

Perhitungan Konveyor Sabuk Untuk Mengangkut Material *Sandblasting* sebagai Pengganti Konveyor Ulir

Nanang Ali Sutisna*, Liwiryon Sudarso**

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Presiden
Jl. Ki Hajar Dewantara, Jababeka Education Centre, Cikarang, Bekasi

*E-mail: nanang.ali@president.ac.id

**E-mail: liwiryon_sudarso@yahoo.co.id

Abstract

This paper presents a design of belt conveyor for transferring steel grit as main sandblasting material in blasting room. The belt conveyor was designed to replace the existing screw conveyor that frequently breakdown due to the repair of bearings that was damaged by insertion of steel grit into the bearings. In addition, the screw conveyor transport capacity was considered inefficient because some of the steel grit was not transferred as it was left in the gap between the screw and the cover plate. Based on examination of the existing problem, a belt conveyor replacement was suggested and a calculation carried out to determine its specification according to the existing conveyor data. As a result, the belt conveyor was designed with the capacity of 236.81 tons per hour and will have less breakdown since there will be no such bearing damage as it occurs in the screw conveyor.

Keywords: belt conveyor, screw conveyor, steel grit, sandblasting, bearing, capacity

Abstrak

Makalah ini memaparkan perancangan konveyor sabuk untuk mengangkut pasir besi sebagai material utama *sandblasting* di ruang *sandblasting*. Konveyor sabuk dirancang untuk menggantikan konveyor ulir eksisting yang sering berhenti beroperasi karena perbaikan bantalan yang rusak akibat penyisipan pasir besi ke dalam bearing. Selain itu, kapasitas angkut konveyor ulir dinilai tidak efisien karena sebagian pasir besi tidak terangkut karena tertinggal di celah antara *screw* dan pelat penutup. Berdasarkan pemeriksaan terhadap permasalahan yang ada maka disarankan dilakukan penggantian dengan konveyor sabuk dan dilakukan perhitungan untuk menentukan spesifikasinya sesuai dengan data konveyor yang sekarang dipakai. Hasilnya, konveyor sabuk dapat dirancang dengan kapasitas 236.81 ton per jam dan akan memiliki lebih sedikit kerusakan karena tidak akan ada kerusakan bearing seperti yang terjadi pada konveyor ulir.

Kata kunci: konveyor sabuk, konveyor ulir, pasir besi, *sandblasting*, bantalan, kapasitas

1. Pendahuluan

Sistem transportasi material abrasif berat sedang, seperti pasir besi untuk *sandblasting* yang biasa disebut *still grit*, umumnya menggunakan konveyor ulir (*screw conveyor*) [1]. Namun, dalam operasi aktual, terdapat masalah umum pada konveyor ulir setelah beberapa tahun digunakan, seperti kerusakan bantalan karena masuknya pasir besi ke dalam bantalan yang menyebabkan kerusakan sehingga perlu diperbaiki dan kapasitas transfer yang tidak efisien karena material pasir besi tertinggal di celah antara ulir dan pelat penutup.

Karena beberapa inefisiensi konveyor ulir akibat sering rusak dan kapasitas pengangkutan yang kurang, perusahaan perlu mengganti sistem konveyor karena persaingan global yang kompetitif, perusahaan berada di bawah tekanan untuk meningkatkan produk, efisiensi, dan menanggapi perubahan yang terus menerus sesuai permintaan pasar. Salah satu alternatif pengganti konveyor ulir adalah konveyor sabuk (*belt conveyor*), ini adalah sistem konveyor jenis lain yang umum digunakan untuk mengangkut objek atau material. Konveyor sabuk sering dipilih sebagai media transportasi menerus karena konveyor sabuk memiliki efisiensi tinggi, daya angkut yang besar, konstruksi yang lebih sederhana, dan perawatan yang lebih mudah [2].

Untuk mengganti konveyor ulir yang ada dengan konveyor sabuk, evaluasi dan perhitungan yang menyeluruh perlu dilakukan untuk menentukan spesifikasi konveyor sabuk yang ideal untuk tujuan tersebut. Salah satu penyebabnya adalah, meskipun penggunaan konveyor sabuk mencakup beberapa bidang di industri untuk pengangkutan benda atau material, model dan bahan yang digunakan pada konveyor sabuk akan berbeda sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu, kajian ini difokuskan pada penghitungan komponen utama konveyor sabuk dengan mengacu pada data yang diambil dari sistem konveyor ulir yang akan diganti, meliputi: perhitungan kapasitas konveyor sabuk, penentuan daya yang dibutuhkan di konveyor sabuk, dan jenis sabuk yang cocok untuk tujuan ini.

2. Tinjauan Pustaka

Pada dasarnya konveyor sabuk merupakan salah satu sistem *material handling* yang banyak digunakan di bidang industri dan pertambangan. Terdapat berbagai macam jenis dan model konveyor sabuk yang dalam pembuatannya dapat menyesuaikan dengan kebutuhan yang ada. Konveyor sabuk telah mengalami banyak perkembangan dimana pada awal tahun 90-an diciptakan konveyor sabuk pertama untuk digunakan dalam pengangkutan material pertambangan [3]. Pada tahun 1950 pengembangan alat untuk menggabungkan dinamika konveyor sabuk dimasukkan ke dalam desain sistem konveyor [4]. Hal tersebut berhasil menjawab berbagai permasalahan tentang konveyor sabuk.

Tidak hanya dari segi alat, ilmu penghitungan energi pada konveyor sabuk juga mengalami perkembangan. Sebelum tahun 2009, konveyor sabuk yang ada hanya fokus pada titik-titik operasi, terutama pada aspek kelayakan dan kehandalan. Zhang et.al [5] menyatakan bahwa sistem konveyor sabuk memerlukan perhitungan untuk meningkatkan efisiensi kerja konveyor sabuk dengan cara mengoptimalkan kinerja yang ada dengan lebih hemat energi. Ia menyarankan persamaan perhitungan energi yang berguna untuk mengoptimalkan kinerja konveyor sabuk dan model yang menjadi rekomendasi untuk digunakan pada kebutuhan tertentu.

Dengan kemajuan teknologi saat ini, ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam analisis ukuran molekul suatu material yang menyentuh suatu benda yang dalam konteks ini merupakan bagian atas dari konveyor sabuk. Dalam sebuah studi yang dilakukan oleh Sokolov [6], ia berhasil melakukan analisis on-line bijih besi menggunakan metode analisis XRF (x-ray fluorescence) dan mencapai standar deviasi akurasi 0,9%.

Pada makalah ini dibahas perhitungan dan pemilihan konveyor sabuk untuk memindahkan material *sandblasting* yang berupa pasir besi di dalam ruangan *sandblasting* sebagai pengganti *scow conveyor* yang ada. Konveyor sabuk dirancang mengacu kepada kapasitas konveyor ulir yang ada. Perancangan meliputi pemilihan dan perhitungan sabuk karet, perhitungan daya yang dibutuhkan konveyor sabuk, dan modifikasi untuk menjadikan konveyor sabuk sebagai sistem *material handling* khusus ruang *sandblasting*.

3. Metodologi

3.1 Perhitungan Kapasitas Konveyor ulir Yang Ada

Karena konveyor sabuk yang baru akan dirancang berdasarkan kapasitas konveyor ulir yang ada, kita perlu mengetahui kapasitas konveyor yang ada. Kapasitas yang dibahas di sini berarti berapa banyak massa yang dapat diangkut oleh gerakan translasi yang dihasilkan oleh rotasi konveyor ulir [7]. Dari penelitian yang ada, kecepatan putar ulir berhubungan langsung dengan kapasitas angkut. Bolat et.al [8] mengatakan bahwa jika kita ingin mengetahui kapasitas transmisi sebuah konveyor ulir, selain dari kecepatan rotasinya, kita perlu mempertimbangkan dimensi dan geometri konveyor serta karakteristik material yang akan ditransmisikan. Berikut adalah persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung kapasitas konveyor ulir [9]:

$$Q = 3600 \times \lambda \times \frac{\pi(D-d)^2}{4} \times \frac{tn}{60} \times \rho \times k \quad (1)$$

dimana:

- Q : Kapasitas Konveyor ulir
- λ : Koefisien pengisian / FCOS (lihat Tabel 1)
- D : Diameter ulir (m)
- d : Diameter poros (m)
- t : Pitch ulir (m)
- n : Kecepatan putar ulir (rpm)
- ρ : Masa jenis material density (ton/m³)
- k : Koefisien kemiringan rumah konveyor (lihat Tabel 2)

Besaran koefisien pengisian (λ) atau *Fill Coefficient Of Section* (FCOS) dari konveyor ulir ditentukan oleh jenis karakter material yang akan diangkut. Tabel 1 berikut ini memuat karakter material dan angka dari FCOS yang dapat digunakan sebagai panduan dalam menghitung kapasitas konveyor ulir.

Tabel 1. Koefisien Pengisian / FCOS [9]

Jenis Beban	λ
Berat dan Abrasif	0.125
Berat dan sedikit abrasif	0.25
Ringan dan sedikit abrasif	0.32
Ringan dan tidak abrasif	0.4

Koefisien kemiringan rumah konveyor (k) pada dasarnya dipengaruhi oleh kemiringan instalasi rumah konveyor ulir. Tabel 2 menunjukkan angka koefisien kemiringan rumah konveyor.

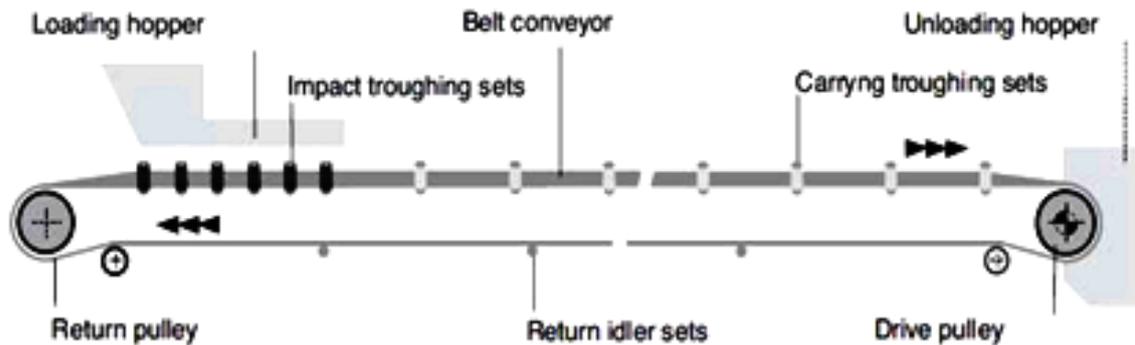
Tabel 2. Koefisien kemiringan rumah konveyor [9]

Conveyor Housing Inclination	0°	0°	0°	0°	0°
k	1	0.9	0.8	0.7	0.6

3.2 Pemilihan Konveyor Sabuk

Lebar dan Konfigurasi Konveyor sabuk

Konveyor sabuk merupakan suatu alat angkut barang atau material yang diketahui mempunyai efisiensi yang tinggi terutama untuk material curah karena dalam pengoperasiannya dapat digunakan untuk jarak dekat dan jauh sesuai dengan desain dari konveyor sabuk itu sendiri, dimana biaya operasional terbesar masuk pengoperasian konveyor sabuk adalah pada konsumsi energi untuk menggerakkan konveyor sabuk tersebut (hingga 40%) [10], Gambar 1 menunjukkan gambar dasar konveyor sabuk.



Gambar 1. Gambar dasar Konveyor sabuk

Penentuan Lebar Sabuk

Dalam menentukan nilai minimum lebar sabuk, harus mempertimbangkan kebutuhan pembebanan dan lebar sabuk minimum untuk *troughing*, yang diekstrak dari buku pegangan konveyor Fenner Dunlop [11] seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Lebar sabuk minimum [11]

Jenis Sabuk dan beban (KN/m)	Lebar sabuk minimum Untuk Sudut Trough (mm)		
	20°	35°	45°
ST500	600	600	600
ST1000	600	600	750
ST1600	600	750	900
ST3550	900	900	1050
ST5000	900	1050	1200

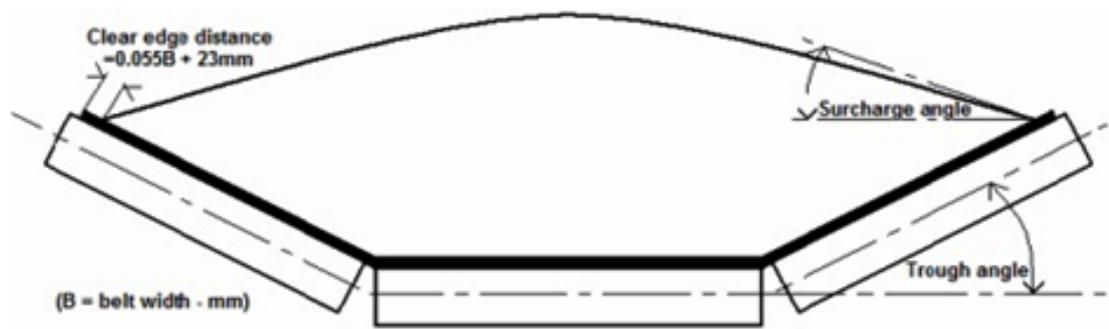
Untuk memilih jenis dan lebar sabuk yang akan digunakan, katalog dari produsen sabuk dapat digunakan sebagai referensi. Berikut adalah salah satu contoh katalog dari buku pegangan Roulunds [12].

Tabel 4. Data sabuk RO Ply [12]

Jenis Sabuk	Max Tegangan Kerja (N/mm)	Tebal (Mm)	Berat Per m ² (Kg)	Lebar Sabuk					
				400	500	650	800	1000	1200
200/2	20	5.2	6.8	x	x	x	x	x	x
250/2	25	6.6	8.4	x	x	x	x	x	x
315/2	31.5	6.8	8.6	x	x	x	x	x	x
400/2	40	7.3	9.1		x	x	x	x	x
630/2	63	10.5	13.4			x	x	x	x

Konfigurasi Roller Idler

Konfigurasi paling umum untuk *roller idler* konveyor adalah tiga buah rol dengan panjang yang sama. Gambar penampang dari konfigurasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Penampang Sabuk [11]

Sudut palung yang umum untuk konfigurasi konveyor sabuk dengan tiga buah *roller idler* adalah 35°. Sudut palung lainnya adalah 25° dan 45° tetapi tidak umum digunakan pada konveyor sabuk dengan konfigurasi tiga roller idler, meskipun peningkatan jumlah sudut palung akan meningkatkan kapasitas konveyor sabuk [11].

3.3 Perhitungan Konveyor sabuk

Perhitungan Kapasitas Konveyor sabuk

Salah satu cara untuk mengetahui kapabilitas suatu konveyor sabuk adalah dengan melihat kapasitas dari konveyor sabuk tersebut. Untuk menghitung kapasitas konveyor sabuk, buku pegangan Fenner Dunlop [11] mengusulkan persamaan dasar untuk menghitung kapasitas konveyor sabuk sebagai berikut:

$$C = 3.6 \times A \times \rho \times v \tag{2}$$

Dimana:

- C : Kapasitas (ton per jam)
- A : Luas penampang konveyor sabuk (m²)
- ρ : Massa jenis material (kg/m³)
- v : Kecepatan sabuk (m/detik)

Selain itu, Fenner Dunlop [11] juga menyebutkan persamaan perhitungan kapasitas konveyor sabuk saat menggunakan konfigurasi tiga *roller idler* sebagai berikut:

$$C = \frac{ca \times \rho \times v \times cf}{1000} \tag{3}$$

Dimana:

- C : Kapasitas (ton per jam)
- ca : Kapasitas sabuk (lihat Tabel 5)
- ρ : Massa jenis material (kg/m³)
- v : Kecepatan sabuk (m/detik)
- cf : Faktor kapasitas (lihat Tabel 6)

Kapasitas sabuk untuk material dengan massa jenis 1000 kg / m³ dengan sudut palung 35° dapat dilihat pada Tabel 5. Untuk material dengan massa jenis lebih dari 1000 kg / m³ dapat menggunakan persamaan dasar (persamaan 2) dengan memasukkan Faktor kapasitas (cf) untuk sabuk dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Kapasitas Sabuk untuk Tiga Roller

Massa Jenis Material: 1000 kg per m³, Surchage angle 20°, Sudut palung 35°

Lebar Sabuk	Kecepatan Sabuk – m/detik					
	0.5	0.76	1	1.25	1.5	2
400 mm	26	39	52	65	78	104
450 mm	34	51	69	86	103	137
500 mm	44	65	87	109	131	175
600 mm	66	99	131	164	197	263
650 mm	78	118	157	196	235	314
750 mm	107	161	215	268	322	429
800 mm	123	185	247	308	370	493
900 mm	159	238	318	397	477	635
1000 mm	199	296	398	497	597	795
1500 mm	466	699	932	1165	1398	1865
2000 mm	846	1268	1691	2114	2537	3382
Massa Jenis Material	1000 Kg/m ³					
Surchage Angle	20°					
Sudut Palung	35°					

Oleh karena itu, persamaan dasar yang dimodifikasi untuk menghitung kapasitas conveyor belt dengan 3 roller idler untuk material yang memiliki bulk density lebih dari 1000 kg / m³ dapat dilihat sebagai berikut:

$$C = 3.6 \times A \times \rho \times Cf \times v \quad (4)$$

Dimana:

C : Kapasitas (ton per jam)

A : Luas penampang sabuk konveyor (m²)

ρ : Massa jenis material (kg/m³)

Cf : Faktor kapasitas (lihat Tabel 6)

v : Kecepatan sabuk (m/detik)

Tabel 6. Faktor Kapasitas – Tiga Roller

Sudut Surchage	Sudut Palung Roller				
	20°	25°	30°	35°	45°
0°	0.43	0.53	0.61	0.69	0.81
5°	0.52	0.61	0.69	0.77	0.88
10°	0.61	0.70	0.77	0.84	0.94
15°	0.70	0.78	0.86	0.92	1.04
20°	0.79	0.87	0.94	1.00	1.08
25°	0.88	0.96	1.03	1.08	1.15

Perhitungan Kecepatan Konveyor

Kecepatan sabuk konveyor yang tersedia dipengaruhi oleh tiga faktor penting seperti kapasitas konveyor, lebar sabuk, dan kepadatan material. Selain itu, Fenner Dunlop [11] telah melakukan riset yang menghasilkan data yang menunjukkan kecepatan sabuk pada umumnya seperti Tabel 7.

Namun terkadang kecepatan konveyor mengacu pada kapasitas konveyor sabuk yang akan dirancang, karena besarnya kecepatan dapat merubah kapasitas konveyor sabuk, seperti pada persamaan kapasitas konveyor sabuk pada pembahasan sebelumnya.

Jadi, dengan menulis ulang persamaan (2) kecepatan konveyor sabuk dapat dihitung sebagai berikut:

$$V = \frac{C}{3.6 \times A \times \rho \times Cf} \quad (5)$$

Perhitungan Massa Material

Dalam menentukan lebar sabuk, perlu diperhatikan tegangan kerja maksimum yang bekerja pada sabuk [13]. Oleh karena itu, untuk menghitung tegangan kerja maksimum, pertama-tama perlu dihitung massa material menggunakan persamaan yang disarankan oleh Vanamamne [14]:

$$M_m = C / (3.6 \times v) \quad (6)$$

Dimana:

M_m : Massa material (kg/m)

C : Kapasitas konveyor sabuk (ton/jam)

v : Kecepatan konveyor sabuk (m/detik)

Tabel 7. Kecepatan sabuk pada pemakaian yang umum (m/detik)

Lebar Sabuk (mm)	Material yang Mengalir Bebas	Material Tambang Batu Bara dan Tanah	Bijih Besi dan Batuan
400	2.0	1.5	-
450	2.5	2.25	1.75
500	3.0	2.25	1.75
600	3.0	2.5	2.25
650	3.25	2.5	2.50
750	3.5	3.0-3.5	2.75
800	3.75	3.0-3.5	2.75
900	4.0	3.0-3.5	3.0
1000	4.0	3.0-3.5	3.0
1050	4.0	3.0-3.5	3.0
1200	4.0	3.25-4.0	3.0-3.5
1350	4.5	3.25-4.0	3.0-3.5
1400	4.5	3.25-4.0	3.0-3.5
1500	4.5	3.25-4.0	3.0-3.5
1600	5.0	3.75-4.25	3.25-4.0
1800	5.0	3.75-4.25	3.25-4.0
2000	-	3.75-4.25	3.25-4.0
2200	-	3.75-4.25	-

Pemilihan Diameter Puli

Puli adalah salah satu bagian utama dari konveyor sabuk yang memfasilitasi pergerakan sudut dan linier sabuk. Dalam memilih diameter puli, harus mempertimbangkan jenis sabuk, jumlah lapisan sabuk dan tegangan yang bekerja pada sabuk seperti dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini [15].

Tabel 8. Minimum Puli Diameter

Jumlah (Ply)	% Tegangan	Kelas Sabuk							
		200	250	300	400	500	630	800	1000
2	100	350	400	400	400	450	500	650	750
	80	300	350	350	350	400	450	500	600
	60	300	300	300	300	350	400	450	500
	40	250	250	250	250	300	350	400	400
	Tail & snubs	250	250	250	250	300	350	400	400

Kecepatan Putar dari Puli untuk Sabuk Konveyor

Kecepatan putaran puli sabuk konveyor merupakan nilai yang harus ditentukan sebelum mencari jenis motor dan gearbox yang akan digunakan dalam perancangan konveyor sabuk [13]. Buku pegangan conveyor terbitan Fenner Dunlop [11] menyatakan bahwa untuk menghitung kecepatan putaran puli sabuk konveyor, dapat menggunakan persamaan di bawah ini:

$$N = \frac{v \times 1000 \times 60}{D \times \pi} \quad (7)$$

Dimana:

N : Kecepatan putar puli sabuk konveyor (rpm)

v : Kecepatan sabuk (m/detik)

D : Diameter puli (mm)

3.4 Daya yang Dibutuhkan untuk Menjalankan Konveyor Sabuk

Dalam menggerakkan sistem konveyor sabuk, dibutuhkan daya minimum yang dihasilkan oleh motor listrik. Daya minimum dapat dicari menggunakan persamaan yang dijelaskan oleh Sohib et al. [16] sebagai berikut:

$$P = \frac{T_e \times v}{3300} \quad (8)$$

Dimana:

P : Daya sabuk (hp)

T_e : Tegangan sabuk efektif (lbs)

v : Kecepatan sabuk (feet/menit)

Untuk menghitung tegangan sabuk efektif, persamaan berikut [17] dapat digunakan:

$$T_e = T_c + T_1 \quad (9)$$

Dimana:

T_c : $F_1 \times L \times C_w$

T_1 : $F_2 \times L \times M_w$

T_c : Tegangan untuk menggerakkan sabuk kosong (lbs)

F_1 : Faktor gesekan normal rerata untuk menggerakkan sabuk kosong (0.035)

L : Panjang sabuk

C_w : Berat komponen sabuk konveyor (lbs)

T_1 : Tegangan untuk menggerakkan muatan arah horizontal (lbs)

F_2 : Faktor gesekan normal untuk menggerakkan muatan arah horizontal (0.04)

M_w : Berat material (lb/ft)

4. Hasil dan Pembahasan

4.2 Kapasitas Konveyor ulir Yang Ada

Hal pertama yang perlu dilakukan dalam mengamati sistem material handling yang ada (konveyor ulir) adalah mencari data utama dari konveyor ulir tersebut. Data yang diperoleh dari konveyor ulir merupakan data yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas konveyor ulir yang saat ini digunakan pada ruang *sandblasting* sebagai sistem *material handling*. Berikut adalah beberapa data yang diperoleh dari buku manual [18] seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Data konveyor ulir

No	Data	Spesifikasi
1	Konveyor Ulir	12,000 (L) x 300 (ø) mm
2	Poros	As ST 41 ø 5" + Pipa SCH 80, ø 5"
3	Pitch Ulir	130 mm
4	Kecepatan Putar Ulir	20 rpm
5	Daya Motor	3.7 KW / 380 V / 3 Phase / 4 Pole
6	Bantalan	SKF, UCFS 313 ø 65 mm

Dengan persamaan (1), kapasitas konveyor ulir yang ada dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q = 3600 \times 0.125 \times \frac{\pi(0.3 - 0.127)^2}{4} \times \frac{0.13 \times 20}{60} \times 7.6 \times 1 = 3.4785 \text{ ton/h}$$

Kecepatan linear konveyor dapat dihitung berdasarkan data pada Tabel 9, sebagai berikut:

$$v = \frac{\text{pitch} \times n}{1000 \times 60} = \frac{120 \times 20}{1000 \times 60} = 0.43 \text{ m/s}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan konveyor ulir untuk mengangkut pasir besi dari satu ujung ke ujung yang lain dapat dihitung sebagai berikut di bawah ini:

$$t = \frac{\text{Belt Conveyor Length (m)}}{\text{Conveyor Belt Speed (m/s)}} = \frac{12}{0.433} = 277.136 \text{ s}$$

4.3 Pemilihan Jenis Konveyor sabuk

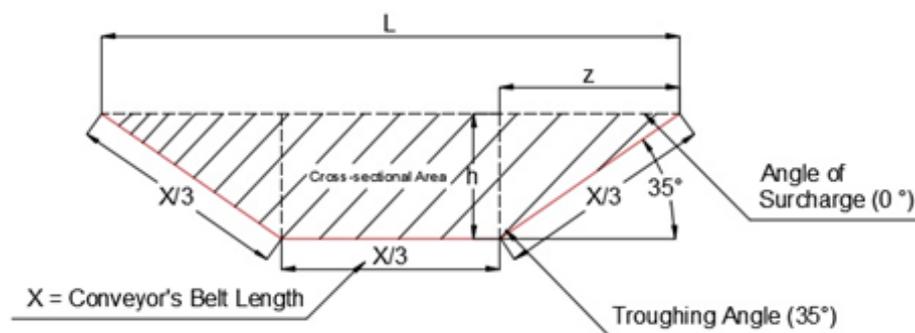
Penentuan jenis sabuk yang akan digunakan dalam desain sabuk konveyor merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan ukuran desain conveyor. Dalam menentukan jenis sabuk yang digunakan, perlu memperhatikan karakteristik dan spesifikasi sabuk tersebut. Dalam desain sabuk konveyor ini, sabuk harus dapat membawa bahan abrasif, ketahanan aus yang tinggi, sudut kemiringan maksimum yang direkomendasikan untuk tiga *roller idler* 35° dan tidak rentan terhadap kelembaban dan mikroorganisme. Salah satu sabuk yang memenuhi semua kualifikasi ini adalah konveyor sabuk karet RO-PLY yang diproduksi oleh Roulounds Fabriker pada Tabel 4. dan jenis sabuk yang dipilih adalah RO-PLY 250/2.

4.4 Perhitungan Konveyor sabuk

Perhitungan Kecepatan Sabuk Konveyor

Dengan meninjau sejumlah literatur tentang konveyor sabuk, ditemukan bahwa untuk menentukan dimensi konveyor sabuk maka harus menentukan kecepatan linier konveyor sabuk terlebih dahulu. Dalam buku pegangan Fenner Dunlop, ada beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk mencari kecepatan linier konveyor sabuk [11].

Dimana kapasitas konveyor sabuk (C) = kapasitas konveyor ulir (Q), dan luas penampang (A) dapat dihitung sesuai dengan Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Penampang Koneyor Sabuk

$$A = \frac{(L \times \frac{x}{3}) \times h}{2} = \frac{[\left(\left(\frac{650}{3} + 2 \left(\frac{650}{3} \cos 35^\circ\right)\right) + \frac{650}{3}\right) \cdot \left(\frac{650}{3} \sin 35^\circ\right)]}{2} = 0049 \text{ m}^2$$

Dengan menggunakan persamaan (5), kecepatan sabuk konveyor (v) dapat dihitung sebagai berikut:

$$v = \frac{3.4785}{3.6 \times 0.049 \times 7600 \times 0.69} = 3.76 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Kecepatan putar puli konveyor dapat dihitung dengan persamaan (7) sebagai berikut:

$$N = \frac{v \times 1000 \times 60}{D \times \pi} = \frac{3.76 \times 10^{-3} \times 1000 \times 60}{350 \times 3.14} = 0.205 \text{ rpm}$$

Sayangnya, gearbox yang memberikan output 0,205 rpm tidak tersedia. Oleh karena itu, dipilih kecepatan keluaran gearbox terendah yang tersedia yang diambil dari katalog Chiaravalli [20], yang menunjukkan bahwa kecepatan keluaran (N) terendah adalah 14 rpm dan rasio keluaran terhadap masukan adalah 1: 100. Karena itu, kecepatan sabuk konveyor dihitung ulang sebagai:

$$v = \frac{\pi \times D \times N}{1000 \times 60} = \frac{3.14 \times 350 \times 14}{1000 \times 60} = 0.256 \text{ m/s}$$

Dengan hasil ini, waktu yang dibutuhkan ban berjalan untuk mengangkut pasir besi dari ujung ke ujung sabuk konveyor sepanjang 12m dapat ditemukan, seperti di bawah ini:

$$t = \frac{\text{Belt Conveyor Length (m)}}{\text{Conveyor Belt Speed (m/s)}} = \frac{12}{0.256} = 47 \text{ s}$$

Perhitungan Kapasitas Konveyor sabuk

Perhitungan menggunakan persamaan (4) untuk menghitung kapasitas konveyor sabuk memperoleh hasil $C = 236.81$ ton/jam.

Perhitungan Massa Material dan Tegangan Kerja Sabuk

Pada pembahasan sebelumnya, Tabel 4 menunjukkan beberapa angka yang menunjukkan tegangan kerja maksimum pada rubber sabuk RO-PLY menurut jenisnya. Sebelum menentukan jenis rubber sabuk RO-PLY yang akan digunakan perlu dilakukan perhitungan massa material per meter yang dibebani pada konveyor sabuk dengan persamaan (6):

$$M_m = \frac{c}{3.6 \times v} = \frac{236.81}{3.6 \times 0.256} = 256.96 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Tegangan kerja} = 256.96 \text{ kg/m} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 2520.3 \text{ N/m}$$

Dalam desain ini, faktor keamanan diambil 8, mengingat jenis sabuk adalah sabuk karet bertulang kain, dan sabuk konveyor mengalami beban dinamis [21]. Oleh karena itu, tegangan kerja total menjadi $2520.3 \text{ N/m} \times 8 = 20.166 \text{ kN/m}$. dan menggunakan sabuk tipe RO-PLY 250/2 seperti pada Tabel 4.

Penentuan Puli Konveyor Belt

Pada desain standar sabuk konveyor terdapat 2 puli yaitu puli penggerak dan puli balik. Untuk menentukan ukuran puli, dapat digunakan standar dari CKIT [15] yang menunjukkan diameter puli minimum yang dibutuhkan yang sesuai dengan jenis sabuk dan tegangan pengenal yang bekerja pada sabuk konveyor. Untuk itu, perlu terlebih dahulu menghitung rate tegangan berdasarkan tegangan kerja total dan tegangan kerja maksimum yang bekerja pada belt:

$$\text{Rate tegangan} = \frac{\text{Total working tension}}{\text{Maximum working tension}} \times 100\%$$

$$\text{Rate tegangan} = \frac{20.166/\text{m}}{25 \text{ kN/m}} \times 100\% = 80.664 \% \approx 80\%$$

Untuk menentukan diameter puli minimum, perlu dilihat dua parameter utama, yaitu rate tegangan Ply dan jenis sabuk. Dalam hal ini rate tegangan adalah 80% dan jenis sabuk adalah RO-PLY 250/2 (yang berarti kelas sabuk adalah 250 dan jumlah ply 2). Oleh karena itu, diameter minimum yang dibutuhkan untuk desain ini adalah 350 mm (lihat Tabel 8).

Penentuan Idler Roller

Salah satu bagian penting dari desain sabuk konveyor adalah roller. Roller memiliki peran sebagai penopang konveyor sabuk agar tegangan tetap terjaga dan terhindar dari defleksi yang terjadi akibat beban yang diletakkan pada sabuk konveyor atau beban dari sabuk itu sendiri. Untuk menentukan diameter roller ada 2 parameter yang harus diperhatikan yaitu lebar sabuk dan jenis konfigurasi roller yang digunakan dalam perancangan, maka dipilih diameter roller 89 mm dari Katalog Transroll [22] Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 10 berikut ini:

Tabel 10. Roller Data

Parameter	Nilai
Diameter Roller	89 mm, Flat
Jenis Bantalan	6204
Panjang Roller Untuk 3 Roller Idlers	250 mm
Lebar Struktur	950 mm
Kecepatan Maximum Sabuk	3.15 m/detik

4.5 Daya yang Dibutuhkan untuk Menggerakkan Konveyor

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan konveyor sabuk tergantung dari tegangan sabuk dan kecepatan konveyor. Karena kecepatan konveyor telah dihitung sebelumnya dalam makalah ini, tegangan efektif sabuk (T_e) dapat dihitung berdasarkan data berat material (M_w) dan berat komponen konveyor sabuk (C_w).

Berat material (M_w) telah diperoleh sebelumnya pada bagian sebelumnya yaitu 256,96 kg/m atau 172,67 lb/ft, dan perlu dihitung berat komponen sabuk konveyor.

Akan ada dua bagian dari sabuk konveyor yang termasuk dalam perhitungan berat komponen konveyor sabuk yaitu puli yang terdiri dari puli penggerak dan puli pembalik serta berat sabuk. Untuk perhitungan berat sabuk, berdasarkan Tabel 4 berat sabuk untuk tipe RO-PLY 250/2 adalah 8,4 kg per m². Oleh karena itu, perhitungan berat konveyor sabuk akan dijelaskan di bawah ini:

$$\begin{aligned} \text{Berat total sabuk} &= 16.315 \text{ m}^2 \times 8.4 \text{ kg/m}^2 \\ &= 137.046 \text{ kg} = 302.05 \text{ lb} \\ \text{Berat total puli} &= 2 \times 19.045 = 38.09 \text{ lb} \end{aligned}$$

Tegangan sabuk efektif dapat dihitung berdasarkan persamaan (9) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_e &= T_c + T_1 \\ T_c &= 0.035 \times L \times C_w \\ T_c &= 0.035 \times 39.37 \times (302.05 + 38.09) = 475.83 \text{ lb} \\ T_1 &= 0.04 \times L \times M_w \\ T_1 &= 0.04 \times 39.37 \text{ ft} \times 172.67 \text{ lb/ft} = 271.92 \text{ lbs} \\ T_e &= 475.83 \text{ lbs} + 271.92 \text{ lbs} = 747.75 \text{ lbs} \end{aligned}$$

Daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan konveyor dapat dihitung dengan persamaan (8):

$$\begin{aligned} P &= \frac{T_e \times v}{3300} \quad (\text{hp}) \\ &= \frac{T_e \times V}{3300} \\ &= \frac{747.75 \text{ lbs} \times 50.4 \text{ fpm}}{3300} = 11.42 \text{ hp} \\ P &= 0.7355 \times 11.42 = 8.39 \text{ kW} \approx 9 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga daya motor listrik yang diperlukan untuk menggerakkan konveyor sabuk adalah 9 kW

Ringkasan Hasil Pembahasan

Perancangan dan perhitungan konveyor sabuk baru untuk menggantikan konveyor ulir yang ada untuk mengangkut material *sandblasting* telah dilakukan, dengan terlebih dahulu mereview kapasitas sistem konveyor ulir yang ada dan kedua menghitung dan menentukan konfigurasi, dimensi, kecepatan, kapasitas, dan konfigurasi konveyor sabuk. kekuatan seperti yang diperlihatkan di Tabel 11.

Tabel 11. Ringkasan Data Hasil Perhitungan dan Pemilihan Konveyor Sabuk

Deskripsi	Hasil
Jenis Sabuk	RO-PLY 250/2
Kapasitas Konveyer Sabuk	236.81 ton/jam
Lebar Sabuk	650 mm
Kecepatan Sabuk	0.256 m/detik
Tegangan Kerja Total	20.166 kN/m
Rate Tegangan Sabuk	80%
Diameter Puli Sabuk Konveyor	350 mm
Diameter Roller Sabuk Konveyor	89 mm
Rasio Gearbox	100: 1
Spesifikasi Motor	1400 rpm, 9 kW
Kecepatan Putar Puli	14 rpm

Perbandingan Konveyor Ulir Eksisting dengan Konveyor Sabuk yang Diusulkan		
Parameter	Konveyor Ulir	Konveyor Sabuk
Kapasitas	3.5 ton/jam	236.81 ton/jam
Waktu Transfer	277 detik	47 detik

5. Kesimpulan

Untuk meningkatkan kegiatan operasional pada proses *sandblasting* yang sering mengalami kendala akibat kerusakan bantalan (*pillow block bearing*) pada konveyor ulir dan kurangnya efisiensi dalam pengangkutan pasir besi maka dilakukan perancangan konveyor sabuk untuk menggantikan konveyor ulir sebagai sistem penanganan material yang lebih efisien dan mencegah terjadinya masalah yang ada. Dari segi kapasitas, kapasitas konveyor sabuk jauh lebih besar dibandingkan dengan konveyor ulir yaitu 236,81 ton/jam, dimana konveyor ulir hanya berkapasitas 3,48 ton/jam.

Dengan kecepatan sabuk mencapai 0,256 m/detik, ini memungkinkan pasir besi kembali ke pot *sandblasting* dari ujung ke ujung sabuk konveyor dalam 47 detik, yang hampir 6 kali lebih cepat dari konveyor ulir yang membutuhkan waktu 277 detik. Berdasarkan perhitungan, diperoleh data akhir untuk digunakan dalam mendesain konveyor sabuk untuk sistem penanganan material *sandblasting*. Perhitungan dan desain sabuk konveyor sesuai dengan standar internasional dan katalog produk yang tersedia di pasaran.

Selain itu, untuk mencegah masuknya pasir besi ke dalam komponen conveyor belt, perlu dilakukan perbaikan desain dengan memberikan cover pada celah tiap bagian konveyor sabuk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dave, Hansel, 1997, "*Abrasive Blasting Systems*," Clemco Industry Corp., Burlingame, California.
- [2] Lihua, Zhao and Yin Lin., 2011, "*Typical Failure Analysis and Processing of Belt Conveyor*", School of Mechanical Engineering, Northeast Dianli University: *Procedia Engineering* 26, 2011: 942 – 946.
- [3] Ananth et. al., 2013, "*Research Paper about Design and Selecting the Proper Conveyor Belt*," *International Journal of Advance Engineering Technology*.
- [4] Lodewijks, G., 2007, "*Two Decades Dynamics of Belt Conveyor Systems*."
- [5] Zhang, S. and X. Xia , 2009, "*A new energy calculation model of belt conveyor*," *AFRICON* 2009: 1-6.
- [6] Sokolov, A., Docenko, D., Bliakher, E. and O. Shirokobrod, 2005, "*On-Line Analysis of Chrome-Iron Ores on a Conveyor Belt Using X-Ray Fluorescence Analysis*," *X-Ray Spectrometry*, 34(5): 456–459.
- [7] Dreszer K.A , Pawlowski T and Zagajski P., 2007, "*The Process of Grain Relation with Screw Conveyors*", TEKA Kom.Mot.Energ. Rohn. OLPAN.

- [8] Bolat, B and Bogoclu, M., 2012, "*Increasing of Screw Conveyor Capacity*", Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, 16.
- [9] Dasanayaka, K., Screw Conveyor, Mechanical Engineering Department Carlos III University, https://www.academia.edu/9359498/Screw_conveyor, diakses: 18 Desember 2019.
- [10] Hager M, Hintz A., 1993, "*The Energy-saving Design of Belts for Long Conveyor Systems*," Bulk Solids Handl: 13(4): 749-58.
- [11] Fenner Dunlop., 2009, "*Conveyor Handbook*," Conveyor Belting Australia.
- [12] Roulounds Fabriker, "*Rubber Conveyor Belts*," Roulunds Handbook, 5.
- [13] Daniyan, I. A. et al., 2014, "*Design of Material Handling Equipment: Belt Conveyor Limestone Using 3 Roll Idlers*," Journal of Advancement in Engineering and Technology, Department of Mechanical & Mechatronics Engineering Afe Babalola University.
- [14] Vanamane, S. S., Mane, P. A. and Inamder, K. H., 2011, "*Design and its Verification of Belt Conveyor System Used for Mould Using Belt Comp Software*," Int. Journal of Applied Research in Mechanical Engineering. 1(1): 48-52.
- [15] CKIT, Fabric Conveyor Belt: Minimum Recommended Pulley Diameters, https://www.ckit.co.za/secure/conveyor/troughed/belting/fabric_table4.html, diakses: 6 Desember 2019.
- [16] M. Sochib et al., 2018, "*Perencanaan Belt Conveyor Batu Bara Dengan Kapasitas 1000 Ton Per Jam di PT. Meratus Jaya Iron Steel Tanah Bumbu*", Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik, 7(1): 16-33, 2018.
- [17] Pooleyinc, "*Belt Tension Calculator*", <https://www.pooleyinc.com/pdf/BeltTension.pdf>, diakses: 9 Desember 2019.
- [18] Arsico Putra Perdana, P.T., 2009, "*Screw Conveyor Manual Book*," 7-15.
- [19] Datenblatt and Strahlmittel., "*Steel Grit*", Abrasive and Fibres, Krampeharex GmbH & Co.KG. <http://www.krampeharex.com>, diakses: 10 Desember 2019.
- [20] Chiaravalli Group, "Gearboxes and Motors," http://old.chiaravalli.com/pol/pdf_motori/Motoriduttori_Riduttori_Vite_Senza_Fine_Chm.pdf, diakses: Dec. 15, 2019.
- [21] Khurmi, R.S. and Gupta, J.K., 2005, "*A Textbook of Machine Design (S.I. Units)*," New Delhi: Eurasia Publishing House PVT. LTD, 2005: 115.
- [22] Transroll Catalogue, "*Roller and Garland Station For Belt Conveyors*", <https://www.transroll.cz/obrazky-soubory/produktovy-katalog-en-0ddd0.pdf?redir>, diakses: Dec. 7, 2019.