

Perancangan Modifikasi *Electric Hand truck* dengan *Timing belt* untuk Jalan Bertangga

Jamal M. Afiff^a, Tono Sukarnoto^a, Nico Siebert^a

^a Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No. 1, Grogol, Jakarta Barat, Indonesia, (+62-21) 5663232
e-mail: jamal@trisakti.ac.id

Kata kunci:

hand truck,
timing belt,
Solidworks.

ABSTRAK

Di industri modern saat ini, alat pengangkut material yang paling sering digunakan adalah *hand truck*, karena harganya yang sangat murah, fleksibilitas, dan mudah dioperasikan. Namun terdapat beberapa kekurangan dari *hand truck* yaitu perbedaan ketinggian, salah satu contohnya adalah tangga. Untuk mengatasi masalah ini, *handtruck* dimodifikasi dengan *timing belt* agar dapat menaiki anak tangga. Perancangan dimulai dengan pengumpulan *hand truck* yang ada, diikuti dengan pembuatan beberapa konsep, kemudian pemilihan konsep yang sesuai, dan yang terakhir Analisa dan perhitungan komponen yang digunakan. *Solidworks* digunakan untuk mengilustrasikan *hand truck* dalam bentuk tiga dimensi. Hasil dari perancangan ini didapatkan *hand truck* dengan dimensi (1037 x 455 x 1102) mm dengan sudut kemiringan maksimal 30 derajat, yang mampu mengangkat beban 100 kg dengan kecepatan 0,8 m/s.

Keywords:

hand truck, timing belt,
Solidworks.

ABSTRACT

In today's industrial needs, the most common material handling equipment in daily uses is *hand truck*, because of the price itself is quite cheap, flexible, and easy to operate. However, one of the weaknesses of the *hand truck* is it can't through places that have different heights such as stairs. To overcome this problem, the *hand truck* will be modified using a *timing belt* which make it possible the *hand truck* to pass through stairs. The design modification begins with collecting the main *hand truck* data, followed by making several design concepts, selecting the suitable design modification concept to overcome the staircase problem and finally analyzing and calculating the components used. Design modifications are illustrated in 3D shape using *Solidworks* software. The result of the modified design is an *electric hand truck* with a *timing belt* with dimensions of (1037 x 455 x 1102) mm for stair-climbing with a maximum angle of stair slope equal to 30 degrees which is able to lift a load of 100 kg at a speed of 0.8 m/s.

1. PENDAHULUAN

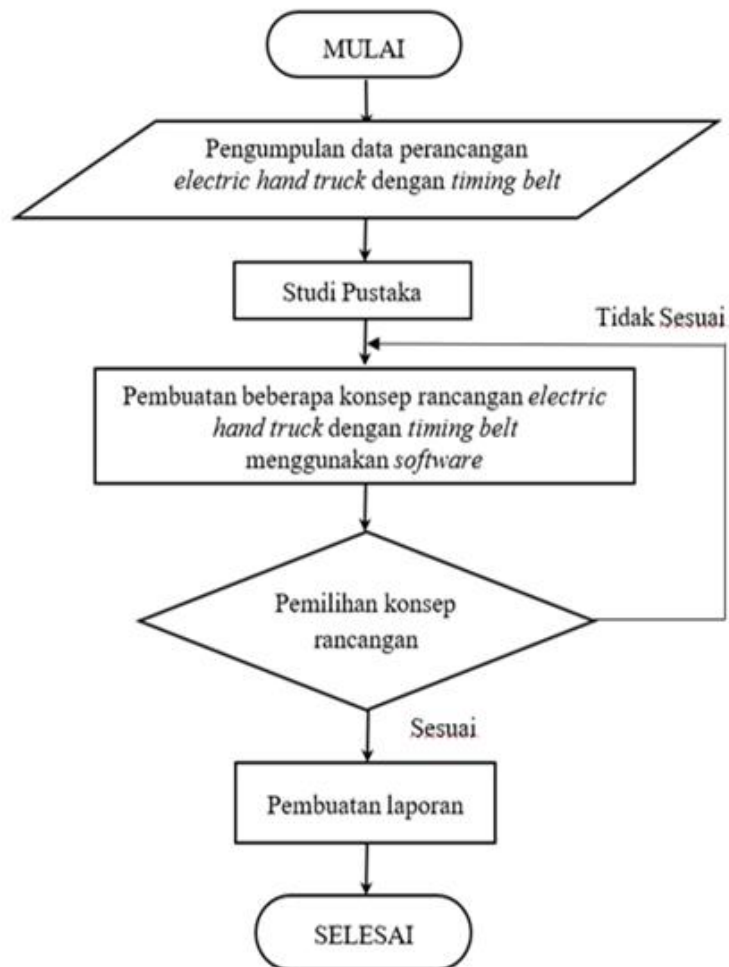
Dalam lingkungan industri saat ini, *hand truck* merupakan alat pemindah bahan yang sering dijumpai dan menjadi pilihan utama karena kepraktisannya [1]–[3]. Keunggulan alat ini terletak pada harga yang ekonomis, fleksibilitas penggunaan, serta kemudahan operasionalnya [4], [5]. Namun, terdapat keterbatasan signifikan pada *hand truck* konvensional, terutama ketika dihadapkan pada tantangan melewati area dengan perbedaan ketinggian, seperti tangga. Ini menjadi titik awal dari kebutuhan untuk mengembangkan sebuah solusi yang lebih adaptif dan efisien [6]–[9].

Studi ini mengusulkan modifikasi pada *electric hand truck* yang tersedia di pasaran, dengan tujuan utama agar alat tersebut mampu mengatasi hambatan seperti tangga. Pendekatan yang diambil melibatkan implementasi *timing belt* sebagai komponen kunci dalam desain modifikasi, memungkinkan *hand truck* untuk menaiki tangga dengan lebih lancar [10], [11]. Untuk mendemonstrasikan desain ini secara efektif, penggunaan *software* *Solidworks* dalam pemodelan 3D menjadi penting [12]–[14]. *Software* ini memungkinkan visualisasi yang akurat mengenai ukuran, bentuk, dan spesifikasi teknis dari prototipe yang dikembangkan, memberikan gambaran nyata tentang bagaimana modifikasi tersebut akan berfungsi dalam praktik [15], [16].

Dalam konteks penelitian ini, modifikasi *electric hand truck* dengan *timing belt* dibatasi pada beberapa parameter khusus. Kapasitas angkat maksimum yang ditargetkan adalah 100 kg, dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan efisiensi operasional. Kemiringan tangga yang dapat diatasi oleh alat ini dibatasi pada maksimum 35 derajat, menyesuaikan dengan kondisi tangga umum yang ditemukan di berbagai lingkungan industri. Selain itu, dimensi palet yang direncanakan adalah 710 x 455 mm, sebuah ukuran yang kompatibel dengan berbagai jenis beban yang umumnya dipindahkan menggunakan *hand truck*."

2. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan diagram alir perancangan modifikasi *electrical hand truck* dengan *timing belt* untuk jalan bertangga.

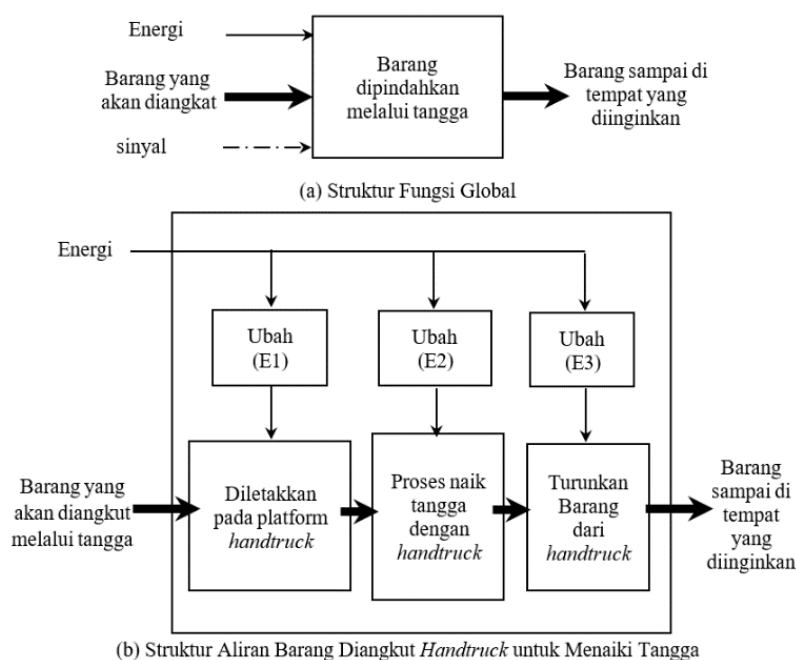


Gambar 1. Diagram Alir Proses Perancangan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Struktur fungsi

Dalam perancangan, diperlukan struktur fungsi yang menggambarkan cara kerja alat secara menyeluruh seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.

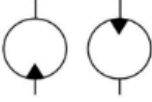


Gambar 2. Diagram Alir Proses Perancangan

3.2 Prinsip solusi

Pada sebuah metode perancangan diperlukan adanya prinsip solusi rancangan untuk memecahkan masalah pada struktur fungsi. Metode prinsip solusi berupa matriks yang mengombinasikan seluruh solusi yang dapat dipilih oleh perancang dalam perancangan alat. Prinsip solusi ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Prinsip Solusi

	1	2	3
A Prinsip solusi penggerak	 Motor Listrik	 Motor Hidrolik dan aktuator	
B Prinsip solusi penerus daya penggerak	 Transmisi Rantai	 Transmisi sabuk	 Transmisi roda gigi
C Prinsip solusi gerak handtruck melalui tangga	 Tri-wheel	 Continuous Track	 Support Wheels/legs

3.3 Pemilihan konsep rancangan

Pemilihan konsep rancangan berdasarkan indikasi dan alasan yang terdapat pada Tabel 2. Dari Tabel 2 terpilih konsep varian V4 yang memberikan hasil positif.

Table 2. Pemilihan Kombinasi

Keputusan									
Varian solusi dengan kriteria solusi (+) Ya (-) Tidak (?) Kekurangan informasi (!) Periksa spesifikasi						Keputusan tanda solusi varian (+) Mengikat solusi (-) Menghilangkan solusi (?) Mengumpulkan informasi (!) Memeriksa spesifikasi			
	Sesuai dengan fungsi keseluruhan								
	Secara prinsip dapat diwujudkan								
	Pengetahuan tentang konsep memadai								
	Sesuai dengan keinginan pembuat								
	Memenuhi syarat keamanan								
	Dalam batasan biaya produksi								
Variasi	A	B	C	D	E	F	Keterangan	Hasil	
V1	+	+	+	-	!	+	Tidak sesuai dengan beban yang dapat dibawa	-	
V2	+	-	+	-	!	+	Tidak sesuai dengan beban yang dapat dibawa dan perbandingan putaran tidak tepat	-	
V3	+	+	+	-	+	-	Harga terlalu mahal dan tidak sesuai dengan beban yang dapat dibawa	-	
V4	+	+	+	+	+	+	Sesuai	+	
V5	+	-	+	-	!	+	Tidak dapat meneruskan putaran dengan perbandingan yang tepat	-	
V6	+	+	+	-	+	-	Harganya mahal dan terlalu sulit untuk direalisasikan	-	
V7	+	+	+	-	+	-	Jarak anatar poros tidak sesuai dan harganya yang mahal	-	

Gambar 3 menunjukkan konsep rancangan yang terpilih sesuai varian V4.



Gambar 3. Konsep Rancangan Terpilih

3.4 Spesifikisasi Awal Rancangan Hand truck

Spesifikasi awal *hand truck* yang dipilih untuk dilakukannya modifikasi agar dapat menaiki tangga yaitu sebagai berikut:

Jenis *hand truck* Prestar 150 kg (PB-102C-P) didapat pada katalog produk:

- Dimensi *platform*, ($p_h \times l_h$) = 710 x 455 mm.
- Diameter roda, (D_r) = 1 m.
- Floor height*, (FH_h) = 146 mm.

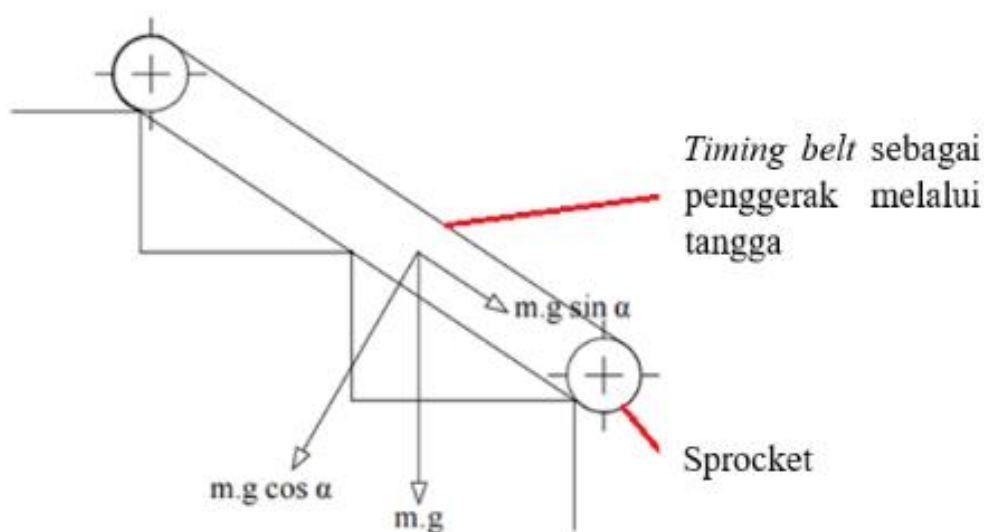
- d) Tinggi *handle*, (TH_h) = 1.005 mm.
- e) Berat bersih, (W_h) = 9 kg ($\approx 88,29$ N).
- f) Beban maks., (W_{max}) = 100 kg (≈ 981 N).
- g) Bahan *hand truck* = *mildsteel*.

Spesifikasi data yang direncanakan:

- a) Kecepatan *belt*, (v) = 0,8 m/s.
- b) Kemiringan tangga, (α) = 30° s/d 35° .
- c) Nosing *pitch* tangga, (NP_{tangga}) = 0,2 cm s/d 1,43 cm, (R 1,5 cm s/d R 3,0 cm).

3.4.1 Daya penggerak Belt.

Pada perancangan ini, dipilih sudut kemiringan tangga, (α) = 30° , koefisien gesek antara lantai dengan *belt*, (μ) = 0,5. Gambar 4 menunjukkan diagram benda bebas *timing belt* ketika bergerak menaiki tangga.



Gambar 4. Diagram Benda Bebas Belt Ketika Menaiki Tangga

Besar gaya, (F) yang dibutuhkan agar *timing belt* dapat menaiki tangga:

$$F = m \times g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \\ = 100 \cdot (9,8) \cdot (0,5 \cos 30^\circ + \sin 30^\circ) = 915,285 \text{ N.} \quad (1)$$

Besar daya, (P) yang diperlukan untuk menggerakkan *timing belt* adalah:

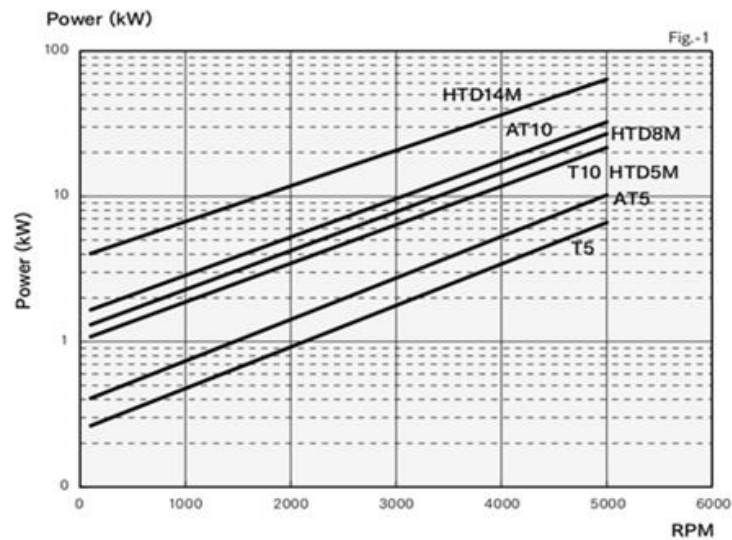
$$P = F \times v \\ = 915,285 \cdot (0,8) = 732,228 \text{ Watt} \approx 0,733 \text{ kW.} \quad (2)$$

3.4.2 Pemilihan Profil Gigi *Timing belt*

Berdasarkan buku katalog desain *conveyor belt* dan besar *pitch diameter* terkecil, $D_{p_{min}} = 18,27$ mm, putaran maksimum, (N_{max}) yang dapat terjadi pada *belt* adalah:

$$N_{max} = \frac{v \times 19100}{D_{p_{min}}} = \frac{0,8 \cdot (19100)}{18,27} = 836,344 \text{ rpm} \quad (3)$$

Gambar 5 menunjukkan grafik pemilihan profil gigi *timing belt*. Dengan menggunakan N_{max} dapat dipilih profil gigi *timing belt* adalah T10.

Gambar 5. Grafik Pemilihan Profil Gigi *Timing belt*, Mitsuboshi (2021)

3.4.3 Pemilihan Puli *Timing belt*

Pemilihan puli *timing belt* yang berfungsi sebagai sproket pada Gambar 4, diambil berdasarkan pada Tabel 3 pemilihan *pulley*. Dalam rancangan ini dipilih puli dengan spesifikasi:

- Outer Diameter* : 80,90 mm.
- Pitch diameter (Dp)* : 82,76 mm.
- Jumlah gigi : 26.
- Material : *Steel*.

Table 3. Pemilihan Puli, Mitsuboshi (2020)

Tooth Profile		T10				
No. of teeth	Pulley Type	Material	OD (mm)	PD (mm)	Product Code	
12	A · B	Steel	36.35	38.20	PT10-15-12	PT10-25-12
14	A · B		42.70	44.56	PT10-15-14	PT10-25-14
15	A · B		45.90	47.75	PT10-15-15	PT10-25-15
16	A · B		49.05	50.93	PT10-15-16	PT10-25-16
18	A · B		55.45	57.30	PT10-15-18	PT10-25-18
20	A · B		61.80	63.66	PT10-15-20	PT10-25-20
22	A · B		68.15	70.03	PT10-15-22	PT10-25-22
24	A · B		74.55	76.39	PT10-15-24	PT10-25-24
25	A · B		77.70	79.58	PT10-15-25	PT10-25-25
26	A · B		80.90	82.76	PT10-15-26	PT10-25-26
28	A · B		87.25	89.13	PT10-15-28	PT10-25-28
30	A · B		93.65	95.49	PT10-15-30	PT10-25-30
32	A · B		100.00	101.86	PT10-15-32	PT10-25-32
36	A · B		112.75	114.59	PT10-15-36	PT10-25-36
40	A · B	Cast Metal	125.45	127.32	PT10-15-40	PT10-25-40
44	W		138.20	140.06	PT10-15-44	PT10-25-44
48	W		150.95	152.79	PT10-15-48	PT10-25-48
50	W		157.30	159.15	PT10-15-50	PT10-25-50
60	W		189.10	190.99	PT10-15-60	PT10-25-60

3.4.4 Pemilihan Puli *Timing belt*

Besar putaran *timing belt*, (N) dapat dihitung dengan persamaan:

$$N = \frac{v \times 19100}{D_p} = \frac{0,8 \cdot (19100)}{82,76} = 184,63 \approx 185 \text{ rpm.} \quad (4)$$

Besarnya *Peripheral force* pada belt, (F_u)

$$F_u = \frac{19,1 \times 1000000 \times P_d}{D_p \times N} = \frac{19,1 \cdot (1000000) \cdot (0,733)}{82,76 \cdot (185)} = 914,42 \text{ N.} \quad (5)$$

Torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan 2 belt, (T_q)

$$T = Fu \times \frac{Dp}{2} = 914,42 \cdot \left(\frac{82,76}{2}\right) = 37.840 \text{ Nmm.} \quad (6)$$

Number of tooth meshing in drive pulley (Z_m),

$$Z_m = Z \times \frac{\text{arc of contact}}{360^\circ} = 26 \cdot \left(\frac{180^\circ}{360^\circ}\right) = 13. \quad (7)$$

Tooth share strength, ($F_{p\text{spec}}$)

Tabel 4 menunjukan besar *tooth share strength* berdasarkan putaran puli. Besarnya *tooth share strength* dapat dihitung dengan persamaan:

$$F_{p\text{spec}} @185 \text{ rpm} = \frac{F_{p\text{spec}} - F_{p\text{spec}_1}}{F_{p\text{spec}_2} - F_{p\text{spec}_1}} = \frac{\text{rpm} - \text{rpm}_1}{\text{rpm}_2 - \text{rpm}_1} \quad (8)$$

$$F_{p\text{spec}} @185 \text{ rpm} = 41,6 \frac{\text{N}}{\text{cm}}.$$

Table 4. *Tooth Share Strength* – Putaran Puli, Mitsuboshi (2021)

rpm	0	20	40	60	80	100	200	300	400	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	5000	8000
$F_{p\text{spec}}(\text{N/cm})$	51	49	48	47	46	45	41	39	37	36	33	31	28	25	22	20	18	14

Safety factor kondisi operasi belt, (K_s)

Tabel 5 menunjukan *safety factor* berdasarkan operasi Belt. Besar *safety factor* dipilih untuk kondisi dengan adanya *shock load* (*middle*) = 1,7.

Table 5. *Safety factor* berdasarkan operasi Belt, Mitsuboshi (2021)

Operating Condition		Safety Factor
Steady Load		1.0
Shock Load	Low	1.4
	Middle	1.7
	High	2.0

Besar lebar belt atau *belt width*, (BW) dapat dihitung dengan persamaan:

$$BW = \frac{Fu \times K_s \times 10}{F_{p\text{spec}} \times Z_m} = \frac{914,42 \cdot (1,7) \cdot (10)}{41,6 \cdot (13)} = 28,745 \text{ mm.} \quad (9)$$

Berdasarkan *standard* lebar belt, maka dipilih yang terdekat yaitu $BW = 32 \text{ mm}$.

Tegangan awal atau *Pre-tension force* pada belt, (F_p)

$$F_p = 2 Fu = 2 \cdot (914,42) = 1.828,84 \text{ N.} \quad (10)$$

Tabel 6 menunjukkan maksimum *allowable tension belt*. Untuk mengetahui apakah lebar *belt* yang dipilih sesuai dengan *max allowable tension* nya, maka perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{F_p}{2} + (F_u \times K_s) < \text{max allowable tension} \quad (11)$$

$$\frac{1.828,84}{2} + (914,42 \times 1,7) = 2.468,934 < 2.195$$

$$2.468,934 > 2.195 \rightarrow \text{tidak sesuai}$$

Table 6. *Max Allowable Tension Belt*. Mitsuboshi (2021)

Width(mm)	10	16	25	32	50	75	100	150
Max Allowable Tensile Load	698	1097	1796	2195	3591	5387	7182	10773
Breaking Strength	2940	4620	7560	9240	15120	22680	30240	45360

Dari perhitungan dinyatakan bahwa lebar *belt* 32 mm tidak dapat dipakai untuk perancangan ini, maka dipakai lebar *belt* = 50 mm, sehingga:

$$\frac{F_p}{2} + (F_u \times K_s) < \text{max allowable tension}$$

$$\frac{1.828,84}{2} + (914,42 \cdot (1,7)) < 3.591$$

$$2.468,934 > 3.591 \rightarrow \text{sesuai}$$

maka dipilih *belt* dengan kode = 50T10.

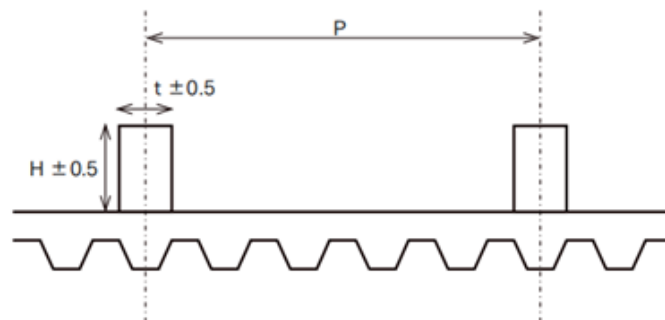
Panjang *belt* / *pitch length* (L_p),

$$L_p = 2 \times C + \pi \times D_p \quad (12)$$

$$= 2 \cdot (700) + \pi \cdot (82,76) = 1659,99 \text{ mm} \approx 1.660 \text{ mm}.$$

3.4.5 Pemilihan *Cleats* Agar Dapat Menaiki Tangga

Agar *hand truck* dapat menaiki tangga maka perlu adanya *cleats* pada *timing belt*. Pada Gambar 6. digambarkan penampang dari *Freespan belt* dari Mitsuboshi. Dimensi *cleats* pada rancangan ini yaitu:



Gambar 6. *Cleats* pada *Belt*, Mitsuboshi (2021)

- Material *cleats* : Thermoplastic Polyurethane A 92.
- Ketebalan *cleats*, (t): 8 mm.
- Tinggi *cleats*, (H) : 25 mm.
- Cleats pitch*, (P) : 30 mm

3.4.6 Pemilihan Motor

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan, maka motor membutuhkan daya sebesar $P = 0,733 \text{ kW}$. Dari data tersebut dipilih motor yang dapat memenuhi spesifikasi tersebut yaitu:

- Jenis motor : Brushless DC motor.
- Merk motor : Volcano Motor.
- Tipe motor : VOL-BL100C30.

- d) Nominal output Power, (P) : 1 kW.
- e) *Rated Torque*, (T_m) : 7,96 Nm.
- f) Putaran motor, (n_i) : 1.200 rpm.
- g) Diameter shaft motor, (d_{sm}) : Ø 19 mm.
- h) Voltase motor : 30 V.
- i) Arus motor : 43 A.
- j) Jumlah kutub : 8 Pole.
- k) Efisiensi motor, (η_m) : 88%.

Dikarenakan dibutuhkannya putaran yang kecil maka perlu adanya pemasangan *gearhead* pada motor DC tersebut. Perbandingan reduksi yang diinginkan, $i_{gh} = 5$. Dengan rasio putaran 1 : 5 model *gearhead* Oriental Motor 5GN5RH (parallel shaft type) yang dipilih berdasarkan katalog Oriental Motor untuk *gearhead*. Jadi putaran output pada motor dengan *gearhead*:

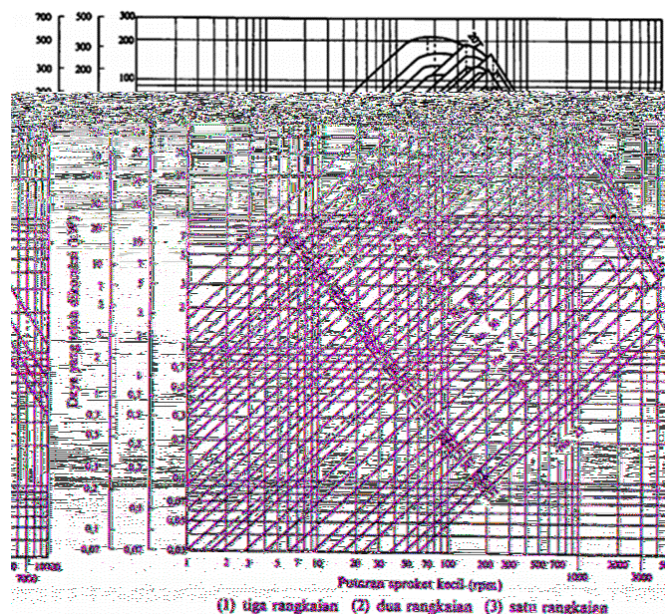
$$n_1 = \frac{1200}{5} = 240 \text{ rpm} \quad (13)$$

3.4.7 Perancangan Sproket

Selanjutnya putaran poros *gear head* dihubungkan dengan rantai ke poros puli *timing belt* dengan perbandingan transmisi, (i)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{240}{185} = 1,297. \quad (14)$$

Berdasarkan grafik putaran sprocket kecil dan daya rencana pada Gambar 7., maka dipilih Tsubaki RS *roller chain* dengan nomor rantai 50, dengan dimensi:



Gambar 7. Diagram Pemilihan Rantai Rol, Sularso

- a) *Pitch*, (p) = 15,875 mm.
- b) Diameter rol, (R) = 10,16 mm.
- c) Lebar rol, (W) = 9,53 mm.
- d) Tebal plat mata rantai, (T) = 2,0 mm.
- e) Lebar plat mata rantai, (H) = 15,0 mm.
- f) Lebar plat mata rantai, (h) = 13,0 mm.
- g) Diameter pena, (D) = 5,09 mm.
- h) Beban maksimum yang diizinkan, (F_u) = 6,37 kN.

- i) Batas kekuatan tarik, (F_b) = 28,4 kN
 - j) Panjang pena, ($L_1 + L_2$) = 22,2 mm.
 - k) Jarak antar sumbu poros rencana, (C) = 500 mm.
 - l) Jumlah gigi sprocket kecil, (Z_1) = 9*.
- (* dipilih dengan acuan $Z_{min} = 9$).

Berdasarkan katalog Tsubaki, maka didapatkan *sprocket* kecil dengan dimensi:

- a) Diameter jarak bagi *sprocket* kecil, (ds_p) = 27,85 mm.
- b) Diameter luar *sprocket*, (ds_o) = 32 mm.
- c) Bore diameter, (d) = 19 mm.
- d) Diameter hub, (D_H) = 34 mm.
- e) Panjang hub, (L) = 25 mm.
- f) Berat *sprocket* kecil = 0,18 kg ($\approx 1,77$ N).

Untuk mendapatkan Jumlah gigi *sprocket* besar, (Z_2), maka digunakan persamaan:

$$Z_2 = \frac{Z_1 \times n_1}{n_2} = \frac{9 \cdot (240)}{185} = 11,675 \approx 12. \quad (15)$$

Berdasarkan katalog Tsubaki, maka didapatkan *sprocket* besar dengan dimensi:

- a. Diameter jarak bagi *sprocket* kecil, (DS_p) = 61,34 mm.
- b. Diameter luar *sprocket*, (DS_o) = 69 mm.
- c. Bore diameter, (d) = 30 mm.
- d. Diameter hub, (D_H) = 51 mm.
- e. Panjang hub, (L) = 25 mm.
- f. Berat *sprocket* kecil = 0,37 kg ($\approx 3,7$ N).

Kecepatan rantai, (v_r)

$$v_r = \frac{\left(\frac{p \times Z_1 \times n_1}{1000 \times 60} \right)}{= \frac{15,875 \cdot (9) \cdot (240)}{1000 \cdot (60)}} = 0,5715 \text{ m/s}. \quad (16)$$

Panjang rantai yang dinyatakan dalam jumlah mata rantai, (L_p)

$$L_p = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2C}{p} + \frac{\left(\frac{Z_2 - Z_1}{628} \right)^2}{c/p} = \frac{9 + 12}{2} + \frac{2 \cdot (350)}{15,875} + \frac{\left(\frac{60 - 9}{628} \right)^2}{350/15,875} = 54,59 \approx 55 \text{ mm}. \quad (17)$$

Jarak antar dua poros, (C)

$$C = C_p(p) \quad (18)$$

Dengan

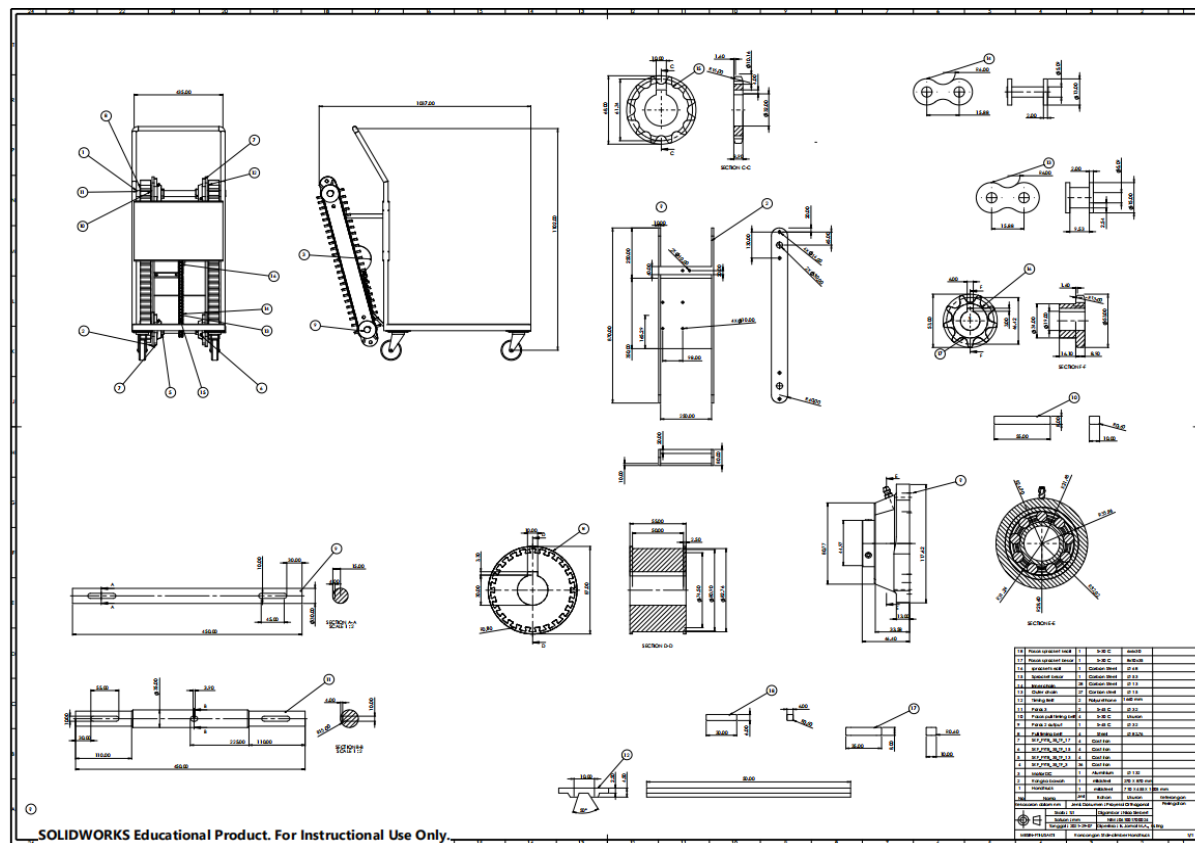
$$C_p = \frac{1}{4} \left\{ \left(L_p - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right) + \sqrt{\left(L_p - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - \frac{2}{9,86} (Z_2 - Z_1)^2} \right\} = \frac{1}{4} \left\{ \left(55 - \frac{9 + 12}{2} \right) + \sqrt{\left(55 - \frac{9 + 12}{2} \right)^2 - \frac{2}{9,86} (12 - 9)^2} \right\} = 22,245 \text{ mm}. \quad (19)$$

Maka

$$C = C_p(p) = 22,245 \cdot (15,875) = 353,14 \text{ mm.}$$

3.4.8 Gambar Teknik Rancangan

Gambar 8. menunjukan gambar teknik rancangan modifikasi *electric hand truck* dengan *timing belt* untuk jalan bertangga.



Gambar 8. Gambar Teknik Rancangan

4. KESIMPULAN

Telah dihasilkan perancangan modifikasi *electric hand truck* dengan *timing belt* untuk jalan bertangga. Varian terbaik adalah varian 4, dengan kombinasi prinsip solusi daya penggerak motor elektrik, prinsip solusi transmisi rantai dan sproket, dan prinsip solusi gerak *hand truck* melalui tangga dengan menggunakan *timing belt*. Mekanisme penggerak menggunakan motor DC Brushless 1 kW dari Volcano Motor. Kapasitas beban maksimal *hand truck* adalah 100 kg. Kecepatan translasi roda traksi yaitu 0,8 m/s dengan putaran 185 rpm. Ukuran dimensi palet 710 mm x 455 mm. Pada roda traksi menggunakan *timing belt* dan puli dari Mitsuboshi dengan tipe 50T10 dan PT-10-26. Pada transmisi *hand truck* menggunakan sproket dan rantai dengan nomor rantai RS-50. Ukuran utama *electric hand truck* dengan *timing belt* mempunyai panjang 1037 mm, dengan lebar 455 mm, dan tinggi 1102 mm.

REFERENCES

- [1] M. G. Kay, "Material handling equipment," *Fitts Dept. Ind. Syst. Eng. North Carolina State Univ.*, vol. 65, 2012.
- [2] C. N. Nwogu, B. N. Nwankwojike, C. Anyaregbu, and C. Arisa, "Design and fabrication of a multipurpose railroad hand truck," *Niger. J. Technol.*, vol. 36, no. 2, pp. 477–481, 2017.
- [3] S. J. Chede, B. R. Adavardkar, A. S. Patil, H. K. Chhatrivala, and M. P. Keswani, "Material selection for design of powered hand truck using TOPSIS," *Int. J. Ind. Syst. Eng.*, vol. 39, no. 2, pp. 236–246, 2017.

- 2021.
- [4] M. Stevenson and M. Spring, "Supply chain flexibility: an inter-firm empirical study," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 29, no. 9, pp. 946–971, 2009.
- [5] T. Aized, "Materials handling in flexible manufacturing systems," *Futur. Manuf. Syst.*, pp. 121–136, 2010.
- [6] S. A. Lavender, J. Charbonnet, and C. M. Sommerich, "Biomechanical assessment of alternative hand trucks for transporting heavy loads up and down stairs," *Appl. Ergon.*, vol. 110, p. 104010, 2023.
- [7] L. Hjelm and B. Bergqvist, "European truck aerodynamics—a comparison between conventional and coe truck aerodynamics and a look into future trends and possibilities," in *The Aerodynamics of Heavy Vehicles II: Trucks, Buses, and Trains*, Springer, 2009, pp. 469–477.
- [8] M. L. Jacovich, "Design of a stair-climbing hand truck." Massachusetts Institute of Technology, 2005.
- [9] M. I. Ishak and D. F. Pailin, "Mechanical Design and Analysis of New Staircase Climbing Hand Truck".
- [10] L.-J. Lin and H. H. Cohen, "Accidents in the trucking industry," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 20, no. 4, pp. 287–300, 1997.
- [11] A. Khajepour, M. S. Fallah, and A. Goodarzi, *Electric and hybrid vehicles: technologies, modeling and control-A mechatronic approach*. John Wiley & Sons, 2014.
- [12] G. C. Onwubolu, *Introduction to SolidWorks: A comprehensive guide with applications in 3D printing*. CRC Press, 2017.
- [13] D. Bobylev, "Comparison of 3d modeling software," 2017.
- [14] G. C. Onwubolu, *Computer-aided engineering design with SolidWorks*. World Scientific Publishing Company, 2013.
- [15] R. Shih and P. Schilling, *Parametric Modeling With SOLIDWORKS 2021*. Sdc Publications, 2021.
- [16] I. Zeid, *Mastering Solidworks*. Macromedia Press, 2021.