

## Modifikasi Sistem Penggerak Belt Conveyor T92-BC1

Nur Citra Wahyudianti<sup>1</sup>, Dewin Purnama<sup>2\*</sup>, dan Rochsigit Nugroho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Konsentrasi Rekayasa Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>2</sup>Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

<sup>3</sup>PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. Cilacap Plant, Jl. Ir. H. Juanda, Karangtalun, Cilacap, 53234

Corresponding Author: [dewin.purnama@mesin.pnj.ac.id](mailto:dewin.purnama@mesin.pnj.ac.id)

**Artikel info:** Diterima: 10 April 2023 | Disetujui 29 April 2023 | Tersedia online: 30 April 2023

DOI: 10.32722/jmt.v4i1.5791

### Abstrak

*Belt conveyor adalah salah satu media pengangkutan yang digunakan untuk memindahkan muatan dalam bentuk satuan atau tumpahan curah dari satu sistem operasi yang satu ke sistem yang lain. Di PT Solusi Bangun Indonesia, salah satu belt conveyor digunakan untuk mengangkut dua jenis material secara bergantian yaitu fly ash & bottom ash (FABA) dan silika. Hal itu menyebabkan pengisian bin tidak konsisten ketika kebutuhan material silika dan FABA sedang tinggi pada waktu bersamaan. Selain itu, seringkali terjadi permasalahan pada sistem penggerak belt conveyor yang mengangkut FABA seperti motor trip, chain putus, dan sprocket aus sehingga menyebabkan pengangkutan FABA menjadi terhambat. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi pada sistem penggerak belt conveyor agar transport FABA menjadi lebih lancar. Metode diawali dengan pengambilan data di lapangan atau informasi dari pembimbing, studi literatur, melakukan proses perancangan hingga evaluasi hasil. Modifikasi yang dilakukan yaitu dengan penggantian gearmotor dengan daya sebesar 11 kW dengan output putaran 24 rpm, mengganti sistem transmisi dari chain-sprocket menjadi kopling, serta memperbesar diameter head pulley dari 478 mm menjadi 560 mm untuk meningkatkan kapasitas transport belt conveyor menjadi 125 ton per jam.*

*Kata-kata kunci: FABA, belt conveyor, sistem penggerak, modifikasi*

### Abstract

*Belt conveyor is one of the transportation media used to move material in the form of units or bulk spills from one operating system to another. At PT Solusi Bangun Indonesia, one of the belt conveyor is used to alternately transport two types of materials, namely fly ash & bottom ash (FABA) and silica. It causes inconsistent bin filling when the consumption of silica and FABA materials is high at the same time. In addition, problems with the FABA belt conveyor drive system often occur, such as tripping motors, broken chains, and worn sprockets, causing FABA transport to be disrupted. Therefore, it is necessary to modify the belt conveyor drive system so that FABA transport becomes smoother. The method begins with collecting data in the field or information from supervisors, field studies, carrying out the design process to evaluating the results. The modifications made were by replacing the gearmotor with a power of 11 kW with a rotational output 24 rpm, changing the transmission system from chain-sprocket to a coupling, and increasing the diameter of the head pulley from 478 mm to 560 mm to increase the belt conveyor transport capacity to 125 tons per hour.*

*Keywords: FABA, belt conveyor, drive system, modification*



## 1. PENDAHULUAN

PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri semen. Menurut Bonardo Pangaribuan, semen adalah bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat. Bahan dasar semen umumnya ada tiga macam yaitu kilner yang merupakan hasil olahan pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi, dan tanah liat, gipsium dan material ketiga seperti batu kapur, pozzolan, abu terbang, dan lain-lain. Seiring dengan perkembangan zaman, banyak dilakukan penelitian mengenai bahan baku alternatif pembuatan semen, salah satunya yaitu penelitian mengenai *fly ash* dan *bottom ash* (FABA).

Menurut Kusuma dalam penelitiannya, abu terbang (*fly ash*) merupakan sisa hasil proses pembakaran batubara yang keluar dari tungku pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sedangkan abu dasar (*bottom ash*) merupakan sisa hasil pembakaran batu bara yang mengendap di dasar tungku pembakaran PLTU. Komposisi kimia FABA sebagian besar tersusun dari unsur-unsur Si, Al, Fe, Ca serta Mg, S, dan Na. Unsur dominan dari *fly ash* yaitu  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  masing-masing sebesar 53,49%, 18,29%, dan 11,87% [3]. Sedangkan berdasarkan penelitian Pradita, menyatakan bahwa unsur dominan dari *bottom ash* yaitu  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  masing-masing sebesar 54,80%, 21,15% dan 11,96%.

Apabila dilihat dari kandungan oksidanya, FABA cenderung memiliki persamaan karakteristik oksida dengan tanah liat. Selain itu, kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pada FABA dua kali lebih banyak daripada kandungan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  pada tanah liat, sehingga FABA juga dapat digunakan untuk mensubstitusi material pasir besi. Oleh karena itu, *fly ash* dan *bottom ash* (FABA) merupakan suatu hal yang cukup potensial untuk dikembangkan dan dikelola sebagai bahan baku alternatif penyusun klinker. Melihat potensi tersebut serta tingginya ketersediaan FABA di PLTU kabupaten Cilacap, maka PT Solusi Bangun Indonesia bekerja sama dengan PLTU Sumber Segara Primadaya (S2P) kabupaten Cilacap untuk mengelola FABA sebagai bahan baku alternatif penyusun klinker serta untuk mengurangi limbah FABA yang dihasilkan oleh PLTU.

Proses pengumpanan FABA di PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap, diawali dengan *feeding* ke *hopper* T92-HP1 kemudian ditransport menggunakan *belt conveyor* T92-BC1 menuju *belt conveyor* X92-BC1 dan X92-BC2 kemudian masuk ke *bin* FABA. *Belt conveyor* adalah salah satu media pengangkutan yang digunakan untuk memindahkan muatan dalam bentuk satuan atau tumpahan curah dengan arah horizontal atau membentuk sudut inklinasi dari suatu sistem operasi yang satu ke sistem yang menggunakan sabuk (*belt*) sebagai media penghantar muatannya. *Belt conveyor* T92-BC1 menggunakan motor listrik 3 fasa sebagai penggerak dengan sistem transmisi daya berupa *chain-sprocket* yang terhubung dengan *head pulley*. Desain awal T92-BC1 yaitu menggunakan motor dengan daya 7,5 kW dengan kapasitas transport 120 ton per jam. Namun, motor tersebut sering trip karena *overload*. Selain itu, berdasarkan laporan dari produksi pada bulan Juni 2021 hingga Maret 2022 diketahui bahwa beberapa kali terjadi permasalahan pada *chain-sprocket*. Permasalahan yang terjadi seperti *chain* putus, *chain* kendur, *sprocket* aus, dll. Hal tersebut tentunya menghambat upaya pabrik dalam mengoptimalkan penggunaan FABA sebagai bahan baku alternatif.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan di atas, maka perlu dilakukan modifikasi atau merancang ulang sistem penggerak *belt conveyor* T92-BC1 dengan harapan dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan potensi terganggunya transport FABA yang disebabkan oleh gangguan pada sistem penggerak *belt conveyor* T92-BC1. Selain itu perlu adanya peningkatan kapasitas transport T92-BC1 untuk mengoptimalkan penggunaan FABA serta meminimalisir kemungkinan terjadinya kekosongan bin FABA dan silika ketika konsumsi kedua material tersebut sedang tinggi pada waktu bersamaan.

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah:

1. Modifikasi sistem penggerak *belt conveyor* T92-BC1.
2. Menentukan estimasi keuntungan yang diperoleh dari sisi pembelian bahan baku dengan adanya modifikasi sistem penggerak *belt conveyor* T92-BC1.

## 2. METODE PENELITIAN

Metodologi merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan dan menjawab permasalahan yang telah dirumuskan ke dalam berbagai macam penelitian agar lebih terarah. Berikut merupakan metode-metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini:

### 1. Identifikasi Masalah

Melakukan identifikasi masalah yang terjadi pada sistem penggerak *belt conveyor* T92-BC1 dengan melakukan pengecekan secara langsung di lapangan. Selain itu juga dilakukan analisis kapasitas *transport* T92-

BC1 dengan kebutuhan konsumsi FABA. Kemudian dilakukan diskusi dengan karyawan tentang permasalahan yang terjadi.

## 2. Studi Literatur

Mencari dan mempelajari informasi baik dari manual *book*, histori performa *equipment*, data inspeksi, internet, maupun data *asset* perusahaan yang berkaitan dengan T92-BC1. Data yang dimaksud berupa: *record capacity* di TIS, detail *drawing*, *stop record*, *history work order*, motor dan sistem transmisi *specification sheet*.

## 3. Studi Lapangan

Selain studi dokumen dilakukan juga proses pengumpulan data yang berkaitan dengan T92-BC1 dengan metode wawancara dan observasi langsung di lapangan. Wawancara dilakukan kepada: karyawan *process engineering*, *mechanical raw mill area*, karyawan *electrical raw mill area*, karyawan *preventive maintenance*, dll.

## 4. Pengumpulan, Analisis, dan Pengolahan Data

Setelah didapatkan data dari tahap studi literatur dan studi lapangan, selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisis data. Pengolahan data yang dimaksud adalah analisis masalah pada sistem penggerak *belt conveyor* T92-BC1, analisis data untuk perhitungan modifikasi sistem penggerak *belt conveyor*, analisis biaya pembuatan modifikasi *head pulley*, dll.

Perhitungan modifikasi sistem penggerak *belt conveyor* adalah sebagai berikut.

- Perhitungan *circumference speed belt conveyor* T92-BC1

$$v = \pi \times D \times n \quad (1)$$

Dimana:

$v$  = *circumference speed* (m/min)

$D$  = diameter *head pulley* (m)

$n$  = putaran *head pulley* (rpm)

- Perhitungan luas area pemuatan *belt conveyor* T92-BC1

$$A = K(0,9B - 0,05)^2 \quad (2)$$

Dimana:

$A$  = luas area pemuatan (m<sup>2</sup>)

$K$  = koefisien luas penampang

$B$  = lebar *belt conveyor* (m)

- Perhitungan kapasitas *belt conveyor* T92-BC1

Setelah menentukan besarnya nilai *circumference speed* dan luas penampang pemuatan *belt conveyor*, maka dapat ditentukan kapasitas angkut *belt conveyor* dengan rumus berikut.

$$Q = A \times v \times \gamma \times 60 \times S \quad (3)$$

Dimana:

$A$  = luas area pemuatan (m<sup>2</sup>)

$v$  = *circumference speed* (m/min)

$\gamma$  = *density* FABA (ton/m<sup>3</sup>)

$S$  = koefisien sudut inklinasi

Koefisien sudut inklinasi dapat ditentukan dari tabel 1.

Tabel 1. Koefisien sudut inklinasi

Incline/Decline Angle	Diminishing Coefficient
2	1
4	0.99
6	0.98
8	0.97
10	0.95
12	0.93
14	0.91
16	0.89
18	0.85
20	0.81

- Perhitungan kebutuhan daya *belt conveyor*

Setelah mendapatkan kapasitas angkut *belt conveyor*, maka dapat dilakukan perhitungan daya yang dibutuhkan untuk mengirim material pada *belt conveyor*. Pada kasus ini, perhitungan kebutuhan daya

digolongkan menjadi lima yaitu perhitungan daya pada kondisi tidak ada material di atas *belt conveyor* (*no load power*), daya pada kondisi horizontal, daya pada kondisi inklinasi, daya ketika *extract* material ke *hopper*, dan daya karena resistansi pada *scraper*.

- a. Daya pada kondisi tidak ada material di atas *belt conveyor*

Berdasarkan standar desain *belt conveyor* PT Semen Nusantara, maka perhitungan daya pada keadaan tidak ada beban material di atas belt dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P_1 = \frac{0,06 \times f \times W \times v \times (l + l_0)}{367} \quad (4)$$

- b. Daya kondisi horizpntal (*horizontal load power*)

$$P_2 = \frac{f \times Q \times (l + l_0)}{367} \quad (5)$$

- c. Daya kondisi inklinasi

Untuk menentukan daya kondisi inklinasi, terlebih dahulu tentukan elevasi *belt conveyor* (H) dengan rumus berikut.

$$H = l \times \tan \alpha \quad (6)$$

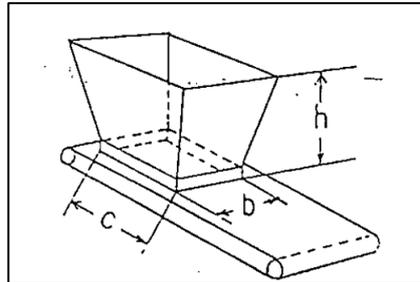
$$P_3 = \frac{H \times Q}{367} \quad (7)$$

- d. Daya ketika *extract* material di *hopper*

*Belt conveyor* T92-BC1 menggunakan *hopper* sebagai tempat *feeding* material. Oleh karena itu, perlu diperhitungan daya yang dibutuhkan ketika *extract* material di *hopper*.

$$P_h = \frac{\frac{1}{3} \times b \times c \times h \times \gamma \times 1000 \times \mu \times v}{6120} \quad (8)$$

Adapaun nilai  $b, c, h$  menunjukan dimensi *hopper* seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. *Hopper*

- e. Daya resistansi pada *scraper*

$$P_s = K \times \frac{\mu \times Q}{367} \times \frac{B}{2} (1 + \mu) \quad (9)$$

Dimana:

$P$  : Daya yang dibutuhkan (kW)

$P_1$  : *No-load power* (kW)

$P_2$  : *Horizontal load power* (kW)

$P_3$  : *Perpendicular load power* (kW)

$f$  : Faktor gesek saat *roller* berputar

$W$  : Berat *belt* yang berputar kondisi tidak ada beban (kg/m)

$v$  : Kecepatan *belt* (m/min)

$H$  : *Lift* (m)

$l$  : Panjang *conveyor* horizontal (m)

$l_0$  : Panjang *conveyor* yang *diadjust* horizontal (m)

$Q$  : Kapasitas *transport* (ton/hour)

$b$  : Lebar *hopper* (m)

- $c$  : Panjang *hopper* (m)  
 $h$  : Tinggi *hopper* (m)  
 $\gamma$  : Massa jenis material ( $\text{ton/m}^3$ )  
 $\mu$  : Faktor gesekan antara material dengan belt (0,4)  
 $K$  : Konstanta (2)

#### 5. Perancangan dan Pengambilan Keputusan untuk Perbaikan

Pengambilan keputusan dihasilkan dari hasil diskusi data dan informasi dengan *raw mill engineer*. Selain data *equipment* yang akurat, dibutuhkan pula informasi berdasarkan pengalaman *mechanical raw mill superintendent* guna membandingkan dan menyempurnakan data. Pihak-pihak lain yang juga terlibat dalam tahap ini ialah *process engineer*, *electrical raw mill superintendent*, *electrical engineer*, *mechanical manager*, dll.

#### 6. Evaluasi

Mengevaluasi nilai perhitungan kapasitas setelah modifikasi. Evaluasi dilakukan dengan melakukan analisis perhitungan kapasitas dari desain modifikasi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Identifikasi Masalah pada Sistem Penggerak *Belt Conveyor T92-BC1*

Berdasarkan hasil wawancara dan analisis di lapangan, hal-hal yang menghambat *transport FABA* melalui *belt conveyor T92-BC1* dikelompokkan menjadi tiga hal yaitu elektrik, mekanik, dan proses.

##### a. *Electrical*

Desain awal *belt conveyor T92-BC1* yaitu memiliki kapasitas 120 ton per jam dengan daya motor 7,5 kW. Berdasarkan informasi dari tim elektrik, diketahui motor tersebut sering *trip* karena *overload*. Sehingga tim elektrik merencanakan *upgrade* motor menjadi 11 kW. Namun, pada tanggal 12 Januari 2021 sebelum motor yang baru tersedia, motor 7,5 kW mengalami *ground fault*.

##### b. *Mechanical*

Permasalahan pada T92-BC1 dilihat dari sisi mekanik yaitu kerusakan pada sistem transmisi yang berupa *chain-sprocket*. Penyebab kerusakan pada *chain-sprocket* yaitu karena spesifikasi *chain-sprocket* yang digunakan tidak sesuai dengan kebutuhan. Serta diperparah dengan kondisi lingkungan yang berdebu sehingga menyebabkan kegagalan pada sistem lubrikasi *chain-sprocket*.

##### c. *Process*

Selain karena permasalahan elektrik dan mekanik, potensi terhambatnya *transport FABA* melalui T92-BC1 menuju bin juga dapat disebabkan karena alat *transport* yang digunakan untuk menuju *bin* bergantian dengan silika dan pasir besi (kondisi tertentu). Sehingga ketika kebutuhan kedua material sedang tinggi pada waktu bersamaan, *transport FABA* harus dihentikan terlebih dahulu untuk memenuhi kebutuhan silika.

#### 2. Analisis Kebutuhan

Berdasarkan analisis permasalahan di atas serta pengalaman dari karyawan PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap, maka diperlukan modifikasi pada sistem penggerak *belt conveyor T92-BC1* yang dapat memenuhi kriteria berikut.

- Mudah dalam proses fabrikasi
- Mudah dalam instalasi
- Sesuai dengan kondisi lingkungan operasi
- Memerlukan sedikit perawatan
- *Sparepart* mudah didapat

#### 3. Perhitungan

##### a. Menentukan kapasitas *belt conveyor T92-BC1*

Untuk menentukan kapasitas angkut *belt conveyor*, maka tentukan nilai dari *circumference speed* dan luas penampang pemuatan *belt conveyor*. Diketahui bahwa diameter *head pulley* yaitu 0,56m dan putaran *pulley* 24 rpm, sehingga berdasarkan pada persamaan 1 diperoleh *circumference speed belt conveyor* sebesar 42,223 m/min.

Selanjutnya yaitu menentukan luas penampang pemuatan *belt conveyor*. Berdasarkan standar *surchage angle material* menurut *bridgestone corporation* diketahui *surchage angle belt conveyor* T92-BC1 yaitu 20°. Sehingga didapatkan koefisien luas penampang (K) sebesar 0,1488. Sehingga luas penampang pemuatan T92-BC1 dengan lebar belt 0,61 m yaitu 0,03705 m<sup>2</sup>.

Berdasarkan *drawing belt conveyor* T92-BC1 diketahui sudut inklinasi *belt conveyor* sebesar 5,43°. Koefisien sudut inklinasi *belt conveyor* dapat ditentukan berdasarkan standar koefisien sudut inklinasi menurut *bridgestone corporation* menggunakan rumus interpolasi dan didapatkan koefisien sudut inklinasi 0,983.

Berdasarkan uji *density* yang dilakukan pada bulan Juni 2022 di laboratorium *concrete* PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Cilacap, didapatkan *density* FABA sebesar 1,354 ton/m<sup>3</sup>. Berdasarkan data di atas maka diperoleh kapasitas *belt conveyor* T92-BC1 yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Kapasitas Belt Conveyor T92-BC1

Circumference speed (v)	42,223	m/min
Luas pemuatan belt conveyor (A)	0,03705	m <sup>2</sup>
Density FABA	1,354	ton/m <sup>3</sup>
Koefisien sudut inklinasi (S)	0,983	
Kapasitas belt conveyor (Q)	124,9	ton/hour

Jadi kapasitas *belt conveyor* T92-BC1 dengan diameter *head pulley* 0,56 m dan putaran *output reducer* 24 rpm, maka kapasitas *belt conveyor* yaitu 124,9 ton/hour atau dibulatkan menjadi 125 ton/hour.

b. Menentukan daya yang dibutuhkan *belt conveyor*

Berdasarkan perhitungan daya sesuai persamaan 4 sampai dengan 9 maka total daya yang dibutuhkan yaitu

$$P_{total} = 0,5337 + 0,7414 + 1,0678 + 6,782 + 0,1163 = 9,241 \text{ kW} \quad (10)$$

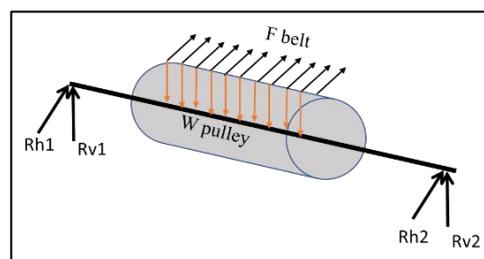
Maka daya motor yang digunakan yaitu daya yang dibutuhkan dibagi dengan efisiensi sebagai berikut.

$$P_M = \frac{P}{\eta} = \frac{9,241}{0,9} = 10,268 \text{ kW} \quad (11)$$

Jadi, daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan *belt conveyor* T92-BC1 dengan kapasitas 124,93 tph yaitu 10,268 kW. Jadi daya motor yang akan digunakan 11 kW dapat dikatakan aman.

c. Menentukan Diameter Poros *Head Pulley*

Untuk menentukan diameter minimal poros *head pulley* yang digunakan, maka tentukan gaya-gaya yang bekerja pada poros. Dalam hal ini, gaya yang bekerja pada poros *head pulley* terdiri dari gaya tarik *belt* serta gaya berat dari *head pulley* sendiri. Arah gaya pada poros *head pulley* dapat dilihat pada gambar 2.



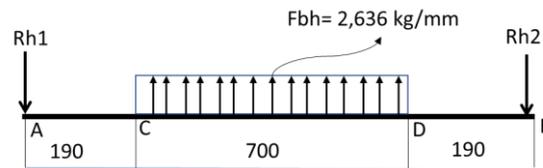
Gambar 2. Gaya pada poros

Gaya berat *head pulley* diperoleh dari berat *head pulley* (kg) dibagi dengan panjang *head pulley* (mm), diperoleh gaya berat *head pulley* (W) sebesar 0,1934 kg/mm. sedangkan gaya pada *pulley* karena tarikan *belt* diperoleh dari tarikan maksimal *belt* dibagi dengan panjang *head pulley*, sehingga diperoleh *F belt* 2,6476 kg/mm. dikarenakan *belt conveyor* T92-BC1 merupakan *belt conveyor* yang memiliki sudut inklinasi sebesar 5,43°, maka gaya karena tarikan *belt* diuraikan sebagai berikut.

$$F_{bh} = F_{belt} \times \cos 5,43 = 2,6476 \text{ kg/mm} \times \cos 5,43 = 2,636 \text{ kg/mm} \quad (12)$$

$$F_{bv} = F_{belt} \times \sin 5,43 = 2,6476 \text{ kg/mm} \times \sin 5,43 = 0,251 \text{ kg/mm} \quad (13)$$

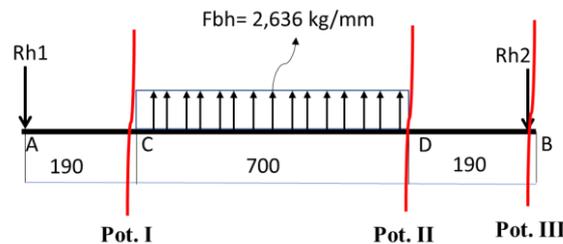
Untuk menentukan gaya reaksi pada poros *head pulley* arah horizontal, maka uraikan gaya-gaya yang bekerja pada poros tersebut seperti gambar 3.



Gambar 3. Gaya arah horizontal

$$\begin{aligned} \sum M_{rh2} &= 0 & (14) \\ R_{h1} \times 1080 - F_{bh} \times 700 \times \left( \frac{700}{2} + 190 \right) &= 0 \\ R_{h1} \times 1080 - F_{bh} \times 700 \times \left( \frac{700}{2} + 190 \right) &= 0 \\ R_{h1} = R_{h2} &= \frac{2,636 \times 700 \times \left( \frac{700}{2} + 190 \right)}{1080} = \frac{996291,3}{1080} = 922,49 \text{ kg} \end{aligned}$$

Selanjutnya yaitu menentukan momen horizontal. Untuk mempermudah dalam menentukan momen *bending* arah horizontal, maka uraikan gaya-gaya yang bekerja pada poros *head pulley* dan lakukan perhitungan dengan cara membuat potongan seperti gambar 4.



Gambar 4. Potongan arah horizontal

Potongan I

$$\begin{aligned} \sum M_c &= 0 & (15) \\ R_{h1} \times x_1 &= 0 \\ 922,49 \times x_1 &= 0 \\ 0 \leq x_1 &\leq 190 \end{aligned}$$

Potongan II

$$\begin{aligned} \sum M_D &= 0 & (16) \\ R_{h1} \times (190 + x_2) - (F_{bh} \times x_2) \times \frac{x_2}{2} &= 0 \\ 922,49 \times (190 + x_2) - (2,636 \times x_2) \times \frac{x_2}{2} &= 0 \\ 0 \leq x_2 &\leq 700 \end{aligned}$$

Potongan III

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 & (17) \\ R_{h1} \times (890 + x_3) - (F_{bh} \times 700) \times \left( \frac{700}{2} + x_3 \right) &= 0 \\ 922,49 \times (890 + x_3) - (2,636 \times 700) \times \left( \frac{700}{2} + x_3 \right) &= 0 \\ 922,49 \times (890 + x_3) - (2,636 \times 700) \times \left( \frac{700}{2} + x_3 \right) &= 0 \\ 0 \leq x_3 &\leq 190 \end{aligned}$$

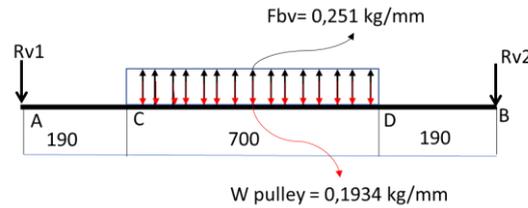
Berdasarkan perhitungan momen horizontal di atas, maka didapatkan grafik bidang momen vertikal seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Bidang momen horizontal

Berdasarkan Gambar 6. dapat disimpulkan besarnya momen horizontal maksimal adalah 336709,5466 kgmm.

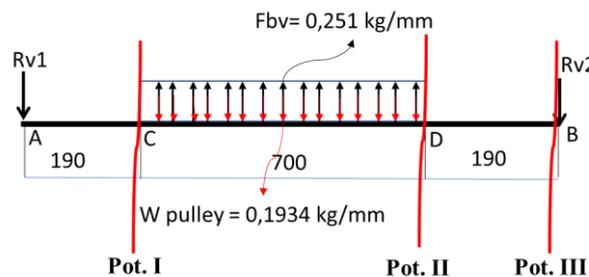
Setelah mendapatkan momen horizontal maksimal, selanjutnya yaitu menentukan momen vertikal maksimal. Untuk itu tentukan gaya yang bekerja pada poros dengan arah vertikal seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Gaya arah vertikal

$$\begin{aligned} \sum M_{rv2} &= 0 & (18) \\ R_{v1} \times 1080 - F_{bv} \times 700 \times \left(\frac{700}{2} + 190\right) + W_{pulley} \times 700 \times \left(\frac{700}{2} + 190\right) &= 0 \\ R_{v1} \times 1080 + (W_{pulley} - F_{bv}) \times 700 \times \left(\frac{700}{2} + 190\right) &= 0 \\ R_{v1} \times 1080 + (0,1934 - 0,251) \times 700 \times \left(\frac{700}{2} + 190\right) &= 0 \\ R_{v1} &= \frac{21618,7}{1080} = 20,0174 \text{ kg} = R_{v2} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan gaya reaksi vertikal, selanjutnya yaitu menentukan momen vertikal maksimal. Untuk menentukan momen vertikal, maka uraikan gaya-gaya yang bekerja pada poros head pulley dan lakukan perhitungan dengan cara membuat potongan seperti gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Potongan arah vertikal

Potongan I

$$\begin{aligned} \sum M_c &= 0 & (19) \\ R_{v1} \times x_1 &= 0 \\ 20,0174 \times x_1 &= 0 \end{aligned}$$

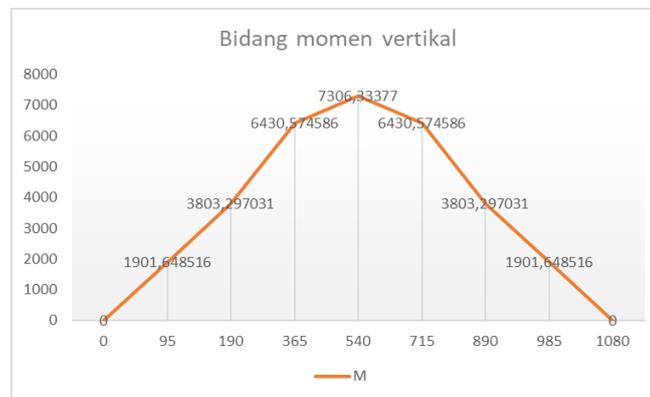
Potongan II

$$\begin{aligned} \sum M_D &= 0 & (20) \\ R_{v1} \times (190 + x_2) - \left( (F_{bv} \times x_2) \times \frac{x_2}{2} \right) + \left( (W_{pulley} \times x_2) \times \frac{x_2}{2} \right) &= 0 \\ 20,0174 \times (190 + x_2) - \left( (0,251 \times x_2) \times \frac{x_2}{2} \right) + \left( (0,1934 \times x_2) \times \frac{x_2}{2} \right) &= 0 \\ 0 \leq x_2 &\leq 700 \end{aligned}$$

Potongan III

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 & (21) \\ R_{v1} \times (890 + x_3) - (F_{bv} \times 700) \times \left( \frac{700}{2} + x_3 \right) + (W_{pulley} \times 700) \times \left( \frac{700}{2} + x_3 \right) &= 0 \\ R_{v1} \times (890 + x_3) + ((W_{pulley} - F_{bv}) \times 700) \times \left( \frac{700}{2} + x_3 \right) &= 0 \\ 20,0174 \times (890 + x_3) + ((0,1934 - 0,251) \times 700) \times \left( \frac{700}{2} + x_3 \right) &= 0 \\ 0 \leq x_3 &\leq 190 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan momen vertikal di atas, maka didapatkan grafik bidang momen vertikal seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Momen arah vertikal

Jadi, besarnya momen vertikal maksimal adalah 7306,33 kgmm. Setelah diperoleh momen horizontal dan vertikal maksimal, maka momen maksimal pada poros yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Mb &= \sqrt{M_h^2 + M_v^2} & (22) \\ Mb &= \sqrt{336709,5466^2 + 7306,33^2} = 336788,8 \text{ kgmm} \end{aligned}$$

Daya motor yang digunakan untuk menggerakkan *head pulley* T92-BC1 adalah 11 kW. Sehingga nilai daya rencana ( $Pd$ ) dan torsi rencana ( $T$ ) dapat ditentukan.

$$Pd = 11 \text{ kW} \times 1,2 = 13,2 \text{ kW} \quad (23)$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n} \quad (24)$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{13,2}{24} = 535700 \text{ kgmm}$$

Material poros yang digunakan yaitu S.A.E 4340 = AISI 4340, dengan *tensile strength* 745 N/mm<sup>2</sup> atau 75,96 kg/mm<sup>2</sup>.

$Sf1$  = 6 untuk bahan S-C dan baja paduan

$Sf2$  = 1,3 untuk pengaruh konsentrasi tegangan dan kekasaran permukaan.

$$\tau a = \frac{\sigma a}{sf1 \times sf2} \text{ kg/mm}^2 \quad (25)$$

$$\tau a = \frac{75,96}{6 \times 1,3} = 9,738 \text{ kg/mm}^2$$

$$ds \geq \left[ (5,1/\tau a) \sqrt{(Km \cdot M^2) + (Kt \cdot T^2)} \right]^{1/3} \quad (26)$$

Faktor koreksi untuk momen puntir ( $Km$ ) = 2 (untuk beban dengan tumbukan)

Faktor koreksi untuk momen puntir ( $Kt$ ) = 1,5 (untuk beban kejutan)

$$ds \geq \left[ (5,1/9,738) \sqrt{(2.336788,8^2) + (1,5.535700^2)} \right]^{1/3}$$

$$ds \geq 81,887 \text{ mm}$$

Jadi diameter minimum untuk poros *head pulley* adalah 81,887 mm sedangkan diameter poros yang digunakan yaitu 90 mm, sehingga poros dapat dikatakan aman.

## 4. KESIMPULAN

### 1. Kesimpulan

- Modifikasi yang dilakukan pada sistem penggerak *belt conveyor* T92-BC1 untuk mengoptimalkan kinerja *belt conveyor* dalam *transport* FABA yaitu dengan mengganti motor penggerak menjadi 11 kW, mengganti sistem transmisi dari *chain-sprocket* menjadi *coupling*, dan memperbesar diameter *head pulley* dari 478 mm menjadi 560 mm.
- Keuntungan yang akan diperoleh dengan melakukan modifikasi pada sistem penggerak T92-BC1 yaitu penggunaan FABA dapat dioptimalkan dengan meminimalisir kemungkinan terjadinya kerusakan pada sistem penggerak serta meningkatkan terjadinya kerusakan pada sistem penggerak serta meningkatkan kapasitas *transport* FABA. Sehingga potensi keuntungan biaya produksi untuk pembelian bahan baku material yang diperoleh sebesar Rp 2.997.968.161,40 per tahun.

### 2. Saran

- Modifikasi sistem penggerak *belt conveyor* T92-BC1 agar dapat direalisasikan untuk mengoptimalkan kinerja *belt conveyor*.
- Setelah modifikasi ini dilakukan, maka lakukan inspeksi pada komponen *belt conveyor* seperti kondisi *roller* dan *chute*.
- Pastikan kondisi material di bawah *hopper* sudah kosong ketika melakukan pengisian material ke *hopper*.

## REFERENSI

1. Production Division PT Semen Nusantara, *Belt Conveyor*. 1986.
2. Bridgestone Corporation, "Conveyor Belt Design Manual," 2014.
3. Sularso; Kiyokatsu Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, 11th ed. Pradnya Paramita, 2004.
4. A. N. Rahmatika, "PENINGKATAN KAPASITAS BELT CONVEYOR X92-BC1," 2020.
5. ABB, "Technical Information System." <http://bc-cc-tis-srv/km/>. (accessed May 10, 2022).
6. Erda Cantia; Herjuno Jati; Mita Kusumaningrum, *Penghematan Sumber Daya Alam Tanah Liat dan Pasir Besi dengan Pemanfaatan FABA dalam Industri Semen*. Cilacap: PT Solusi Bangun Indonesia Tbk Pabrik Cilacap, 2020.
7. H. Sugiharto and G. H. Kusuma, "PENGGUNAAN FLY ASH DAN VISCOCRETE PADA SELF COMPACTING CONCRETE," *Dimensi Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 30–35, 2001, [Online]. Available: <http://puslit.petra.ac.id/journals/civil>
8. S. Pradita, A. Kurniawandy, and Z. Djauhari, "PEMANFAATAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PASIR PADA BETON MUTU NORMAL," Pekanbaru. Accessed: May 11, 2022. [Online]. Available:

[https://repository.unri.ac.id/bitstream/handle/123456789/4596/SURYAPRADITA\\_0807121053.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unri.ac.id/bitstream/handle/123456789/4596/SURYAPRADITA_0807121053.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

9. Suryadi Dedi, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE BELT CONVEYOR," 2018.
10. A. W. Ummami, "PERENCANAAN ULANG BELT CONVEYOR UNTUK MESIN PENGHANCUR BATU DENGAN KAPASITAS 30 TON/JAM," Surabaya, 2018.