



Rancang Bangun *Spillage Conveyor* pada Nr.532-BC3

Alfa Dawam Ramadhan^{1,2}, Grenny Sudarmawan², dan Eko Budiraharjo³

¹Program Studi Teknik Mesin, Konsentrasi Rekayasa Industri, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16424

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16424

³PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk, Jl. Narogong KM 7, Klapanunggal, 16710

Abstrak

Belt conveyor Nr.532-BC3 PT. Solusi Bangun Indonesia Pabrik Narogong mengangkut material curah seperti klinker, gypsum, dan batu kapur. Dalam prosesnya, dapat menyebabkan debu halus dan bahan lembab menempel pada sabuk. Material yang lembab menyebabkan terjadinya carry back yang menyebabkan tumpukan material atau tumpahan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pembersih tumpahan agar tidak terjadi penumpukan berlebih yang dapat tumpah ke pinggir jalan. Perancangan dilakukan dengan perhitungan untuk menentukan spesifikasi rantai, sproket, poros, motor, dan bantalan yang akan digunakan. Setelah itu dilakukan fabrikasi dan pemasangan berdasarkan hasil desain. Hasil rancang bangun dan fabrikasi spillage conveyor ini berupa tumpahan material telah dibersihkan secara otomatis agar material tidak menumpuk dan tumpah ke pinggir jalan. Di sisi lain, proses pembersihan otomatis menghilangkan pekerjaan manual oleh tenaga kerja sehingga faktor/potensi yang tidak aman dapat diminimalisir dan tidak ada penumpukan material yang meminimalkan potensi kerusakan pada return roller dan belt yang disebabkan oleh penumpukan material tumpahan.

Kata-kata kunci: Spillage, Rantai, Poros, Belt Conveyor, Safety

Abstract

Belt conveyor Nr.532-BC3 PT. Solusi Bangun Indonesia Narogong Plant transports bulk materials such as clinker, gypsum, and limestone. In the process, it can cause fine dust and damp material to adhere to the belt. Moist material causes carry back which causes piles of material or spillage. This study aims to design a spillage cleaning device so that no excess buildup can spill onto the side of the road. The design is carried out with calculations to determine the specifications of the chain, sprocket, shaft, motor, and bearing that will be used. After that, fabrication and installation are carried out based on the design results. The result of the design and fabrication of this spillage conveyor in the form of spillage material has been cleaned automatically so that the material does not accumulate and spill onto the side of the road. On the other hand, the cleaning process automatically eliminates manual work by the workforce so that unsafe factors/potentials can be minimized and there is no buildup of material minimizing the potential for damage to the return roller and belt caused by the buildup of spillage material.

Keywords: Spillage, Chain, Shaft, Belt Conveyor, Safety

1. PENDAHULUAN

Belt conveyor di industri semen merupakan alat transportasi material yang digunakan untuk mengangkut material curah seperti *clinker*, *gypsum*, tanah liat, batu kapur, dan material curah lainnya dalam bentuk bongkahan yang dalam prosesnya tidak mustahil dapat menimbulkan debu halus maupun meninggalkan material lembap yang menempel di *belt*. Salah satu masalah yang timbul akibat material lembap adalah *carry back* yang menyebabkan tumpukan material atau *spillage*.

Di PT Solusi Bangun Indonesia Tbk pada Nr.532-BC3, Terdapat banyak *spillage* yang tumpah ke sisi jalan sehingga menimbulkan kondisi tidak *safety* di area tersebut. Proses pembersihan yang dilakukan pun tergolong tidak *safety* karena dilakukan pada saat BC berjalan. Selain itu, proses pembersihan dilakukan sewaktu-waktu saat *spillage* sudah dianggap parah dimana tumpukannya hampir mengenai *return roller* dan *belt*[1].



Gambar 1. *Spillage* pada Nr.532-BC3

Berdasarkan permasalahan yang penulis dapatkan dari area Nr.532-BC3, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat *spillage conveyor* yang berfungsi sebagai alat pembersih *spillage* secara otomatis sehingga diharapkan bahwa penumpukan *spillage* tersebut dapat dibersihkan tanpa menimbulkan potensi tidak *safety* akibat pembersihan secara manual yang dapat menyebabkan cedera pada pekerja. Selain itu, dengan dirancang dan dibangunnya *spillage conveyor* diharapkan dapat menghilangkan potensi kerusakan *belt* dan *return roller* akibat penumpukan *spillage* berlebih[2].

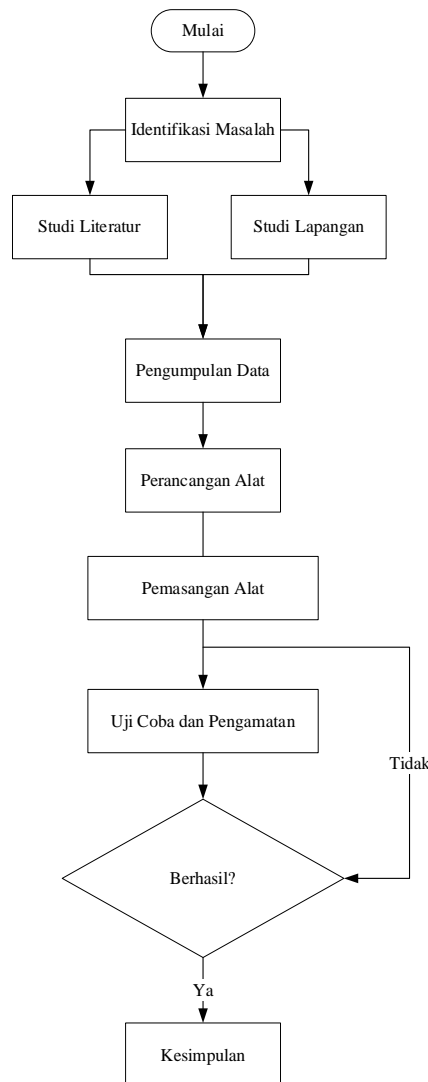
Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mempelajari faktor-faktor penentu yang diperlukan dalam perancangan *spillage conveyor*.
2. Merancang dan membangun *spillage conveyor* sebagai alat pembersih *spillage* otomatis.

2. METODOLOGI

Dalam metodologi penelitian ini, penulis menjelaskan proses pengerjaan penelitian ini mulai dari penjelasan langkah kerja serta metode dalam penyelesaian masalah yang terjadi pada penelitian ini.



Gambar 2. Diagram alir pengerjaan tugas akhir

Penjelasan Langkah Kerja

1. Identifikasi masalah, proses ini dilakukan untuk mengetahui detail masalah yang terjadi mulai dari penyebab hingga dampak yang ditimbulkan dari permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini, penulis mendapati bahwa penumpukan *spillage* yang terjadi secara terus menerus di area Nr.532-BC3 yang berpotensi tumpah ke sisi jalan dan mendatangkan keadaan tidak *safety*. Selain itu, penumpukan ini pun dapat menyebabkan kerusakan pada *return roller* dan *belt*.
2. Studi literatur dan studi lapangan, pada proses ini penulis mencari dan mempelajari literatur-literatur yang memuat informasi terkait permasalahan yang terjadi dari jurnal penelitian yang berkaitan dengan perancangan yang dilakukan. Selain itu, penulis pun mencari perbandingan desain yang akan dirancang dari manual book yang ada. Pengamatan studi lapangan dilakukan pada salah satu alat *spillage conveyor* yang ada di PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Narogong, tepatnya pada area *crusher silika* sebagai pembanding desain yang akan dirancang.
3. Pengumpulan data, proses ini dilakukan dengan mencari tahu karakteristik material yang akan diangkut serta dimensi *spillage conveyor* yang akan dirancang bangun.
4. Perancangan alat, tahap ini dilakukan sesuai dengan hasil proses-proses sebelumnya dan dilakukan perhitungan terhadap hal-hal penunjang perancangan *spillage conveyor* seperti kapasitas *spillage conveyor*, rantai dan *sprocket*, poros dan pasak, serta *bearing* yang akan digunakan.
5. Pemasangan alat, setelah perancangan *spillage conveyor* selesai dilakukan maka hal selanjutnya adalah pemasangan alat pada area Nr.532-BC3 dengan dilakukan fabrikasi secara sebagian lalu digabungkan di lokasi.

6. Uji coba dan pengamatan hasil pemasangan, dilakukan setelah *spillage conveyor* yang dirancang berhasil dipasang di lokasi. Pengamatan dilakukan guna mengetahui kekurangan yang ada pada alat serta mengetahui keandalan alat dalam melakukan pembersihan *spillage*.

Metode Pemecahan Masalah

Dalam pemecahan masalah, penulis menggunakan metode *five why* sebagai alat bantu untuk menentukan penyebab serta menentukan solusi terhadap permasalahan yang terjadi.

1. *Why* pertama, area Nr.532-BC3 penuh *spillage*



Gambar 2. *Spillage* pada Nr.532-BC3

Gambar 2 menunjukkan bahwa area Nr.532-BC3 dipenuhi *spillage* terutama di bawah *belt conveyor*. Penumpukan *spillage* ini dapat menjadi indikasi tidak *safety* karena dapat membahayakan pekerja apabila tumpah kesisi jalan dan dapat menyebabkan gangguan pernafasan akibat debu yang beterbangan.

2. *Why* kedua, jarang dilakukannya pembersihan rutin

Setelah dilakukan observasi dan diskusi dengan pekerja, pembersihan rutin dilakukan pada saat *spillage* dianggap sudah parah atau saat *spillage* hampir menyentuh *return roller* atau *belt*. Hal tersebut disebabkan kondisi *belt conveyor* yang beroperasi sehingga pembersihan tidak dilakukan.

3. *Why* ketiga, pembersihan tidak dapat dilakukan pada saat mesin berjalan atau beroperasi

Tidak dilakukannya pembersihan rutin disebabkan oleh pembersihan secara manual pada saat *belt conveyor* beroperasi merupakan hal yang tidak *safety* sehingga dibutuhkan waktu stop agar pembersihan dapat dilakukan. Namun Nr.532-BC3 ini merupakan alat transportasi utama material baku menuju *hydraulic roller crusher* sehingga jarang memiliki waktu stop.

4. *Why* keempat, pembersihan secara manual pada saat mesin beroperasi merupakan tindakan tidak *safety*

Metode pembersihan secara manual pada Nr.532-BC3 dilakukan dengan menggunakan sekop dan udara bertekanan yang apabila dilakukan pada saat mesin beroperasi sangat berbahaya karena alat pembersih tersebut dapat terlilit oleh benda berputar seperti *return roller* dan juga *belt*.

5. *Why* kelima, belum adanya metode lain untuk pembersihan *spillage*

Setelah dilakukan diskusi bersama karyawan PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk diketahui bahwa Nr.532-BC3 memerlukan metode lain untuk pembersihan material *spillage* seperti *spillage conveyor* yang dapat membersihkan *spillage* secara otomatis saat mesin beroperasi.

Berdasarkan pemecahan masalah tersebut dan setelah dilakukannya diskusi bersama karyawan PT. Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Narogong maka diputuskanlah bahwa solusi untuk permasalahan *spillage* di area Nr.532-BC3 adalah merancang bangun *spillage conveyor* sebagai alat pembersih *spillage*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukannya studi lapangan dan studi literatur, didapatkan data seperti yang terdapat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Hasil studi lapangan pada Nr.532-BC3

No.	Uraian	Data
1	Panjang conveyor Nr.532-BC3 (m)	15
2	Jarak bebas antara <i>return roller</i> dan lantai (m)	0.5
3	Material <i>spillage</i> Massa jenis (ton/m^3)	Bahan baku semen 2,06
4	Total berat <i>spillage</i> pada Nr.532-BC3 (kg) Berat <i>spillage</i> per meter (kg/m)	660,18 55,02
5	Panjang <i>spillage conveyor</i> yang akan dibangun (m)	12

Berikut ini pembahasan tentang kapasitas *spillage conveyor*, rantai, daya motor listrik, poros dan pasak, serta *bearing* yang akan digunakan.

Kapasitas *spillage conveyor*

Kapasitas *spillage conveyor* dapat ditentukan dari persamaan berikut[3]:

$$Q = q_p \times V \quad (1)$$

Dimana:

Q = Kapasitas *Spillage Conveyor* (kg/m).

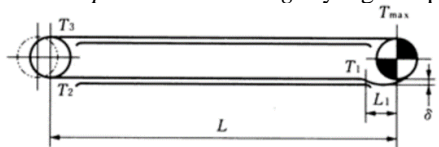
q_p = Jumlah material yang dibawa (kg/m).

V = Kecepatan yang dimiliki conveyor (m/min).

Dari perhitungan tersebut, kapasitas *spillage conveyor* yang didapatkan adalah 10,51 kg/s.

Rantai

Dalam pemilihan rantai, diperlukan *required chain strength* yang didapatkan dari perhitungan berikut[4]:



Gambar 3. *Horizontal conveyor*

$$T_1 = 1,35 \times m \times L_1 \times \frac{9,8}{1000} \quad (2)$$

$$T_2 = (L - L_1) \times m \times f_1 \times \frac{9,8}{1000} + T_1 \quad (3)$$

$$T_3 = 1,1 \times T_2 \quad (4)$$

$$T_{max} = (M - m) \times L \times f_1 \times \frac{9,8}{1000} + T_3 \quad (5)$$

$$F_{rec} = T \times K_s \times K_e \quad (6)$$

Dimana:

T_{max} = Max chain tension (kN).

T = Ketegangan rantai statis di setiap bagian conveyor (kN)

Q = Berat maksimum material yang diangkut (t/hr)

V = Kecepatan conveyor (m/min)

L = Jarak horizontal antara pusat sprocket (m)

M = Massa bagian rantai serta attachment (kg/m)

m = Massa material yang diangkut (kg/m)

f_1 = Koefisien gesek antara rantai dengan jalur

f_2 = Koefisien gesek material yang dibawa dengan jalur

F_{rec} = Kekuatan rantai yang dibutuhkan

K_s = Safety factor rantai dengan kecepatan

K_e = Safety factor rantai akibat kerja

Dari perhitungan di atas, ditemukan bahwa kuat rantai yang dibutuhkan adalah 30,1 kN. Setelah kuat rantai ditentukan, maka dipilihlah rantai tipe *strong conveyor chain* dari SKS PT. Indonesia Magma Chain dengan seri H-1864. Pemilihan *sprocket* dilakukan berdasarkan seri rantai yang digunakan, maka dipilihlah *sprocket* dengan tipe *casting sprocket* seri W 1864-8[5].

Daya yang Dibutuhkan

Setelah menentukan kuat rantai, selanjutnya dapat menentukan daya yang dibutuhkan dengan perhitungan berikut[3]:

$$P = F_t \times V \quad (7)$$

Dimana:

P = Daya yang diperlukan (kW)

F_t = Gaya tarikan pada rantai horizontal (kN)

V = Kecepatan konveyor (m/min)

Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan bahwa motor yang digunakan harus memiliki daya sebesar minimal 1,24 kW. Untuk kapasitas yang disarankan berdasarkan *mechanical service factor* dikalikan dengan nilai 1,25 maka diperoleh daya yang dibutuhkan adalah 1,55 kW[6].

Poros

Pada perencanaan poros ini, tipe poros yang digunakan adalah poros transmisi dengan bahan baja AISI 4140[7]. Untuk diameter poros dapat diperoleh dari persamaan berikut[8]:

$$T = \frac{9550 \times P}{n} \quad (8)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 T}{\pi \times \tau_p}} \quad (9)$$

Dimana:

T = Momen puntir poros (Nmm)

P = Daya yang ditransmisikan ($Watt$)

n = RPM yang dimiliki poros (rpm)

D = Diameter poros (mm)

τ_p = Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm^2)

Dari persamaan di atas, didapatkan diameter poros yang akan digunakan minimal berdiameter 63,43 mm. Maka dari hasil tersebut, diameter poros yang akan digunakan pada fabrikasi kali ini yaitu berdiameter 65 mm. Penentuan pasak yang akan digunakan diperoleh melalui tabel pasak dan alur pasak.

Tabel 2. Ukuran poros dan pasak[8]

Ukuran-ukuran Utama				(Satuan: mm)							
Ukuran nominal pasak $b \times h$	Ukuran standar $b, b_1, \text{ dan } b_2$	Ukuran standar h		C	l	Ukuran Standar l_1	Ukuran Standar l_2			r_1 dan r_2	Referensi Diameter poros yang dapat dipakai d^{**}
		Pasak prismatis Pasak lurus	Pasak Tirus				Pasak Prismatis	Pasak Lurus	Pasak Tirus		
2 x 2	2	2		0,16-0,25	6-20	1,2	1,0	0,5	0,08-0,16	Lebih dari 6-8	
3 x 3	3	3			6-36	1,8	1,4	0,9		" 8-10	
4 x 4	4	4			8-45	2,5	1,8	1,2		" 10-12	
5 x 5	5	5			10-56	3,0	2,3	1,7		" 12-17	
6 x 6	6	6			14-70	3,5	2,8	2,2		" 17-22	
(7 x 7)	7	7	7,2	0,25-0,40	16-80	4,0	3,01	3,5	0,16-0,25	" 20-25	
8 x 7	8	7			18-90	4,0	3,3	2,4		" 22-30	
10 x 8	9	8			22-110	5,0	3,3	2,4		" 30-38	
12 x 8	10	8			28-140	5,0	3,3	2,4		" 38-44	
14 x 9	12	9			36-160	5,5	3,8	2,9		" 44-50	
(15 x 10)	15	10	10,2	0,40-0,60	40-180	5,0	5,0	5,5	0,25-0,40	" 50-55	
16 x 10	16	10			45-180	6,0	4,3	3,4		" 50-58	
18 x 11	18	11			50-200	7,0	5,0	4,0		" 58-65	
20 x 12	20	12			56-220	7,5	4,9	3,9		" 75-85	
22 x 14	22	14			63-250	9,0	5,4	4,4		" 80-90	
(24 x 16)	24	16	16,2	0,60-0,80	70-280	8,0	8,0	8,5	0,40-0,60	" 80-90	
25 x 14	25	14			70-280	9,0	5,4	4,4		" 85-95	
28 x 16	28	16			80-320	10,0	6,4	5,4		" 95-110	
32 x 18	32	18			90-360	11,0	7,4	6,4		" 110-130	

* / harus dipilih dari angka-angka berikut sesuai dengan daerah yang bersangkutan dalam tabel. 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 53, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400.

Berdasarkan tabel di atas, pasak yang dipilih berdimensi 20×12 dengan alur pasak $20 \times 7,5 \times fillet 3$.

Bearing

Pada rancang bangun *spillage conveyor* ini, *bearing* yang akan digunakan adalah *spherical roller bearing* SKF 22215EK[9] untuk *head shaft* dan UKT315 untuk *tail shaft*[10].

Realisasi *Spillage Conveyor*

Setelah proses perhitungan dan perancangan selesai dilakukan, maka selanjutnya *spillage conveyor* dapat direalisasikan.

Persiapan Bahan dan Peralatan

Segala keperluan material dan alat untuk fabrikasi *spillage conveyor* yang akan disiapkan seperti yang terdapat pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Daftar material untuk fabrikasi *spillage conveyor*

Nama Material	Jumlah (ea)
Plate mild steel 6 mm	10
Plate mild steel 10 mm	8
Plate wear alloy 8 mm	10
Round bar AISI 4140	2
Angle 65 X 65 X 5 X 6000	5
UNP 100 X 50 X 6000	7
Square bar 25 X 25 X 6000	1
Chain Link ; XS ; 1864	19
Chain wheel ; 1H ; 1S ; 8T	4
Roller chain RS80-1	1
Chain wheel ; 1H ; 1S ; 17T ; RS 80	1
Chain wheel ; 1H ; 1S ; 34T ; RS 80	1
Bearing SKF 22215EK	2
Adapter H315	2
Pillow block SNL 515-612	2
Bearing UKT 315	2
Bolt and nut M12	100
Bolt and nut M20	100
Anchor bolt M20 X 450	2
Motor R47 DRS80M4/C 1,1 Kw	1
Worm Reducer model JK WB-135	1
Oxygen	5
Acetylen	5

Proses Instalasi *Spillage Conveyor*

Setelah dilakukannya proses fabrikasi terhadap komponen *spillage conveyor*, maka selanjutnya adalah proses instalasi *spillage conveyor* dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pembersihan material di lokasi yang akan dipasang *spillage conveyor*.
2. Pemasangan landasan *spillage conveyor* pada lokasi yang telah ditentukan.
3. *Assembly sprocket* dengan *head shaft* dan *tail shaft*.
4. Pembuatan *baseplate* motor dan pemasangan *head shaft* serta *tail shaft* di tempat yang telah ditentukan.

5. Pemasangan *casing spillage conveyor* pada landasan dengan menggunakan baut M12 dan mur dan dikencangkan dengan kunci 17.
6. Pemasangan rantai *spillage conveyor* pada *head sprocket* hingga *tail shaft* dengan bantuan *chain block* atau *lever block* untuk proses penarikannya.
7. Setelah rantai terpasang, selanjutnya adalah pemasangan *scraper* pada *chain hub* menggunakan 4 ea baut M20 dan dikencangkan menggunakan kunci 30 serta di las dengan elektroda E-7018 agar baut tidak kendur.
8. Penyambungan motor dengan *gearbox* menggunakan *coupling* KC-5018, lalu *sprocket drive* dengan spesifikasi 80-17T dan 80-34T menggunakan rantai RS80.
9. Pembuatan lubang *inlet* pada *casing spillage conveyor* untuk akses memasukkan material yang berada di luar *spillage conveyor*.
10. Setelah semua komponen selesai dipasang, maka dilakukan *test run* untuk pengamatan hasil pembersihan material *spillage*.

Gambar 4. Tampak dalam *spillage conveyor*Gambar 5. Tampak luar *spillage conveyor*

Hasil Perbandingan

Setelah proses instalasi *spillage conveyor* dilakukan, selanjutnya dilakukan pengamatan hasil dari pemasangan *spillage conveyor*. Pengamatan dilakukan sebelum area dibersihkan oleh tim produksi dan setelah *spillage conveyor* terpasang dan melakukan pembersihan *spillage* secara otomatis.

Gambar 6. Area sebelum adanya *spillage conveyor*

Dari gambar 6 dapat terlihat bahwa tumpukan *spillage* tumpah kesisi jalan.

Gambar 7 *Spillage conveyor* sedang membersihkan *spillage*

Dari gambar 7 dapat terlihat bahwa setelah *spillage conveyor* dipasang, *spillage* yang berada di bawah conveyor berhasil dibersihkan sehingga potensi *spillage* menumpuk hingga menyentuh belt dan return roller berkurang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan instalasi *spillage conveyor* ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor penentu yang dibutuhkan dalam rancang bangun *spillage conveyor* yaitu:
 - a. karakteristik bahan yang diangkut,
 - b. kapasitas *spillage conveyor*,
 - c. kecepatan rantai konveyor yang diinginkan.

Perhitungan yang dilakukan meliputi: pemilihan rantai, penentuan daya motor dengan hasil rantai yang digunakan adalah *strong conveyor chain* dengan seri H-1864 dan motor dengan daya minimal yaitu 1,24 kW dan maksimal 1,55 kW.
2. Proses perancangan *spillage conveyor* sebagai alat pembersih *spillage* otomatis menghasilkan data sebagai berikut:
 - a. Spesifikasi *Spillage Conveyor*

Kapasitas (Q)	: 10,51 kg/s
Kecepatan (V)	: 0,19 m/s
Tipe konveyor	: <i>Double chain</i>
Panjang konveyor	: 12 meter
 - b. Spesifikasi Rantai

Nomor rantai	: H-1864
<i>Average tensile strenght</i>	: 37 kN
Jenis <i>connector</i>	: CAW-19
Panjang rantai	: 24,51 meter
 - c. Spesifikasi *Sprocket* Konveyor

Nomor <i>sprocket</i>	: W 1864-8
Diameter <i>sprocket</i>	: 365 mm
Jumlah gigi	: 8
 - d. Spesifikasi *Drive Unit*

<i>Power required</i>	: 1,24 Kw
<i>Rotation per minute</i>	: 5 rpm
 - e. Spesifikasi Poros

Bahan poros	: Baja khrom molibden (AISI 4140)
Ø poros	: 65 mm
Panjang poros	
<i>Tail shaft</i>	: 1930 mm
<i>Head shaft</i>	: 2030 mm
 - f. Spesifikasi Motor Listrik

Nomor motor	: R47 DRS80M4/C
Daya motor	: 1,1 kW
 - g. Spesifikasi *Bearing* dan Perkiraan Umur *Bearing*

Diameter dalam (d)	: 65 mm
Jenis <i>bearing head</i>	: SKF 22215EK
Jenis <i>bearing tail</i>	: UKT315
Perkiraan umur <i>bearing</i>	
<i>Bearing head</i>	: $14,2 \times 10^3$ jam kerja
<i>Bearing tail</i>	: $1,61 \times 10^3$ jam kerja

REFERENSI

- [1] P. S. B. I. Tbk, "HAC NR3 (NAR1) FLOWSHEET," 2014
- [2] G. Velmurugan, E. Palaniswamy, M. Sambathkumar, R. Vijayakumar, and T. M. Sakthimuruga, "Conveyor Belt Troubles (Bulk Material Handling)," *Int. J. Emerg. Eng. Res. Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 21–30, 2014.
- [3] A. C. Association, *Standard Handbook of Chains*, Second Edi. CRC Press, 2006.
- [4] M. Kanehira, *The Complete Guide to Chain*, First Engl. U.S. Tsubaki, Inc, 1997.
- [5] SKS-Group, "CONVEYOR CHAIN." 2021.
- [6] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *Machine Design*, First Mult. New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD., 2005.
- [7] Liberty House Group, "AISI 4140." Liberty House Group, United Kingdom, 2018.
- [8] Sularso and K. Suga, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin," p. 5, 2004.
- [9] G. SKF, "Rolling bearings SKF," 2018.
- [10] U. F. Reutlingen *et al.*, *Mechanical and Metal Trades Handbook*, Second Eng. 2008.