

ANALISIS TEGANGAN SHAFT DRIVE PULLEY PADA BELT CONVEYOR DI PT. BUKIT ASAM (PERSERO) TBK. TANJUNG

ENIM

Hendri Chandra, Muhammad Andri

Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indonesia

E-mail : Hendrichandra@ft.unsri.ac.id, muhammad.andretm12@gmail.com

ABSTRAK

Desain *shaft drive pulley* yang digunakan diperuntukan untuk pengangkutan material angkut yang lama, yaitu campuran batubara dan tanah dengan masa jenis yang lebih berat, sedangkan sekarang hanya mengangkut batubara jenis sub bituminus dari *stockpile* yang telah tersedia. Perlu dilakukan analisis bagaimana kondisi tegangan *shaft drive pulley* jika material angkut hanya batubara jenis sub bituminus. Analisis tegangan yang terjadi pada *shaft drive pulley* akibat pembebanan lentur dan puntir, selain secara teoritis juga diperlukan simulasi menggunakan software *Autodesk Inventor 2016* dengan input data dari gaya resultan tarikan belt, gaya dari beban *drive pulley*, gaya dari komponen penggerak serta torsi yang dialami poros dari motor penggerak. Hasil analisis menunjukkan bahwa, *shaft drive pulley* dalam kondisi aman digunakan untuk pembebanan yang dilakukan karena nilai tegangan *Von Mises* masih jauh dibawah *endurance limit* material tersebut. Hasil simulasi dengan menggunakan software *Autodesk Inventor 2016* juga sesuai dengan perhitungan teoritis yang menunjukkan kondisi kritis pada bagian akhir diameter terkecil sebelum kenaikan tingkatan poros dengan *safety factor* yang tidak berbeda jauh sebesar 3,06 dan 3,38. Nilai tegangan pada kondisi kritis poros pada profil *chamffer* sebaiknya dihindari dan diganti dengan radius atau *fillet* sehingga mengurangi konsentrasi tegangan yang terjadi pada bagian tersebut.

Kata Kunci: *Shaft Drive Pulley, Analisis tegangan, Tegangan Von Mises, Autodesk Inventor 2016.*

PENDAHULUAN

Belt conveyor merupakan salah satu alat angkut material yang paling banyak di pakai di industri. Pada kerja *belt conveyor*, seluruh proses pemindahan material oleh *belt conveyor* di

jalankan oleh motor listrik yang memutar *drive pulley*. Pada bagian dalam *drive pulley* tersebut terdapat poros atau *shaft* yang meneruskan tenaga dari motor listrik yang berguna untuk memutar *drive pulley* sehingga disebut *shaft drive pulley*. Pada *shaft drive pulley* terdapat berbagai macam gaya-gaya yang bekerja dari pembebanan yang diberikan di sistem *belt conveyor* itu sendiri. Bekerjanya gaya ini pada poros akan mengakibatkan terjadinya tegangan di dalam struktur material poros tersebut. Tegangan pembebanan maksimum akibat gaya sangat menentukan sekali bagi keberhasilan material poros untuk bertahan dari kerusakan. Sehingga menjadi batasan maksimum bagi kekuatan struktur material benda untuk bertahan dari pembebanan lebih atau diluar kondisi normal operasi pada *shaft drive pulley* tersebut. Maka, untuk menghindari kegagalan material dalam menghadapi pembebanan, besarnya tegangan pembebanan yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan izin dari material yang digunakan.

Desain *shaft drive pulley* yang digunakan diperuntukan untuk pengangkutan material angkut yang lama, yaitu campuran batubara dan tanah dengan masa jenis yang lebih berat, sedangkan sekarang hanya mengangkut batubara dari *stockpile* yang telah tersedia. Perlu dilakukan analisis bagaimana kondisi tegangan *shaft drive pulley* jika material angkut hanya batubara. Dalam melakukan analisis tegangan yang terjadi akibat pembebanan atau gaya-gaya yang terjadi pada *shaft drive pulley*, selain secara teoritis juga diperlukan simulasi menggunakan software *Autodesk Inventor 2016* dengan input data dari gaya resultan tarikan belt, gaya dari beban *drive pulley*, gaya dari komponen penggerak serta torsi yang dialami poros dari motor penggerak. Sehingga penulis dapat menganalisis gaya -gaya yang terjadi pada poros yang mengakibatkan terjadinya tegangan pada poros tersebut dan menganalisis daerah kritis yang sering mengakibatkan kerusakan pada *shaft drive pulley*. Setelah mendapatkan hasil dari analisis yang dilakukan, dapat diberikan saran dalam mengurangi konsentrasi tegangan yang mengakibatkan kerusakan pada *shaft drive pulley* tersebut.

Tinjauan Pustaka

Shaft atau poros merupakan suatu bagian stasioner yang berpenampang bulat yang menerima beban lentur, puntir dan gabungannya. Pada penelitian kali ini penulis melakukan analisis tegangan pada *shaft drive pulley* dengan karakteristik poros pejal dengan kombinasi beban lentur dan puntir. Teori yang digunakan yaitu teori kegagalan Von Mises dan dibandingkan dengan *endurance limit* material secara empiris. Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}} \quad (1)$$

$$\sigma_e = 0,34 S_u \quad (2)$$

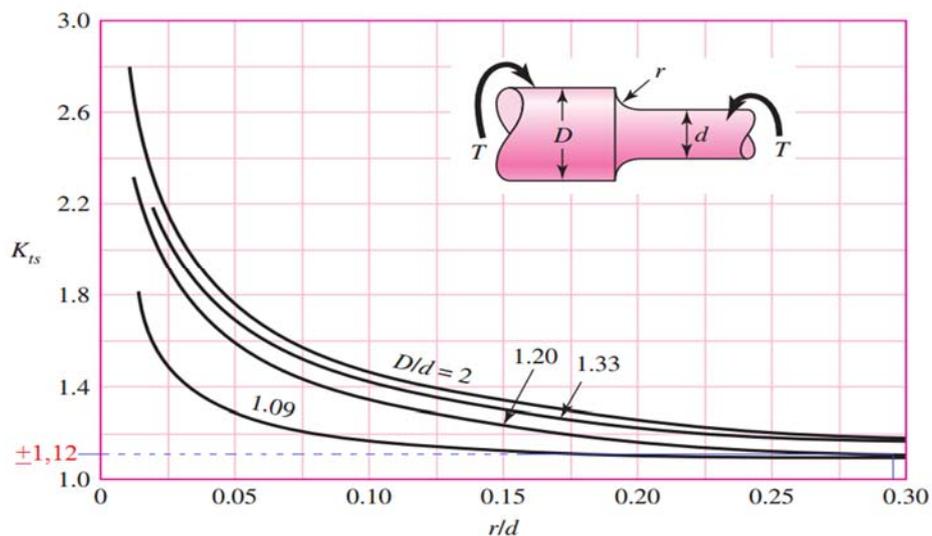
$$\sigma_v = \sigma_e, \quad (\text{Terjadinya kegagalan}) \quad (3)$$

Nilai tegangan yang terjadi pada poros dengan arah sumbu multi aksial didapat dari momen dan torsi yang terjadi pada *shaft drive pulley* tersebut dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{32 M}{\pi d^3} \quad (4)$$

$$\tau = \frac{16 T}{\pi d^3} \quad (5)$$

Konsentrasi tegangan yang terjadi dengan profil chamfer menggunakan pendekatan *Peterson Factors for Stress Concentration* (K_t).



Gambar 1. *Peterson Factors for Stress Concentration* (K_t)

Sehingga nilai tegangan maksimum pada daerah kritis poros di pengaruhi besaran nilai K_t :

$$\sigma_{\max} = K_t \cdot \sigma_v \quad (6)$$

parameter data yang didapat dari *Design Project P83BA* sebagai berikut :

- Jalur conveyor excavating 40

Panjang jalur, L = 483,4 m

ketinggian jalur, H = 36 m

Kecepatan belt, v = 5,5 m/s

Koefisien panjang konveyor, C = 1,23 pada jalur 483,4 m

Koefisien gesek, f = 0,023 (kondisi operasi $v > 5,5$ m/s)

- Material yang di angkut

Massa jenis batubara, γ = 0,80 t/m³ (Sub-bituminus, run of mine)

Sudut surcharge material, α = 25° (Sub-bituminus ROM, $\gamma = 0,80$ t/m³)

Cross Section Area, A = 0,18774 m² pada $\alpha : 25^\circ$ dan $\beta : 40^\circ$

Massa material q_G = 150,19 kg/m

Massa belt, q_B = 47,9 kg/m

- Spesifikasi idler yang dibutuhkan

Massa idler pembawa, M_{Ro} = 29,0 kg/m

Jarak antar idler pembawa, S_{RO} = 1,25 m

Massa idler balikan, M_{Ru} = 5,5 kg/m

Jarak antar idler balikan, S_{RU} = 6,25 m

Sudut gantung idler balikan, ε = 15°

Sudut gantung idler pembawa, β = 40°

Faktor lintasan sabuk, C_ε = 0,47 untuk sudut idler 40° (interpolasi)

- Spesifikasi puli yang dibutuhkan

Sudut kontak puli dan belt, φ = 189°

Sudut Antara puli atas

dan puli bawah, α = 9°

Sudut belt dan konstruksi

drive unit CE 40, β	= 12°
Massa puli	= 4622 kg
Diameter puli	= 1250 mm
Panjang puli	= 1400 mm
Koefisien gesek puli dan <i>belt</i> , μ	= 0,45
• Beban dari komponen penggerak	
Beban drive unit 380 kw	= 10,1 ton (motor listrik, gearbox dan ponton)
Panjang ponton	= 5250 mm (tahanan komponen penggerak)

3. Data Pembebanan Puntir

Beban puntir yang dialami oleh poros akibat dari torsi yang diberikan pada kedua ujung poros dari motor listrik *conveyor excavating 40*. Dengan data sebagai berikut :

Daya motor maximum, P	= 380 kW
Efisiensi, η_{motor}	= 0,80
Daya motor sebenarnya, P_{act}	= 303 kW
Gear rasio reducer, i	= 1 : 11,95
Putaran input, n_1	= 980 rpm
Putaran output, n_2	= 82 rpm
Kecepatan sudut input, ω_1	= $\frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 980 \text{ rpm}}{60} = 102,67 \text{ rad/s}$
Kecepatan sudut output, ω_2	= $\frac{2\pi n_2}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 82 \text{ rpm}}{60} = 8,59 \text{ rad/s}$
Tegangan pada motor, V	= 6000 V
Arus operasi normal, I_{max}	= 40 s/d 48 A
Arus beban kosong, I_{min}	= 15 A

Data yang didapat dari pembebanan lentur dan puntir diatas di ubah ke gaya pada sumbu multi aksial dan mendapatkan momen pada setiap diameter yang akan dianalisis. Untuk nilai gaya yang didapat dari kondisi pembebanan diatas sebagai berikut:

- Gaya resultan tarikan belt atas dan bawah (F_R)

Menggunakan referensi buku *Perencanaan, Pemasangan & Perawatan Konveyor Sabuk dan Peralatan Pendukung* (Toha, J. 2002) DIN 22101 didapat gaya tarik belt sebesar 133605,66 N

- Gaya akibat beban puli (F_P)

Beban yang diberikan oleh puli akibat dari instalasi puli ke poros sebagai mentransfer putaran belt, sehingga gaya akibat beban puli tersebut sebesar 45341,82 N

- Gaya dari beban komponen penggerak (F_D)

Beban yang diberikan oleh komponen penggerak terjadi pada ujung poros sebagai mentransfer putaran motor penggerak sebesar 49540,5 N

Simulasi

Simulasi dilakukan untuk mendapatkan distribusi tegangan yang dialami pada *shaft drive pulley*, juga sebagai pembandingan dari hasil teoritis yang dilakukan. Jenis simulasi yang dilakukan pada penelitian kali ini menggunakan *Environment-Static Analysis* dengan setengah pemodelan dan beban yang diberikan. Pemberian beban dilakukan pada saat sepanjang jalur *belt conveyor* terisi penuh batubara. Proses simulasi yang dilakukan pada Autodesk Inventor 2016 ini terbagi dalam tahap pre-processing dan post processing.

1. Tahap pre-processing

Pada tahap ini dilakukan pemodelan desain dan penentuan jenis material yang digunakan pada *shaft drive pulley*.

3. Tahap post-processing

Pada tahap ini masuk ke proses simulasi yang dimulai dari pemberian meshing, kondisi batas, input data, run simulasi dan result yang didapat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil penelitian

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, hasil yang didapat sebagai berikut:

- Analisis tegangan yang dilakukan pada penelitian kali ini secara teoritis dan simulasi. Nilai tegangan yang didapat pada setiap tingkatan diameter ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Diameter	Tegangan Von	Faktor	Tegangan Von	Faktor	Persentase eror (%)
	Mises, (Teoritis)	keamanan, (Teoritis)	Mises, (Simulasi)	keamanan, (Simulasi)	
180 mm	50,69 MPa	3,79	51,81 MPa	3,71	2,21 %
210 mm	37,82 MPa	5,08	38,36 MPa	5,01	1,43 %
260 mm	29,63 MPa	6,48	28,57 MPa	6,72	3,58 %
320 mm	11,55 MPa	16,54	10,52 MPa	18,26	8,87 %

- b. Nilai tegangan pada kondisi kritis yang terjadi pada bagian akhir diameter 180 mm sebelum kenaikan tingkatan poros dengan profil *chamffer* ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Diameter (kondisi kritis)	Tegangan Von Mises, (Teoritis)	Faktor keamanan, (Teoritis)	Tegangan Von Mises, (Simulasi)	Faktor keamanan, (Simulasi)	Persentase eror (%)
180 mm	56,77 MPa	3,38	62,77 MPa	3,06	9,5 %

2. Pembahasan

- Sebagai pembantu untuk mengetahui distribusi tegangan yang terjadi, dilakukan simulasi dengan membandingkan hasil teoritis yang didapat. Hasil yang didapat masih dibawah toleransi 10 persen sehingga masih relevan dengan perhitungan teoritis yang dilakukan.
- Setelah melakukan analisis tegangan pada *shaft drive pulley*, kita ketahui desain yang digunakan masih dalam kondisi aman. Teori yang digunakan dengan batas kelelahan poros pada *endurance limit* 192,1 MPa masih jauh dari kondisi tegangan maksimm yang terjadi sebesar 56,77 MPa.
- Nilai tegangan yang didapat secara teoritis pada kondisi kritis poros menggunakan pendekatan *Peterson Factors for Stress Concentration* (K_t) pada profil *chamffer*. Untuk mengurangi konsentrasi tegangan yang terjadi disarankan menggunakan profil *fillet* dengan radius tertentu.

KESIMPULAN

Analisis tegangan yang dilakukan pada *shaft drive pulley* menunjukkan bahwa desain masih dalam kondisi aman digunakan karena dibawah *endurance limit* material tersebut. Untuk mengurangi konsentrasi tegangan, sebaiknya desain yang dibuat pada tingkatan poros tidak menggunakan profil *chamffer*, atau dibuat dengan radius berprofil *fillet*. Kondisi desain yang berbentuk tajam sebaiknya dihindari, karena pada desain tersebut membuat terjadinya kegagalan semakin besar.

REFERENSI

- [1] James, D. 2008. Perancangan Sistem Konveyor Kapasitas 1500 TPH dan Analisa Kekuatan Pin pada Rantai Reclaime Feeder. Depok: Departemen Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

-
- [2] Toha, J. 2002. Perencanaan, Pemasangan & Perawatan Konveyor Sabuk dan Peralatan Pendukung. Bandung: PT.JUNTO Engineering.
 - [3] Budynas, R.G and Nisbett, J.K. 2008. Shigley's Mechanical Engineering Design..Ninth Edition In SI Unit. USA: The McGraw-Hill Companies
 - [4] Callister Jr, W.D. 2007 Material Science and Engineering: An Introduction. New York: John Wiley&Sons Inc
 - [5] Gross, D., et al., 2011. Engineering Mechanics 2 Mechanics of Material. Verlag Berlin Heidelberg : Springer
 - [6] Gross, D., et al. 2009. Engineering Mechanics 1 – Statics. First Volume: Springer.
 - [7] Khurmi, R.S. and Gubta, J.K. 2005. Mechine Design. New Delhi : Eurasia Publishing House.