

# Diagnosa Kerusakan *Belt Conveyor Coal Storage* Pabrik Semen Gresik Menggunakan Metode *Visual Monitoring* dan Pemeriksaan Geometris

Farid Mujayyin<sup>1,a)</sup>, Handi Rahmanuri<sup>2,b)</sup>,

<sup>1,2</sup>Dosen Tetap Program Studi Teknik Perawatan Mesin dan Peralatan Industri AKSI-Gresik, Komplek Pabrik PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., Gresik, Jawa Timur, Indonesia, 61122

<sup>a)</sup> faridmujayyin@gmail.com (corresponding author), <sup>b)</sup> handirahmanuri@gmail.com,

## Abstrak

Peralatan industri *belt conveyor* merupakan peralatan transport material penting dalam proses produksi semen. Agar peralatan tersebut dapat diprediksi kerusakannya maka diperlukan identifikasi dan pemeriksaan pada tiap komponen *belt conveyor*. Berdasarkan frekuensi kerusakan mesin, komponen yang paling sering rusak yaitu *belt conveyor roller*. Metode yang diterapkan pada penelitian ini adalah mengidentifikasi hasil kerusakan dengan *monitoring* visual geometris dengan pemeriksaan menggunakan alat ukur. Perbaikan yang diperlukan dilakukan pada permukaan *belt* bergelombang yang mengakibatkan *belt* putus atau tergores, sehingga dapat menghambat proses pemindahan bahan baku pada saat produksi berjalan. *Roller* yang teridentifikasi mengalami keausan yang cukup signifikan berdasarkan hasil pemeriksaan, mengakibatkan *belt conveyor roller* mengalami kemiringan. Kerusakan tersebut diperiksa dengan menggunakan alat ukur *dial indicator* untuk memeriksa penyimpangan kelurusannya. Dengan adanya penyimpangan kelurusan, kesalahan posisi tumpuan *belt conveyor* yang terhubung dengan *roller* kemiringan dapat diestimasi dengan menggunakan metode regresi linier. Hasil analisis nilai kesalahan *roller* pada *belt conveyor coal storage* menyatakan yang mengakibatkan kesalahan adalah keausan pada ujung permukaan *roller*, dimana diperoleh sudut kemiringan  $\alpha$  sebesar  $0.0031^\circ$ . Standar deviasi dari estimasi kesalahan *roller* pembawa adalah 0,00762725, dimana berdasar rekomendasi hasil pemeriksaan masih dalam keadaan normal.

**Kata kunci:** *belt conveyor, monitoring visual, pemeriksaan geometris*

*Industrial equipment belt conveyor is an important material transport equipment in the cement production process. In order to predict the damage to that equipment, identification and examination on each belt conveyor component are required. Based on the frequency of engine damage, the most commonly damage components are belt conveyor rollers. The method applied in this research is to identify the result of the damage by monitoring the geometric visual along with the examination using the measuring instrument. The necessary repair is performed on the surface of the undulating belt which causes a broken belt or scratch which can inhibit the process of moving raw materials during production runs. Based on the examination, the identified rollers which have significant wear and tear causes belt conveyor roller to slope. The damage is checked using a dial indicator to check the deviation of the alignment. With the existence of alignment deviation, fault position of belt conveyor belt connected to slope roll can be estimated by using linear regression method. The result of the roller error value analysis on the belt conveyor of coal storage yield that the cause of error is the wear at the end of the roll surface, which has slope angle of  $0.0031^\circ$ . The standard deviation of the estimated roller error is 0.00762725, which base on the recommendation of the inspection, the result means the condition is still normal.*

**Keywords:** Belt Conveyor, Visual Monitoring and Geometric Inspection

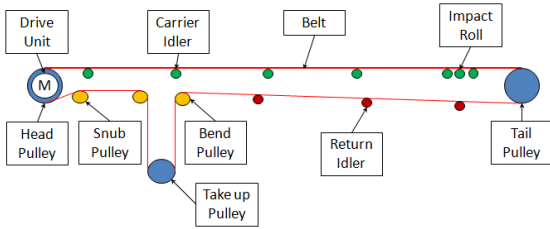
## I. PENDAHULUAN

Pabrik semen Gresik yang berada di Kabupaten Gresik merupakan salah satu peninggalan pabrik semen tertua di Indonesia. Pabrik semen yang sekarang ini hanya beroperasi sebagai *finishing* dan packer mampu menghasilkan kontribusi produksi selain mengemban misi produksi sekaligus juga sebagai media edukasi untuk pembelajaran kampus UISI (Universitas International Semen Indonesia) dan AKSI (Akademi Komunitas Semen Indonesia) [1]. Sebuah mesin pabrik berupa belt conveyor merupakan bagian yang penting dalam proses produksi semen untuk memperlancar proses produksi yang berfungsi memindahkan material bahan baku semen

batu kapur yang halus atau clinker, tras dan gypsum dari *coal storage* salah satu faktor yang mempengaruhi kelancaran proses produksi adalah mesin. Pabrik yang kala itu telah diresmikan pertama kalinya oleh Presiden pertama Ir. Soekarno pada tahun 1975 berdasarkan lama waktu bertahun-tahun pemakaian mesin pabrik secara fisik kondisi mesin yang cukup tua tentu bukan persoalan yang mudah dalam menjaga kondisi mesin agar tetap handal (*reliability*), terkadang mesin tiba-tiba mesin berhenti beroperasi (*shutdown*) dalam kondisi itulah sebabnya mengapa perawatan mesin adalah hal yang tidak boleh dilewatkan, mengingat mesin merupakan salah satu faktor terpenting dalam suatu eksistensi

perusahaan, oleh karena itu sebagai perusahaan yang akan selalu stabil harus melakukan *maintenance* (pemeliharaan) pada salah satu sarana mesin transportasi di sebuah pabrik semen yaitu *belt conveyor*.

*Belt Conveyor* adalah peralatan transportasi yang cukup sederhana yang digunakan untuk mengangkut material padat dengan kapasitas besar yang terdiri dari belt yang tahan terhadap pengangkutan material tersebut [3].



Gambar 1. Belt Conveyor

*Belt conveyor* memiliki komponen utama berupa sabuk yang berada di atas *roller-roller* penumpu. Sabuk digerakkan oleh motor penggerak melalui suatu pulley, sabuk bergerak secara *translasi* dengan melintas datar atau miring tergantung kepada kebutuhan dan perencanaan. Material diletakkan diatas sabuk dan bersama sabuk bergerak kesatu arah. Pada pengoperasiannya konveyor sabuk menggunakan tenaga penggerak berupa motor listrik dengan perantara roda gigi yang dikopel langsung ke puli penggerak. Sabuk yang berada diatas *roller-roller* akan bergerak melintasi *roller-roller* dengan kecepatan sesuai putaran dan puli penggerak. *Belt conveyor* juga termasuk peralatan pemindahan (*conveyor*), yaitu peralatan yang ditujukan untuk memindahkan muatan curah (banyak partikel, homogen) maupun muatan satuan secara kontinyu.

Menurut beberapa informasi dari karyawan *maintenance* perusahaan sudah menjalankan pemeliharaan dengan optimal yaitu lestari melaksanakan *preventive maintenance* berupa inspeksi secara berkala yaitu *daily, weekly, monthly, dan yearly*. Perusahaan juga menjalankan pemeliharaan keseluruhan peralatan industri dengan *Preventive Maintenance*. Walaupun peralatan industri berupa *belt conveyor* tersebut sudah di pelihara dengan optimal, namun usaha untuk memperoleh data dan kondisi mesin perlu diidentifikasi dengan penelitian yang relevan salah satunya dosen.

Berdasarkan observasi di lapangan kondisi *belt conveyor* secara fisik tertutup di beri atap asbes sehingga dapat mencegah kontak dengan air hujan dan hembusan angin serta informasi dari dokumen-dokumen yang berhubungan dengan penelitian sejenis tentang analisis kerusakan *belt conveyor*, pada saat-saat jam operasi yang direncanakan sebagian *belt conveyor* pada Seksi *Finishmil* sering mengalami kerusakan, tingginya intensitas kerusakan dapat mengganggu proses pengiriman batu kapur maupun gypsum. Pada kondisi seperti itu *belt conveyor* memerlukan pengecekan rutin yang baik sehingga perlu adanya rekaman data performance dari sebuah alat transport tersebut dari gambaran mesin tersebut peneliti akan mengkaji lebih dalam mengenai kondisi mesin atau diagnosa kerusakan

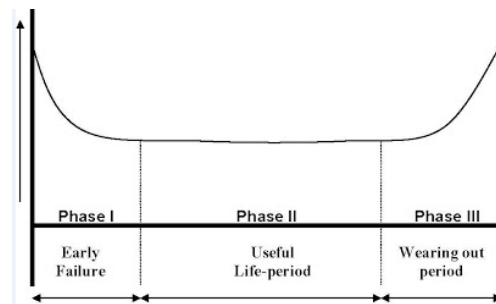
mesin *belt conveyor* pada *coal storage* di pabrik semen gresik berdasarkan inspeksi dengan menggunakan metode *monitoring visual*.

II. LANDASAN TEORI

Mencari dan menemukan solusi permasalahan pada suatu mesin pabrik merupakan kegiatan penting dalam pekerjaan pemeliharaan pabrik. Pemeliharaan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan [2]. tujuan dari diagnosa kerusakan *belt conveyor* dengan menggunakan diagram *fishbone* sebenarnya untuk menerapkan *Preventive Maintenance* sebenarnya yaitu untuk mencapai suatu tingkat pemeliharaan terhadap seluruh pralatan produksi agar memperoleh suatu kualitas produk yang optimum, kegiatan pada *Preventive* biasanya meliputi:

- Inspeksi, Inspeksi adalah kegiatan pemeliharaan periodik untuk memeriksa kondisi komponen peralatan produksi.
- Pemeliharaan berjalan/sering disebut *Running Maintenance*, merupakan kegiatan pemeliharaan tanpa menghentikan peralatan yang sedang beroperasi.
- Penggantian komponen yang kecil, merupakan pemeliharaan yang menggantikan komponen kecil saja.
- *Shutdown Maintenance* adalah pemeliharaan yang dilakukan ketika mesin produksi sedang offline/sedang berhenti memproduksi.

Tujuan dari *Preventive Maintenance* adalah untuk menemukan suatu tingkatan yang menunjukkan gejala kerusakan sebelum alat-alat produksi mengalami kerusakan yang sangat fatal, maka sudah kita ketahui [3]. *Preventive Maintenance* berfungsi menangani langsung hal-hal yang bersifat mencegah terjadinya kerusakan pada alat produksi dengan teratur dan berkala serta memperbaiki kerusakan kecil yang ditemukan saat pemeriksaan seperti yang tergambar pada diagram analisis prediktif yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram analisis *predictive*

Pada penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kerusakan *belt conveyor* dan penelitian ini merupakan *preventive maintenance* mulai dari perencanaan pemeliharaan yang dimana operator rutin melaksanakan inspeksi mesin dilakukan sejak sebelum terjadinya

kerusakan [3]. Penelitian ini juga untuk membantu melaksanakan predictive maintenance terdapat sesuatu diagram analisis predictive yang sering digunakan yang mengacu pada kondisi peralatan produksi. Dalam predictive maintenance terdapat metode-metode dalam pemantauan atau monitoring kondisi dari suatu peralatan produksi, antara lain :

1. *Monitoring* minyak pelumas dengan cara mengambil sebuah *sample* oli dari peralatan produksi untuk mengecek tingkat kekentalannya/untuk melihat kualitas oli yang tersimpan di tangki oli.
2. *Visual Monitoring*. Metode ini menggunakan pancaindra yang meliputi indra penglihatan, indra perasa, dan indra pendengaran guna mengetahui kondisi mesin.
3. *Monitoring* kinerja merupakan teknik dalam memonitoring kondisi mesin produksi dengan cara memeriksa dan mengukur parameter kinerja kemudian dibandingkan dengan standardnya.
4. *Monitoring* geometris diharapkan penyimpangan geometris yang terjadi pada peralatan produksi dapat kita ketahui dan dapat dilakukan kegiatan pengukuran *leveling* dan pengukuran posisi (*alignment*) dalam hal ini menggunakan alat ukur geometris seperti dial indicator.
5. *Monitoring* getaran, pada monitoring ini memeriksa dan mengukur letak getaran secara rutin dan terus menerus.

Metode pengecekan kelurusan *rol belt conveyor* dengan menggunakan Regresi linier adalah metode statistika yang digunakan untuk membentuk model hubungan antara variabel terikat (Y) dengan satu atau lebih variabel bebas (X), apabila banyaknya variabel bebas hanya satu disebut sebagai regresi linier sederhana, sedangkan apabila terdapat lebih dari satu variabel bebas disebut regresi linier berganda [4]. Analisis regresi setidaknya memiliki 3 kegunaan, yaitu bertujuan untuk mendeskripsikan fenomena data atau kasus yang diteliti, bertujuan untuk mengontrol, serta bertujuan untuk memprediksi kesalahan.

Fenomena kesalahan akan diketahui dengan prediksi sehingga terbentuk sebuah titik-titik dengan koordinat baru yang membentuk sebuah garis linier. Hasil dari metode persamaan garis linier sederhana ditunjukkan pada gambar 3 [5].

Bentuk umum regresi linier sederhana adalah sebagai berikut:

$$y = ax + b \quad (1)$$

Dimana:

y = peubah tak bebas

x = peubah bebas

a = kemiringan

b = konstanta

Sedangkan mencari kemiringan garis linier (a) adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (2)$$

Mencari konstanta (b):

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (3)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - a \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4)$$

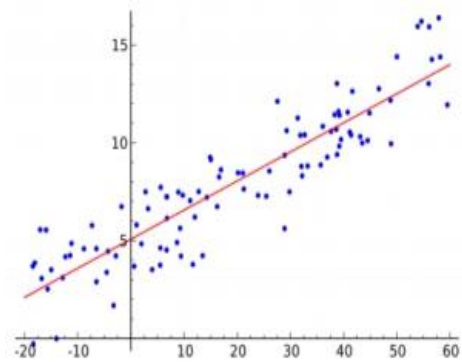
Dimana:

n = banyaknya pasangan data

y<sub>i</sub> = nilai peubah tak bebas y ke-i

x<sub>i</sub> = nilai peubah bebas x ke-i

hasil proses regresi linier dapat ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil dari proses regresi linier sederhana

Tujuan menggunakan analisis regresi ialah untuk membuat estimasi rata-rata dan nilai variabel dengan didasarkan pada nilai variabel bebas serta untuk meramalkan nilai rata-rata variabel bebas dengan didasarkan pada nilai variabel bebas di luar jangkauan sampel [6].

### III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan dengan metode studi kasus meliputi pengamatan, merangkum dan mencatat data skunder *maintenance* dari jurnal harian mandor berupa waktu operasi, *breakdown time*, *frekuensi breakdown*, *failure* dan *repair set adjustment* selama 3 bulan yang telah lewat yaitu bulan Februari sampai dengan Maret 2018. Mulai dari proses berjalannya *belt conveyor* sampai ke pemeriksaan, pengukuran pada komponen mesin *belt conveyor*. Seluruh kegiatan tersebut dilakukan pada mesin *belt conveyor coal storage* pabrik Gresik PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Variabel-variabel yang terlibat pada pengukuran adalah sebagai berikut:

a. Variabel Tetap

1. Suhu

2. Tekanan Rebusan

b. Variabel bebas

1. *Loading time* (waktu operasi)

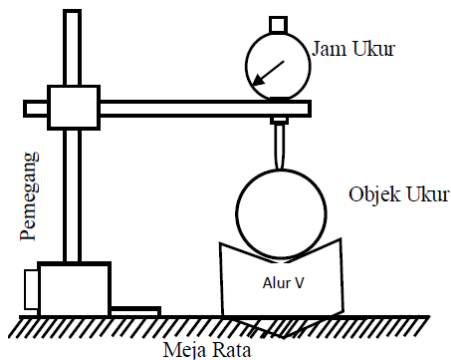
2. *Breakdown time* (waktu menunggu perbaikan)

3. *Frekuensi breakdown* (total kerusakan)

4. *Failure and repair* (kerusakan dan perbaikan)

5. *Set and adjusment* (pemasangan dan penyetelan)  
Adapun Persiapan pelaksanaan penelitian meliputi:

1. Pembuatan lembar *check list* inspeksi belt conveyor yang meliputi komponen yaitu; Reduser (*level oil*, baut *base plate*), *Sproket/pully drive* dan *pie*, *chain/v-belt*, *kopling*, *tutup rantai*, *head drum*, *tail drum*, *bearing head drum*, *bearing tail drum*, *belt conveyor*, *fastener/splashing*, *carrying roll*, *roll return*, *training carrying roll*, *training roll return*, *take up drum*, *bearing take up drum*, *band pully*, *bearing band pully*, karet samping, *scraper/roll* pembersih dan *alignment belt conveyor* [7].
2. Penyiapan peralatan inspeksi *rol belt conveyor* (alat tes dial indikator, dan mistar baja).



**Gambar 4.** Persiapan pemeriksaan geometris pada komponen belt conveyor

3. Pembuatan Lembar hasil analisis monitoring visual
4. Penyiapan kamera telepon selular untuk dokumentasi

Tahapan penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Seluruh kegiatan *breakdown* yang terjadi selama proses pemindahan bahan baku dicatat dalam buku mandor/karyawan.
2. Data waktu produksi, *frekuensi breakdown*, *breakdown time*, *failure & repair* dan *set up & adjusment*.
3. Wawancara dengan pihak manajemen perawatan mengenai mesin belt conveyor sering mengalami kerusakan yang terjadi di pabrik semen
4. Perhitungan nilai *performance maintenance* mesin belt conveyor tersebut.
5. Analisis dan menyimpulkan *performance maintenance* yang paling baik yang dapat meningkatkan produktivitas mesin dan teknisi.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dengan melakukan pengamatan, mengidentifikasi, pengukuran/pemeriksaan dan pencatatan langsung yang berkaitan dengan mesin dan kerusakan mesin belt conveyor coal storage pabrik gresik PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pengumpulan data secara langsung (wawancara) dilakukan dengan bertanya kepada pihak manajemen *maintenance* termasuk operator, mandor dan asisten dengan memberikan penjelasan tentang masalah mesin yang sering terjadi yang membuat turun kapasitas dan mungkin mengakibatkan pabrik stop. Pengumpulan

data dilakukan selama 1 bulan di Seksi pemeliharaan mesin PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Identifikasi Permasalahan

Berdasarkan *identification problem* yang dihasilkan dari wawancara dan observasi dengan pembimbing lapangan, maka mesin yang menjadi objek penelitian adalah belt conveyor coal storage yang memindahkan bahan baku berupa klinker ditransfer ke dalam area finishmill. Adapun alasan mesin belt conveyor coal storage dijadikan objek penelitian adalah:

1. Perawatan pada mesin belt conveyor coal storage lebih sering dibandingkan mesin-mesin lainnya.
2. Tolok ukur dalam perawatan yaitu jika mesin alat pemindah bahan tersebut bergerak selama 24 jam berjalan secara kontinu satu hari kerja terus menerus selama seminggu.

Temuan kebaruan dalam penelitian ini merupakan komparasi dari cara mendiagnosa kerusakan dengan menggunakan suatu metode diagram sebab akibat dengan pemeriksaan sesuai standart *plan do check* terhadap belt conveyor dengan pendekatan analisis matematis sehingga nilai kesalahannya mudah dilihat dan diketahui.

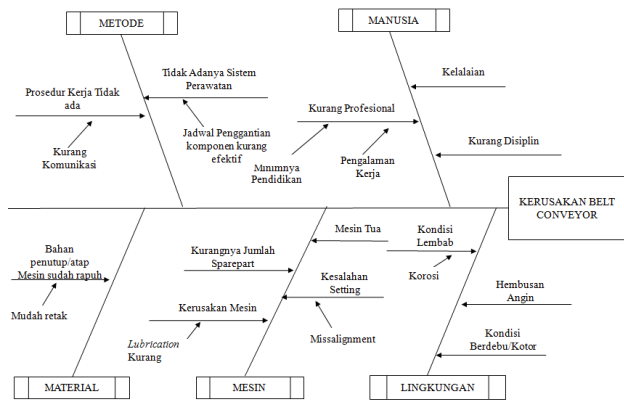
Adapun data yang didapat berupa sajian masalah kerusakan melalui wawancara dengan pihak operator, mandor dan asisten *maintenance* dipadukan dengan *check list* inspeksi. Hasil identifikasi menggunakan lembar *check list* inspeksi, beberapa faktor yang menyebabkan kerusakan pada belt conveyor coal storage adalah sebagai berikut:

- a. keausan yang terjadi di bagian bawah belt yaitu roller
- b. keausan pada rubber bagian atas belt conveyor
- c. belt conveyor tidak bergerak lancar dan tidak lurus saat membawa beban material
- d. bracket roller tidak berada pada sudut yang benar terhadap sumbu belt conveyor
- e. kondisi sproket aus tapi masih dalam batas normal
- f. pada karet belt conveyor grouving, retak, bergaris, defleksi dan terjadi horizontal misalignment sehingga perlu distel ulang
- g. pada hopper las kurang baik dan sudah berkarat perlu pengelasan ulang, ada yang retak perlu di repair
- h. kondisi atap/asbes yang retak mengakibatkan hembusan angin kencang sehingga partikel debu klinker dapat bertebaran mengotori area mesin

### B. Diagram Sebab Akibat (Fishbone Diagram)

Analisis terhadap penyebab faktor-faktor kerusakan yang mengakibatkan rendahnya efektivitas mesin dalam kondisi masih normal namun perlu dilakukan kajian atau pengamatan secara mendalam dengan pemeriksaan kesilindrisan dan kelurusan roll, secara umum diagnosa kerusakan belt conveyor dengan menggunakan diagram sebab akibat (*fishbone diagram*). Berdasarkan *diagram pareto* yang telah dibuat, faktor dominannya adalah faktor roller belt conveyor. Gambar 5 menunjukkan diagram sebab akibat (*fishbone*) untuk faktor kerusakan belt conveyor disebabkan oleh berhentinya mesin belt conveyor dikarenakan terjadi permasalahan sementara.

[3]. Misalnya pada faktor manusia terjadi kurangnya motivasi pekerjaannya dalam bekerja sehingga mengakibatkan kurangnya tingkat kedisiplinan pekerja dalam melakukan pekerjaannya yang secara tidak langsung berdampak pada saat mesin mengalami permasalahan sementara. Faktor material yaitu terjadi permasalahan material klinker jatuh/mengotori saat melakukan proses produksi yang timbul akibat rendahnya perawatan bahan baku atau material. Faktor mesin yaitu mesin sudah terlalu tua yang mengakibatkan mesin sering terjadi *breakdown* pada saat proses produksi. Faktor metode yaitu sering dilakukannya perbaikan jika mesin sudah terlanjur rusak, permasalahan ini timbul akibat adanya permasalahan penjadwalan penggantian komponen yang rusak belum efektif.

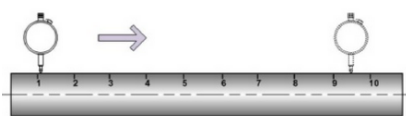


Gambar 5. Diagram fishbone

Faktor lingkungan yaitu banyak terjadinya sisa material yang debu jatuh yang menempel di komponen mesin saat proses produksi masih berada di mesin yang bertebaran akibat atap *belt conveyor* retak sehingga mengakibatkan kebersihan lingkungan sekitar masih kurang efektif. Jika kotoran debu dan pelumasan kurang yang ada di roller sebagai faktor utama roller menjadi aus maka efek *belt conveyor* berputar/berpindah dengan posisi miring hal ini yang mengakibatkan material jatuh.

C. Pemeriksaan Roller

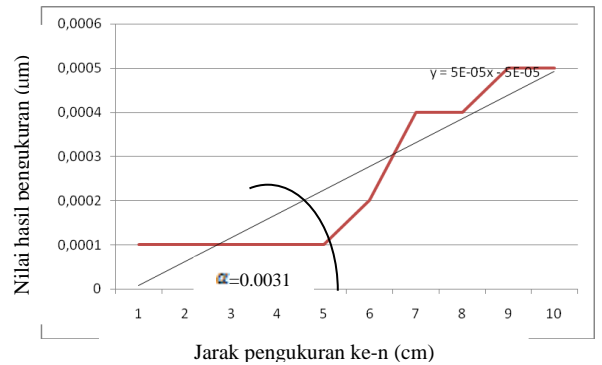
Jika hasil pemeriksaan komponen *belt conveyor* menyatakan mengalami keausan, maka kemudian dilakukan pengecekan/pengukuran permukaan roller dimana dilepas dan diukur dengan menggunakan *dial indicator*.



Gambar 6. Pemeriksaan kelurusan rol belt conveyor dengan jam ukur

Identifikasi sumber kerusakan menyatakan keausan atau kerusakan pada roller yang mengalami keausan disebabkan karena gesekan oleh karet belt sehingga

proses pemindahan material klinker diprediksi akan mengalami tumpahan material jika terjadi kemiringan [7].



Gambar 7. Grafik hasil pemeriksaan kelurusan pada roll belt conveyor

Grafik pada gambar 7 merupakan data hasil pemeriksaan kesalahan kelurusan roller pada belt conveyor coal storage. Hasil pemeriksaan dijelaskan melalui jarak pengukuran ke-n dengan satuan cm, sedangkan variabel bebas. Pemeriksaan dilakukan setiap 1 cm, dimana ditentukan jumlah pasangan data sebanyak 60 data. Analisis ini menggunakan kemiringan ( $\alpha$ ) dari garis regresi tersebut, kemudian dicari besar sudutnya ( $\alpha$ ) dengan bantuan rumus regresi linier sederhana.

D. Perhitungan Data Pengukuran Geometris

Analisis kesalahan sistematis dilakukan dengan mengelola data pengukuran permukaan rata roller belt conveyor sebanyak 10 data dengan menggunakan metode rumus regresi linier sederhana. Analisis perhitungan dilakukan pada data kesalahan roller belt conveyor yang mengakibatkan material tumpah karena kemiringan roller yang diakibatkan roller sudah aus atau tidak lurus lagi. Data perhitungan kemiringan garis regresi ditunjukkan pada tabel 1. Perhitungan data kesalahan roller belt conveyor menggunakan rumus regresi linier.

Tabel 1. Analisis data pemeriksaan roller percobaan hasil pengukuran ke-8 dengan regresi linier

X	Y	Y/I 000 0	X <sup>2</sup>	XY	Σ X	Σ Y	Σ X <sup>2</sup>	Σ Xy	n	a	alfa
10	1	0,00 01	100	0,001	55	0	385	0	10		
11	1	0,00 01	121	0,0011	65	0	505	0	10		
12	1	0,00 01	144	0,0012	75	0	645	0,01	10		
13	1	0,00 01	169	0,0013	85	0	805	0,01	10		
14	1	0,00 01	196	0,0014	95	0	985	0,01	10		
15	2	0,00 02	225	0,003	105	0	1185	0,01	10		
16	4	0,00 04	256	0,0064	115	0	1405	0,02	10		
17	4	0,00 04	289	0,0068	125	0	1645	0,02	10		
18	5	0,00 05	324	0,009	135	0	1905	0,03	10		
19	5	0,00 05	361	0,0095	145	0	2185	0,04	10	5,3 94E -05	0,0 030 90

Berdasar tabel 1, analisis perhitungan alfa dari data kesalahan kemiringan roller belt conveyor dihitung



menggunakan rumus mencari kemiringan garis linier (a) sebagai berikut:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

$$a = \frac{10.0.0095 - 145.0.025}{10.2185 - 21025}$$

$$a = \frac{4.07 - 3.625}{2185 - 21025}$$

$$a = 0,00005394$$

Sedangkan perhitungan sudut alfa ( $\alpha$ ) sebagai berikut:

$$\alpha = \arctan(\alpha)$$

$$\alpha = \arctan(0.00005394)$$

$$\alpha = 0.00005394 \text{radian}$$

$$\alpha = \frac{0.00005394 \times 180^0}{\pi}$$

$$\alpha = \frac{0.00005394 \times 180^0}{3.14}$$

$$\alpha = 0.0031^0$$

Perhitungan ( $\alpha$ ) yang dihasilkan sebesar  $0,0031^0$ , Sedangkan standar deviasi gabungan kesalahan pada *roller belt conveyor* diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Standar deviasi}_{\text{gabungan}} = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \dots + S_{10}^2}$$

$$S_2 \text{ Kombinasi} = \sqrt{1.25 \times 10^{-6} + 8.39 \times 10^{-6} + 6.47 \times 10^{-6} + \dots + 3.973^{-6}}$$

$$S_2 \text{ Kombinasi} = \sqrt{5.8175 \times 10^{-5}}$$

$$S_2 \text{ Kombinasi} = 0.0076272$$

Setelah perhitungan kerusakan keausan yang mengakibatkan kemiringan, dilakukan standar deviasi rata-rata setiap data dimana diperoleh hasil standar deviasi gabungan kesalahan pada *roller belt conveyor* sebesar 0.0076272. Rekomendasi dari hasil pemeriksaan dengan pengukuran kelurusan rol pembawa pada *belt conveyor coal storage* pada kisaran normal dan diprediksi tidak akan mengalami kerusakan yang fatal dalam proses produksi.

## V. KESIMPULAN

1. Diagnosa kerusakan *belt conveyor coal storage* memungkinkan dapat diketahui penyebab kerusakan apakah disebabkan oleh faktor lingkungan, manusia, material, kondisi mesin, dan metode kerja. Pengaruh signifikan yakni keausan pada *roller*. *Roller* merupakan tumpuan yang sangat vital, dimana jika *roller* aus posisi putaran *belt conveyor* akan mengalami kemiringan.
2. Hasil perhitungan sudut kemiringan dengan model matematis akibat dari kesalahan pada *roller belt conveyor* diketahui sudut  $\alpha$  sebesar  $0.0031^0$  dan standar deviasi gabungan dari analisis nilai kerusakan sebesar 0,00762725.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Perusahaan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. yang telah bersedia memfasilitasi penelitian ini, kepada pihak Akademi Komunitas Semen Indonesia-Gresik atas segala dukungan yang diberikan, serta kepada segenap dosen, instruktur dan anggota tim yang terlibat. Saran penulis dalam penelitian ini perlu adanya penelitian lanjutan demi kemajuan industri dan pendidikan di Indonesia.

## REFERENSI

1. Ram, *Pabrik Gresik Mengemban Misi Produksi Sekaligus Edukasi*, 2017. Website: <http://www.semenindonesia.com/>, diakses tanggal 11 Februari 2018.
2. S. Assauri, *Manajemen Produksi dan Operasi*, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 2008.
3. M. Hasriyono, Evaluasi efektifitas mesin dengan penerapan total productive maintenance (TPM) di PT Hadi Baru, *Tugas Akhir*, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2009.
4. F. Mujayyin, Analisis Kesalahan Alat Ukur Sudu Turbin Cross Flow Water Turbine, *Tesis Master*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.
5. Wahyudi, Ketidakpastian Pengukuran pada Pengembangan Alat Ukur Kesilindrisan dengan Bench Center, *Tesis Master*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2004.
6. ISO-9001, *Guide to The Expression of Uncertainty In Measurement*, ISO Technical Advisory Group on Metrology, 1993.
7. Erinofiardi, Analisis Kerja Belt Conveyor 5857-V Kapasitas 600 Ton/Jam, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 3, No. 3, 2012. pp. 450-458.