

Analisis Laju Keausan dan Umur Pakai Material *High Chrome* Pada *Segment Tire Grinding Roll Vertical Roller Mill Atox Mill 57.5* di PT XYZ

Andi Syahril AM¹, Mietra Anggara, S.T., M.T²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Teknologi Sumbawa
syahrilseimenggaris@gmail.com¹, mietra.anggara@uts.ac.id^{2*}

ABSTRACT

Permukaan yang saling bergesekan satu sama lain, akan mengalami keausan. Keausan pada umumnya diartikan sebagai hilangnya material akibat interaksi mekanis dari dua permukaan yang bergerak akibat adanya gesekan. Keausan mengakibatkan benda mengalami pengikisan dan akan terus menipis. *Vertical roller mill* sendiri adalah mesin yang digunakan untuk menggiling material bahan baku dalam pembuatan semen, maka perlu penelitian dan analisa agar keausan dapat diminimalisir. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui laju keausan, umur pakai, dan memberikan solusi dari keausan *segment tire grinding roll vertical roller mill atox mill 57.5*. Dalam penelitian yang bertempat di PT XYZ Jawa Timur. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah posisi titik pengukuran pada *segment tire grinding roll*. Variabel terikat adalah laju keausan *segment tire grinding*. Variabel terkontrol adalah jangka pemakaian *segment tire grinding*. Berdasarkan hasil perhitungan *segment tire grinding vertical roller mill* adalah: rata-rata laju keausan dari *segment tire grinding* tersebut sebesar $4,6 \times 10^{-2}$ mm/jam dan rata-rata batas umur pakai umur pakai selama 1820,1 jam. Volume keausan *segment tire grinding roll* jika menggunakan material *high chrome* sebesar 0,047 mm³ dan laju keausan 0,002 mm³ /jam. Volume keausan *segment tire grinding roll* jika menggunakan material sintercast sebesar 0,0041 mm³ dan laju keausannya sebesar 0,001 mm³/jam. Secara teoritik material *segment tire grinding roll* lebih baik menggunakan material *sintercast* karena volume keausan dan laju keausan lebih rendah.

Kata Kunci : *Vertical roller mill*, *segment tire grinding*, pabrik semen, material, keausan

PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan teknologi dan kemajuan ilmu pengetahuan pada bidang industri bergerak dengan sangat cepat. Persaingan global ditambah situasi pandemik seperti ini menuntut semua pihak berpikir lebih keras. Khususnya di bidang industri, berbagai inovasi dilakukan demi menciptakan sistem industri yang baik. Banyak langkah yang diambil, mulai dari penambahan serta penggunaan mesin-mesin yang canggih hingga pelatihan kepada sekelompok orang oleh beberapa ahli.

Semen sendiri terdiri atas bahan baku utama dan bahan baku tambahan jika ditinjau dari segi fungsinya. Material yang termasuk bahan baku utama adalah batu kapur (CaCO₃), *clay* (tanah liat), pasir silika (SiO₂), *iron sand* (Fe₂O₃). Serta bahan baku tambahan dari semen adalah *trass*, *gypsum* dan dolomit. Proses produksi semen yang pertama yaitu penambangan bahan baku untuk pembuatan semen terutama batu kapur (CaCO₃) dan *clay* (tanah liat) menggunakan alat-alat berat kemudian dikirim ke pabrik, yang kedua, bahan-bahan yang telah ditambang kemudian diteliti di laboratorium kemudian dicampur dengan proporsi yang tepat dan kemudian dilanjutkan ke proses penggilingan awal (*RawMill*) untuk memperkecil dimensi material. Proses selanjutnya adalah bahan kemudian dipanaskan di *preheater*, dilanjutkan di dalam *kiln* sehingga bereaksi membentuk kristal *klinker*. *Klinker* ini kemudian dihaluskan lagi dalam tabung yang berputar yang bersisi bola-bola baja yaitu pada *ball mill* sehingga menjadi serbuk semen yang halus. *Klinker* yang telah halus ini disimpan dalam silo. Dari silo ini semen di *packing* dan dijual ke konsumen¹.

Material-material tersebut selanjutnya dilakukan pengolahan bahan awal atau biasa disebut dengan raw mill. Raw mill berfungsi untuk menghaluskan dan mengeringkan material hingga kadar airnya kurang dari 1% menggunakan *vertical roller mill*. Material tersebut masuk ke dalam *vertical roller mill* dengan komposisi 89,7% campuran antara batu kapur dengan tanah liat, 9% kapur yang ditambahkan ketika sistem yang dihasilkan kekurangan batu kapur, 1% pasir besi, dan 0.3% pasir silika².

Pada industri semen memiliki banyak alat dalam proses produksi semen dari bahan berupa batuan hingga menjadi produk jadi berupa semen, salah satunya yaitu *vertical roller mill*. *Vertical roller mill* merupakan mesin yang digunakan untuk menghaluskan raw material menjadi butiran halus hingga berukuran partikel (*micron*) yang disebut *raw meall*. Alat utama yang digunakan dalam proses penggilingan dan pengeringan bahan baku adalah *vertical roller mill*. Media pengeringnya adalah udara panas yang berasal dari *suspension preheater* dengan suhu sebesar 300-400 °C. *Vertical roller mill* merupakan peralatan yang tepat untuk penggilingan dan pengeringan material yang relatif basah. *Vertical roller mill* menggunakan *pressure* dari *hydraulic system* untuk menghancurkan dan menggiling material yang berada diantara *roller* dan *table* yang berputar. Semua peralatan yang bergerak pasti akan mengalami keausan. Hal itu terjadi karena ada dua benda yang saling bergesekan satu sama lain. *Vertical roller mill* menjalankan 4 fungsi utama, yaitu penggilingan, pengeringan, pemisahan, dan transportasi.

Pada Pengoprasiannya memang ada kalanya mesin mengalami permasalahan yang harus dilakukan penanganan dengan cara yang serius, baik dalam perawatan maupun penjadwalan perawatannya. Salah satu permasalahan yang sering terjadi yaitu penipisan pada beberapa *segment tire grinding roll* mengalami keausan yang mengakibatkan *vertical roller mill* tidak bekerja secara optimal. Salah satu cara untuk mengatasi laju keausan tersebut adalah material dari *segment* yang digunakan. Faktor yang menyebabkan terjadinya kegagalan komponen *tire roller* pada *vertical roller mill* yaitu komposisi material yang tidak sesuai dan kekerasan material yang nilainya lebih rendah dari kekerasan material standar. Mekanisme kegagalan komponen *tire grinding roll* ini terjadi dikarenakan beban yang terkonsentrasi pada bagian terluar dari *tire* dikarenakan beban berulang³.

Keausan yang terjadi pada suatu material disebabkan oleh adanya beberapa mekanisme yang berbeda dan terbentuk oleh beberapa parameter yang bervariasi meliputi bahan, lingkungan, kondisi operasi, dan geometri permukaan benda yang terjadi keausan. Paper ini membahas tentang analisis laju keausan dan umur pakai material *High Chrome* pada *segment tire grinding roll vertical roller mill atox mill 57.5*.

METODE

Analisis Kegagalan

Kegagalan material secara fisik dapat dikategorikan menjadi satu dari sekian banyak sistem klasifikasi antara lain distorsi atau deformasi yang tidak diinginkan, *Fracture*, Korosi, dan *Wear*⁴. Keempat kategori ini mewakili bentuk umum dari kegagalan material, dan setiap bentuk kegagalan tersebut memiliki mekanismenya masing-masing. Jadi tujuan utama dari analisa kegagalan adalah untuk mengetahui mekanisme terjadinya kegagalan serta memberikan solusi-solusi yang dapat dilaksanakan untuk menanggulangi masalah kegagalan tersebut.

Dengan kata lain, analisa kegagalan berujung pada observasi pada komponen-komponen yang rusak. Pengamatan pola patahan yang rusak adalah kunci bagi seluruh proses analisa kegagalan, oleh sebab itu pengamatan secara makrokopis dan mikrokopis harus dilaksanakan secara bertahap. Selain itu pengujian mekanik juga diperlukan karena secara umum kegagalan disebabkan oleh gaya-gaya yang bekerja dari lingkungan kerja komponen.

Menurut sumber-sumber penelitian yang ada di dunia industri⁵. Faktor penyebab kegagalan yang sering terjadi di dunia industri dapat dikarenakan oleh kesalahan pemilihan material, komponen yang kurang baik, kesalahan perancangan, dan kondisi kerja yang ekstrim

Keausan (*Wear*)

Keausan (*wear*) adalah hilangnya material dari permukaan benda padat sebagai akibat dari adanya gerakan mekanik. Keausan umumnya dianalogikan sebagai hilangnya material akibat interaksi mekanik dua permukaan yang bergerak dan dibebani, ini merupakan fenomena normal yang terjadi jika dua benda permukaannya saling bergesekan maka akan ada keausan atau perpindahan material yang terjadi antara dua benda yang bergesekan⁶. Hal-hal yang mempengaruhi keausan yaitu pembebanan, kecepatan, suhu, kekasaran permukaan, kehalusan permukaan, adanya benda asing, dan adanya benda kimia.

Perhitungan Keausan dan Umur Pakai

Analisis keausan dapat di lakukan dengan berbagai macam metode dan teknik yang semuanya bertujuan untuk menstimulasi kondisi keausan aktual. Uji keausan merupakan suatu uji karakteristik fisik yang di gunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keausan benda (permukaan benda) terhadap gesekan atau goresan. Uji keausan dilakukan dengan menghitung lebar keausan dari sampel⁷.

$$i = \frac{t_o - t_1}{HM} \dots\dots\dots(1)$$

$$T = \frac{t_o - t_{limit}}{i} \dots\dots\dots(2)$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \dots\dots + x_n}{n} \dots\dots(3)$$

Volume keausan *tire grinding roll* diketahui nilainya dengan mengukur *segment* dari *tire* tersebut. Rata rata keausan hasil setelah pengukuran dari *segment tire* tersebut dihitung menggunakan persamaan 4. Volume keausan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Lancaster dkk, 1997⁸. Hasil dari volume keausan tersebut disimbolkan sebagai volume keausan eksperimen

$$V = \frac{m_1 - m_2}{p} \dots\dots\dots(4)$$

Archard 1953⁹ mengusulkan suatu model pendekatan untuk mendeskripsikan keausan *sliding*. Dia berasumsi bahwa parameter kritis dalam keausan sliding adalah medan tegangan di dalam kontak dan jarak sliding yang relatif antara permukaan kontak. Volume keausan eksperimen tersebut disubstitusikan kedalam persamaan 5 sebagai model keausan Archad. Hasil perhitungan ini untuk menentukan nilai koefisien keausan sebagai tingkat kekerasan material. Selanjutnya

persamaan 6 untuk mendapatkan volume keausan *segment tire grinding roll*. Persamaan 7 untuk mencari volume keausan per jam.

$$k_D = \frac{v}{F_N \times s} \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{v_t}{s} = K \frac{F_N}{H} \dots \dots \dots (6)$$

$$\Psi t = \frac{v_t}{t} \dots \dots \dots (7)$$

Diagram *Fishbone*

Fishbone atau diagram sebab-akibat pertama kali dikembangkan pada tahun 1950 oleh seorang pakar kualitas Jepang, yaitu Kaoru Ishikawa. Diagram *Fishbone* merupakan alat analisis yang menyediakan cara sistematis untuk mengamati akibat dan penyebab. Diagram *Fishbone* mempresentasikan hubungan antara sebab dan akibat yang terdiri dari garis-garis dan simbol. Akibat diletakkan di kanan, sedangkan sebab di sebelah kiri¹⁰. Diagram *Fishbone* membantu peneliti untuk melihat permasalahan secara holistic (keseluruhan) sehingga permasalahan terlihat lebih jelas dan permasalahan kecil yang dapat berkontribusi kepada hal yang lebih besar dapat teridentifikasi. Dengan mengetahui permasalahan secara menyeluruh, hal tersebut memudahkan peneliti untuk mengambil tindakan atas penyebab permasalahan tersebut. Metode ini membagi masalah terdiri dari sebab dan akibat yang dimana terdiri dari beberapa faktor yaitu, Mesin, Manajemen, Material, *Manpower*, Lingkungan, *Measurement*^{11,12}

DISKUSI

Tabel 1 Data Operasional

<i>Brand</i>	FLSMIDTH
<i>Type</i>	Atox Mill 57.5
Kapasitas Desain	750 TPH
<i>Power Motor</i>	5346 KW
<i>Tinggi Overall</i>	23,380
<i>Speed Output/Input</i>	995/23, 3 RPM
Jumlah <i>Roller</i>	3 EA
Faktor Koreksi	2
<i>Tebal Segment Tire</i>	255 mm
<i>Diameter Tire Grinding Roll</i>	3,45 m

Penelitian ini adalah menganalisis keausan untuk mengetahui laju keausan dan umur pakai dari material *segment tire grinding roll*. Penelitian ini dilakukan untuk mencari dan mengumpulkan sejumlah data untuk mencari material yang cocok pada *segment tire grinding roll* yang memiliki laju keausan lebih rendah. Pada penelitian ini untuk mengukur ketebalan dari *segment tire grinding roll* menggunakan metode *non destruktif test* dengan jam kerja mesin 1565 jam. Setelah mendapatkan data hasil pengukuran, dilakukan perhitungan untuk mencari laju keausan menggunakan persamaan 1, umur pakai menggunakan persamaan 2 dan rata-rata menggunakan persamaan 3. Dengan Hasil dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 2 Hasil Pengukuran *segment tire grinding roll* 1

Titik Ukur	Tebal Asli	Hasil Ukur	Keausan		Laju Keausan (mm/jam)	Batas Umur Pakai (jam)
			mm	Persen		
1	255	231.2	23.8	9.33%	1.5×10^{-2}	4250
2	255	220.1	34.9	13.69%	2.2×10^{-2}	2897
3	255	210.4	44.6	17.49%	2.8×10^{-2}	2276
4	255	197.7	57.3	22.47%	3.7×10^{-2}	1722
5	255	184.9	70.1	27.49%	4.5×10^{-2}	1416
6	255	170	85	33.33%	5.4×10^{-2}	1722
7	255	156.5	98.5	38.63%	6.3×10^{-2}	1011
8	255	145.9	109.1	42.78%	7.0×10^{-2}	910
9	255	143.1	111.9	43.88%	7.2×10^{-2}	885
10	255	160.4	94.6	37.10%	6.0×10^{-2}	1062
Rata-rata		182,02			4.6×10^{-2}	1815.1

Tabel 3 Hasil Pengukuran *segment tire grinding roll 2*

Titik Ukur	Tebal Asli	Hasil Ukur	Keausan		Laju Keausan (mm/jam)	Batas Umur Pakai (jam)
			mm	Persen		
1	255	227.7	27.3	10.71%	1.7 x 10 ⁻²	3750
2	255	211.1	43.9	17.22%	2.8 x 10 ⁻²	2276
3	255	194.1	60.9	23.88%	3.9 x 10 ⁻²	1634
4	255	179.9	75.1	29.45%	4.8 x 10 ⁻²	1328
5	255	164.9	90.1	35.33%	5.8 x 10 ⁻²	1099
6	255	150.9	104.1	40.82%	6.7 x 10 ⁻²	951
7	255	140	115	45.10%	7.3 x 10 ⁻²	873
8	255	135.5	119.5	46.86%	7.6 x 10 ⁻²	838
9	255	147.7	107.3	42.08%	6.9 x 10 ⁻²	923
10	255	156.8	98.2	38.51%	6.3 x 10 ⁻²	1011
Rata-rata		170,86			5.3 x 10 ⁻²	1468.3

Tabel 4 Hasil Pengukuran *segment tire grinding roll 3*

Titik Ukur	Tebal Asli	Hasil Ukur	Keausan		Laju Keausan (mm/jam)	Batas Umur Pakai (jam)
			mm	Persen		
1	255	238	17	6.67%	1.1 x 10 ⁻²	5795
2	255	228.4	26.6	10.43%	1.7 x 10 ⁻²	3750
3	255	221.1	33.9	13.29%	2.2 x 10 ⁻²	2897
4	255	209.4	45.6	17.88%	2.9 x 10 ⁻²	2198
5	255	196.9	58.1	22.78%	3.7 x 10 ⁻²	1722
6	255	182.7	72.3	28.35%	4.6 x 10 ⁻²	1385
7	255	164.4	90.6	35.53%	5.8 x 10 ⁻²	1099
8	255	150.2	104.8	41.10%	6.7 x 10 ⁻²	951
9	255	145.5	109.5	42.94%	7.0 x 10 ⁻²	910
10	255	160.6	94.4	37.02%	6.0 x 10 ⁻²	1062
Rata-rata		189,72			4.1 x 10 ⁻²	2176.9

Perhitungan rata-rata Hasil Ukur

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_{roll\ 1} + \bar{x}_{roll\ 2} + \bar{x}_{roll\ 3}}{3}$$

$$\bar{x} = \frac{182,02 + 170,86 + 189,72}{3}$$

$$\bar{x} = \frac{542,6}{3}$$

$$\bar{x} = 180,86\text{ mm}$$

Perhitungan rata-rata laju keausan

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_{roll\ 1} + \bar{x}_{roll\ 2} + \bar{x}_{roll\ 3}}{3}$$

$$\bar{x} = \frac{(4,6 + 5,3 + 4,1) \times 10^{-2}}{3}$$

$$\bar{x} = \frac{14 \times 10^{-2}}{3}$$

$$\bar{x} = 4,6 \times 10^{-2}\text{ mm/jam}$$

Perhitungan rata-rata umur pakai

$$\bar{x} = \frac{\bar{x}_{roll\ 1} + \bar{x}_{roll\ 2} + \bar{x}_{roll\ 3}}{3}$$

$$\bar{x} = \frac{1815,1 + 1468,3 + 2176,9}{3}$$

$$\bar{x} = \frac{5460,3}{3}$$

$$\bar{x} = 1820,1 \text{ jam}$$

Perhitungan volume dan laju keausan material *segment tire grinding roll*

Volume keausan eksperimen dihitung menggunakan persamaan 4

$$V = \frac{m_1 - m_2}{p}$$

$$V = \frac{255 - 180,86}{7,80}$$

$$V = 9,5 \text{ mm}^3$$

Volume keausan eksperimen tersebut selanjutnya disubstitusikan kedalam persamaan 5

$$k_D = \frac{V}{F_N \times s}$$

Dimana nilai dari s dapat dihitung dengan persamaan

$$s = \frac{1}{2} \times \pi \times D$$

$$s = 0,5 \times 3,14 \times 3450 = 5416,5 \text{ mm}$$

Sehingga beban kerja (F_N) dihitung dengan menggunakan persamaan

$$F_N = 102 \times \frac{pd}{v}$$

Daya pada *Tire* dihitung dengan persamaan

$$pd = P \times Fc$$

$$pd = 5346 \times 2 = 10692$$

Kecepatan keliling dapat dihitung menggunakan persamaan

$$v = \frac{\pi \times D \times n}{60 \times 1000}$$

$$v = \frac{3,14 \times 3450 \times 995}{60 \times 1000}$$

$$v = 179,64 \text{ m/s}$$

Maka beban kerjanya adalah

$$F_N = 102 \times \frac{pd}{v}$$

$$F_N = 120 \times \frac{10692}{179,64}$$

$$F_N = 7142,2 \text{ kg}$$

Sehingga persamaan 4 didapatkan

$$k_D = \frac{9,5}{7142,2 \times 5416,5}$$

$$k_D = 2,4 \times 10^{-7}$$

Pada material *High Chrome* diketahui kekerasan rata-rata 195,1 kg/mm², sehingga didapat volume keausan teoritik dengan persamaan 5

$$\frac{Vt}{s} = K \frac{F_N}{H}$$

$$\frac{Vt}{5416,5} = 2,4 \times 10^{-7} \frac{7142,2}{195,1}$$

$$\frac{V_t}{5416,5} = \frac{0,0017}{195,1}$$

$$V_t \times 195,1 = 0,0017 \times 5416,5$$

$$V_t = \frac{9,2}{195,1}$$

$$V_t = 0,047 \text{ mm}^3$$

Laju keausan teoritik material *High Chrome* dapat dihitung dengan persamaan 6
 Diketahui jika mesin tidak ada kerusakan/jadwal perawatan mesin beroperasi selama 24 jam

$$\Psi_t = \frac{0,047}{24}$$

$$\Psi_t = 0,002 \text{ mm}^3 / \text{jam}$$

Pada material *Sintercast* diketahui kekerasan rata-rata 221,5 kg/mm²

$$V_t = \frac{9,2}{221,5}$$

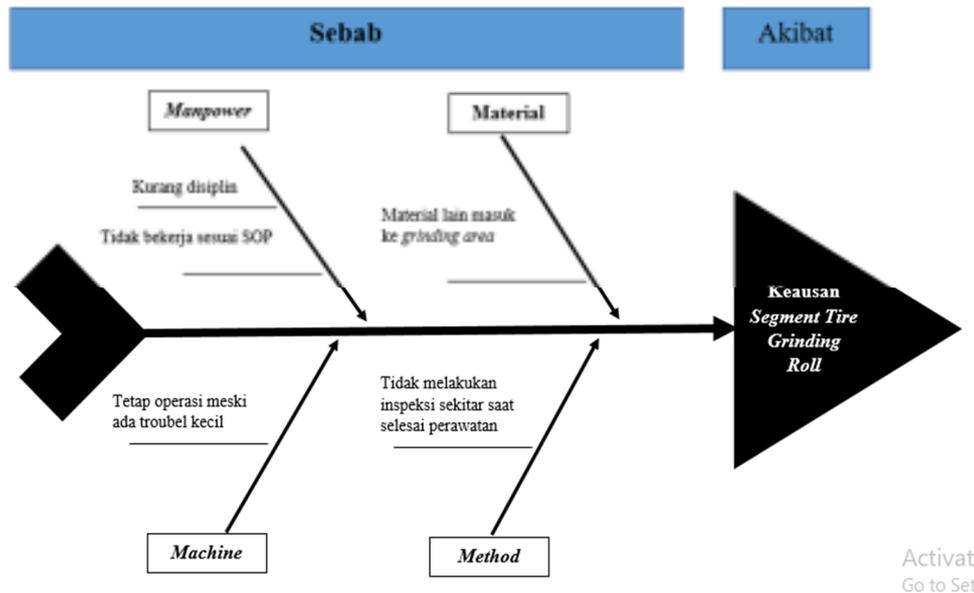
$$V_t = 0,041 \text{ mm}^3$$

Laju keausan teoritik material *Sintercast* didapat

$$\Psi_t = \frac{0,041}{24}$$

$$\Psi_t = 0,001 \text{ mm}^3 / \text{jam}$$

Diagram Fishbone

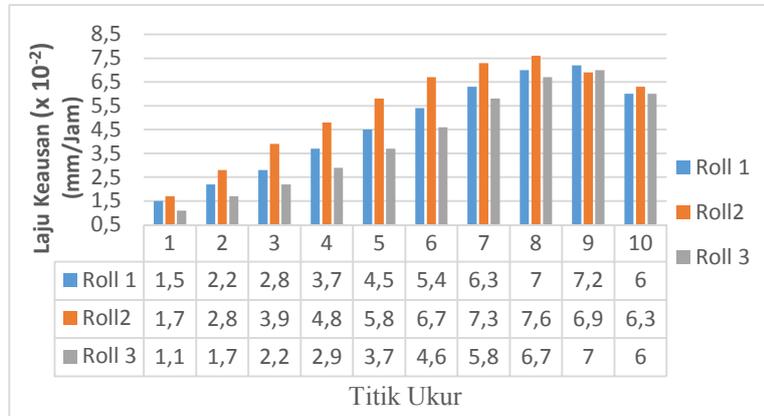


Gambar 1 Diagram Fishbone

Dari gambar 1 menunjukkan diagram *fishbone* pada *grinding roll vertical roller mill*, sehingga dapat dianalisis kerusakan dan keausan yang terjadi. Diagram *fishbone* tersebut menunjukkan bahwa kerusakan dan keausan *segment tire grinding roll* diakibatkan oleh 4 faktor yaitu: manusia itu sendiri, mesin tetap dioperasikan meski ada *trouble* agar mencapai target produksi, perawatan ditunda hingga terjadi hal tertentu baru melakukan perbaikan dan saat bekerja tidak sesuai SOP. Faktor kedua, pada saat mesin beroperasi menggiling material bahan baku terkadang terdapat material lain seperti besi, dan patahan dari komponen mesin. Faktor ketiga, inspeksi pada saat mesin tidak operasi biasa ditiada, sehingga jika dilakukan terus menerus maka akan mengakibatkan komponen tidak tahan lama dan umur pakainya pun tidak lama. Dan yang terakhir mesin, tidak bisa dipungkiri, mesin yang terus menerus beroperasi dan juga suhu yang sangat panas sehingga *segment tire* mengalami keausan. Dari beberapa penyebab dasar dapat diberikan rekomendasi perbaikan atau pencegahan yaitu, tetap melakukan inspeksi saat mesin tidak beroperasi, setelah melakukan perawatan tetap inspeksi sekitar agar bisa mengantisipasi kerusakan berikutnya, mengganti material *segment tire* dengan material yang lebih tahan terhadap keausan, dan tetap bekerja sesuai SOP.

HASIL

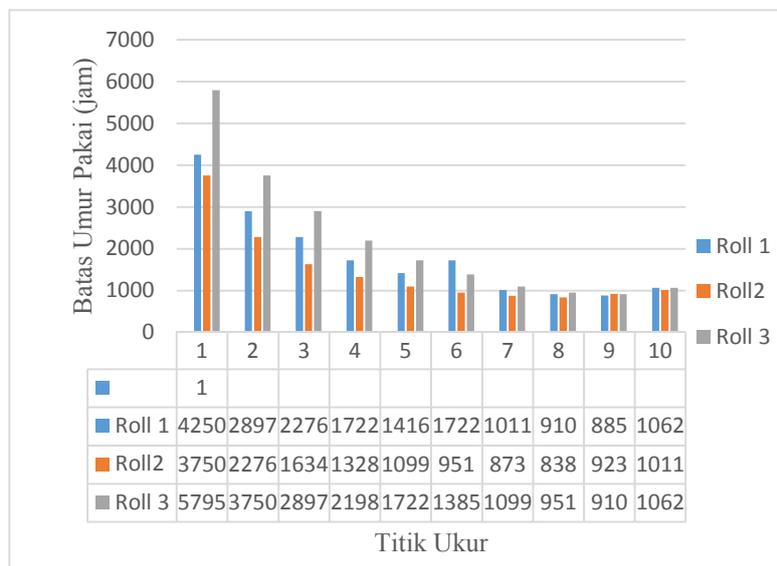
Penelitian yang dilakukan memberikan hasil berupa data pengukuran dan inspeksi pada *vertical roller mill atox mill 57.5* di bagian *Segment tire grinding roll*. Data yang didapat adalah pengukuran awal pada *Segment tire grinding roll*. Setiap data yang didapat dihitung laju keausan dan umur pakai. Grafik Laju keausan pada *segment tire grinding roll* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Grafik Laju Keausan *Segment tire grinding roll*

Dari gambar 2 menunjukkan rata rata laju keausan $4,6 \times 10^{-2}$ mm/jam pada *segment tire grinding roll 1*, keausan *segment tire* yang dominan ada di titik 5, 6, 7, 8, 9, dan 10. Laju keausan *segment tire grinding roll 2* dengan rata-rata laju keausan $5,3 \times 10^{-2}$ mm/jam, keausan *segment tire* yang dominan ada pada titik 6, 7, 8, 9, dan 10. Laju keausan *segment tire grinding roll 3* dengan rata-rata laju keausan $4,1 \times 10^{-2}$ mm/jam, keausan *segment tire* yang dominan ada pada titik 7, 8, 9, dan 10.

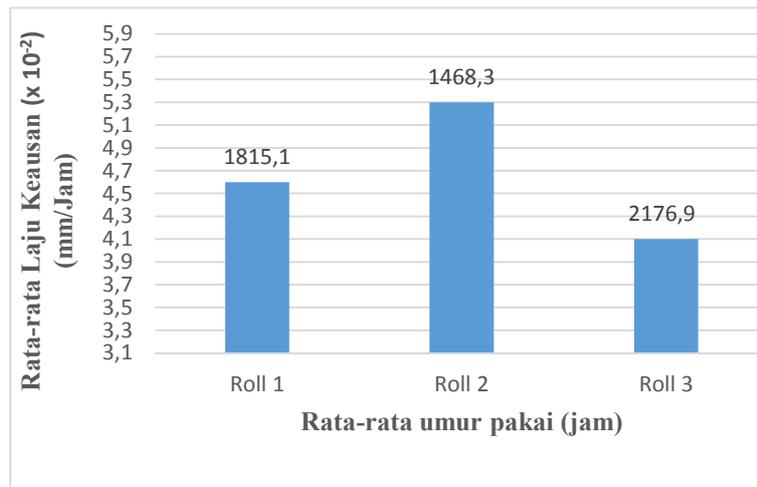
Adapun faktor penyebab *segment tire grinding roll* mengalami keausan karena adanya gesekan material semen dengan ukuran yang berbeda-beda. Dari data yang didapat dianalisa umur pakai *segment tire grinding* yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Grafik Umur Pakai *Segment tire grinding roll*

Pada gambar 3 menunjukkan *segment tire grinding roll 1* titik ukur 1 memiliki umur pakai yang lebih lama yaitu 4250 jam dan titik ukur 9 umur pakai yang lebih pendek yaitu 885 jam dengan rata rata umur pakai sebesar 1815,1 jam. *Segment tire grinding roll 2* titik ukur 1 memiliki umur pakai yang lebih lama 3750 jam dan titik ukur 7 memiliki umur pakai pendek yaitu 873 jam dengan rata-rata umur pakai sebesar 1468,3 jam. *Segment tire grinding roll 3* titik ukur 1 memiliki umur pakai lebih lama yaitu 5795 jam dan titik ukur 9 memiliki titik ukur pendek yaitu 910 jam dengan rata-rata

umur pakai sebesar 2176,9 jam. Rata-rata laju keausan dan umur pakai *segment tire grinding roll* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Grafik Laju Keausan dan Umur Pakai *Segment tire grinding roll*

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa *segment tire grinding roll* 3 memiliki umur pakai lebih lama yaitu 2176,9 jam dengan rata-rata laju keausan $4,1 \times 10^{-2}$ mm/jam. Laju keausan ketiga *segment tire grinding roll* tersebut didapat $4,6 \times 10^{-2}$ mm/jam mm/jam dan umur pakai 1820,1 jam. Adapun faktor lain yang mempengaruhi keausan adalah adanya benda asing yang ikut masuk kedalam *grinding area* yang seharusnya tidak digiling oleh *roller* seperti besi, batu dan lain sebagainya.

Segment tire grinding roll jika menggunakan material *high chrome* didapat volume keausan sebesar $0,047 \text{ mm}^3$ dan laju keausan $0,002 \text{ mm}^3/\text{jam}$. Sedangkan jika menggunakan material *sintercast* didapat volume keausan sebesar $0,0041 \text{ mm}^3$ dan laju keausannya sebesar $0,001 \text{ mm}^3/\text{jam}$.

KESIMPULAN

Rata-rata laju keausan *segment tire grinding roll vertical roller mill* didapat $4,6 \times 10^{-2}$ mm/jam. Rata-rata umur pakai *segment tire grinding roll vertical roller mill* didapat 1820,1 jam. Volume keausan *segment tire grinding roll* jika menggunakan material *High Chrome* sebesar $0,047 \text{ mm}^3$ dan laju keausan $0,002 \text{ mm}^3/\text{jam}$. Volume keausan *segment tire grinding roll* jika menggunakan material *sintercast* sebesar $0,0041 \text{ mm}^3$ dan laju keausannya sebesar $0,001 \text{ mm}^3/\text{jam}$. Secara teoritik material *segment tire grinding roll* lebih baik menggunakan material *sintercast* karena volume keausan dan laju keausan lebih rendah.

REFERENSI

- [1] Anonim. Teknologi Semen Padang. PT Semen Padang: Padang. 1998.
- [2] Hanidya, Inggil. 2016. Seksi Pemeliharaan Mesin Packer dan Pelabuhan Pabrik Tuban. Surabaya: Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
- [3] 1991. ASM Handbook Vol. 11 Failure Analysis. USA: ASM International
- [4] Reza, Muhammad. 2017. Analisa Kegagalan Tire Roller Pada Vertical Roller Mill Di Finish Mill Tuban 3 PT. Semen Indonesia. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [5] Brooks, Charlie and Choudhury, Ashok. 2002. Failure Analysis of Engineering Materials. New York: McGraw-Hill
- [6] Taufik, Ahmad, (2017). Analisa Keausan Kampas Rem Pada Disc Brake Dengan Variasi Kecepatan. Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
- [7] Brahat Bhusam, (2000), Modern Tribologi Handbook, New York, CRC Press.
- [8] Lancaster J. G. Dowson D. Isaac G. H. and Fisher J., (1997). "The Wear Of Ultra-High Molecular Weight Polyethylene Sliding On Metallic And Ceramic Counterfaces Reepresentative Of Current Femoral Surface In Join Replacement".
- [9] Archard, J.F., (1953). "Contact and rubbing of flat surfaces". J. Appl. Phys., 24, 981-988.
- [10] Haslindah, A. (2013). Analisa pengendalian mutu minuman rumput laut dengan menggunakan metode fishbone chart pada PT. Jasuda di Kabupaten Takalar. Jurnal ILTEK, 7(14), hlm.1008-1012.
- [11] Graubitz, H. 2006. *Ishikawa Diagram*. GIZ portable
- [12] Susanto, E. E., & Rahmadiano, F. (2019). Pengaruh Pengerolan Panas Terhadap Kerusakan Permukaan Rol Pada Proses Pembuatan Cooperod. *JURNAL FLYWHEEL*, 10(2), 19-23.