

BAB IV

DATA DAN ANALISA

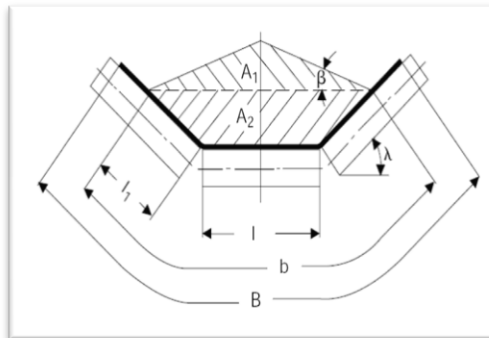
Pemilihan komponen *belt conveyor* ini dilakukan dengan menggunakan 3 metode, yaitu metode DUNLOP, BRIDGESTONE dan RULMECA yang kemudian hasil dari ketiganya dibuat dalam satu tabel untuk mempermudah membandingkannya.

4.1 *Service Data* dan *Checking Capacity*

Untuk melakukan pemilihan komponen *belt conveyor* dibutuhkan beberapa data awal, seperti :

1. Kapasitas pengangkutan yang ingin dicapai, $Q_m = 1200 \text{ t/h}$
2. *Layout* atau panjang dari *belt conveyor*, $L = 59 \text{ m}$
3. Ketinggian *belt conveyor*, $H = 4 \text{ m}$
4. Kecepatan *belt conveyor* yang diinginkan, $v = 1,7 \text{ m/s}$
5. *Troughing type of carrying idler*, 3 roll
6. *Troughing angle*, $\lambda = 30^\circ$
7. Temperatur pemindahan, $T = 40^\circ$
8. *Surcharge angle*, $\beta = 18^\circ$
9. *Degree of filling*, $\varphi = 70\%$
10. *Inclination*, $\gamma = 4,8^\circ$

Untuk mengetahui apakah dengan data awal di atas dapat memenuhi kebutuhan kapasitas 1200 t/h, maka dilakukan perhitungan *checking capacity* sebagai berikut :

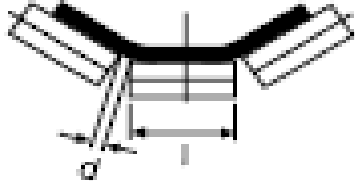


Gambar 4.1 *Cross sectional area*

a.) *Length of middle carrying roller (mm)*

Panjang dari *carrying roller* bagian tengah ini dipilih berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 4.1 *Standard length of middle carrying rollers*

Belt width (mm)	Troughing type
	3 rolls
	
300	
400	160
500	200
600	250
650	250
800	315
1000	380
1200	465
1400	530
1600	600
1800	670
2000	750
2200	800

Dari data awal telah ditentukan lebar sabuk 1000 mm, maka dari tabel diatas dipilih panjang *rollers* yaitu 380 mm.

b.) *Load stream width (mm)*

$$b = (0,9 \times \text{belt width}) - 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} &= (0,9 \times 1000 \text{ mm}) - 50 \text{ mm} \\ &= 850 \text{ mm} \end{aligned}$$

c.) *Loading width of outer rollers (mm)*

$$\begin{aligned} l_1 &= 0,5 \times (\text{loadstream width} - \text{length of middle carrying rollers}) \\ &= 0,5 \times (850 \text{ mm} - 380 \text{ mm}) \\ &= 235 \text{ mm} \end{aligned}$$

d.) *Circular area (m²)*

$$\begin{aligned} A_1 &= 0,25 \times \tan\beta \times [l + (b - l) \times \cos\lambda]^2 \\ &= 0,25 \times 0,325 \times [0,38 + (0,85 - 0,38) \times 0,866]^2 \\ &= 0,0479 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

e.) *Trapezoidal area (m²)*

$$\begin{aligned} A_2 &= l_1 \times \sin\lambda \times [l + l_1 \times \cos\lambda] \\ &= 0,235 \times 0,5 \times [0,38 + 0,235 \times 0,866] \\ &= 0,0686 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

f.) *Cross sectional area (m²)*

$$\begin{aligned} A &= A_1 + A_2 \\ &= 0,0479 + 0,0686 \\ &= 0,1164 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

g.) *Effective load stream volume (m³/h)*

$$\begin{aligned} Q_{v_eff} &= A_1 + A_2 \times v \times 3600 \\ &= 0,0479 + 0,0686 \times 1,7 \times 3600 \\ &= 704,14 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

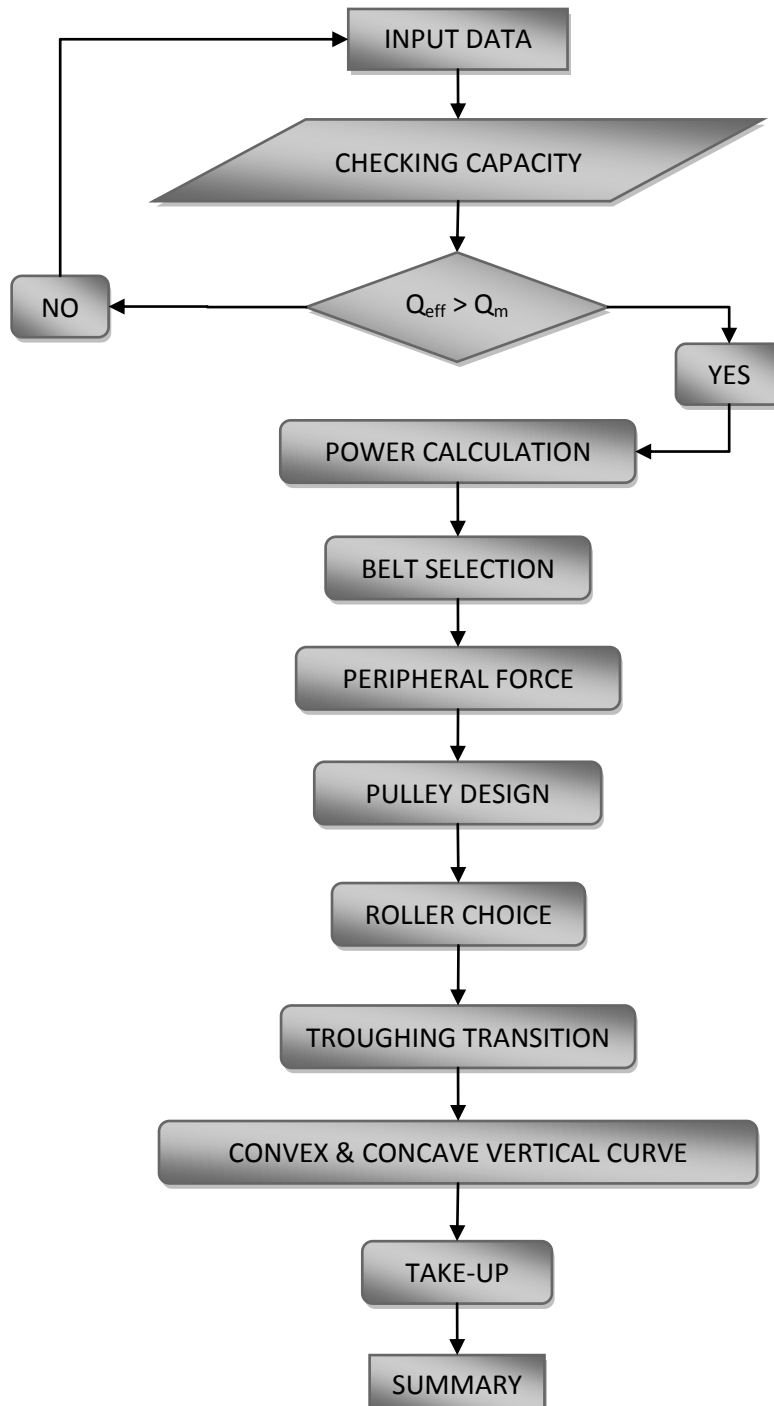
h.) *Effective capacity (t/h)*

$$\begin{aligned} Q_{eff} &= Q_{v_eff} + \rho \\ &= 704,14 + 2,403 \\ &= 1692,05 \text{ t/h} \end{aligned}$$

Jika $Q_{eff} > Q_m$ maka memenuhi kapasitas yang diinginkan,
jika sebaliknya maka tidak memenuhi kapasitas yang diinginkan.

4.2 Perhitungan Metode DUNLOP

A. Diagram alir pengerjaan metode DUNLOP



B. Perhitungan daya (*Power calculation*)

Untuk mencari daya keseluruhan yang dibutuhkan, maka perlu dicari dahulu daya pada beberapa kondisi. Diantaranya :

- + Daya pada keadaan kosong (*Power empty*), P_1

$$\begin{aligned} P_1 &= (C_B \times v + Q_m)/(C_L \times K_f) \\ &= (241 \times 1,7 + 1200)/(151,77 \times 1) \\ &= 10,57 \text{ kW} \end{aligned}$$

- + Daya untuk tanjakan (*Power for lift*), P_2

$$\begin{aligned} P_2 &= H \times Q_m/367 \\ &= 4 \times 1200/367 \\ &= 13,08 \text{ kW} \end{aligned}$$

- + Daya tambahan (*Additional power*), P_3

$$\begin{aligned} P_3 &= P_{3A} + P_{3B} + P_{3C} + P_{3D} \\ &= 0 + 0 + 0,81 + 0 \\ &= 0,81 \text{ kW} \end{aligned}$$

- + Daya pada *pulley* penggerak (*Power at drive pulley*), P_T

$$\begin{aligned} P_T &= P_1 + P_2 + P_3 \\ &= 10,57 + 13,08 + 0,81 \\ &= 24,46 \text{ kW} \end{aligned}$$

- + Daya yang dibutuhkan (*Required motor power*), P_M

$$\begin{aligned} P_M &= P_T \times SFM/\eta \\ &= 24,46 \times 1,3/0,96 \\ &= 33,12 \text{ kW} \end{aligned}$$

- + Daya terpasang (*Installed motor power*), P_N

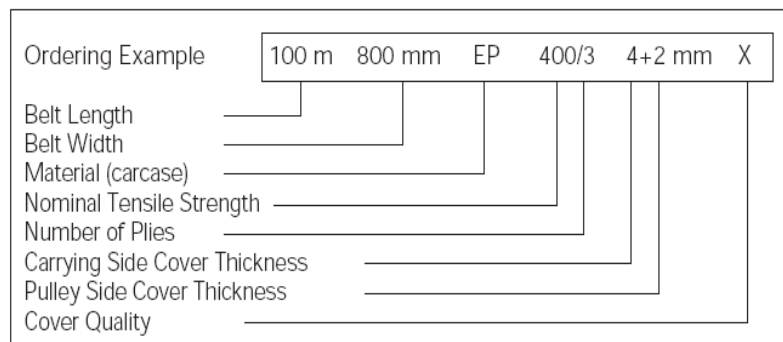
Tabel 4.2 *Motor power* (kW)

Motor power
1,5
2,2
3
4

5,5
7,5
11
15
18,5
22
30
37
45
55
75
90
110
132
160
200
315
400
500
630

Daya terpasang diambil dari tabel *motor power* yang kemudian dilakukan *lookup* terhadap nilai *motor power* dengan mencari batas atas dan batas bawah maka didapat daya sebesar 37 kW sebagai daya penggerak sistem *belt conveyor*.

C. Pemilihan sabuk (*Belt selection*)



Gambar 4.2 *Belt ordering example*

Jenis sabuk yang digunakan adalah jenis sabuk *Superfort* (*EP*) dengan spesifikasi sebagai berikut : **125 m - 1000 mm - S - 315/4 - 8+3 - X.**

D. Gaya sekeliling (*Peripheral force*)

Gaya sekeliling ini adalah gaya-gaya yang bekerja pada sistem *belt conveyor*. Gaya-gaya ini terbagi menjadi 2, yaitu gaya pada saat kondisi stabil (*Steady state*) dan gaya pada saat kondisi tidak stabil (*Non-steady state*).

✚ Kondisi stabil (*Steady state*), F_U :

$$\begin{aligned} F_U &= C \times f \times L \times g [m' R + (2 \times m' G + m' L) \times \cos \delta] + H \times g \times m' L \\ &= 2,06 \times 0,02 \times 59 \times 9,81 \times [21,8 + (2 \times 16,95 + 198,4) \times 0,996] \\ &\quad + 4 \times 9,81 \times 198,4 \\ &= 13830 \text{ N} \end{aligned}$$

✚ Kondisi tidak stabil (*Non-steady state*), F_A :

Dipilih $k_A = 1,5$, karena menggunakan *Hydraulic coupling*.

$$\begin{aligned} F_A &= k_A \times F_U \\ &= 1,5 \times 13830 \\ &= 20745 \text{ N} \end{aligned}$$

✚ *Acceleration*

$$\begin{aligned} a_A &= \frac{F_A - F_U}{(L \times (m'_{Red} + 2 \times m' G + m' L))} \\ &= \frac{20745 - 13830}{(59 \times ((21,8 \times 0,96) + 2 \times 16,95 + 198,4))} \\ &= 0,46 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

✚ *Acceleration time*

$$\begin{aligned} t_A &= v/a_A \\ &= 1,7/0,46 \\ &= 3,63 \text{ s} \end{aligned}$$

✚ *Acceleration distance*

$$S_A = v \times t_A / 2$$

$$= 1,7 \times 3,63/2$$

$$= 3,05 \text{ s}$$

E. *Pulley design*

Diameter *pulley* ini didapat dari tabel, sebelumnya ditentukan dahulu diameter *pulley* minimum yang disarankan.

✚ Diameter *pulley* minimum yang disarankan

Dipilih $c_{Tr} = 108$, karena menggunakan sabuk jenis *Superfort (EP)*.

$$D_{Tr} = c_{Tr} \times d$$

$$= 108 \times 3,7$$

$$= 399,6 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan di atas, maka didapat diameter *pulley* minimum. Setelah itu, pilih pasangan diameter *pulley* yang sesuai untuk sistem *belt conveyor* ini dari tabel berikut :

Tabel 4.3 *Pulley diameter DUNLOP method*

Pulley Dia. D_{Tr} (mm)	Diameter of Pulley Groups (mm)		
	A	B	C
100	100	-	-
125	125	100	-
160	160	125	100
200	200	160	125
250	250	200	160
315	315	250	200
400	400	315	250
500	500	400	315
630	630	500	400
800	800	630	500
1000	1000	800	630
1250	1250	1000	800
1400	1400	1250	1000
1600	1600	1250	1000
1800	1800	1600	1250
2000	2000	1800	1250

Maka dipilihlah pasangan diameter *pulley* :

- a.) *Drive pulley*, DA : 400 mm
- b.) *Take up pulley*, DB : 315 mm
- c.) *Snub / bend pulley*, DC : 250 mm

✚ *Pulley revolution*

$$\begin{aligned}n_T &= (v \times 60) / (\pi \times D_A) \\ &= (1,7 \times 60) / (\pi \times 400) \\ &= 80,29 \text{ rpm}\end{aligned}$$

✚ *Maximum torque*

$$\begin{aligned}MA &= [F_{UA} \times (D_A / 1000)] / 2 \\ &= (20745 \times 0,4) / 2 \\ &= 4149,06 \text{ Nm}\end{aligned}$$

F. Pemilihan *roller* (*Roller choice*)

✚ *Rollers diameter*

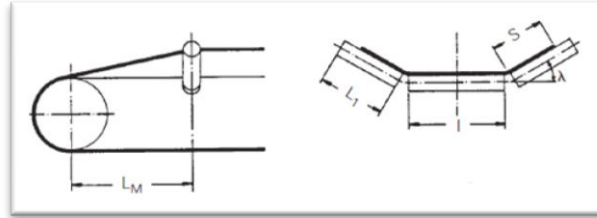
Sebelum memilih diameter *roller* harus ditentukan lebar sabuk yang digunakan dan *troughing type of carrying idler*, lebar sabuk yang digunakan pada sistem *belt conveyor* ini adalah 1000 mm dan *troughing type of carrying idler* ialah 3 roll, maka didapat m_{R0} dan m_{Ru} yang sesuai dengan lebar sabuk dan *troughing type of carrying idler* yang dipilih. Setelah itu baru dapat diketahui diameter *roller* yang digunakan dengan melihat (lampiran tabel *diameter rollers*). Dari tabel didapat diameter *roller* yang digunakan adalah 133 mm.

✚ *Revolution of carrying rollers*

$$\begin{aligned}\text{Rev. of carrying rollers} &= \frac{v}{[\pi \times (\text{Dia. of rollers} / 1000)]} \\ &= \frac{100,8}{[\pi \times (133 / 1000)]} \\ &= 241,25 \text{ rpm}\end{aligned}$$

G. *Troughing transition distance*

✚ *Troughing transition*

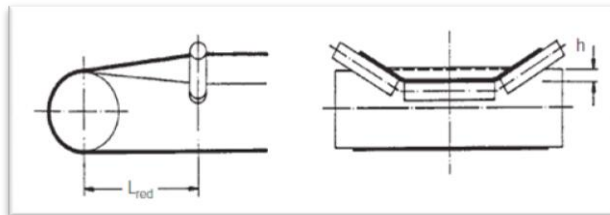


Gambar 4.3 *Troughing transition*

Dipilih $x = 8$ (*textile belts*) dan $s = 0,5 \times (B - l)$.

$$\begin{aligned} L_M &= x \times s \times \sin\lambda \\ &= 8 \times 310 \times 0,5 \\ &= 1240 \text{ mm} \end{aligned}$$

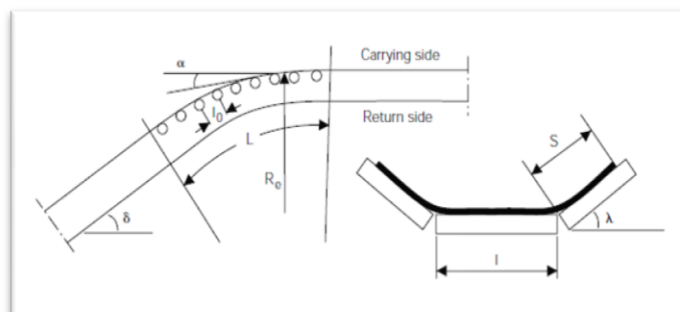
✚ *Reduce troughing transition*



Gambar 4.4 *Reduce troughing transition*

$$\begin{aligned} L_{red} &= x \times (s \times \sin\lambda - h) \\ &= 8 \times (310 \times 0,5 - 48,05) \\ &= 855,60 \text{ mm} \end{aligned}$$

H. *Convex vertical curve*



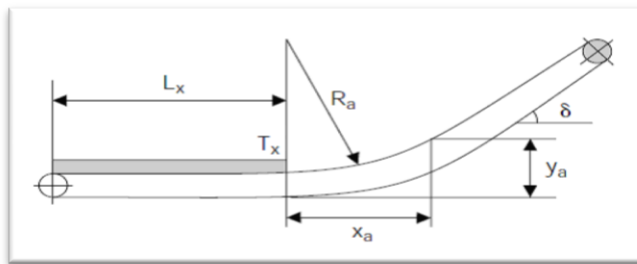
Gambar 4.5 *Convex vertical curve*

Dipilih $x = 125$ (*factor for carcass*) dan $s = 0,31 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 Re &= x \times s \times \sin\lambda \\
 &= 125 \times 0,31 \times 0,5 \\
 &= 19,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= (\pi \times \gamma \times Re)/180 \\
 &= (\pi \times 4,8 \times 19,4)/180 \\
 &= 1,62 \text{ m}
 \end{aligned}$$

I. *Concave vertical curve*



Gambar 4.6 *Concave vertical curve*

$$\begin{aligned}
 Ra &= \frac{T_x}{m'G \times g \times \cos\lambda} \\
 &= \frac{49558,76}{19,45 \times 9,81 \times 0,866} \\
 &= 344 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= (\pi \times \gamma \times Ra)/180 \\
 &= (\pi \times 4,8 \times 344)/180 \\
 &= 28,83 \text{ m}
 \end{aligned}$$

J. *Take-up*

✚ *Take-up tension*

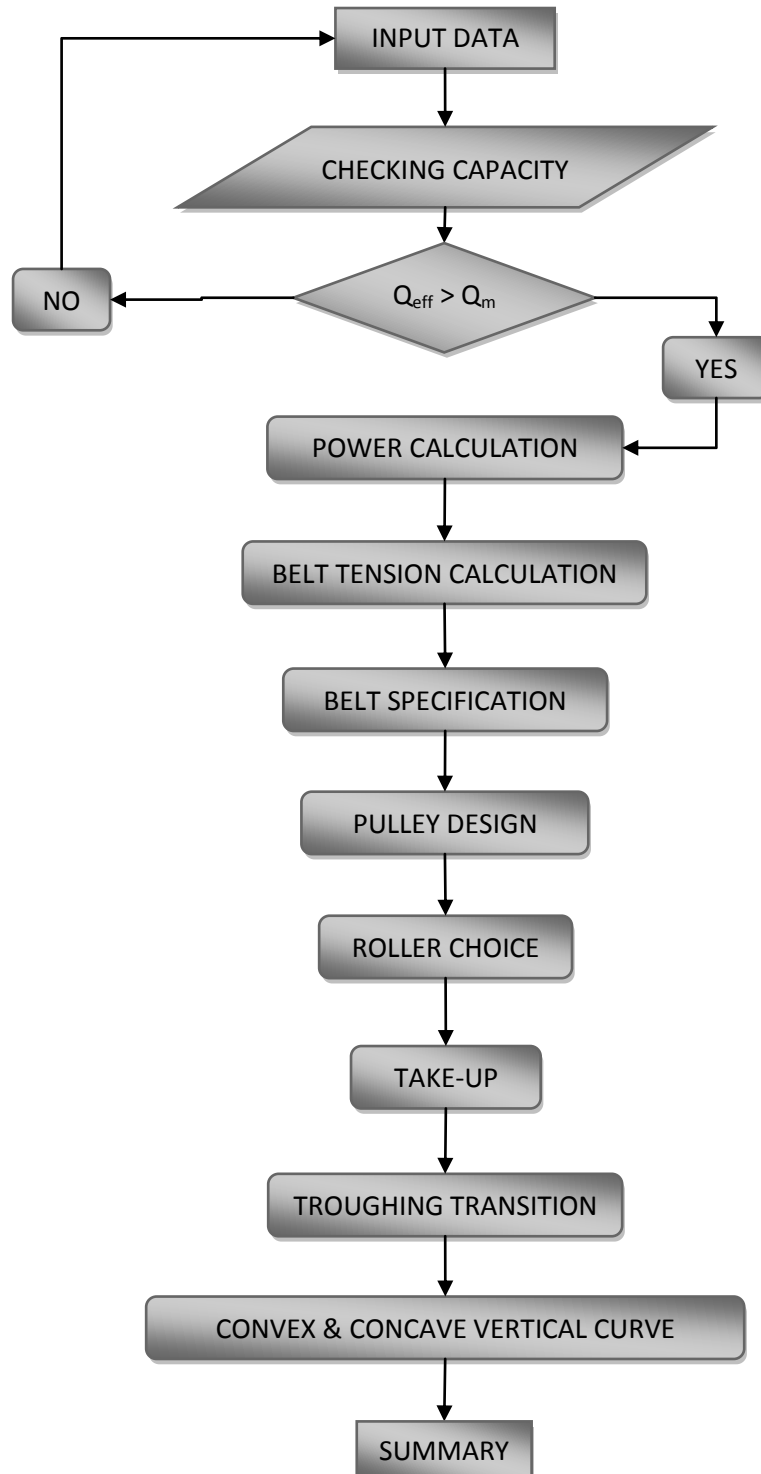
$$\begin{aligned}
 Fv &= T_3 + T_4 \\
 &= 13595,48 + 13595,48 \\
 &= 27190,95 \text{ N}
 \end{aligned}$$

✚ *Take-up weight*

$$\begin{aligned}
 Gv &= Fv/g \\
 &= 27190,95/9,81 \\
 &= 2771,76 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Metode BRIDGESTONE

A. Diagram alir pengerjaan metode BRIDGESTONE



B. Kapasitas pemindahan (*Transverse capacity*)

Kapasitas pemindahan ini dipilih berdasarkan jumlah produksi per tahun. Berdasarkan data yang didapat jumlah produksi per tahun ialah 2.640.000 ton/tahun. Maka kapasitas pemindahan dari conveyor ini dalam 1 jam ialah :

$$\left[\frac{(2.640.000/11)}{25} \right] : 8 = 1200 \text{ t/h}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka kapasitas pemindahan conveyor dalam adalah 1200 t/h.

C. Perhitungan daya (*Power calculation*)

Untuk mencari daya keseluruhan yang dibutuhkan, maka perlu dicari dahulu daya pada beberapa kondisi. Diantaranya :

✚ Horizontal no-load axle power, P_1

$$\begin{aligned} P_1 &= [f \times (L + l_0)] \times W \times v / 6120 \\ &= [0,022 \times (59 + 66)] \times 69 \times 100,8 / 6120 \\ &= 3,13 \text{ kW} \end{aligned}$$

✚ Horizontal axle power under load, P_2

$$\begin{aligned} P_2 &= [f \times (L + l_0)] \times W_m \times v / 6120 \\ &= [0,022 \times (59 + 66)] \times 198,41 \times 100,8 / 6120 \\ &= 8,99 \text{ kW} \end{aligned}$$

✚ Vertical axle power under load, P_3

$$\begin{aligned} P_3 &= (H \times W_m \times v) / 6120 \\ &= (4 \times 198,41 \times 100,8) / 6120 \\ &= 13,7 \text{ kW} \end{aligned}$$

✚ Additional power from skirt, P_s

$$\begin{aligned} P_s &= (F_k \times v) / 6120 \\ &= (29,49 \times 100,8) / 6120 \\ &= 0,49 \text{ kW} \end{aligned}$$

✚ *Calculated axle power drive, P'*

$$\begin{aligned}P' &= P_1 + P_2 + P_3 + P_s \\ &= 3,13 + 8,99 + 13,7 + 0,49 \\ &= 25,67 \text{ kW}\end{aligned}$$

✚ Daya penggerak efisiensi (*Power efficiency*), P

$$\begin{aligned}P &= P' \times \text{SFM}/\eta \\ &= 25,67 \times 1,2/0,96 \\ &= 32,09 \text{ kW}\end{aligned}$$

✚ Daya terpasang (*Installed motor power*)

Daya terpasang diambil dari tabel motor power yang kemudian dilakukan *lookup* terhadap nilai motor power dengan mencari batas atas dan batas bawah maka didapat daya sebesar 37 kW sebagai daya penggerak sistem *belt conveyor*.

D. Perhitungan tegangan sabuk (*Belt tension calculation*)

a. *Effective tension, F_p*

$$\begin{aligned}F_p &= \left[\frac{(6120 \times P')}{v} \right] \\ &= \left[\frac{(6120 \times 25,67)}{100,8} \right] \\ &= 1558,52 \text{ kg}\end{aligned}$$

b. *Tight side tension, F₁*

$$\begin{aligned}F_1 &= F_p + F_2 \\ &= 1558,52 + 601,23 \\ &= 2159,76 \text{ kg}\end{aligned}$$

c. *Slack side tension, F₂*

$$\begin{aligned}F_2 &= \frac{F_p}{e^{u_{10}} - 1} \\ &= \frac{1558,52}{2,718^{0,35 \times 210 \times 0,0174} - 1} \\ &= 601,23 \text{ kg}\end{aligned}$$

d. *Incline tension, F₃*

$$\begin{aligned} F_3 &= W_1 \times (L_A + L_C) \times (\tan \gamma - f) \\ &= 20,50 \times (12 + 4) \times (0,084 - 0,022) \\ &= 20,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. *Minimum tension carrier, F_{4c}*

$$\begin{aligned} F_{4c} &= 12,5 \times a_o \times (W_m + W_1) \\ &= 12,5 \times 1 \times (198,41 + 20,50) \\ &= 2736,41 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. *Minimum tension return, F_{4r}*

$$\begin{aligned} F_{4r} &= 12,5 \times a_u \times W_1 \\ &= 12,5 \times 3 \times 20,50 \\ &= 768,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

g. *Maximum tension for uphill conveyer, F_r*

$$\begin{aligned} F_r &= f \times ((L_A + L_C) + l_o) \times \left(W_1 + \left(\frac{W_r}{l_r} \right) \right) - (H - W_1) \\ &= 0,022 \times ((12 + 4) + 66) \times \left(20,50 + \left(\frac{15,90}{3} \right) \right) - (4 - 20,50) \\ &= 87,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{\max} &= F_p + F_{4r} - F_r \\ &= 1558,52 + 768,75 - 87,45 \\ &= 2239,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. *Acceleration time, t*

$$\begin{aligned} t &= v \times \frac{((L_A + L_C) + l_o) \times (W + W_m)}{(588 \times PA \times k \times (f(l + l_o) \times (W + W_m) + W_m \times H))} \\ &= v \times \frac{((12 + 4) + 66) \times (69 + 198,41)}{(588 \times 0,35 \times 1,39 \times (0,022(59 + 66) \times (69 + 198,4) + 198,4 \times 4))} \\ &= 5,07 \text{ s} \end{aligned}$$

i. *Time cycle*

$$\text{time cycle} = 2 \times (L - v)$$

$$= 2 \times (59 - 100,8)$$

$$= 1,17 \text{ min}$$

E. Spesifikasi sabuk (*Belt specification*)

Jenis sabuk yang digunakan adalah jenis sabuk *Superfort (EP)* dengan spesifikasi sebagai berikut : **126 m - 1000 mm - NF - 300/4 - 8+3.**

F. Desain pulley (*Pulley design*)

Diameter *pulley* ini didapat dari tabel. Sebelum menentukan diameter *pulley*, maka tentukan dahulu kekuatan regangan maksimal (*Ultimate tensile strength*).

✚ *Ultimate tensile strength per ply*

$$\text{Ultimate Tensile Strength} = F. TS/n$$

$$= 254/4$$

$$= 63,5 \text{ kg/cm}$$

✚ *Required belt TS multiply*

$$F. TS = (F_{\max} \times SF_z)/(B - 3)$$

$$= (2239,82 \times 11)/(100 - 3)$$

$$= 254 \text{ kg/cm}$$

Tabel 4.4 *Pulley diameter BRIDGESTONE method*

Belt Type	NF 300		
	A	B	C
Number of Plies			
3	490	390	295
4	650	520	390
5	815	650	490
6	975	780	585
7	1140	910	685
8	1300	1040	780

Dari tabel diatas dipilih *Ultimate tensile strength* terdekat (pembulatan keatas) menjadi 300 kg/cm. Maka, pasangan diameter pulley yang dipilih adalah :

a.) Drive pulley, DA : 650 mm

b.) Take up pulley, DB : 520 mm

c.) Snub / bend pulley, DC : 390 mm

✚ *Pulley revolution*

$$\begin{aligned}\text{Pulley revolution} &= \frac{v}{\pi \times \left(\frac{D_A}{1000}\right)} \\ &= \frac{100,8}{3,14 \times \left(\frac{650}{1000}\right)} \\ &= 49,36 \text{ rpm}\end{aligned}$$

✚ *Drive torque*

$$\begin{aligned}T_q &= 71620 \times 1,36 \times P/\text{rpm} \\ &= 71620 \times 1,36 \times 32,09/49,36 \\ &= 63323,91 \text{ kg. cm} \\ &= 6211,23 \text{ Nm}\end{aligned}$$

G. Pemilihan roller (*Roller choice*)

✚ *Rollers diameter*

Sebelum memilih diameter *roller* harus ditentukan lebar sabuk yang digunakan dan *troughing type of carrying idler*, lebar sabuk yang digunakan pada sistem *belt conveyor* ini adalah 1000 mm dan *troughing type of carrying idler* ialah 3 roll, maka didapat m_{R0} dan m_{Ru} yang sesuai dengan lebar sabuk dan *troughing type of carrying idler* yang dipilih. Setelah itu baru dapat diketahui diameter roller yang digunakan dengan melihat (lampiran tabel diameter rollers). Dari tabel didapat diameter roller yang digunakan adalah 133 mm.

✚ *Revolution carrying roller*

$$\begin{aligned}\text{Rev. of carrying rollers} &= \frac{v}{[\pi \times (\text{Dia. of rollers}/1000)]} \\ &= \frac{100,8}{[\pi \times (133/1000)]}\end{aligned}$$

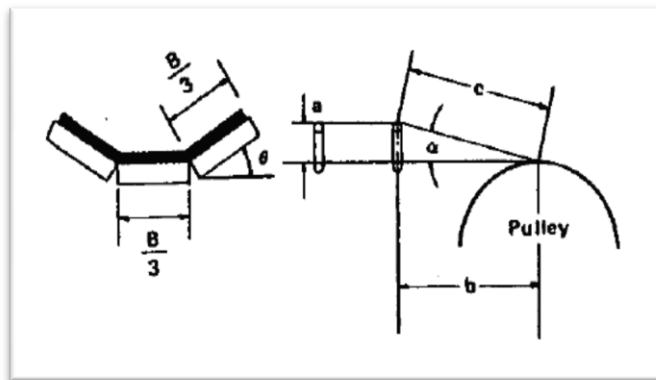
$$= 241,25 \text{ rpm}$$

H. *Take up tension*

$$\begin{aligned} WT &= 2 \times FT \\ &= 2 \times 602,58 \\ &= 1205,17 \text{ kg} \end{aligned}$$

I. *Troughing transition distance*

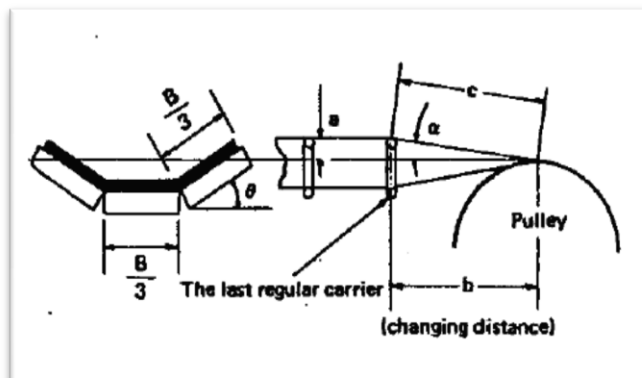
✚ *Troughing transition distance*



Gambar 4.7 *Troughing transition distance*

$$\begin{aligned} b &= 10B/3 \times \sqrt{\left(\frac{1-\cos\lambda}{\epsilon}\right)} \\ &= (10 \times 1)/3 \times \sqrt{\left(\frac{1-0,866}{0,80}\right)} \\ &= 1,36 \text{ m} \\ &= 1364,10 \text{ mm} \end{aligned}$$

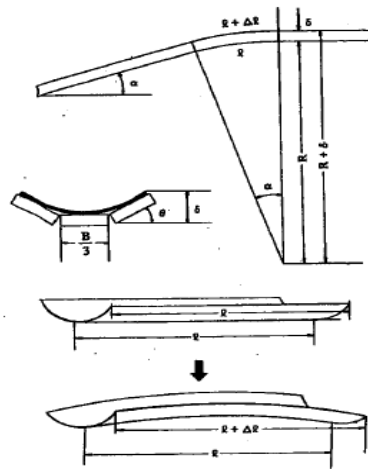
✚ *Reduce transition length*



Gambar 4.8 *Reduce transition length*

$$\begin{aligned}
 b_{\text{red}} &= 5B/3 \times \sqrt{\left(\frac{1-\cos \lambda}{\epsilon}\right)} \\
 &= (5 \times 1)/3 \times \sqrt{\left(\frac{1-0,866\lambda}{0,80}\right)} \\
 &= 0,68 \text{ m} \\
 &= 682,05 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

J. *Convex vertical curve*

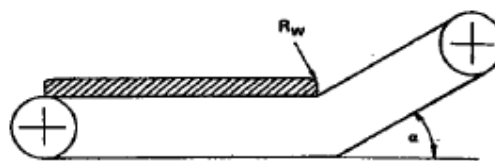


Gambar 4.9 *Convex vertical curve*

$$\begin{aligned}
 R &= 42 \times B \times \sin \lambda \\
 &= 42 \times 1 \times 0,5 \\
 &= 21 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l &= \left(\frac{\pi \times \gamma}{180}\right) \times R \\
 &= \left(\frac{3,14 \times 4,8}{180}\right) \times 21 \\
 &= 1,759 \text{ m}
 \end{aligned}$$

K. *Concave vertical curve*



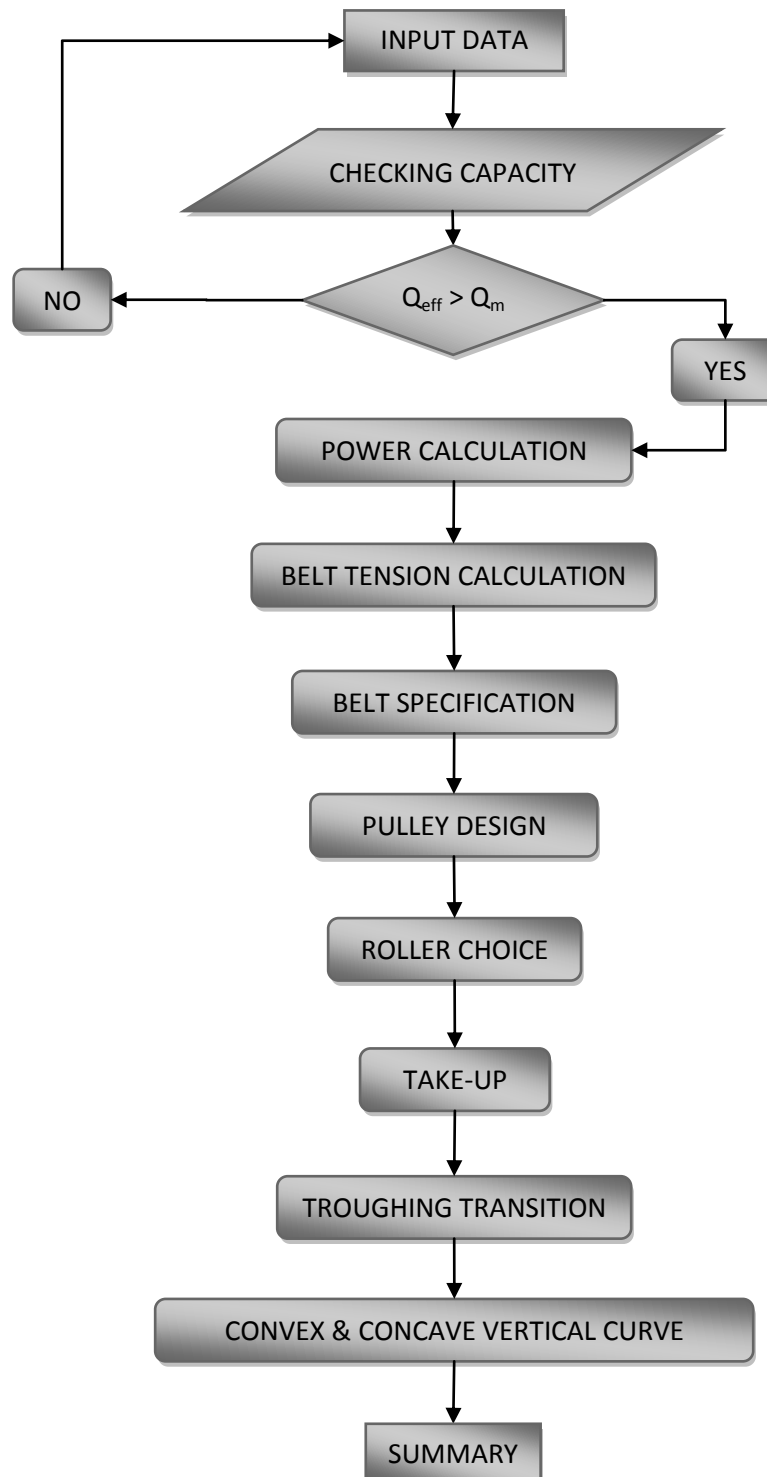
Gambar 4.10 *Concave vertical curve*

$$\begin{aligned} R_w &= T / ((W_1 + W_m) \times \cos\gamma) \\ &= 2736,41 / ((20,50 + 198,41) \times 0,996) \\ &= 12,54 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= \left(\frac{\pi \times \gamma}{180} \right) \times R_w \\ &= \left(\frac{3,14 \times 4,8}{180} \right) \times 12,54 \\ &= 1,051 \text{ m} \end{aligned}$$

4.4 Perhitungan metode RULMECA

A. Diagram alir pengerjaan metode RULMECA



B. Perhitungan daya (*Power calculation*)

Untuk mencari daya keseluruhan yang dibutuhkan, maka perlu dicari dahulu daya pada beberapa kondisi. Diantaranya :

+ Horizontal no-load axle power, P_1

$$\begin{aligned}P_1 &= [f \times (L + l_0)] \times W \times v / 6120 \\&= [0,022 \times (59 + 66)] \times 69 \times 100,8 / 6120 \\&= 3,13 \text{ kW}\end{aligned}$$

+ Horizontal axle power under load, P_2

$$\begin{aligned}P_2 &= [f \times (L + l_0)] \times W_m \times v / 6120 \\&= [0,022 \times (59 + 66)] \times 198,41 \times 100,8 / 6120 \\&= 8,99 \text{ kW}\end{aligned}$$

+ Vertical axle power under load, P_3

$$\begin{aligned}P_3 &= (H \times W_m \times v) / 6120 \\&= (4 \times 198,41 \times 100,8) / 6120 \\&= 13,7 \text{ kW}\end{aligned}$$

+ Additional power from skirt, P_s

$$\begin{aligned}P_s &= (F_k \times v) / 6120 \\&= (29,49 \times 100,8) / 6120 \\&= 0,49 \text{ kW}\end{aligned}$$

+ Calculated axle power drive, P'

$$\begin{aligned}P' &= P_1 + P_2 + P_3 + P_s \\&= 3,13 + 8,99 + 13,7 + 0,49 \\&= 25,67 \text{ kW}\end{aligned}$$

+ Daya penggerak efisiensi (*Power efficiency*), P

$$\begin{aligned}P &= P' \times SFM / \eta \\&= 25,67 \times 1,2 / 0,96 \\&= 32,09 \text{ kW}\end{aligned}$$

✚ Daya terpasang (*Installed motor power*)

Daya terpasang diambil dari tabel motor power yang kemudian dilakukan lookup terhadap nilai motor power dengan mencari batas atas dan batas bawah maka didapat daya sebesar 37 kW sebagai daya penggerak sistem belt conveyor.

C. Perhitungan tegangan sabuk (*belt tension calculation*)

a. *Effective tension, F_p*

$$\begin{aligned} F_p &= \left[\frac{(6120 \times P')}{v} \right] \\ &= \left[\frac{(6120 \times 25,67)}{100,8} \right] \\ &= 1558,52 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. *Tight side tension, F₁*

$$\begin{aligned} F_1 &= F_p + F_2 \\ &= 1558,52 + 601,23 \\ &= 2159,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. *Slack side tension, F₂*

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{F_p}{e^{u_{10}} - 1} \\ &= \frac{1558,52}{2,718^{0,35 \times 210 \times 0,0174} - 1} \\ &= 601,23 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. *Incline tension, F₃*

$$\begin{aligned} F_3 &= W_1 \times (L_A + L_C) (\tan \gamma - f) \\ &= 20,50 \times (12 + 4) \times (0,084 - 0,022) \\ &= 20,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. *Minimum tension carrier, F_{4c}*

$$\begin{aligned} F_{4c} &= 12,5 \times a_0 \times (W_m + W_1) \\ &= 12,5 \times 1,35 \times (196,41 + 20,50) \\ &= 3694,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

f. *Minimum tension return, F_{4r}*

$$\begin{aligned} F_{4r} &= 12,5 \times a_u \times W_1 \\ &= 12,5 \times 3 \times 20,50 \\ &= 768,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

g. *Maximum tension for uphill conveyor, F_r*

$$\begin{aligned} F_r &= f \times ((L_A + L_C) + l_o) \times \left(W_1 + \left(\frac{W_r}{l_r} \right) \right) - (H - W_1) \\ &= 0,022 \times ((12 + 4) + 66) \times \left(20,50 + \left(\frac{15,90}{3} \right) \right) - (4 - 20,50) \\ &= 64,01 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{\max} &= F_p + F_{4r} - F_r \\ &= 1558,52 + 768,75 - 64,01 \\ &= 2263,27 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. *Acceleration time*

$$\begin{aligned} t &= v \times \frac{((L_A + L_C) + l_o) \times (W + W_m)}{(588 \times PA \times k \times (f(l + l_o) \times (W + W_m) + W_m \times H))} \\ &= v \times \frac{((12 + 4) + 66) \times (69 + 198,41)}{(588 \times 0,35 \times 1,39 \times (0,022(59 + 66) \times (69 + 198,4) + 198,4 \times 4))} \\ &= 5,07 \text{ s} \end{aligned}$$

i. *Time cycle*

$$\begin{aligned} \text{time cycle} &= 2 \times (L - v) \\ &= 2 \times (59 - 100,8) \\ &= 1,17 \text{ min} \end{aligned}$$

D. *Spesifikasi sabuk (belt specification)*

Jenis sabuk yang digunakan adalah jenis sabuk *Superfort (EP)* dengan spesifikasi sebagai berikut : **126 m - 1000 mm - NF - 315/4 - 8+3.**

E. Diameter pulley (*pulley diameter*)

Diameter *pulley* ini didapat dari tabel. Sebelum menentukan diameter *pulley*, maka tentukan dahulu kekuatan regangan maksimal (*Ultimate tensile strength*).

✚ *Ultimate tensile strength per ply*

$$\begin{aligned} \text{Ultimate Tensile Strength} &= F. TS/n \\ &= 256,66/4 \\ &= 64,16 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

✚ *Required belt TS multiply*

$$\begin{aligned} F. TS &= (F_{\max} \times SF_z)/(B - 3) \\ &= (2263,27 \times 11)/(100 - 3) \\ &= 256,66 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Tabel 4.5 *Pulley diameter RULMECA method*

Belt Type	NF 300		
	A	B	C
Number of Plies			
3	490	390	295
4	650	520	390
5	815	650	490
6	975	780	585
7	1140	910	685
8	1300	1040	780

Dari tabel di atas dipilih *Ultimate tensile strength* terdekat (pembulatan keatas) menjadi 300 kg/cm. Maka, pasangan diameter pulley yang dipilih adalah :

- a.) Drive pulley, DA : 650 mm
- b.) Take up pulley, DB : 520 mm
- c.) Snub / bend pulley, DC : 390 mm

✚ *Pulley revolution*

$$\text{Pulley revolution} = \frac{v}{\pi \times \left(\frac{D_A}{1000}\right)}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{100,8}{3,14 \times \left(\frac{650}{1000}\right)} \\ &= 49,36 \text{ rpm} \end{aligned}$$

✚ Drive torque

$$\begin{aligned} T_q &= 71620 \times 1,36 \times P/\text{rpm} \\ &= 71620 \times 1,36 \times 32,09/49,36 \\ &= 63323,91 \text{ kg. cm} \\ &= 6211,23 \text{ Nm} \end{aligned}$$

F. Pemilihan roller (*roller choice*)

✚ *Rollers diameter*

Sebelum memilih diameter *roller* harus ditentukan lebar sabuk yang digunakan dan *troughing type of carrying idler*, lebar sabuk yang digunakan pada sistem *belt conveyor* ini adalah 1000 mm dan *troughing type of carrying idler* ialah 3 roll, maka didapat m_{R0} dan m_{Ru} yang sesuai dengan lebar sabuk dan *troughing type of carrying idler* yang dipilih. Setelah itu baru dapat diketahui diameter roller yang digunakan dengan melihat (lampiran tabel diameter rollers RULMECA). Dari tabel didapat diameter roller yang digunakan adalah 133 mm.

✚ *Revolution carrying roller*

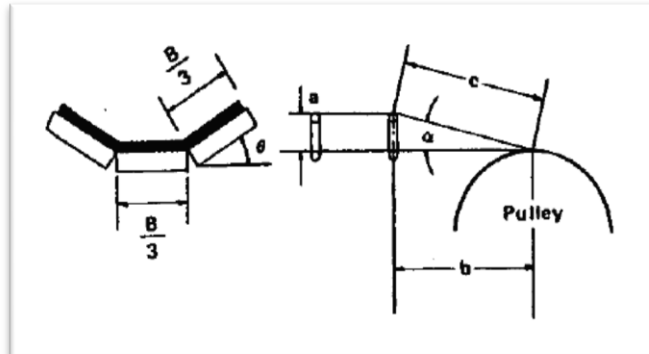
$$\begin{aligned} \text{Rev. of carrying rollers} &= \frac{v}{[\pi \times (\text{Dia. of rollers}/1000)]} \\ &= \frac{100,8}{[\pi \times (133/1000)]} \\ &= 241,25 \text{ rpm} \end{aligned}$$

G. *Take up tension*

$$\begin{aligned} \text{WT} &= 2 \times \text{FT} \\ &= 2 \times 592,70 \\ &= 1185,40 \text{ kg} \end{aligned}$$

H. *Troughing transition distance*

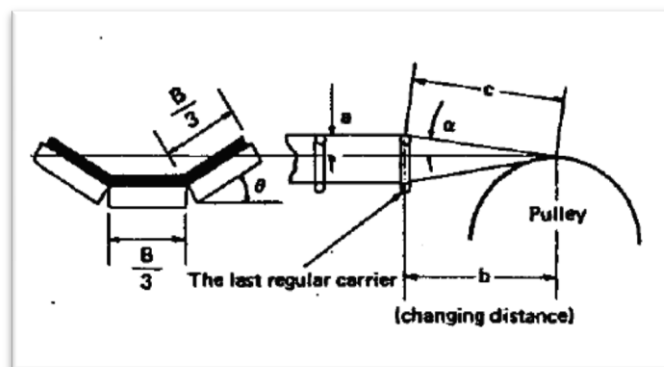
✚ *Troughing transition distance*



Gambar 4.11 *Troughing transition distance*

$$\begin{aligned}
 b &= 10B/3 \times \sqrt{\left(\frac{1-\cos\lambda}{\epsilon}\right)} \\
 &= 10 \times 1000/3 \times \sqrt{\left(\frac{1-0,866}{0,80}\right)} \\
 &= 1,36 \text{ m} \\
 &= 1364,10 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

✚ *Reduce transition length*



Gambar 4.12 *Reduce transition length*

$$\begin{aligned}
 b_{\text{red}} &= 5B/3 \times \sqrt{\left(\frac{1-\cos\lambda}{\epsilon}\right)} \\
 &= 5 \times 1000/3 \times \sqrt{\left(\frac{1-0,866\lambda}{0,80}\right)} \\
 &= 0,68 \text{ m} \\
 &= 682,05 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

I. *Convex vertical curve*

$$\begin{aligned} R &= 42 \times B \times \sin\lambda \\ &= 42 \times 1 \times 0,5 \\ &= 21 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= \left(\frac{\pi \times \gamma}{180}\right) \times R \\ &= \left(\frac{3,14 \times 4,8}{180}\right) \times 21 \\ &= 1,759 \text{ m} \end{aligned}$$

J. *Concave vertical curve*

$$\begin{aligned} R_w &= T / ((W_1 + W_m) \times \cos\gamma) \\ &= 3694,15 / ((20,50 + 198,41) \times 0,996) \\ &= 16,93 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l &= \left(\frac{\pi \times \gamma}{180}\right) \times R_w \\ &= \left(\frac{3,14 \times 4,8}{180}\right) \times 16,93 \\ &= 1,419 \text{ m} \end{aligned}$$

4.5 Perbandingan Hasil Pemilihan

Berikut ini adalah tabel untuk membandingkan hasil pemilihan komponen *belt conveyor* dengan menggunakan bantuan *software spreadsheet microsoft excel*. Ada 3 metode pemilihan yang digunakan, diantaranya : Dunlop, Bridgestone dan Rulmeca.

Tabel 4.6 Hasil pemilihan komponen *belt conveyor*

No.		Calculation Method					
		Dunlop		Bridgestone		Rulmeca	
Installation							
1	Capacity	1200	t/h	1200	t/h	1200	t/h
2	Conveying Length	59	m	59	m	59	m
3	Conveying Height	4	m	4	m	4	m
4	Belt Width	1000	mm	1000	mm	1000	mm
5	Belt Speed	1,68	m/s	1,68	m/s	1,68	m/s
Material							
1	Material to be conveyed	Iron Ore		Iron Ore		Iron Ore	
2	Density	2,403	t/m ³	2,403	t/m ³	2,403	t/m ³
3	Lump Size	40	mm	40	mm	40	mm
4	Temperature	40	°C	40	°C	40	°C
5	Surcharge Angle	18	°	18	°	18	°
Drive							
1	Power Running Empty	10,6	kW	12,11	kW	12,11	kW
2	Additional Power	0,81	kW	0,49	kW	0,49	kW
3	Required Power	33,12	kW	32,09	kW	32,09	kW
4	Installed Power	45	kW	45	kW	45	kW
5	Degree of Efficiency	0,96		0,96		0,96	
6	Angle of Wrap	210	°	210	°	210	°
7	Friction coefficient	0,4		0,35		0,35	
8	Drive factor	1,3		1,39		1,39	
Pulleys							
1	Drive Pulley	400	mm	650	mm	650	mm
2	Tension Pulley (Take-up Pulley)	315	mm	520	mm	520	mm
3	Snub Pulley	250	mm	390	mm	390	mm
4	Max. Torque	4149,06	Nm	6211,23	Nm	6211,23	Nm
5	Drive Pulley Rev.	80,29	rpm	49,36	rpm	49,36	rpm
Idlers							
1	Roller dia. Carrying	133	mm	133	mm	133	mm

2	Roller dia. Return	133	mm	133	mm	133	mm
3	Roller Weight Carrying	18,2	kg	18,2	kg	23,50	kg
4	Roller Weight Return	15,9	kg	15,9	kg	17,50	kg
5	Roller Pitch Carrying	1,2	m	1,00	m	1,35	m
6	Roller Pitch Return	2,4	m	3,00	m	3,00	m
7	Rev. Carrying Roller	241,25	rpm	241,25	rpm	241,25	rpm
8	Troughing Angle	30	°	30	°	30	°
Pre-Tension Criteria							
1	Belt Tension T1	18121,79	N	21742,83	N	21491,46	N
2	Belt Tension T2	4149,06	N	6112,44	N	6015,47	N
3	Belt Tension T3	3862,88	N	5789,71	N	5804,09	N
4	Belt Tension T4	3862,88	N	5789,71	N	5804,09	N
5	Belt Tension Sum	29996,60	N	39434,69	N	39115,11	N
Measurement of Installation Elements							
1	Troughing Transition	1240,00	mm	1364,10	mm	1364,10	mm
2	Pulley Lift	48,05	mm	48	mm	48	mm
3	Reduced Troughing Transition	855,60	mm	682,05	mm	682,05	mm
4	Convex Vertical Curve	19,38	m	21,00	m	21,00	m
5	Concave Vertical Curve	344	m	12,54	m	16,93	m
6	Measurement xa Horizontal	28,90	m	1,05	m	1,42	m
7	Measurement ya Horizontal	1,21	m	0,04	m	0,06	m

Tabel 4.7 *Belt specification*

Belt Specification									
Dunlop	125	1000	S 315/4	8	+	3	X		
Bridgestone	126	1000	NF 300	/	4	8	+	3	
Rulmeca	126	1000	NF	315	/	4	8	+	3

Tabel 4.8 *Matereial properties*

Material Properties	Calculation Method					
	Dunlop		Bridgestone		Rulmecca	
Belt						
SUPERFORT (EP)	118,00	m	126,42	m	126,42	m
Pulley						
Drive Pulley	1	unit	1	unit	1	unit
Tail Pulley	1	unit	1	unit	1	unit
Tension Pulley	1	unit	1	unit	1	unit
Idler						
Carrying Idler	148	unit	177	unit	131	unit
Return Idler	25	unit	20	unit	20	unit