Mencegah Stop Raw Mill Akibat Kerusakan Head Shaft Apron Conveyor 332-AC1

Alfani Rivaldo^{1,2}, Iwan Susanto^{1*}, Rochsigit Nugroho²

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Maintenance Department, PT Solusi Bangun Indonesia, Jl. Ir. H. Juanda P.O. Box 272, Cilacap 53234

Abstrak

Raw Mill merupakan equipment dalam proses pembuatan semen yang digunakan untuk menghaluskan bahan baku (limestone, clay, silica sand, & iron ore). Raw Mill tidak dapat beroperasi jika suplai dari salah satu bahan baku tersebut terhambat. Material limestone yang dihaluskan di dalam raw mill disuplai oleh apron conveyor. Sehingga Raw Mill akan berhenti beroperasi ketika apron conveyor mengalami gangguan. Dalam histori tiga tahun terakhir, terdapat permasalahan yang terjadi pada komponen head shaft apron conveyor. Kerusakan tersebut dipengaruhi oleh kurang kuatnya koneksi yang terdapat antara head shaft dan sprocket. Koneksi yang digunakan adalah menggunakan sambungan susut (shrink disc). Shrink disc mengalami slip ketika terjadi overload pada drive apron conveyor. Hal tersebut mempengaruhi operasi dari Raw Mill dan perusahaan mengalami kerugian akibat masalah tersebut. Oleh karena itu dilakukan suatu inovasi untuk mengurangi kerugian perusahaan akibat kerusakan head shaft apron conveyor dengan memodifikasi koneksi head shaft tersebut. Bentuk modifikasi tersebut adalah dengan mengubah koneksi pada head shaft yang semula berupa koneksi shrink disc menjadi koneksi keyway. Dengan dilakukannya modifikasi tersebut hasilnya tidak terjadi kerusakan lagi pada head shaft apron conveyor, meningkatkan kinerja operasi Raw Mill, dan perusahaan mendapat keuntungan sebesar 2,7 miliar rupiah.

Kata kunci: apron conveyor, head shaft, modifikasi

Abstract

Raw Mill is equipment in the process of making cement used to smooth the raw materials (limestone, clay, silica sand, & iron ore). Raw Mill could not operate if the supply of one of these raw materials was obstructed. The limestone Material that is mashed in the raw mill is supplied by the conveyor apron. So the Raw Mill will cease to operate when the conveyor apron experiences interference. In the last three years, there is a problem that occurs in the head Shaft apron conveyor component. The damage is influenced by the lack of strong connections between the head shaft and the sprocket. The connection used is to use a Shrink disc connection. Shrink disc is subjected to slip when the overload occurs on the apron conveyor drive. This affects the operation of Raw Mill and the company suffered a loss due to the issue. Therefore, an innovation to reduce the company's losses due to damage to head shaft apron conveyor by modifying the head shaft connection. The shape of the modification is to change the connection on the head shaft that is originally a shrink disc connection into a keyway connection. With the result of the modification, no further damage to the head shaft of the apron conveyor, increasing the operation performance of Raw Mill, and the company got a profit of 2.7 billion rupiah.

Keyword : apron conveyor, head shaft, modification

* Corresponding author E-mail address: iwan.susanto@mesin.pnj.ac.id

Berdasarkan histori diatas untuk mengatasi slip yang terjadi pada shrink disc dilakukan tindakan sementara yakni dengan memasang rib pada hub dan head shaft apron conveyor. Namun tindakan pemasangan rib pada *shaft* tidak dianjurkan karena tidak sesuai dengan standar koneksi antara *shaft* dan *hub*.

Gambar 2. Kondisi head shaft sebelum dimodifikasi

Oleh karena itu, dengan dimodifikasinya koneksi antara *hub* dan *head shaft* pada apron conveyor 332-AC1 ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan *slip* yang terjadi pada *head shaft* sehingga mengurangi *production loss* yang disebabkan karena kegagalan koneksi pada *head shaft apron conveyor 332-AC1*.

2. METODOLOGI MODIFIKASI

Gambar 3. Diagram Alir

Berdasarkan Gambar 3, maka berikut ini metode yang digunakan. Pertama menganalisa kebutuhan, hal tersebut digunakan untuk mempermudah proses perancangan tugas akhir dengan mengumpulkan data yang terkait dengan alat tugas akhir. Data tersebut meliputi data operasional alat, spesifikasi alat, dan gambar detail alat. Mekanisme kerja alat dilakukan dengan mencari informasi kepada karyawan, internet, jurnal-jurnal penelitian, *Technical Information System*, dan buku buku yang berkaitan dengan alat tugas akhir ini. Selanjutnya adalah melakukan studi literatur yaitu melakukan perhitungan kekuatan alat seperti torsi dan beban

yang diterima, kemudian menentukan material. Setelah penentuan material ditentukan langkah selanjutnya adalah menentukan ukuran benda kerja, ukuran tersebut ditentukan berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan. Kemudian hasil rancangan tersebut diaplikasikan pada gambar *assembly* untuk dijadikan bahan diskusi dengan karyawan (*engineer mechanical area, planner superintendent* dan *mechanical head*). Setelah disetujui kemudian membuat gambar kerja hasil modifikasi. Setelah itu dilakukan proses pembuatan benda kerja dengan cara fabrikasi dan juga *machining*. Setelah proses pembuatan selesai kemudian melakukan proses perakitan dan pemasangan pada alat tugas akhir ini. Setelah perakitan dan pemasangan telah dilakukan langkah selanjutnya adalah kontrol kualitas dengan cara melakukan pengamatan terhadap hasil modifikasi, pengamatan tersebut dilakukan agar penulis dapat melakukan evaluasi kerja dan memastikan keberhasilan modifikasi yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kerusakan Head Shaft Apron Conveyor 332-AC1

Berdasarkan desain yang terpasang, koneksi antara hub dan head shaft menggunakan koneksi sambungan susut (*shrink disc*). Kekuatan *shrink disc* dalam mentransmisikan daya, dilakukan berdasarkan kekencangan pada bautnya. Berdasarkan tabel kekencangan baut, untuk baut yang digunakan pada *shrink disc* tersebut memiliki kekencangan maksimal 230 Nm. Dengan kekencangan tersebut *shrink disc* mampu untuk mentransmisikan daya pada shaft. Namun ketika terjadi *overload*, *shrink disc* tersebut mengalami kegagalan koneksi dan akhirnya terjadi *slip*.

Perhitungan Momen Puntir (T) dan Gaya (F)

Pada motor *apron conveyor* 332-AC1 didapatkan data berupa daya motor (P) sebesar 18,5 kW, putaran motor (n) sebesar 1500 rpm, dan faktor koreksi daya / *safety factor* (f_c) yaitu sebesar 2. Pengambilan faktor koreksi daya didasarkan pada tabel faktor koreksi daya rata-rata yang diperlukan untuk mendapatkan nilai daya terbesar yang mungkin terjadi pada motor *apron conveyor* yaitu 2,0. Nilai efisiensi motor (η_{mtr}) sebesar 0,85, efisiensi sprocket (η_{sp}) 0,98. Diketahui apron conveyor 332-AC1 menggunakan reducer dengan tipe MR 31 280 UP 2A yang mana memiliki nilai efisiensi sebesar (η_{red}) 0,94, dan rpm pada head shaft sebesar 4 rpm.

Gambar 4. FBD Momen Puntir

1. Menghitung daya rencana pada head shaft [3]

$$\begin{aligned} P_{shaft} &= P_{mtr} \times \eta_{mtr} \times \eta_{red} \times \eta_{sp} \\ &= 18500 \times 0,85 \times 0,94 \times 0,98 \\ P_{shaft} &= 14.485,87 \text{ watt} \end{aligned} \quad (1)$$

- Mencari daya shaft (Pd) setelah dikoreksi [4]

$$\begin{aligned} Pd &= P_{shaft} \times f_c \\ &= 14.485,87 \times 2 \\ Pd &= 28.971,74 \text{ watt} \end{aligned} \quad (2)$$

2. Menghitung momen puntir (T) pada shaft [4]

$$\begin{aligned} T &= \frac{Pd}{\omega} \\ T &= \frac{Pd}{\frac{2\pi n}{60}} \\ T &= \frac{28.971,74 \times 60}{2 \times 3,14 \times 4} \\ T &= 62.900,015,9 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad (3)$$

3. Menghitung gaya pada keyway 1 & keyway 2 [4]

$$F_{t1} = \frac{T}{r_1} \quad F_{t1} = \frac{T}{r_1} \quad (4)$$

$$= \frac{69.200.015,9}{90}$$

$$Ft_1 = 768.889,0658N$$

$$= \frac{69.200.015,9}{90}$$

$$Ft_1 = 768.889,0658N$$

Menentukan Dimensi Keyway

Sesuai dengan tabel ISO/R773 jika diketahui diameter shaft antara range 170-200 mm maka besarnya lebar (w) pasak adalah 45 mm dan tinggi (h) pasak 25mm. Dari keterangan diatas maka dapat dihitung berapa panjang (l) pasak yang dibutuhkan untuk diaplikasikan pada head shaft 332-AC1 sebagai berikut.

Gambar 5. Ukuran Keyway

1. Menghitung tegangan geser ijin material keyway (S45C) [5]

$$\tau_i = \frac{\tau}{v}$$

$$= \frac{501,6}{4}$$

$$\tau_i = 125,4 N/mm^2$$

2. Menentukan panjang minimum (l) keyway 1 dan keyway 2 [4]

Keyway 1

$$\tau_i = \frac{F}{A}$$

$$\tau_i = \frac{Ft_1}{wxl_1}$$

$$l_1 = \frac{Ft_1}{wx\tau_i}$$

$$l_1 = \frac{768.889,0658}{45 \times 125,4}$$

$$l_1 = 136,2554mm$$

Keyway 2

$$\tau_i = \frac{F}{A}$$

$$\tau_i = \frac{Ft_2}{wxl_2}$$

$$l_2 = \frac{Ft_1}{wx\tau_i}$$

$$l_2 = \frac{728.421,084}{45 \times 125,4}$$

$$l_2 = 129,084mm$$

Jadi panjang minimum keyway 1 untuk hub drive sprocket adalah 136,2554 mm dan Panjang minimum keyway 2 untuk hub head sprocket adalah 129,084 mm.

Menghitung Kekuatan Koneksi Head Sprocket

1. Mencari tegangan geser yang diijinkan pada baut M20 grade F10T [5]

$$\tau_i = \frac{\tau}{v}$$

$$= \frac{720}{4}$$

$$\tau_i = 180 N/mm^2$$

2. Menghitung tegangan geser yang terjadi pada baut [4]

Gambar 6. Tegangan Geser pada Baut

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{8xT}{\pi d^2 x .ne..x.PCD} \\ &= \frac{8x69.200.015,9}{3,14x20^2 x12x510} \\ \tau &= 72.0203 N/mm^2\end{aligned}\quad (6)$$

Kekuatan baut yang digunakan sebagai koneksi *head sprocket* mampu untuk menahan beban dari momen puntir pada head shaft, karena tegangan geser yang terjadi (τ baut= 72,02 N/mm²) lebih kecil dari tegangan geser yang diizinkan (τ_i = 180 N/mm²)

Menghitung Tegangan Geser Pada Hub

Dipilih material *hub* adalah *VCL 140* dengan *yield strength* (σ_t) 665 N/mm². Pada perhitungan didapat data tebal *hub* (b) sebesar 24 mm, diameter hub (dn) 562 mm.

1. Mencari tegangan geser yang diizinkan pada *hub* [5]

$$\begin{aligned}\tau_i &= \frac{0,8x\sigma}{v} \\ &= \frac{532}{4} \\ \tau_i &= 133 N/mm^2\end{aligned}\quad (5)$$

2. Menghitung tegangan geser yang terjadi pada *hub* [4]

Gambar 7. Tegangan Geser pada Hub

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{2xT}{\pi dn^2 xb} \\ &= \frac{2x69.200.015,9}{3,14x562^2 x24} \\ \tau &= 5,8146 N/mm^2\end{aligned}\quad (6)$$

Desain hub yang akan digunakan mampu untuk menahan beban dari momen puntir pada head shaft, karena tegangan geser yang terjadi (τ = 5,81 N/mm²) lebih kecil dari tegangan geser yang diizinkan (τ_i = 133 N/mm²)

Menentukan Kekuatan Lubang Koneksi pada Hub

Diketahui torsi yang dihasilkan oleh *head shaft* (T) yaitu sebesar 69.200.015,9 Nmm, diameter lubang baut (dl) yaitu sebesar 20 mm, panjang / tebal lubang pada hub (b) yaitu sebesar 20 mm, PCD 510 mm, ne 12. Dari data tersebut kemudian dapat kita tentukan:

1. Mencari gaya yang terjadi pada lubang baut koneksi [4]

$$\begin{aligned}F &= \frac{T}{\frac{1}{2}PCD} \\ &= \frac{69.200.015,9}{255} \\ F &= 271.3372,6115 N\end{aligned}\quad (4)$$

2. Mencari *bearing stress* (σ_b) yang terjadi pada lubang baut koneksi [4]

Gambar 8. Bearing Stress pada Hub

$$\sigma_b = \frac{F}{A} \quad (6)$$

$$\sigma_b = \frac{F}{d \cdot x \cdot b \cdot x \cdot ne}$$

$$\sigma_b = \frac{271.372,6115}{20 \times 24 \times 12}$$

$$\sigma_b = 47,1133 \text{ N/mm}^2$$

Bearing stress yang terjadi pada lubang *hub* sebesar $47,1133 \text{ N/mm}^2$ lebih kecil daripada tegangan geser yang diizinkan pada *hub* 133 N/mm^2 , sehingga kontak gesekan yang terjadi pada lubang *hub* sudah aman.

3. Menentukan jarak lubang terhadap sisi terluar *hub*

Untuk menghindari kerusakan yang terjadi pada lubang koneksi berupa patahan lubang menuju sisi terluar lubang, maka jarak center lubang terhadap sisi terluar mengacu pada table standar *American Institute of Steel Construction*.

Tabel 2. Tabel minimal jarak sisi terluar menuju center lubang

Bolt Diameter, mm	Minimum Edge Distance
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Over 36	1,25d

^[a] If necessary, lesser edge distances are permitted provided the applicable provisions from Sections J3.10 and J4 are satisfied, but edge distances less than one bolt diameter are not permitted without approval from the engineer of record.
^[b] For oversized or slotted holes, see Table J3.5M.

Jarak yang digunakan antara center lubang terhadap sisi terluar *hub* adalah sesuai dengan standar pada Tabel. 2 yakni 26 mm.

Analisa Beban yang Terjadi pada Komponen Head Shaft Apron Conveyor

- a. Analisa Beban pada *Hub Head Sprocket & Keyway 1*

Gambar 9. Analisa Beban pada Hub Head Sprocket & Keyway 1

Dari hasil simulasi tegangan, desain *hub head sprocket* dan *keyway 1* sudah cukup aman. Hal ini terlihat dari warna pembebanan yang muncul pada lubang baut dan alur *keyway* yaitu warna biru muda dengan *range* beban yang terjadi sebesar $11,88 \text{ N/mm}^2 - 47,44 \text{ N/mm}^2$. Sedangkan warna pembebanan yang muncul pada *keyway 1* yaitu warna hijau dengan *range* beban antara $75 \text{ N/mm}^2 - 140,9 \text{ N/mm}^2$.

b. Analisa Beban pada *Drive Sprocket & Keyway 2*

Gambar 10. Analisa Beban pada *Drive Sprocket & Keyway 2*

Hasil simulasi tegangan yang dilakukan pada drive sprocket, menunjukkan bahwa desain *hub* dan *keyway 2* sudah aman untuk meneruskan daya pada *shaft*. Warna pembebanan yang muncul pada hub didominasi dengan warna biru muda dengan *range* beban yang terjadi sebesar 26 - 52 N/m², dan warna pembebanan yang muncul pada keyway yaitu didominasi dengan warna biru dan sedikit warna biru muda dengan *range* beban yang terjadi sebesar 30 N/m² – 70 N/m².

Proses Pembuatan dan Pemasangan Komponen *Head Shaft Apron Conveyor*

Proses pembuatan dan modifikasi komponen *head shaft* membutuhkan waktu kurang lebih 30 hari. Diawali dengan proses pemesinan pada *hub*, *shaft*, dan *keyway* hingga proses penyelesaian untuk menyempurnakan komponen tersebut.

Gambar 11. Proses Pembuatan Komponen *Head Shaft Apron Conveyor*

Proses perakitan komponen *head shaft* memakan waktu kurang lebih 2 hari. Diawali dengan pemasangan hub sprocket menggunakan metode pemanasan langsung, kemudian pemasangan segmented sprocket dan diakhiri dengan pemasangan bearing.

Gambar 12. Proses Perakitan Komponen *Head Shaft Apron Conveyor*

Proses pemasangan *head shaft* yang telah dirakit (*assembly*) membutuhkan waktu kurang lebih 1 hari, hal ini dimulai dengan pelepasan *head shaft* yang lama hingga proses pemasangan *head shaft* yang baru. Setelah proses pemasangan selesai, kemudian melakukan alignmen pada *head shaft*, motor dan reducer.

Gambar 13. Proses Pemasangan Komponen Head Shaft Apron Conveyor

Test Run dan Pengamatan Operasi Apron Conveyor 332-AC1

Setelah proses pemasangan selesai, proses selanjutnya adalah melakukan *test run* untuk mengetahui reaksi komponen *head shaft* yang baru secara aktual. Selain itu juga dilakukan pengecekan vibrasi pada motor, reducer, dan bearing tanpa adanya load.

Gambar 14. Test Run & Commissioning Operasi Perdana Apron Conveyor Pasca Modifikasi

Untuk *commissioning* sekaligus operasi perdana apron conveyor 332-AC1 pasca overhaul 2020, dilakukan pada tanggal 23 maret 2020. Operasi perdana ini beroperasi dengan feed rate Raw Mill 806 t/h. Pengamatan dan pengecekan komponen *head shaft* dilakukan ketika sedang dilakukannya PMS Raw Mill dan hasilnya sangat bagus, tidak terjadi slip dan indikasi kerusakan pada *head shaft apron conveyor*. Hal tersebut dapat meningkatkan keandalan *apron conveyor* selama beroperasi untuk mentransport material kedalam *raw mill*.

4. KESIMPULAN

Dari hasil modifikasi *head shaft* dan *hub sprocket* 332-AC1 didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Modifikasi *head shaft* dan *hub sprocket* 332-AC1 telah berhasil dilakukan.
- Hasil dari modifikasi menggunakan keyway tidak terjadi slip kembali pada *head shaft apron conveyor* 332-AC1, dan tidak terjadi stop Raw mill karena kerusakan pada *head shaft apron conveyor*.
- Keuntungan yang didapat dari proyek modifikasi *head shaft* dan *hub sprocket* 332-AC1 adalah sekitar 18 miliar rupiah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Priyatno, S. T, selaku Manager Program EVE (Enterprise based Vocational Education), Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, dan EVE Team Cilacap yang telah memfasilitasi dari penyusunan karya tulis ini. Bambang Kurnianto, Abdurrahman Prabowo, Eko Basuki, Wuryanto, Mechanical Team Raw Material Area, dll, atas bimbingan dan ilmu yang sudah diberikan.

REFERENSI

1. ABB. (2018, Desember 6). “*Technical Information System*”. Diambil kembali dari Knowledge Manager: <http://hc-cc-tis-srv/km/>
2. Ervin Khariri, Muhamad. 2019. “Rancang Bangun Koneksi pada Flange Kopling Hammer Crusher 212-HC1”. Tugas Akhir (PNJ).
3. Khurmi, R.S., Gupta, J.K, *A Textbook Of Machine Design*. New Delhi: *Eurasia Publishing House* (PVT.) LTD, 2005.
4. Sularso, Kiyokatsu Suga. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT. Pradya Paramitha , Jakarta.1997.
5. GTZ.1993.*Tables for Mechanical and Metal Trade Handbook*.Federal Republic of Germany:Germany
6. Catalog G Edition. 2016. “Helical and Bevel Helical Gear Reducers and Gearmotors”. Rossi Habasit Group. Diakses pada 27 November 2019
7. RINGSPANN GmbH. 2018. “Installation and Operating Instructions for Shrink Disc RLK 608 and RLK 608 E. Bad Homburg”.