

# Investigasi Penyebab Kerusakan *Chain Bucket Elevator* pada 7<sup>th</sup> *Finish Mill Transport System Area* di Tuban IV PT. Semen Gresik

Sebastianus Dwi Danuputro dan Witantyo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: witantyo@me.its.ac.id

**Abstrak** - Realisasi produksi *Finish Mill* berada di bawah capaian target pada periode Oktober 2013 - Februari 2014 yang disebabkan kerusakan berulang pada *chain bucket elevator*. Mengatasi hal tersebut telah dilakukan pergantian *chain* asli BZK1200 dengan *chain* ER984. Namun, tidak ada evaluasi dan analisa yang telah dibuat untuk menjelaskan penyebab kerusakan tersebut. Tugas akhir ini menganalisa penyebab kerusakan menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) untuk membuat desain yang lebih baik. Data pendukung berupa gambar kerusakan, *downtime history*, kondisi aktual operasional, dan *datasheet* teknik. Pengujian material dilakukan untuk memperoleh jenis material, sifat mekanik dan pola patahan.

Jenis material *chain* adalah *low carbon manganese steel* AISI 1524. Perhitungan analitis gaya menunjukkan bahwa *chain* hanya menerima gaya 133.106 kN, jauh di bawah batas yang diizinkan berada di bawah *limit stress* 1200 kN. Foto SEM pada patahan mengindikasikan terjadinya *fatigue failure*. Nilai kekerasan material yaitu 47.8 HRC dan nilai ketangguhan yaitu 32.046 Joule, sehingga material sangat keras tetapi getas. Struktur mikro mengindikasikan terjadinya proses *heat treatment* saat manufaktur.

**Kata kunci** - *Chain Bucket Elevator*, *Fatigue Failure*

## I. PENDAHULUAN

PERUSAHAAN PT. Semen Indonesia (Tbk) merupakan perusahaan semen nasional terbesar di Indonesia. Kota Tuban dengan potensi batu kapur nya telah dikelola oleh salah satu anak perusahaan yakni PT. Semen Gresik dengan 4 unit pabrik yang beroperasi. Proses produksi semen merupakan pengolahan batu kapur menjadi produk semen. Setiap pabrik semen umumnya dibagi menjadi 7 area, yaitu *area crusher*, *area raw mill*, *area kiln*, *area coal mill*, *area finish mill*, *area packer*, dan *area electrical room*.

Saat ini biaya *maintenance* yang dikeluarkan Semen Gresik relatif lebih tinggi dibanding pabrik semen sekelasnya di dunia. biaya *maintenance* yang dilakukan PT. Semen Gresik untuk *area mesin Finish Mill* selama 4 tahun terakhir terjadi peningkatan biaya setiap tahunnya. Evaluasi terhadap hasil produksi semen di Tuban 4 dilakukan oleh manajemen Koordinator Anggaran. Berdasarkan data yang diperoleh, pada periode bulan Oktober 2013 sampai Februari 2014 realisasi produksi di *Finish Mill* Tuban 4 tidak sesuai dengan target yang telah ditentukan manajemen pada RKAP. Didapatkan kesimpulan bahwa peralatan di *Finish Mill* 547 dan *Finish Mill* 548 area penggilingan semen bekerja tidak optimal dalam menunjang proses produksi. Target yang ditetapkan oleh perusahaan rata-rata tidak tercapai.

Berdasarkan data yang diperoleh, *Chain Bucket Elevator* 547BE01 merupakan peralatan yang mengalami frekuensi gangguan terbanyak kedua yaitu sebesar 20 kali

untuk periode 01 Oktober 2013 s/d 28 Februari 2014. *Chain Bucket Elevator* 547BE01 merupakan peralatan yang mengalami durasi *downtime* terbanyak sebesar 117 jam kali untuk periode 01 Oktober 2013 s/d 28 Februari 2014.

Berdasarkan frekuensi gangguan di *bucket elevator* 547BE01, diperoleh bahwa *Link Chain* Putus merupakan jenis kerusakan yang mengalami frekuensi terbanyak sebesar 18 kali. Berdasarkan durasi *downtime* terlihat bahwa *Link Chain* Putus merupakan jenis kerusakan yang mengalami durasi *downtime* terbanyak sebesar 115,27 jam. Berdasarkan nilai kehilangan kesempatan produksi, terlihat bahwa *Link Chain* Putus merupakan jenis kerusakan yang menyebabkan kehilangan kesempatan produksi terbanyak sebesar 21.901 ton atau 99,0 %.5. Berdasarkan nilai *service part*, terlihat bahwa *Link Chain* Putus merupakan peralatan yang mempunyai biaya perbaikan paling besar yaitu Rp 573.909.037. Data ini diperoleh pada periode 01 Oktober 2013 s/d 28 Februari 2014.

Berdasarkan survei yang diperoleh, *chain* lebih sering terjadi kerusakan pada bagian *outer link chain* yang diikuti kerusakan pada bagian *mounting angle bucket*. Gambar terjadinya *chain* putus dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



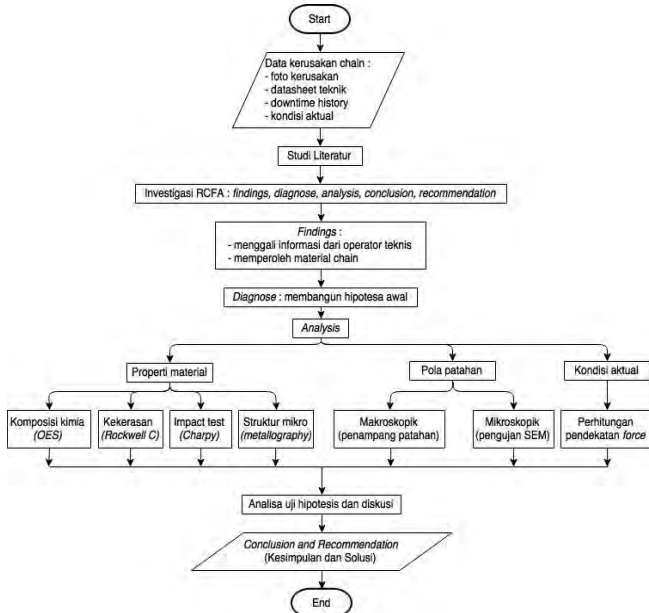
Gambar.1. *Link chain* putus

Tim pemeliharaan *Finish Mill* Tuban 4 telah melakukan tindakan modifikasi pada *chain*. *Chain* yang mengalami gangguan merupakan *chain* original tipe BZK1200 Beumer dilakukan pergantian dengan *chain* ER984 Rexnord, namun belum terdapat analisa *engineering* yang dilakukan atas pergantian *chain* ini.

Masalah yang dianalisa dan tujuan pada penelitian ini adalah menganalisa penyebab putusnya *chain* pada *Chain Bucket Elevator* sehingga diperoleh akar permasalahannya dan menemukan solusi yang tepat untuk merancang *chain* yang lebih baik pada *Chain Bucket Elevator*.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tugas akhir ini akan melalui tahapan-tahapan yang diawali dari studi lapangan mengenai permasalahan yang diteliti, kemudian dilakukan pengumpulan data-data yang mendukung, melakukan studi literatur, melakukan investigasi *Root Cause Failure Analysis*, dan di bagian akhir melakukan penarikan kesimpulan dan rekomendasi. Diagram alir pada gambar 2 di bawah.



Gambar.2. Diagram alir penelitian

Penulis melakukan *Findings* dengan menggali informasi dari operator dan memperoleh material *chain* yang mengalami kerusakan. Penulis melihat secara langsung bentuk *failure* yang terjadi pada *chain* di lapangan dan melakukan survey kepada pihak teknisi terkait.

*Diagnose* atau melakukan hipotesis awal/ sementara mengenai penyebab kerusakan yang terjadi pada *Elevator Bucket Transfer*. Berdasarkan tinjauan pustaka yang dilakukan, diperoleh hasil hipotesis antara lain *overload*, *fatigue*, dan *wrong heat treatment*.

Penulis melakukan tahap *analysis* yaitu *hypothesis testing* dan *root cause identification/map* untuk mengidentifikasi akar masalah dan menganalisa hipotesis awal. Tahapan yang dilakukan adalah melakukan uji properti material *chain* original tipe BZK1200 Beumer. Hal ini meliputi pengujian kekerasan, impact, komposisi kimia, dan struktur mikro. Pengujian pola patahan pada material *chain* original tipe BZK1200 Beumer juga dilakukan untuk mengetahui pola patahan secara makroskopik dengan melihat penampang patahan dan secara mikroskopik dengan pengujian SEM. Serta melakukan perhitungan analisis kekuatan *chain* sesuai dengan kondisi aktual mekanisme kerja gaya yang terjadi.

Pada tahap *Conclusion and Recommendation* merupakan langkah akhir dalam penelitian tugas akhir yang menyajikan informasi mengenai kesimpulan yang didapat berdasar analisa dan simulasi sehingga dapat memberikan solusi yang tepat, dan efektif kepada pihak PT. Semen Gresik (Pabrik Tuban IV) perihal topik yang diangkat.

## III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Data – data yang didapatkan, sehingga menjadi dasar acuan atau referensi dalam mengidentifikasi penyebab terjadinya kerusakan *chain* pada *bucket elevator transport*

*system area finish mill 7<sup>th</sup>*, adalah sebagai berikut *history report* kerusakan, foto – foto kerusakan *chain*, struktur material *chain*, kondisi aktual operasional.

Foto kerusakan *chain* diperoleh dari pihak Pemeliharaan Mesin *Finish Mill 3-4 PT. Semen Gresik*.



Gambar.3. Foto kerusakan chain

Gambar 3 di atas terlihat terjadinya *failure* pada *chain*. Kondisi *failure* ini merupakan putusnya *chain* pada bagian satu sisi *outer link chain* beserta pada *mounting angle*. Patahan terjadi diawali dengan pada bagian *outer link* salah satu sisi *chain* kemudian *mounting angle* yang tidak di desain untuk menahan beban tarik kemudian patah. Hal ini jika dibiarkan mampu menyebabkan kerusakan pada sisi yang berlawanan sehingga kedua sisi *outer link chain* akan patah dan *chain* akan putus keseluruhan. Gambar patahnya *outer link chain* dan *mounting angle* dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 di bawah



Gambar.4.(a) Kerusakan *outer link chain*; (b) Kerusakan *mounting angle*

### A. Analisa Properti Material Chain

Material *chain* Beumer BZK 1200 belum diketahui properti material secara kimia maupun mekanik, sehingga dilakukan pengujian yaitu :

1. *Optical Emission Spectrometry* : pengujian untuk mendapatkan komposisi kimia yang terkandung pada material. Pengujian komposisi kimia pada material *chain* Beumer BZK 1200 memperoleh hasil sebagai berikut pada tabel 1.

Tabel.1.  
Komposisi kimia *Chain* Beumer BZK1200

Unsur	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
%	97.7	0.134	0.301	1.41	0.0145	0.0027	0.263	0.0053

Unsur	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
%	0.0101	0.0301	0.0012	0.0079	0.0045	0.0316	0.0088	0.0010

Unsur	Pb	Sn	B	Ca	Zr	Zn	Bi	As
%	0.0010	0.0005	0.0017	0.0003	0.0104	0.0006	0.0027	0.0006

Unsur	N	Se	Sb	Ta
%	0.0030	0.0010	0.0037	0.0040

Kandungan *Carbon* 0.134%, menandakan bahwa material ini merupakan jenis *low carbon*. Material *low carbon* sendiri merupakan material yang memiliki kandungan *carbon* 0.05 - 0.25 %. Komposisi kimia unsur lain yang merupakan unsur paduan dominan adalah

Manganese 1.41%. Komposisi kimia unsur lain yang jumlahnya kecil adalah Silicon 0.301%, Chromium 0.263%, Phosphorus 0.0145%.

Unsur kimia kemudian dianalisa dengan referensi jenis-jenis material pada *American Society for Metals Handbook* (*ASM Metals Handbook*). Kandungan *Ferrous* 97.7% dan *Carbon* 0.134% menandakan material ini tergolong *Low Carbon Steel*. *Manganese* 1.41% merupakan unsur dominan utama yang mempengaruhi kekuatan pada *chain* sehingga tergolong *manganese steel*.

Berdasarkan pada *literatur ASM Handbook*, material *link chain* adalah AISI 1524. AISI 1524 merupakan *standard high manganese carbon steel*. Hal ini menjelaskan AISI 1524 merupakan material standar yang tersedia di pasaran dalam bentuk *plates, strips, sheets, shapes, dan tubing*.

2. *Hardness Rockwell C Test (HRC)* : pengujian untuk mendapatkan nilai kekerasan material. Material *outer link Chain Beumer BZK1200* dilakukan pengujian *hardness* dengan memperoleh nilai kekerasan sebagai berikut.

Tabel.2.  
Hasil pengujian *hardness rockwell material chain*

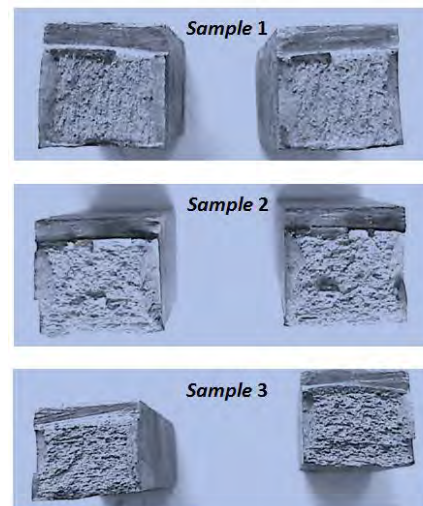
Pengujian ke-	Sisi permukaan luar	Sisi potongan melintang
1	47 HRC	45 HRC
2	50 HRC	44 HRC
3	46 HRC	45 HRC
4	47 HRC	44 HRC
5	49 HRC	45 HRC
Rata-rata	47,8 HRC	44,6 HRC

Pengujian *hardness* dilakukan pada variasi dua sisi material yang berbeda dengan hasil seperti pada tabel 2. Berdasarkan hasil tersebut terdapat dua kekerasan sisi material *chain Beumer*. Kekerasan pada sisi luar yaitu 47,8 HRC memiliki nilai kekerasan yang lebih besar daripada kekerasan di sisi potongan melintang dengan 44,6 HRC.

Berdasarkan literatur, material *high manganese carbon steel* memiliki kekerasan antara 125-425 HB setara dengan <21 – 45 HRC. Karena sisi potongan melintang memiliki kekerasan 44,6 HRC maka kekerasan ini berada pada batas atas dan tidak wajar. Pengujian kekerasan pada permukaan adalah 46-50 HRC dengan rata-rata 47,8 HRC. Kekerasan yang tinggi ini mengindikasikan adanya proses *quenching surface* pada proses manufaktur untuk memperkeras material.

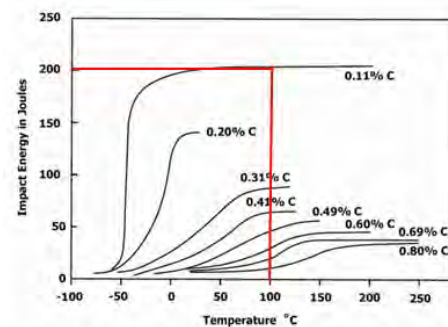
3. *Charpy Impact Test* : pengujian untuk mendapatkan nilai energi yang mampu diserap oleh material. Material *outer link Chain Beumer BZK1200* dilakukan pengujian *impact* untuk memperoleh nilai energi yang mampu diserap oleh material.

Berdasarkan hasil pengujian *impact* yang dilakukan pada temperatur material 100°C diperoleh nilai energi yang mampu diserap material adalah rata-rata 32,046 Joule atau 0,4 J/mm<sup>2</sup>. Keadaan yang terjadi pada ketiga spesimen adalah mengalami patahan secara keseluruhan, terlihat pada gambar 5 luas patahan yang terjadi. Pola patahan pada gambar 5 terlihat cenderung *flat* dan tidak berserabut. Karena pola patahan yang terjadi demikian maka terindikasi patahan getas.



Gambar.5. Spesimen *impact test*

Berdasarkan literatur, dijelaskan pengaruh jumlah *carbon* pada material *plain carbon* dengan besar nilai energi yang diserap pada pengujian *impact*. Pada jurnal ini menyimpulkan seiring bertambah jumlah *carbon* yang terkandung maka kemampuan menyerap energi akan berkurang dan cenderung semakin getas.



Gambar.6. Grafik *impact energy versus temperature* dengan variasi kadar karbon <sup>[15]</sup>

Berdasarkan grafik pada gambar 6 dengan kandungan *carbon* pada AISI 1524 yaitu 0.134% dan perlakuan pengujian pada temperatur 100°C maka nilai *impact energy* adalah 200 Joule. Karena nilai pengujian *impact* yang dilakukan adalah 32,046 Joule jauh lebih kecil, maka hal ini dianggap tidak wajar dan sangat mengindikasikan material *chain* bersifat getas.

#### B. Analisa Possibilitas Penyebab Kegagalan Chain

Berdasarkan hipotesa awal yang dibangun, penulis melakukan analisis terhadap potensial penyebab kerusakan yang terjadi pada *chain bucket elevator*.

##### 1) Overload

*Overload* merupakan keadaan ketika beban yang diterima melebihi beban maksimum yang diizinkan atau diatas *yield strength*. Ketika beban diterima berlebih menyebabkan deformasi pada struktur material maka hal ini dapat menyebabkan *fracture* ketika sudah mencapai titik puncak atau *ultimate strength*.

Berdasarkan data-data yang didapatkan dari spesifikasi *bucket elevator* maka dapat dilakukan perhitungan secara analitis besarnya gaya yang teraplikasi, sehingga dapat diketahui apakah gaya yang diterima melebihi besar gaya yang diizinkan oleh spesifikasi material Beumer dan dapat berpotensi *overload*.

Berdasarkan data yang diperoleh dari *datasheet* Beumer dan referensi perhitungan pada literature. maka dilakukan perhitungan pendekatan teoritis gaya yang terapkan pada *chain*.<sup>[5],[16]</sup>

Perhitungan beban maksimum yang diterima *chain* :

- o Kapasitas

$$Q = 3,6 \cdot \frac{io}{a} \cdot \psi \cdot \gamma \cdot v \quad (1)$$

- o Tegangan maksimum rantai (*single chain*)

$$S_{max} = 1,15 H (q + K1 \cdot q_0) \quad 9,81 \quad (2)$$

Kesimpulan yang didapat bahwa nilai teoritis perhitungan tegangan yaitu 133,106 kN berada jauh di bawah nilai kekuatan yang menjadi spesifikasi *chain* beumer BZK 1200 yaitu 1200 kilonewton,. Atas dasar perhitungan ini dapat disimpulkan tidak terjadi keadaan *overload* pada saat operasional.

- o Perhitungan Daya :  $\eta t = 0,9$  (efisiensi transmisi, asumsi)

$$Nm = \frac{9,81}{1000} \cdot \left( \frac{1,15 \cdot Q \cdot H}{3,6} + \frac{K3 \cdot q_0 \cdot H \cdot v}{3,6} \right) \cdot \frac{1}{\eta t} \quad (3)$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa tegangan maksimum yang diterima oleh rantai adalah 133,106 kN. Perhitungan secara teoritis didapatkan bahwa daya yang dibutuhkan adalah 87,198 kW. Motor yang kini terpasang dengan 90 kW berada di atas kebutuhan teoritis sehingga kemampuan daya motor dipastikan memadai.

Perhitungan distribusi tegangan pada *link chain* luar dan dalam.

- o Perhitungan distribusi tegangan pada *link chain* luar (*outer link*) :

$$\sigma = \left( \frac{S_{max}}{4 \cdot A1} \right) \quad (4)$$

- o Perhitungan distribusi tegangan pada *link chain* dalam (*roller link*) :

$$\sigma = \left( \frac{S_{max}}{4 \cdot A2} \right) \quad (5)$$

Perhitungan secara teoritis didapatkan bahwa besar tegangan yang diterima oleh *link chain* luar yaitu 105,64 N/mm<sup>2</sup> dan *link chain* dalam adalah 77,84 N/mm<sup>2</sup>. Karena kekuatan yang diterima oleh *link chain* luar lebih besar daripada *link chain* dalam maka hal ini mengindikasikan kuat bahwa terjadinya *failure* pada *chain* selalu terjadi pada *link chain* luar.

Berdasarkan pada literatur, *datasheet* material AISI 1524 memiliki nilai *properties* sebagai berikut :<sup>[17]</sup>

- *Yield strength* = 283 MPa = 283 N/mm<sup>2</sup>
- *Ultimate strength* = 510 MPa = 510 N/mm<sup>2</sup>

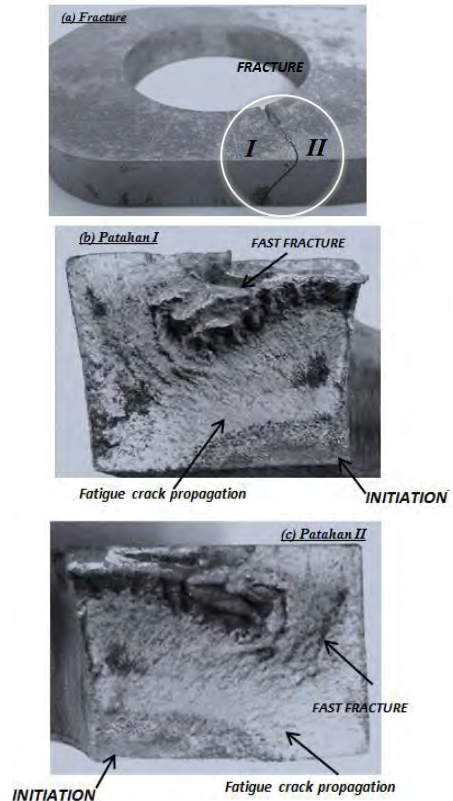
Nilai di atas membuktikan bahwa kekuatan material yang diizinkan berada jauh di atas tegangan yang diterima sehingga berada pada kondisi toleransi aman dan tidak mengindikasikan terjadinya *overload*.

## 2) Fatigue

*Fatigue* atau kelelahan adalah bentuk dari kegagalan yang terjadi pada struktur karena beban dinamik yang berfluktuasi dibawah *yield strength* yang terjadi dalam waktu yang lama dan berulang-ulang. Terdapat 3 fase dalam kelelahan yaitu permulaan retak, penyebaran retak, dan patah. Mekanisme dari permulaan retak umumnya dimulai dari *crack initiation* yang terjadi di permukaan material yang lemah atau daerah dimana terjadi konsentrasi tegangan di permukaan.

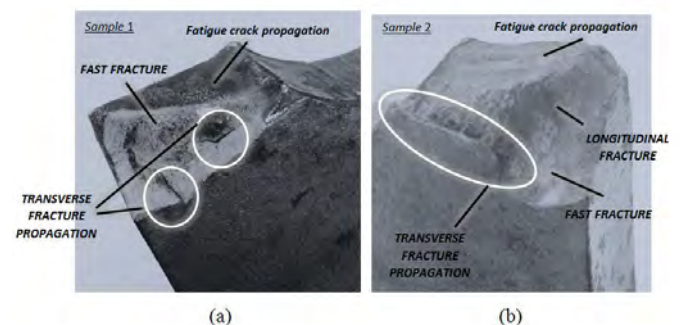
Berdasarkan analisa dengan berbagai *sample* material yang diperoleh, mekanisme *fracture* yang terjadi pada *chain* bersifat beruntun. Patahan terdapat pada kedua lengan *link chain* dan *mounting angle*. Karena patahnya *mounting angle* dikarenakan patahan *chain*, sehingga *mounting angle* tidak mampu menahan beban maka tidak bisa dikatakan sumber patahan.

Pada gambar 7 (a) menandakan patahan bermula pada salah satu sisi. *Initial fracture* dimulai dari patahnya satu sisi *link chain* yang dekat dengan ikatan *bucket*. Patahan pada material kemudian dipotong menjadi dua bagian untuk menganalisa pola patahan yang terjadi pada kedua sisi.



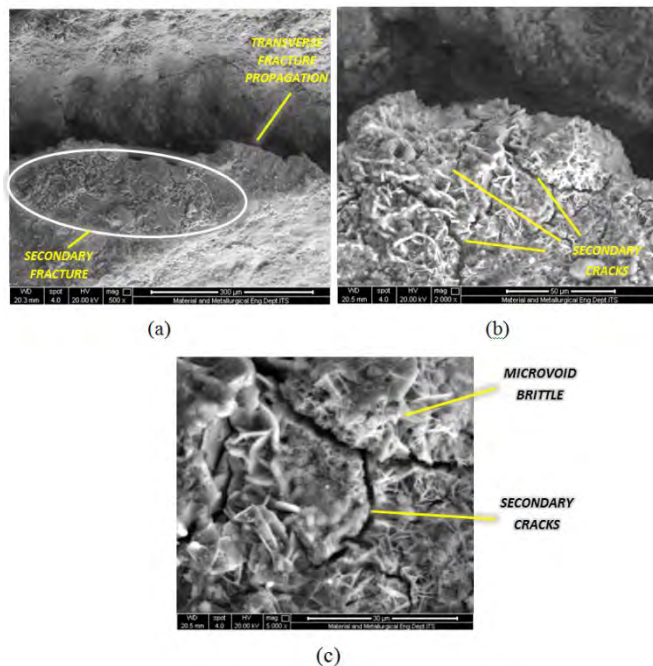
Gambar.7. (a) *Initial Fracture* pada *chain* ; (b) Pola patahan sisi I ,(c) pola patahan sisi II

Kedua potongan patahan pada gambar 7 (b) dan (c) memperlihatkan pola patahan *fatigue*. *Initial cracking* terjadi pada patahan yang tegak lurus secara transversal dengan arah gaya tarik *chain*. *Initial cracking* dapat dilihat secara jelas dengan bentuk patahan berpusat atau mengarah pada titik awal *initiation*. Patahan kemudian terlihat merambat hingga terjadi *fatigue crack propagation* pada patahan transversal dengan permukaan lebih kasar dari *initiation crack*. Patahan kemudian terjadi terakhir pada *fast fracture* dengan permukaan yang bergelombang dan kasar.



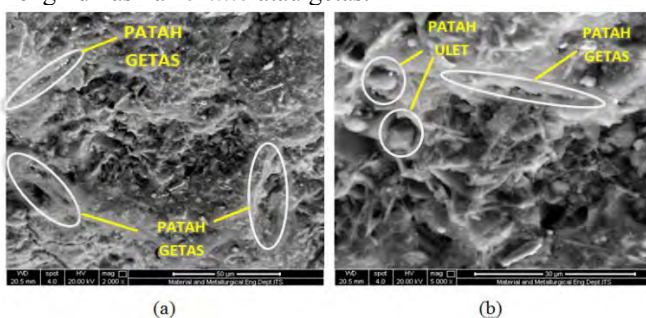
Gambar.8. (a) Pola patahan sample 1;(b) Pola patahan sample 2

Beberapa *sample material chain* lain yang mengalami patahan dilakukan foto makroskopik seperti pada gambar 8. Terdapat kemiripan pola patahan pada *sample chain* gambar (a) dan (b). *Transverse fracture propagation* ditemukan pada pola patahan yang mengindikasikan terjadinya *secondary cracks*. *Longitudinal fracture* merupakan patahan pada arah bidang longitudinal yang mengindikasikan terjadinya *shear lip*. *Fast fracture* terlihat jelas pada pola patahan dengan bentuk yang bergelombang yang mengindikasikan terjadinya *final tensional overload*. Berdasarkan analisa ini maka mengindikasikan patahan terjadi karena *initial cracking* yang disebabkan oleh kelelahan material atau *fatigue*, kemudian diikuti oleh rambatan *crack* pada arah transversal dan terjadilah *failure*.



Gambar.9. (a) *secondary fracture* pada *transverse fracture* SEM 500x; (b) pola patahan pada *secondary cracks* SEM 2000x; (c) *microvoid* SEM 5000x

Pengujian *Scanning Electron Microscopy* pada gambar 9 merupakan bentuk perbesaran pada bagian patahan di *transversal fracture propagation*. Gambar 9 memperlihatkan terdapat *secondary fracture* yang terjadi di sekitar patahan transversal. *Secondary fracture* ini akibat dari patahan transversal dengan ditemukan banyaknya *propagation crack* pada daerah *secondary fracture*. Dengan perbesaran yang lebih besar terlihat *microvoid* yang tajam mengindikasikan *brittle* atau getas.

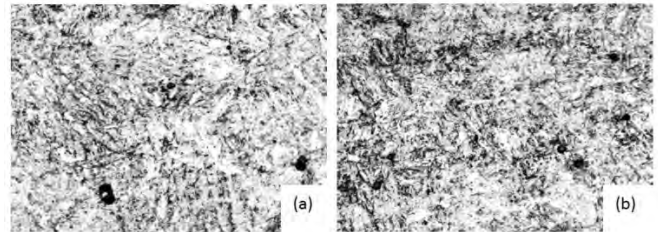


Gambar.10. (a) *Microvoid* SEM 2000x ; (b) *Microvoid* SEM 5000x

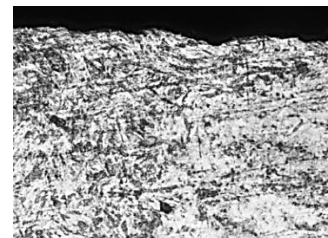
Pada gambar 10 memperlihatkan foto perbesaran pada bagian *final fracture*. Patahan yang terjadi mengindikasikan

didominasi patahan yang getas pada daerah yang lebih luas, sedangkan patahan yang bersifat ulet terlihat sedikit. Karena didominasi oleh patahan getas yang bergelombang mengindikasikan *final tensional overload* hingga terjadi patah keseluruhan secara seketika.

Pengujian *metallography* dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya perubahan struktur mikro pada beberapa titik jarak dari lokasi patahan. Pengujian *metallography* dengan pengetsaan nital, seperti pada gambar 11 di bawah.



Gambar.11. (a) Struktur mikro perbesaran 500x, jarak 4mm dari patahan ; (b) Struktur mikro perbesaran 500x, jarak 2mm dari patahan

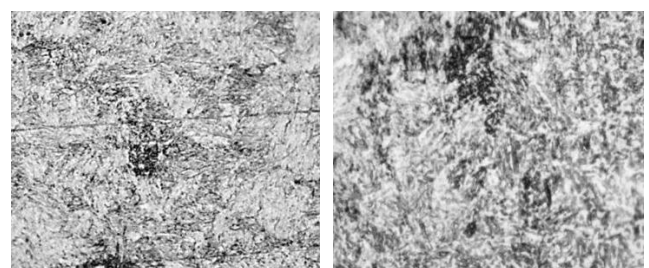


Gambar.12. Struktur mikro perbesaran 500x pada lokasi patahan

Berdasarkan gambar 12, pada dasarnya terlihat struktur *martensite* dengan sedikit jumlah batas butir *ferrite*. Gambar 13 merupakan struktur mikro pada bagian patahan dan tidak terlihat adanya perbedaan struktur mikro yang signifikan serta tidak terlihat indikasi adanya deformasi pada bagian patahan.. Hal ini mengindikasikan terjadinya patah *fatigue* dengan tidak mengindikasikan adanya proses deformasi pada struktur material di patahan.

### 3) *Wrong Heat Treatment*

Berdasarkan pengujian *metallography* material *chain* menunjukkan struktur mikro yang didominasi oleh *martensite* dan sedikit *ferrite* seperti pada gambar 13. Hal ini menunjukkan bahwa struktur *martensite* mengindikasikan material *chain* mengalami *heat treatment* pada pembuatan material bertujuan untuk mencapai nilai kekerasan yang tinggi dan nilai kekuatan yang tinggi. Namun hal ini selaras dengan menurunnya nilai ketangguhan pada material.



Gambar.13. Struktur mikro perbesaran 500x

Nilai kekerasan dan nilai kekuatan yang tinggi didasari dengan perbandingan hasil uji percobaan dengan referensi *datasheet*. Berdasarkan data mengenai *mechanical*

*properties* material AISI 1524 ditemukan perbedaan yang signifikan dengan pengujian yang dilakukan.

Pengujian *hardness Chain* Beumer BZK 1200

- Potongan melintang 44,6 HRC atau 415 HB
- Sisi luar : 47,8 HRC atau 451 HB

Kekuatan material *Chain* Beumer BZK 1200

- *Ultimate Tensile Strength* : 1200 kilonewton
- Perhitungan tegangan *ultimate* pada lengan *outer link chain* :

$$\sigma = \left( \frac{S_{max}}{4.A1} \right) \quad (6)$$

Berdasarkan nilai kekerasan sesungguhnya yaitu 415 – 451 HB menunjukkan nilai kekerasan lebih tinggi daripada spesifikasi standar yaitu 149 HB. Nilai *ultimate strength* pada material *chain* sesungguhnya yaitu 952 MPa juga menunjukkan nilai kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan standar yaitu 510 MPa. Berdasarkan tujuan mencapai *mechanical properties* yang diinginkan, *heat treatment* dilakukan untuk mampu mencapai kekuatan menerima tegangan tinggi, namun material yang sangat keras menyebabkan getas pada struktur material. Berdasarkan struktur mikro dan nilai *properties* tersebut mengindikasikan besar terjadinya *failure* karena kesalahan *heat treatment* pada material.

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil investigasi kerusakan pada *chain* di *Bucket Elevator Area Finish Mill 7<sup>th</sup>* PT. Semen Gresik, yang berdasar kepada analisa data dan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan analitis gaya yang bekerja pada *chain bucket elevator* berada di bawah *limit stress* yang dapat diterima sehingga kondisi operasional sesungguhnya tidak terjadi *overload* pada *chain*.
2. Pengamatan struktur mikro dan pola patahan tidak terlihat adanya deformasi plastis, sedangkan patahan *brittle* terlihat dominan. Permulaan retak terlihat jelas, fase penyebaran *crack*, dan kemudian mengalami patah atau *final fracture*. Analisa patahan dan *metallography* menunjukkan patahan yang disebabkan oleh *fatigue failure*.
3. Pengamatan struktur mikro terlihat *martensite* dan sedikit *ferrite*, menunjukkan bahwa terdapat proses *heat treatment* yang dilakukan pada proses pembuatan *chain*.
4. Nilai kekerasan dan kekuatan material pada *chain* tinggi yang menyebabkan nilai ketangguhan kecil tidak baik dan aman terhadap beban atau *stress*, sehingga terjadi *failure*.
5. Solusi yang diberikan yaitu memperbaiki proses *heat treatment* untuk memperoleh nilai kekuatan, kekerasan, dan ketangguhan yang lebih tepat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Sistem Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri ITS dan PT. Semen Gresik yang telah banyak mendukung kelancaran penelitian kali ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adam, Ruri dkk. 2014. *GKM Mahadewa, Menurunkan Frekuensi Gangguan di Chain Bucket Elevator 547BE01 Dengan Menekan Gangguan Link Chain Putus Sebesar 80% Selama 32 Minggu.*

- Tuban, Indonesia : Pemeliharaan Finish Mill 3-4, PT. Semen Indonesia.
- [2] Rochmana. 2015. *Performance and Downtime Finish Mill Tuban 1-4.* Indonesia : Koordinator Anggaran, PT. Semen Indonesia.
  - [3] BPM 3. 2014. *Plane Visit. Indonesia* : Presentation Finish Mill, PT. Semen Indonesia.
  - [4] Al Gathafi, Moamar dan Priambadha, Genki Ramadyan. 2014. *Analisa Keausan pada Liner Kompartemen 2 Tube Mill Tuban 1.* Indonesia : Laporan Kerja Praktek Teknik Metalurgi ITS Surabaya.
  - [5] Beumer. 2010. *Operating instructions of Central chain bucket elevator 6090213.30.* BEUMER Maschinenfabrik GmbH & Co. KG.
  - [6] Kadam, Amol J. dan Deshpande, Dr. Shailesh V. 2015. *Design and Analysis of conveyor chain link using composite material.* India : Department of Mechanical Engineering, VVPIET.
  - [7] Anselmo, Clay. 2012. *Failure Investigation and Root Cause Analysis.* Reglra Presentation.
  - [8] Bhoite T., Pawar p., dan Gaikwad B. 2012. *FAE Based Study of Effect of Radial Variation of Outer Link in A Typical Roller Chain Link Assembly.* India : International Journal of Mechanical Engineering and Industrial Engineering (IJMIE).
  - [9] Kerremans dkk. 2011. *Wear of conveyor chain with polymer roller, in sustainable construction and design.*
  - [10] Jagtap M.D., Gaikwad B.D.,Pawar P.M. 2014. *Study of roller conveyor chain strip under tensile loading.* India : Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, Pandharpur, Solapur University.
  - [11] ASM International. 2005. *Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys.* USA : ASM International Handbook Committee.
  - [12] Isakov, Dr.Edmund. 2009. *Cutting Data for Turning of Steel.* USA : Industrial Press Inc. 989 Avenu of the Americas.
  - [13] Brooks, Charlie R. 1996. *Principles of The Heat Treatment of Plain Carbon and Low Alloy Steels.* USA : ASM International, Materials Park.
  - [14] Callister, William D. 2007. *Material Science and Engineering 7<sup>th</sup>.* USA : John Wiley & Sons, Inc.
  - [15] Johnson, Alan A. dan Storey, Randall J. *The Effect of Carbon on the Charpy V-Notch Ductile-Brittle Transition Curve.* USA : Metals Research Inc., Kentucky.
  - [16] Joewono, Ari. *Conveyor (Conveying Equipment).* Indonesia : Jurusan Teknik Mesin FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
  - [17] Matweb. 2015. *AISI 1524 Steel, Hot Rolled Bar (UNS G15240).* USA:<http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?MatGUID=732f8f7cab1d4a768b15791f3bfc834e>
  - [18] Shemenski,R.M. 1974. *Fractography of Steel Drive Cables.* USA : ASM Handbook of Failure Analysis.
  - [19] Timken. 2009. *Practical Data for Metallurgists.* USA : The Timken Company.