

# OPTIMASI JARAK *ADJUSTMENT TENSIONING DEVICE* PADA *DRAG CHAIN CONVEYOR*

Budi Setiyana <sup>1)</sup>

## Abstrak

*Drag Chain Conveyor (DCC)* adalah salah satu jenis alat transport untuk memindahkan material baik powder maupun granular dari suatu unit produksi ke unit produksi yang lain. *Drag Chain Conveyor* yang diteliti digunakan untuk memindahkan batubara dari Bin batubara (*Feed Bin*) ke penggilingan batubara (*Coal Mill*) pada pabrik semen. Performa *drag chain conveyor* lulus uji pada kondisi tanpa beban, akan tetapi setelah selama tiga minggu beroperasi dengan kapasitas beban penuh, timbul beberapa masalah, yaitu terjadi defleksi yang diikuti dengan kegagalan pada sambungan antara drag (*penyekrap*) dengan chain link yang disebabkan oleh masuknya bongkahan benda asing (*batu/kayu*) dan kegagalan pin link pada chain karena chain terjepit di daerah *double liner*. Permasalahan tersebut menyebabkan macetnya pasokan umpan batubara untuk kebutuhan pembakaran. Tulisan ini membahas permasalahan mengenai kerusakan system *Drag Chain Conveyor* akibat putusnya chain link disertai dengan analisis jarak penyetulan yang optimal dari pegas *tensioning device* agar aman dalam operasinya.

Kata Kunci : *Drag Chain Conveyor, tensioning device*

## PENDAHULUAN

Untuk menjalankan aktivitas produksinya salah satu Pabrik Semen menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya. Kapasitas batubara yang digunakan adalah sebanyak 40,33 ton/jam untuk kebutuhan pemanasan di suspension preheater dan rotary kiln. Syarat batubara sebagai umpan pembakaran pada rotary kiln dan pemanasan pada suspension preheater yaitu memiliki kandungan air 0,5 – 1 % dan kehalusan 80 % ayakan atau  $\pm 90$  mikron.

Untuk mendapatkan nilai bakar yang tinggi maka batubara perlu mengalami proses pengilingan dan pengurangan kadar air. Sebelum masuk ke alat penggiling batubara (*coal mill*), batubara dari open yard diangkut oleh *wheel loader* dan dimasukkan ke dalam hopper. Dari hopper, batubara dibawa oleh sistem conveyor masuk ke dalam storage pile untuk dibagi menjadi beberapa bagian dengan kapasitas tertentu. Setiap bagian tersebut berkapasitas 7500 ton. Dari storage pile, batubara dibawa oleh sistem conveyor masuk kedalam feed bin. Dari feed bin, batubara ditransfer oleh *drag chain conveyor* masuk ke dalam *coal mill*.

Telah diketahui bahwa alat transport sangat penting dalam industri terutama pabrik semen. Alat-alat transport yang dimaksud adalah alat yang digunakan untuk memindahkan material dari satu unit proses produksi ke unit lainnya.

Dalam memilih alat transport yang sesuai dengan material yang dipindahkan maka alat transport harus mempunyai mekanisme yang tinggi, tidak merusak beban yang diangkut, aman dalam operasi, dan ekonomis dalam pengoperasian maupun dalam investasinya.

Faktor-faktor teknis yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan alat transport diantaranya adalah sebagai berikut :

1. *Sifat material yang diangkut.*  
Sifat sifat tersebut misalnya adalah ukuran material, kelembaban, suhu, sifat lengket, tingkat kekerasan, tingkat keabrasian, dan pengaruh dengan lingkungan.
2. *Kapasitas alat transport yang diperlukan*  
Hal ini dipertimbangkan untuk kebutuhan yang akan digunakan dan kemungkinan adanya pengembangan dalam jangka pendek atau panjang.
3. *Kondisi tempat dimana alat akan ditempatkan*  
Ini menyangkut lay-out penempatan alat tersebut, dan juga mempertimbangkan segi lingkungan termasuk cuaca.
4. *Karakter proses*  
Karakter proses sangat mempengaruhi dalam pemilihan alat transport terutama jika menyangkut kelembaban, suhu, jumlah udara yang masuk ke dalam proses selanjutnya dan juga pengaruh dari lingkungannya.

Permasalahan terfokus pada daerah perjalanan batubara antara *feed bin* dan *coal mill* dimana sebelumnya alat yang digunakan untuk mentransfer batubara adalah *belt conveyor*. Dengan alasan tingkat *reliability belt conveyor* yang rendah maka kebijaksanaan perusahaan mengganti *belt conveyor*

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

dengan *drag chain conveyor*. Perbandingan *reliability* antara *belt conveyor* dan *drag chain conveyor* adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Perbandingan *reliability* belt conveyor dan drag chain conveyor

Drag Chain Conveyor	Belt Conveyor
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dapat menyerap beban impact (lebih tangguh).</li> <li>• Seluruh sambungan chain dapat dengan mudah dilepas atau disambung.</li> <li>• Kekuatan chain tidak berkurang pada suhu operasi 400 – 600° F</li> <li>• Dapat berjalan lurus dengan adanya sprocket.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudah rusak akibat tusukan (mudah sobek).</li> <li>• Penyambungan belt cukup sulit dan memakan waktu.</li> <li>• Tidak direkomendasikan pada operasi melebihi 300° F</li> <li>• Belt mudah missalignment, jika material menempel pada pulley.</li> </ul>

Dari perbandingan *Reliability* antara belt conveyor dan drag chain conveyor diatas, diketahui bahwa drag chain conveyor lebih unggul

## STUDI KASUS

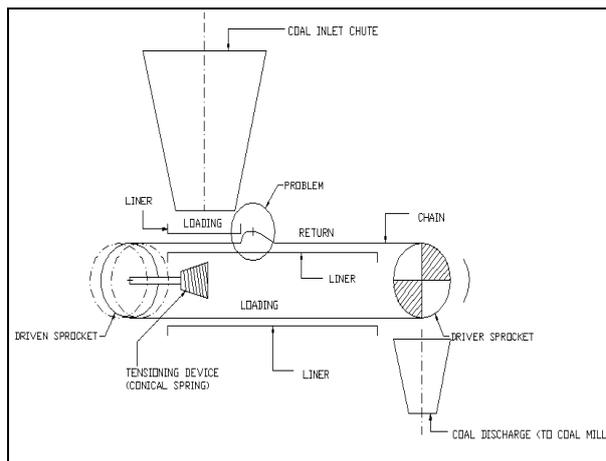
Performa drag chain conveyor lulus uji pada kondisi tanpa beban. Akan tetapi setelah selama tiga minggu beroperasi dengan kapasitas beban penuh, timbul beberapa masalah sebagai berikut :

1. Terjadi defleksi yang diikuti dengan kegagalan pada sambungan antara drag (penyekrap) dengan *chain link* yang disebabkan oleh masuknya bongkahan banda asing (batu/kayu)
2. Kegagalan *pin link* pada *chain* karena *chain* terjepit di daerah *double liner*.

Beberapa permasalahan atau kasus diatas menyebabkan macetnya pasokan umpan batubara untuk kebutuhan pembakaran pada preheater dan rotary kiln.

Tulisan ini hanya membahas permasalahan pada point ke dua yakni kegagalan *pin link* pada *chain* karena *chain* terjepit di daerah *double liner*.

Skema problem putusnya chain adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram problem putusnya Drag Chain Conveyor

Kronologi munculnya kasus tersebut adalah sebagai berikut :

1. Putusnya chain disebabkan karena beban tarik murni pada saat akan memasuki daerah *double liner*.
2. Hal itu disebabkan karena perpindahan maju tail sprocket yang ditahan oleh pegas tensioning device.
3. *Tensioning device* (pegas kerucut) terdefleksi memendek karena tarikan chain pada kondisi *full load* sehingga tail sprocket mengalami perpindahan maju yang menyebabkan jarak antar sprocket memendek sedangkan panjang chain tetap.
4. Gerak linear chain ditopang oleh liner (kontak gesek murni) sehingga tidak terjadi *slack* walaupun chain memendek. Chain justru menggunung di daerah menjelang memasuki *double liner*.
5. Chain yang menggunung tersebut terjepit.
6. Oleh karena daya motor yang besar, maka motor tidak mengalami trip atau overload sehingga chain yang kalah/gagal.

Dari kronologi permasalahan diatas maka analisa difokuskan pada perhitungan jarak defleksi penyetulan tensioning device agar dapat menahan gaya-gaya tarik chain.

## Parameter untuk Perhitungan

Adapun parameter-parameter yang berkaitan dengan studi kasus dan nantinya akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan diatas diberikan pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Daftar parameter analisa optimasi jarak adjustment tensioning device

SIMBOL	KETERANGAN	SATUAN
$a$	Percepatan linear chain maksimum	$m/s^2$
$M$	Massa beban per satuan panjang conveyor	$kg/m$
$m$	Massa chain per satuan panjang conveyor	$kg/m$
$v$	Kecepatan linear rata-rata chain	$m/s$
$n$	Putaran sprocket	rpm
$z$	Jumlah gigi sprocket	gigi
$p$	Pitch chain	m
$L$	Panjang conveyor	m
$g$	Percepatan gravitasi	$m/s^2$
$p$	Panjang drag	m
$l$	Lebar drag	m
$A$	Area penampang melintang aliran material yang diangkut (luas bidang penyekrapan drag)	$m^2$
$\gamma$	Berat jenis material	$ton/m^3$
$T_s$	Tegangan statis chain	N
$T_d$	Tegangan dinamik chain	N
$T$	Tegangan total teoritis	N
$F_{RP}$	Gaya reaksi pegas (gaya lawan)	N
$s$	Besarnya defleksi pegas yang dibutuhkan	mm
$x$	Besarnya jarak adjustment tensioning device	mm
$H$	Panjang tensioning device mula-mula	mm
$f$	Koefisien gesek statis	

### Perhitungan dan analisis

Detail perhitungan untuk mencari jarak penyetelan pegas tensioning device yang optimum dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut :

#### 1. Massa beban per satuan panjang ( $M$ )

Rumus :

$$M = 1000 \cdot A \cdot \gamma \text{ (kg/m)}$$

$$M = 1000 \cdot p \cdot l \cdot \gamma \text{ (kg/m)}$$

Data lapangan :

Simbol	Magnitud	Satuan
$p$	0,85	m
$l$	0,03	m
$\gamma$	1,0	$ton/m^3$

Sehingga :

$$M = 1000 \times 0,85 \times 0,03 \times 1,0 = 30 \text{ kg/m}$$

#### 2. Massa chain per satuan panjang ( $m$ )

Disini massa chain per satuan panjang sudah diketahui yaitu :

Simbol	Magnitud	Satuan
$m$	48,92	$kg/m$

Sehingga :

$$m = 48,92 \text{ kg/m}$$

#### 3. Percepatan linear chain maksimum ( $a$ )

Rumus :

$$a = (2 \times \pi^2 \times v^2) / (z^2 \times p) \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Data lapangan :

Simbol	Magnitud	Satuan
$v$	0,12	$m/s$
$z$	8	gigi
$p$	0,2	m

Sehingga :

$$a = (2 \times \pi^2 \times 0,12^2) / (8^2 \times 0,2) \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$a = 0,02 \text{ m/s}^2$$

#### 4. Tegangan-tegangan statis ( $T_s$ )

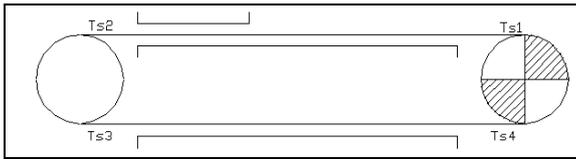
Untuk menghitung gaya reaksi pegas yang nantinya akan digunakan sebagai data untuk menentukan jarak optimal penyetelan tensioning device maka diperlukan somasi tegangan-tegangan pada chain, sehingga diperoleh tegangan total yang sebanding dengan gaya reaksi pegas. Tegangan total chain adalah sumasi dari tegangan statis dan tegangan dinamik.

Tegangan statis terjadi pada range atau kisaran antara saat system dalam keadaan diam/statis sampai sistem tepat sesaat akan bergerak. Jadi gaya-gaya yang bekerja adalah :

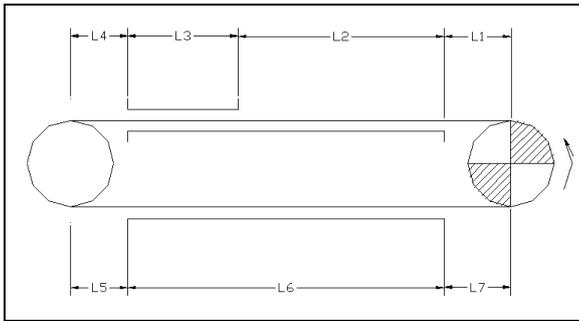
- Gaya berat yang ditimbulkan oleh massa chain itu sendiri dan massa beban yang diangkut.
- Gaya gesek antara chain dengan liner plate.

Perlu diketahui disini bahwa massa yang menimbulkan gaya tegang (massa chain dan beban) adalah massa per satuan panjang, sehingga gaya berat dan gaya gesek yang bekerja bergantung pada panjang daerah pembebanan, panjang daerah gesekan dan intensitas beban di daerah itu.

Berikut ini adalah skema yang merepresentasikan gaya-gaya statik yang berbeda-beda di daerah-daerah tertentu pada chain :



Gambar 2. Diagram tegangan-tegangan statis pada daerah-daerah tertentu pada chain.



Gambar 3. Panjang area pembebanan

Rumus :

$$T_{s1} = 1,35 \times m \times g \times L_1 \text{ (N)}$$

$$T_{s2} = (f \times m \times g \times L_2) + [f \times (M + m) \times g \times L_3] + T_{s1} \text{ (N)}$$

$$T_{s3} = 1,1 \times T_{s2} \text{ (N)}$$

$$T_{s4} = [(M + m) \times g \times f \times L_6] + T_{s3} \text{ (N)}$$

Data lapangan :

Simbol	Magnitud	Satuan
m	48,92	kg / m
M	30	kg / m
f	0,35	
g	9,8	m / s <sup>2</sup>
L <sub>1</sub>	0,9	m
L <sub>2</sub>	9,040	m
L <sub>3</sub>	0,927	m
L <sub>4</sub>	1,786	m
L <sub>5</sub>	0,8	m
L <sub>6</sub>	10,957	m
L <sub>7</sub>	0,9	m

Jadi :

$$T_{s1} = 1,35 \times 48,92 \times 9,8 \times 0,9 = 582,49 \text{ N}$$

$$T_{s2} = 988,2 \text{ N}$$

$$T_{s3} = 1,1 \times 988,2 = 1087,02 \text{ N}$$

$$T_{s4} = 4053,03 \text{ N}$$

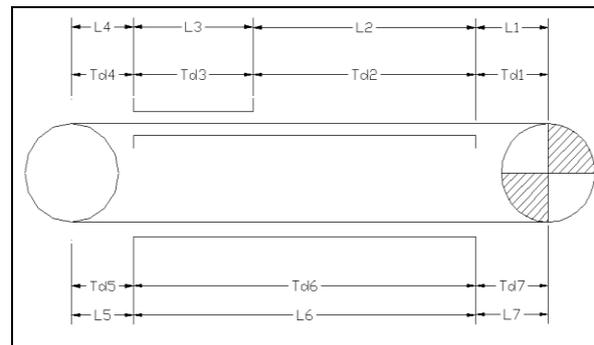
### 5. Tegangan-tegangan dinamik (T<sub>d</sub>)

Disini tegangan dinamik dilibatkan dalam perhitungan karena chain dan beban bergerak secara dinamik dalam artian chain dan beban bergerak berubah beraturan atau mengalami percepatan dan perlambatan. Chain dan beban yang semula diam akan cenderung diam jika system mulai dioperasikan Begitu juga chain dan beban yang semula dalam keadaan

bergerak dengan kecepatan konstan akan cenderung bergerak jika system mulai dihentikan. Fenomena diatas disebut kelembaman atau inersia. Inersia inilah yang menyebabkan timbulnya percepatan dan perlambatan.

Perlu diketahui bahwa massa yang bekerja (massa chain dan beban) adalah massa per satuan panjang, sehingga besarnya gaya dinamik bergantung pada panjang daerah pembebanan, intensitas beban di daerah itu, dan besarnya percepatan yang dialami beban dan chain.

Berikut ini adalah skema yang merepresentasikan gaya-gaya dinamik yang bekerja pada masing-masing daerah pembebanan :



Gambar 4. Diagram tegangan-tegangan dinamik pada masing-masing daerah pembebanan

Rumus :

$$T_{d1} = m \times a \times L_1 \text{ (N)}$$

$$T_{d2} = m \times a \times L_2 \text{ (N)}$$

$$T_{d3} = (M + m) \times a \times L_3 \text{ (N)}$$

$$T_{d4} = m \times a \times L_4 \text{ (N)}$$

$$T_{d5} = m \times a \times L_5 \text{ (N)}$$

$$T_{d6} = (M + m) \times a \times L_6 \text{ (N)}$$

$$T_{d7} = m \times a \times L_7 \text{ (N)}$$

Data lapangan :

Simbol	Magnitud	Satuan
m	48,92	kg / m
M	30	kg / m
a	0,02	m / s <sup>2</sup>
L <sub>1</sub>	0,9	m
L <sub>2</sub>	9,040	m
L <sub>3</sub>	0,927	m
L <sub>4</sub>	1,786	m
L <sub>5</sub>	0,8	m
L <sub>6</sub>	10,957	m
L <sub>7</sub>	0,9	m

Jadi :

$$T_{d1} = 48,92 \times 0,02 \times 0,9 = 0,88 \text{ N}$$

$$T_{d2} = 48,92 \times 0,02 \times 9,04 = 8,84 \text{ N}$$

$$T_{d3} = (30 + 48,92) \times 0,02 \times 0,927 = 1,46 \text{ N}$$

$$T_{d4} = 48,92 \times 0,02 \times 1,786 = 1,75 \text{ N}$$

$$T_{d5} = 48,92 \times 0,02 \times 0,8 = 0,78 \text{ N}$$

$$T_{d6} = (30 + 48,92) \times 0,02 \times 10,957 = 17,29 \text{ N}$$

$$T_{d7} = 48,92 \times 0,02 \times 0,9 = 0,88 \text{ N}$$

### 6. Tegangan-tegangan teoritis total (T)

Rumus :

$$T = T_s + T_d \text{ (N)}$$

$$T_1 = T_{s1} + T_{d1} \text{ (N)}$$

$$T_2 = T_{s2} + [T_{d2} + T_{d3} + T_{d4}] \text{ (N)}$$

$$T_3 = T_{s3} + T_{d5} \text{ (N)}$$

$$T_4 = T_{s4} + [T_{d6} + T_{d7}] \text{ (N)}$$

Rekapitulasi data-data tegangan statis:

Simbol	Magnitud	Satuan
$T_{s1}$	582,49	N
$T_{s2}$	988,2	N
$T_{s3}$	1087,02	N
$T_{s4}$	4053,03	N

Rekapitulasi data-data tegangan dinamik:

Simbol	Magnitud	Satuan
$T_{d1}$	0,88	N
$T_{d2}$	8,84	N
$T_{d3}$	1,46	N
$T_{d4}$	1,75	N
$T_{d5}$	0,78	N
$T_{d6}$	17,29	N
$T_{d7}$	0,88	N

Jadi :

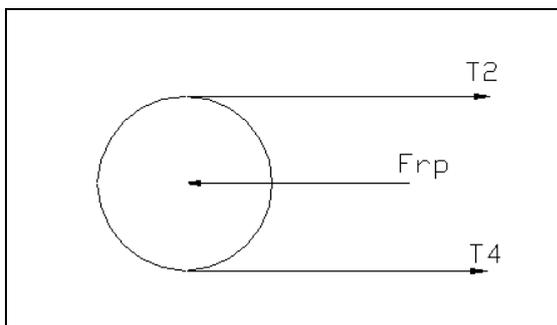
$$T_1 = 563,37 \text{ N}$$

$$T_2 = 1000,25 \text{ N}$$

$$T_3 = 1087,8 \text{ N}$$

$$T_4 = 4071,2 \text{ N}$$

### 7. Gaya reaksi (lawan) tensioning device



Gambar 5. Diagram aksi-reaksi tegangan chain dan gaya reaksi pegas

Rumus :

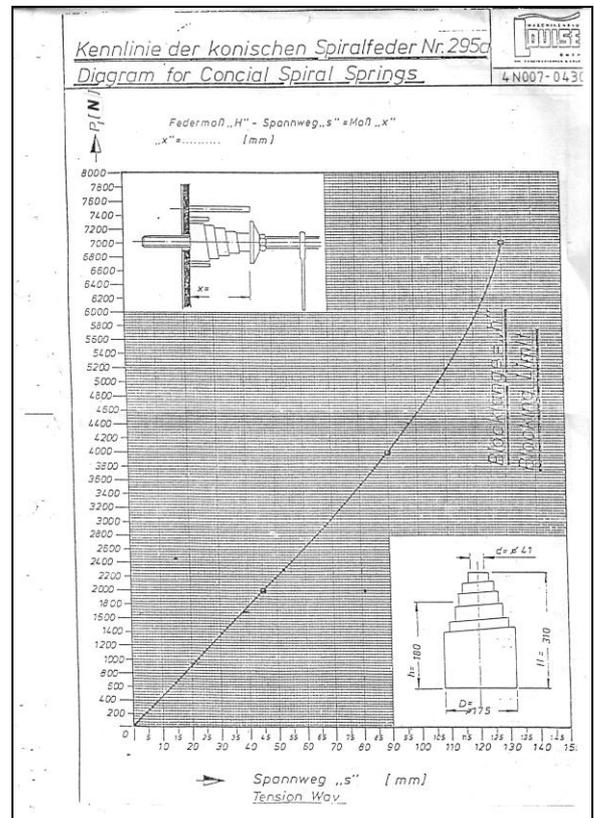
$$\sum F = 0$$

$$F_{RP} - T_2 - T_4 = 0$$

$$F_{RP} = T_2 + T_4 = 5071,45 \text{ N}$$

### 8. Defleksi penyetelan (s).

Dilakukan dengan cara menginterpolasi besar gaya reaksi ( $F_{RP}$ ) dengan besarnya jarak defleksi penyetelan (s) pada tensioning device dengan menggunakan grafik  $F_{RP}$  vs s pada gambar dibawah ini yang didapat dari katalog pegas spiral konikal yang sudah tersedia.



Gambar 6. Diagram  $F_{RP}$  vs s

Nilai  $F_{RP} = 5071,45 \text{ N}$  terletak antara 5000 N dan 5200 N sehingga nilai s dapat dicari dengan interpolasi sebagai berikut :

$$\frac{5200 - 5071,45}{5200 - 5000} = \frac{110 - s}{110 - 105}$$

$$\text{Didapat } s = 106,78 \text{ mm}$$

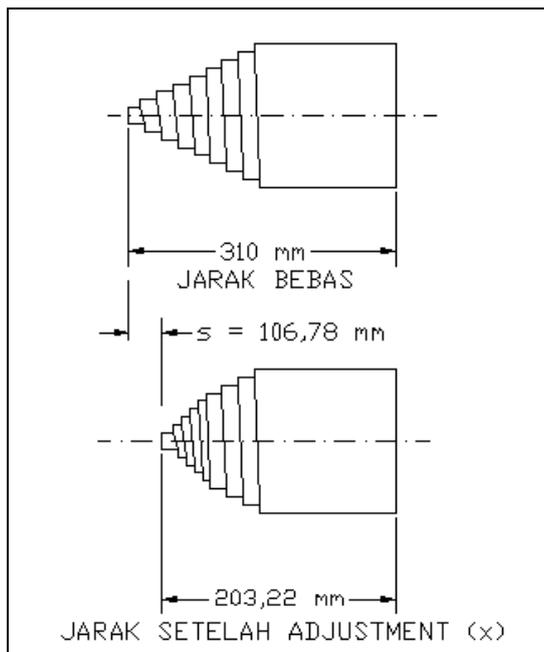
sehingga :

$$x = 310 - s \text{ (mm)}$$

$$= 310 - 106,78 \text{ (mm)}$$

$$= 203,22 \text{ mm}$$

Dari diagram di atas dapat diketahui bahwa untuk mendapatkan gaya lawan pegas sebesar 5071,45 N, maka pegas harus dikencangkan sejauh 106,78 mm. Sehingga jarak adjustment tensioning device optimal untuk kapasitas beban diatas adalah 203,22 mm seperti yang terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Bentuk defleksi pegas setelah adjustment

Jarak adjustment diatas digunakan sebagai parameter agar chain tidak terlalu kencang (*over tension*) dan tidak terlalu kendur (*under tension*). *Over tension* pada chain dapat menyebabkan chain patah secara statis sedangkan *under tension* dapat menyebabkan :

1. Chain terjepit pada daerah double liner.
2. Chain melayang di atas sprocket.
3. *Miss-alignment*.

Akan tetapi perlu diketahui disini bahwa jarak adjustment optimal pada *Drag Chain Conveyor* yang diperoleh di atas dapat berubah karena adanya keausan pada pin link. Aus disebabkan karena pengecilan diameter pin link akibat gesekan antara :

1. Pin link dengan chain link karena beban tarik dan putar.
2. Pin link dengan material yang diangkut yang bersifat abrasive.



Gambar 8. Keausan pada Pin Link

Keausan ini menyebabkan chain semakin panjang, sehingga memerlukan pengencangan secara periodik. Untuk menentukan umur jarak penyetelan diatas perlu diadakan evaluasi dalam artian jarak penyetelan yang telah diperoleh dari perhitungan diatas

diuji cobakan dalam usaha pemeliharaan seiring dengan dilakukannya pengawasan agar pada saat terjadi kekendoran, tidak mengakibatkan chain terjepit.

## KESIMPULAN

Dari uraian sebelumnya maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Putusnya chain pada system *Drag Chain Conveyor* disebabkan karena beban tarik murni saat chain kendur dan menggunung sehingga terjepit pada saat akan memasuki daerah *double liner*.
2. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan penyetelan kekencangan *chain* secara periodik dengan jarak setelan yang optimal.
3. Gaya total yang ditimbulkan oleh tarikan-tarikan rantai pada tail sprocket adalah 5071,45 N. Gaya total tersebut ditahan oleh *tensioning device*.
4. Untuk memperoleh gaya lawan *tensioning device* sebesar 5071,45 N, maka pegas harus dikencangkan sejauh 106,78 mm dari jarak bebasnya (310 mm). Sehingga jarak adjustment optimal agar chain tetap kencang adalah 203,22 mm.
5. Jarak adjustment optimal pada *Drag Chain Conveyor* yang diperoleh di atas dapat berubah karena adanya keausan pada pin link. Aus disebabkan karena pengecilan diameter pin link akibat gesekan.
6. Keausan ini menyebabkan chain semakin panjang, sehingga memerlukan pengencangan secara periodik. Untuk menentukan umur jarak penyetelan diatas perlu diadakan evaluasi dalam artian jarak penyetelan yang telah diperoleh dari perhitungan diatas diuji cobakan dalam usaha pemeliharaan seiring dengan dilakukannya pengawasan agar pada saat terjadi kekendoran, tidak mengakibatkan chain terjepit.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Niemann, Gustav, *Machine Element (Volume II)*, Springer, Verlag, Berlin, 1964
2. Spivakovsky, Dyachkov, *Conveyor and Related Equipment*, Peace Publisher, Moscow.
3. Baqdiono, Y Ferry, *Pemeliharaan Alat Transport pada Kiln, Crusher dan Mill Department*, Institut Semen dan Beton, Bogor, 2000
4. [www.chain-guide.com](http://www.chain-guide.com)
5. [www.ptsg.co.id](http://www.ptsg.co.id)