari gaya gesek pada *belt* yang akan digulung

Gaya gesek merupakan gaya yang berarah melawan gerak benda atau arah kecenderungan benda akan bergerak, sedangkan gaya gesek adalah gaya yang ditimbulkan akibat permukaan benda yang saling bergesekan [6]:



Gambar 1. Gaya Yang Bekerja Pada Belt

Perhitungan mengacu pada persamaan Sularso (1978:166-170) sebagai berikut [6]:

$$F_X = \mu_S \cdot N \quad (1)$$

dimana:

F_X = Gaya yang bekerja (N)

μ_S = Koefisien gesek statik

N = Gaya normal (N)

2. Perhitungan sistem transmisi [8]

a. Perhitungan transmisi *pulley* sebagai berikut:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2} \quad (2)$$

dimana:

i = Perbandingan *pulley*

n_1 = Putaran *pulley* kecil (rpm)

n_2 = Putaran *pulley* besar/poros *spooler* (rpm)

d_1 = Diameter *pulley* kecil (mm)

d_2 = Diameter *pulley* besar (mm)

b. Kecepatan linier *belt* dapat diketahui menggunakan persamaan berikut:

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \quad (3)$$

dimana:

d_1 = Diameter *pulley* kecil (mm)

n_1 = Putaran *pulley* kecil (rpm)

c. Panjang *timing belt* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$L = 2 \cdot C + \frac{\pi}{2} (d_1 + d_2) + \frac{1}{4 \cdot C} (d_2 - d_1)^2 \quad (4)$$

dimana:

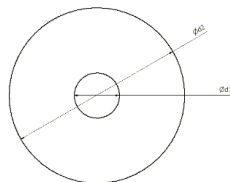
L = Panjang *timing belt* (mm)

C = Jarak sumbu poros (mm)

d_1 = Diameter *pulley* kecil (mm)

d_2 = Diameter *pulley* besar (mm)

3. Perhitungan kinerja *prototype*



Gambar 2. Diameter Gulungan Belt

Perhitungan torsi menggunakan persamaan berikut:

$$a. T_{awal} = F_X \cdot D_1 \quad (5)$$

$$b. T_{max} = F_X \cdot D_2 \quad (6)$$

Di mana:

T_{awal} = Torsi awal (N.mm)

T_{max} = Torsi maksimum (N.mm)

F_X = Gaya yang bekerja (N)

D_1 = Diameter awal gulungan *belt* (mm)

D_2 = Diameter gulungan *belt* penuh (mm)

c. Perhitungan kecepatan sudut sebagai berikut:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_2}{60} \quad (7)$$

dimana:

ω = Kecepatan sudut (rad/menit)

n_2 = Putaran poros *spooler* (rpm)

d. Perhitungan daya penggulungan sebagai berikut:

$$P_p = T_{max} \cdot n_2 \quad (8)$$

dimana:

P_p = Daya penggulungan (watt)

T_{max} = Torsi maksimum (N.m)

n_2 = Putaran poros *spooler* (rpm)

e. Perhitungan daya motor sebagai berikut:

$$P_M = \frac{P_p}{\eta_m \cdot \eta_{tb}} \quad (9)$$

dimana:

P_M = Daya motor (watt)

P_p = Daya penggulungan (watt)

η_m = Efisiensi motor

η_{tb} = Efisiensi *timing belt*

4. Perhitungan statika struktur adalah sebagai berikut:

a. Mencari beban terdistribusi merata (Q)

$$Q = \frac{(m_b + m_p) \cdot g}{b} \quad (10)$$

dimana:

Q = Beban terdistribusi merata (N/m)

m_b = Massa *belt* (kg)

m_p = Massa pembatas *Belt* = 0,074 (kg)

g = Percepatan gravitasi = 9,81 (m/s²)

b = Jarak beban terdistribusi merata (m)

b. Mencari beban terpusat (F_Q)

$$F_Q = Q \cdot b \quad (11)$$

dimana:

F_Q = Beban terpusat (N)

Q = Beban terdistribusi merata (N/m)

b = Jarak beban terdistribusi merata (m)

c. Mencari gaya poros penggerak (F)

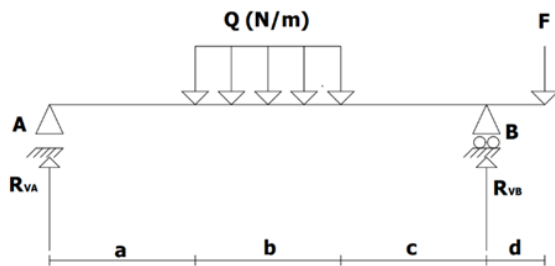
$$F = m_p \cdot g \quad (12)$$

dimana:

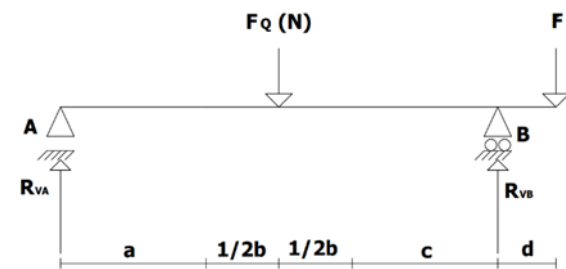
F = Gaya (N)

m_p = Massa *pulley* besar (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)



Gambar 3. Beban Terdistribusi Merata Pada Belt



Gambar 4. Beban Terpusat Pada Belt

d. Mencari nilai gaya reaksi pada titik B (R_{VB})

$$R_{VB} = \frac{(F_Q \cdot (a + \frac{1}{2}b)) + (F \cdot (a + b + c + d))}{(a + b + c)} \quad (13)$$

e. Mencari gaya reaksi pada titik A (R_{VA})

$$R_{VA} = \frac{(F_Q \cdot (\frac{1}{2}b + c)) - (F \cdot d)}{(a + b + c)} \quad (14)$$

f. Membuktikan keseimbangan hukum newton III

$$F_Q + F = R_{VA} + R_{VB} \quad (15)$$

dimana:

F_Q = Beban terpusat (N)

F = Beban poros penggerak (N)

R_{VA} = Gaya reaksi titik A (N)

R_{VB} = Gaya reaksi titik B (N)

a, b, c = Jarak beban terdistribusi merata = 10 cm = 0,1 (m)

a = Jarak beban terdistribusi merata = 3,5 cm = 0,035 (m)

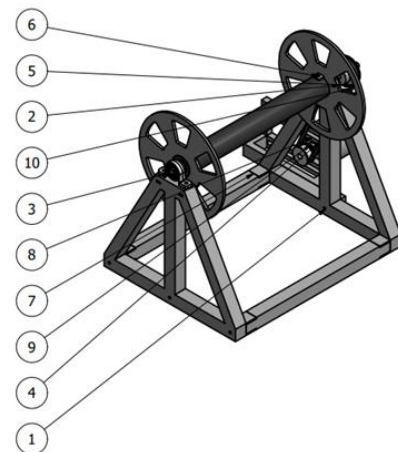
METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian

Penelitian diawali melalui perhitungan-perhitungan dari setiap komponen yang akan digunakan untuk pembuatan *prototype belt winder*, baik rasio, beban, gaya hingga daya motor yang dibutuhkan. Hal yang perlu diperhatikan dari mesin/*prototype* ini adalah pada poros *spoolernya*, di mana poros *spooler* dipengaruhi oleh massa *belt*, ukuran *pulley*, dan

putaran dari sistem penggerak. Jika massa *belt* berat maka daya motor yang dibutuhkan akan besar begitu pula sebaliknya, sehingga penentuan daya yang sesuai akan menghasilkan unjuk kerja yang baik.

Metode yang digunakan pada penelitian yaitu menggunakan metode kuantitatif dan eksperimental melalui perancangan *prototype*. Metode ini nantinya diharapkan dapat mempresentasikan mekanisme kinerja mesin *belt winder* yang sesungguhnya. Di bawah ini adalah rancangan *prototype belt winder* yang akan dibuat.



Gambar 5. Komponen *Prototype belt winder*

Keterangan gambar 5:

1. Rangka *samping*
2. *Pillow block*
3. Poros *spool*
4. Motor
5. *Timing pulley* besar
6. Pembatas *belt*
7. Rangka bawah
8. Dudukan motor
9. *Timing pulley* kecil
10. *Timing belt*

Skema Penelitian



Gambar 6. Skema Penelitian

Pada Gambar 6 di atas *prototype belt winder* dirancang menggunakan aplikasi *software 3D Autodesk Inventor Professional*, di mana dimensi *prototype* diatur sesuai data yang telah didapatkan dari hasil perhitungan (1). *Part* atau model yang sudah dibuat, selanjutnya dilakukan proses *slicing* menggunakan *software ultimaker cura* (2). Hasil *slicing* kemudian dicetak menggunakan mesin 3D *Printer Anet ET-5 Pro* (3). Langkah selanjutnya hasil cetak diteruskan pada tahap perakitan dan pengamatan data hasil perhitungan, terhadap unjuk kerja mesin *prototype* yang telah dibuat (4).

Variabel Penelitian

Penentuan variabel penelitian ini, terbagi atas:

- Variabel Bebas: daya motor yang dibutuhkan;
- Variabel Terikat: perhitungan statika struktur;
- Variabel Terkontrol: kecepatan penggulangan *belt*.

Alat

Berikut alat yang digunakan:

1. Jangka sorong
2. Obeng
3. Tang potong
4. Scrap
5. *Software* Autodesk Inventor
6. *Software* Ultimaker Cura
7. 3D *Printer* Anet ET-5 Pro
8. Timbangan

Bahan

Berikut bahan yang digunakan:

1. *Filament* PLA+
2. *Roller*
3. *Pillow block*
4. Mur dan baut
5. *Timing belt*
6. *Timing pulley*
7. *Motor Synchronous*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Perhitungan daya motor yang dibutuhkan untuk menggerakkan *prototype belt winder*, mengacu pada persamaan (1) hingga persamaan (15). Adapun data pendukung tersaji pada Tabel di bawah ini:

Tabel 1. Data Belt

No	Spesifikasi	Keterangan	Notasi
1	Berat	670 g	$N = m_b$
2	Panjang	1030 mm	
3	Lebar	100 mm	
4	Tebal	1 mm	
5	Diameter awal <i>belt</i> = diameter poros <i>spooler</i>	32,25 mm	D_1
6	Diameter gulungan <i>belt</i> penuh	125 mm	D_2

Tabel 2. Data Pulley

No	Spesifikasi	Keterangan	Notasi
1	Berat <i>pulley</i> besar	58 g	m_p
2	Berat <i>pulley</i> kecil	22 g	
3	Diameter <i>pulley</i> besar	37,2 mm	d_2
4	Diameter <i>pulley</i> kecil	24,5mm	d_1
5	Jarak sumbu poros	200 mm	C

Tabel 3. Data Motor Synchronous

No	Spesifikasi	Keterangan	Notasi
1	Type	60 KTYZ	
2	Voltase	220V / AC	
3	Daya	14 Watt	
4	Putaran	15 Rpm	n_1
5	Torsi	100 N.cm	
6	Diameter poros	7 mm	
7	Efisiensi	95%	η_m

Tabel 4. Koefisien Gesek [7]

Surface	Peak Value μ_p	Sliding Value μ_s
Asphalt and concrete (dry)	0.8 – 0.9	0.75
Asphalt (wet)	0.5 – 0.7	0.45 – 0.6
Concrete (wet)	0.8	0.7
Gravel	0.6	0.55
Earth road (dry)	0.68	0.65
Earth road (wet)	0.55	0.4 – 0.5
Snow (hard-packed)	0.2	0.15
Ice	0.1	0.07

Tabel 5. Efisiensi Belt Drive (Sumber)

Machine	Typical Efficiency
V-belt drives	95%
Timing belt drives	98%
Poly-V or ribbed belt drives	97%
Flat belt drives, leather or rubber	98%
Nylon core	98% to 99%
Variable speed, spring loaded, wide range	80% to 90%
V-belt drives	75% to 90%
Compound drive	
Cam-reaction drive	95%
Helical gear reducer	
Single-stage	98%
Two-stage	96%
Worm gear reducer	
10:1 ratio	86%
25:1 ratio	82%
60:1 ratio	66%
Roller chain	98%
Leadscrew, 60 deg helix angel	65% to 85%
Flexible coupling, shear-type	99%+

Hasil perhitungan didapatkan nilai:

- Gaya gesek *belt* $F_x = 3,9423 \text{ N}$
- Putaran *timing pulley* $n_2 = 9,88 \text{ rpm}$
- Kecepatan linier *timing belt* $v = 0,0193 \text{ m/s}$
- Panjang *Timing belt* $L = 498 \text{ mm}$
Mencari spesifikasi yang ada di pasaran yaitu ukuran 500 mm
- Nilai torsi pada *spooler*:
 $T_{awal} = 0,128 \text{ N.m}$
 $T_{max} = 0,5 \text{ N.m}$
- Kecepatan sudut $\omega = 1,035 \text{ rad/menit}$
- Daya penggulangan $P_p = 4,94 \text{ watt}$
- Daya motor $P_M = 5,31 \text{ watt}$
Daya motor yang digunakan lebih besar dari daya yang dibutuhkan untuk proses penggulangan. Sehingga motor dengan spesifikasi 14watt dapat digunakan dengan sangat aman.
- Beban terdistribusi merata $Q = 73 \text{ N/m}$
- Beban terpusat $F_Q = 7,3 \text{ N}$
- Gaya poros penggerak $F = 0,57 \text{ N}$
- $R_{VB} = 4,3 \text{ N}$
- $R_{VA} = 3,6 \text{ N}$
- Gaya aksi = gaya reaksi
 $7,9 \text{ N} = 7,9 \text{ N}$

Dari hasil perhitungan membuktikan memenuhi konsep keseimbangan, dan motor yang digunakan dapat memenuhi kebutuhan untuk menggulung *belt*.

Proses selanjutnya dilakukan pencetakan *prototype belt winder* melalui langkah-langkah berikut:

1. Proses desain menggunakan software 3D *Autodesk Inventor Professiona*:
 - a. Pembuatan *sketch* 2d
 - b. Pembuatan Model atau *Part* 3d
 - c. Perakitan (*assembly*)
2. Proses *slicing* menggunakan software *ultimaker cura*:
 - a. Memilih type 3d *printer* yang digunakan
 - b. Memilih jenis *filament* yang digunakan
 - c. Mengimpor model dengan format *stl*
 - d. Mengatur posisi model
 - e. Mengatur *draft printing*
 - f. Klik *Slice*
 - g. Klik *preview* untuk melihat hasil *slicing*
 - h. Simpan ke USB *drive* dengan format *G-code*
3. *Printing* menggunakan ANET ET-5 Pro:
 - a. Memasukkan *micro SD*
 - b. Menyalakan *power* 3d *printer*
 - c. Menekan tombol *Prepare*
 - d. Memilih menu *Pre-Heat*, menekan logo *filament* dan *bed* untuk memulai

pemanasan, kemudian menunggu sampai temperatur yang sesuai tercapai.

- e. Keluar dari menu *prepare*, kemudian menekan menu *setting*
- f. Menekan logo *home* untuk me-reset posisi *extruder*
- g. Keluar dari menu *setting*, kemudian menekan menu *print*
- h. Memilih *file* yang akan di *print*, kemudian klik tombol OK
- i. Jika *printing* sudah selesai model akan dilepas menggunakan alat *scrap*

Proses perakitan dan pengamatan hasil jadi mesin *prototype belt winder*, dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 7. Proses Perakitan



Gambar 8. Hasil Jadi *Prototype Belt Winder*

Pembahasan

Pembahasan difokuskan pada unjuk kerja mesin *prototype belt winder* yang sudah dibuat, di mana mesin dapat bekerja untuk menggulung *belt* sepanjang 1030 mm dengan baik. Faktor pendukung keberhasilan tersebut adalah karena motor yang digunakan telah memenuhi perhitungan daya yang dibutuhkan. Untuk daya motor yang dibutuhkan dari hasil perhitungan adalah 5,31watt namun motor yang digunakan adalah 14watt, hal ini selain disebabkan karena dipasaran untuk jenis motor *Synchronous* daya yang lebih rendah dari 14watt adalah 6watt juga karena untuk kepentingan modifikasi kedepannya. Berikut adalah gambar proses uji coba *Prototype Belt Winder* menarik *belt*.



Gambar 9. Proses Uji Coba *Prototype Belt Winder*

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan perhitungan dan uji coba yang telah dilakukan oleh penulis, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya yang dibutuhkan untuk menggulung bel sepanjang 1030 mm dan berat 670 gram, adalah sebesar 5,31 watt.
2. Dengan perhitungan yang tepat, maka *prototype* ini dapat digunakan untuk mempresentasikan mekanisme kinerja mesin *belt winder* yang sesungguhnya.

Saran

Perencanaan pada penelitian ini masih perlu diperbaiki dan dilakukan penelitian lanjutan yaitu *Prototype* dibuat dari bahan yang mendekati bahan dengan mesin yang sesungguhnya, sehingga diharapkan pendekatan perhitungan dan mekanismenya sangat mempresentasikan alat dan mekanisme mesin dengan dimensi 1:1.

REFERENSI

- [1] R. Aosoby, T. Rusianto, and J. Waluyo, "Perancangan Belt Conveyor sebagai Pengangkut Batubara dengan Kapasitas 2700 Ton/Jam," *J. Tek. Mesin Inst. Sains Teknol. AKPRIND*, vol. 3, no. 1, pp. 45–51, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/mesin/article/view/217>
- [2] B. B. W. Dianto, "Perancangan portable belt conveyor untuk pengangkutan hasil pertanian ke dalam alat angkut dengan kapasitas 15 ton/jam," Universitas Muhammadiyah Malang, 2002.
- [3] A. Arif and Y. Mukti, "Rancang Bangun Website Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 8 Kota Pagar Alam," *J. Ilm. Betrik*, vol. 8, no. 03, pp. 156–165, 2017, doi: 10.36050/betrik.v8i03.76.
- [4] Ika Rusdiana, "HUMAN–COMPUTER INTERACTION (HCI) DAN IMPLIKASINYA TERHADAP PERUBAHAN POLA KOMUNIKASI KELUARGA," *Al-Syakhsiyyah J. Law Fam. Stud.*, vol. 3, no. 1, pp. 51–66, 2021.
- [5] K. S. Putra and U. R. Sari, "Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses Desain Produk Gaya Hidup," *Semin. Nas. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.* 2018, pp. 1–6, 2018.
- [6] I. W. Hardiansyah, "Penerapan Gaya Gesek Pada Kehidupan Manusia," *INKUIRI J. Pendidik. IPA*, vol. 10, no. 1, pp. 70–73, 2021, doi: 10.20961/inkuiri.v10i1.44531.
- [7] RETHFO AUGUSTO RIQUELME CASTILLO, "DISEÑO MECÁNICO Y ESTRUCTURAL DE UN BELT Winder PARA ENROLLADO DE FAJAS DE CAUCHO DE 72/84" DE ANCHO Y 2" DE ESPESOR PARA FAJAS TRANSPORTADORAS DE UN MÁXIMO DE 90 M DE DESARROLLO," UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN AREQUIPA, 2018. [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7514>
- [8] Danang Murdiyanto and Bernardus C.P.B., *The Rolling Process of The Stem of Umbrella Grass to Produce Fiber Through the Reduction Method Using Gearbox*, *SJME KINEMATIKA* Vol. 6 No. 2, 25 Desember 2021, pp 129-142, e-ISSN: 2655-903X.