

Kegagalan Permukaan Kontak Rail dan Wheel pada Overhead Travelling Crane

Azhar ^{a*}, Ajinar ^b, Zainuddin ^c

^{a*} Universitas Teuku Umar, Kabupaten Aceh Barat, Indonesia.

^b Sekolah Tinggi Teknik Iskandar Thani Tibang, Kota Banda Aceh, Indonesia.

^c Program Studi Fisika, FKIP, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Indonesia.

ABSTRACT

For the sake of the smooth process of cement production, it is necessary to maintain each component of the production. One of the tools that play an important role in the maintenance and production of cement is the Overhead Traveling Crane, which is a combination of a separate lifting mechanism with a frame to lift and move loads that can be hung freely or attached to the crane itself. The problems that arise in the Overhead Traveling Crane include the reverse direction of the motor rotation due to an error in the motor connection, the motor cannot start due to a disconnected power supply, the occurrence of bending (curving) on the girder due to lifting operations that exceed the maximum capacity which can also accelerate service life. of the girder, wear on the wheel due to high workload during operation. Due to the need for very long use, periodic maintenance is needed so that it can be in normal condition for a long time. The main parts that support the overall weight of the crane are rails and wheels. This journal discusses the analysis of failures that occur due to contact between rails and wheels that occur in a cement factory. Failure analysis is done by testing the hardness of both the wheel and the rely which is considered to have failed or is no longer suitable for use. Then review the results of direct field observations with data from hardness tests and literature studies related to wheels and rails. after that it was concluded that the company considered for the procurement of rails and wheels. The conclusion obtained is that the hardness value on the rail is lower than on the wheel. Resulting in failure of the rail so that the rail must be replaced.

ABSTRAK

Demi kelancaran proses produksi semen, perlu adanya pemeliharaan tiap komponen produksi. Salah satu alat yang berperan penting dalam perawatan dan produksi semen adalah Overhead Traveling Crane, merupakan gabungan mekanisme pengangkat secara terpisah dengan rangka untuk mengangkat sekaligus memindahkan muatan yang dapat digantungkan secara bebas atau dikaitkan pada crane itu sendiri. Permasalahan yang timbul pada Overhead Traveling Crane diantaranya adalah arah putaran motor yang terbalik akibat kesalahan pada koneksi motor, motor yang tidak dapat start akibat power supply terputus, terjadinya bending (melengkung) pada girder karena operasi pengangkatan yang melebihi kapasitas maksimum yang juga dapat mempercepat usia pemakaian dari girder, aus pada wheel akibat beban kerja yang tinggi saat beroperasi. Dikarenakan kebutuhan pemakaian yang sangat panjang maka dibutuhkan perawatan berkala agar dapat berada dalam kondisi normal dalam waktu yang lama. Bagian utama yang menopang berat crane secara keseluruhan adalah rail dan wheel. Jurnal ini membahas tentang analisis kegagalan yang terjadi akibat kontak antara rel dan roda yang terjadi di pabrik semen. Analisis kegagalan dilakukan dengan cara menguji kekerasan baik roda maupun relyang sudah dianggap gagal atau tidak layak pakai lagi. Lalu meninjau hasil pengamatan lapangan secara langsung dengan data hasil uji kekerasan serta studi literature yang berhubungan dengan roda dan rel. setelah itu didapatkan kesimpulan untuk dijadikan pertimbangan perusahaan untuk pengadaan rel dan roda. Kesimpulan yang didapat berupa nilai kekerasan yang ada pada rel lebih rendah dari pada roda. Mengakibatkan kegagalan pada rel sehingga rel harus diganti.

ARTICLE HISTORY

Received 5 January 2022

Accepted 4 March 2022

KEYWORDS

Failure Analysis; Flaking; Hardness Test; Overhead Traveling Crane; Rail; Rail Material.

KATA KUNCI

Failure Analysis; Flaking; Hardness Test; Overhead Traveling Crane; Rail; Rail Material.

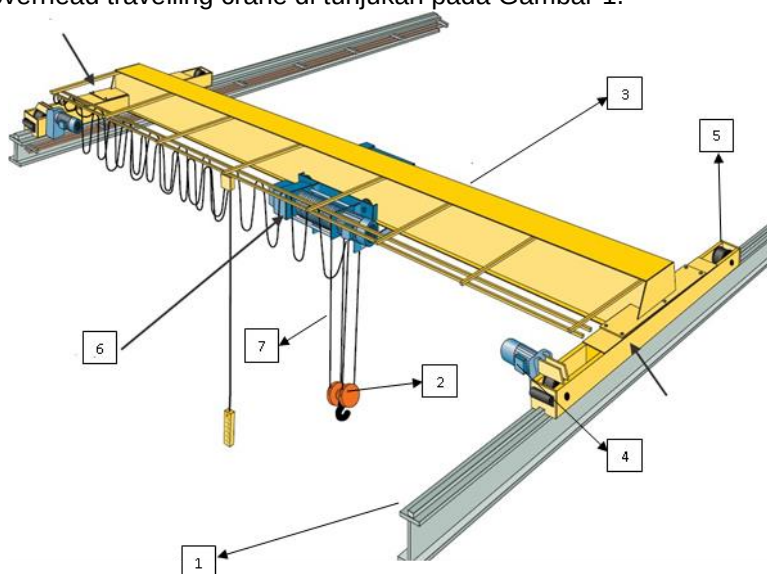
1. Pendahuluan

Pabrik semen mampu menghasilkan produksi semen dengan kapasitas total 20,5 juta ton semen. Pada setiap plant di pabrik semen memiliki berbagai macam alat berat yang digunakan untuk memproduksi semen dalam skala besar. Alat-alat berat tersebut harus di maintenance secara berkala agar produksi semen dapat dilakukan secara terus menerus. Salah satu alat bantu untuk melakukan maintenance alat-alat berat tersebut adalah Overhead Travelling Crane yang berfungsi untuk memindahkan dan mengangkat alat berat. Overhead Crane merupakan gabungan mekanisme pengangkat secara terpisah dengan rangka untuk mengangkat sekaligus memindahkan muatan yang dapat digantungkan secara bebas atau dikaitkan pada crane itu sendiri. Overhead travelling crane selain berfungsi sebagai alat pengangkat, juga berfungsi sebagai alat pemindah barang walaupun barang yang dipindahkan terbatas hanya pada lingkungan yang tidak terlalu luas (dalam ruangan). Tetapi overhead travelling crane sangat efektif bekerjanya karena gerakannya dapat maju-mundur dan ke kiri-ke kanan. Permasalahan pada Overhead Travelling Crane yang terjadi pada saat ini adalah aus pada rail dan wheel akibat beban kerja yang tinggi saat beroperasi. Kapasitas material yang di angkut oleh crane adalah sebesar sekitar 5 ton, bila diakumulasikan dengan bucket berat total dapat mencapai 10 ton. Berat dari crane seluruhnya ditanggung oleh wheel yang permukaannya memiliki kontak langsung dengan rail, dan apabila diamati, terdapat banyak partikel pengotor (bahan baku semen putih seperti limestone, kaolin, feldspar dan clinker) pada permukaan rail. Akibatnya pada permukaan rail terlihat bagian-bagian yang mengelupas. Hasil yang berupa flakes atau spalls ini terus ada di sepanjang rail. Terutama pada tempat crane berdiam pada saat kondisi tidak sedang bekerja. Dalam hal ini diperlukan kajian lebih lanjut mengenai permasalahan yang timbul dari rail pada overhead travelling crane di pabrik semen.

2. Material dan Metodologi

2.1 Overhead Travelling Crane

Gambar overhead travelling crane di tunjukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Overhead Crane

Komponen overhead crane ini antara lain :

- 1) Lintasan (runway rail)
Berfungsi sebagai jalan bagi crane untuk gerakan maju dan mundur.
- 2) Drum
Drum penggulung tali baja untuk penggerak daya, dilengkapi dengan alur agar tali baja dapat digulung dengan teratur sehingga keausan baja dapat dikurangi.
- 3) Jembatan palang
Jembatan palang berfungsi sebagai lintasan bagi crane untuk bisa bergerak ke kiri dan kanan.
- 4) Motor penggerak roda
Motor penggerak roda berfungsi untuk menggerakan roda yang ada pada lintasan Sehingga memungkinkan crane untuk bergerak maju dan mundur.
- 5) Roda penggerak
Roda penggerak berfungsi sebagai roda dari palang crane tersebut.
- 6) Motor penggerak naik/turun (hoist)
Berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan benda yang di kaitkan pada pengait.
- 7) Tali baja
Tali baja digunakan secara luas pada mesin-mesin pengangkut sebagai perabot pengangkat.

Prinsip kerja pesawat angkat ini adalah untuk mengangkat menurunkan bahan baku semen putih seperti limestone, kaolin, feldspar dan clinker yang ada di storage. Dalam pengoperasiannya, benda yang akan diangkat harus bebas dari segala rintangan agar dapat dengan mudah diletakan sesuai dengan posisinya.

2.2 Wheel & Rel

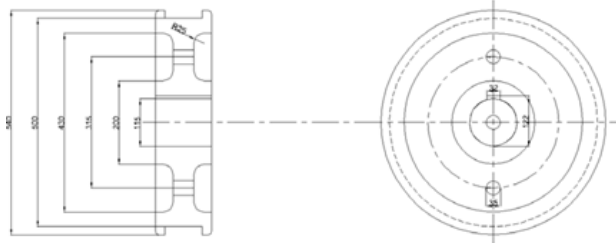
Dua buah atau lebih benda yang mengalami kontak dan bergerak relatif satu sama lain akan menimbulkan gaya gesek. Bentuk dan arah gesekan yang ditimbulkan tergantung bagaimana profil, dimensi dan arah gerak dari masing-masing benda [1]. Jika ditinjau dari arah geseknya, gesekan dapat berupa gesekan satu arah (one-directional friction), dua arah (bi-directional friction) ataupun banyak arah (multidirectional friction). Rel yang digunakan pada perusahaan semen mengacu pada JIS E 1101 seberat 30 kg, sedangkan wheel yang digunakan mengacu pada JIS G 5111. Gambar 2 adalah gambar rel dan roda aktual di pabrik semen yang masih digunakan.



Gambar 2. Rel dan Wheel di pabrik semen [2]

2.2 JIS G 5111

Di bawah ini merupakan gambar desain wheel serta komposisi kimia dengan spesifikasi JIS G 5111. Pada gambar 3 diperlihatkan standar dimensi dari wheel pada Overhead Travelling Crane. Material yang digunakan wheel pada Overhead Travelling Crane adalah SCMn2. Pada tabel 1 merupakan komposisi dari masing-masing unsur paduan SCMn2.



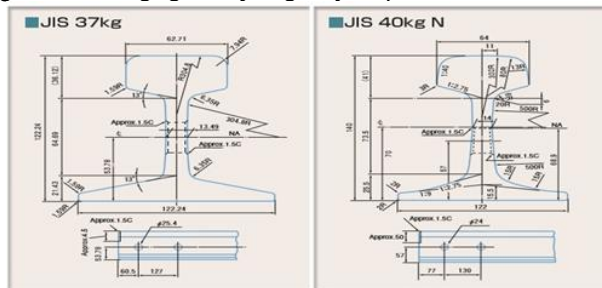
Gambar 3. Desain wheel menurut Standar JIS G 5111

Tabel 1. Komposisi Kimia Paduan SCMn2 pada Wheel

No.	Unsur	Komposisi (%)
1.	C	0.29
2.	Si	0.46
3.	Mn	1.36
4.	P	0.02
5.	S	0.01

2.4 JIS E 1101

Berikut merupakan gambar dari desain rail serta komposisi kimia dan sifat mekanis rail dengan spesifikasi JIS E 1101. Pada gambar dijelaskan secara detail standar ukuran pada sebuah rel untuk crane dengan bobot tertentu. Serta pada table 2 juga dijelaskan kandungan material rel standar JIS E1101 yang dapat kita jadikan acuan untuk menganalisis kegagalan yang terjadi pada rel.



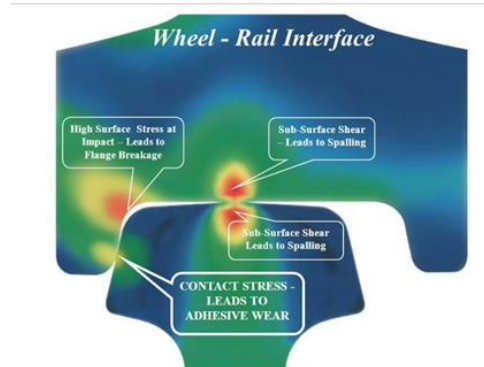
Gambar 3 Desain Rail menurut Standar JIS 37kg, 40kgN, 50kgN dan 60kg [4].

Tabel 2. Komposisi Kimia dan Sifat Mekanis Carbon Rails dengan Spesifikasi JIS E 1101 [4].

Komposisi (%)					Tensile Properties			Hardness Properties	
C	Si	Mn	P	S	Tensile strength	Elongation	Test piece	Surface Rail Head	Cross Section Rail Head
0.55-0.70	0.15-0.35	0.60-0.90	0.045 max	0.050 max	690 (70) min	9%	Dia=14 - mm G.L=50 mm		235 HB

Menurut table 2 rel kerta merupakan baja paduan karena mengandung mangan sekitar 0.8%. Dalam keadaan annealed, kekuatan dan keuletannya rendah, tetapi bila di quench dari sekitar 1000oC, kekuatan, keuletan dan kekerasannya cukup tinggi. Dan ini akan naik lebih tinggi lagi bila mengalami impact berulang-ulang. Hal ini berpengaruh dengan pembebanan crane yang besar.

2.5 Mekanisme Kontak Wheel Dan Rail



Gambar 4. Ilustrasi kontak antara rel dan roda [7].

Kontak permukaan yang terjadi antara rel dengan roda dapat dilihat pada ilustrasi di atas. Berdasarkan ilustrasi di atas terlihat permukaan kontak antara rel dan roda berada di tiga titik krusial yaitu pada bagian dua sisi dan atas rel. Kontak antara rel dan roda dapat menyebabkan beberapa kerusakan yang menyebabkan kegagalan seperti flange, spalling maupun keausan pada bagian-bagian tertentu pada rel.

2.6 Permasalahan Yang Terjadi Pada Kontak Wheel Dan Rail

Permasalahan-permasalahan yang terjadi pada rel di antaranya yaitu:

a. Keausan

Berbagai faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan gerak, besarnya beban, profil permukaan serta kekerasan (hardness) dari material itu sendiri. Gesekan antar permukaan juga akan menimbulkan panas yang juga mempengaruhi keausan, karena dalam kajian material disebutkan bahwa kekerasan material akan berkurang seiring meningkatnya temperatur. Dampak dari gesekan antara dua material bisa dikurangi dengan memberikan pelumasan pada permukaan benda yang mengalami kontak [3]. Berikut adalah gambar keausan yang terjadi berupa kegagalan di bagian pinggir rel.



Gambar 5. Keausan yang terjadi pada rel [7]

b. Flaking

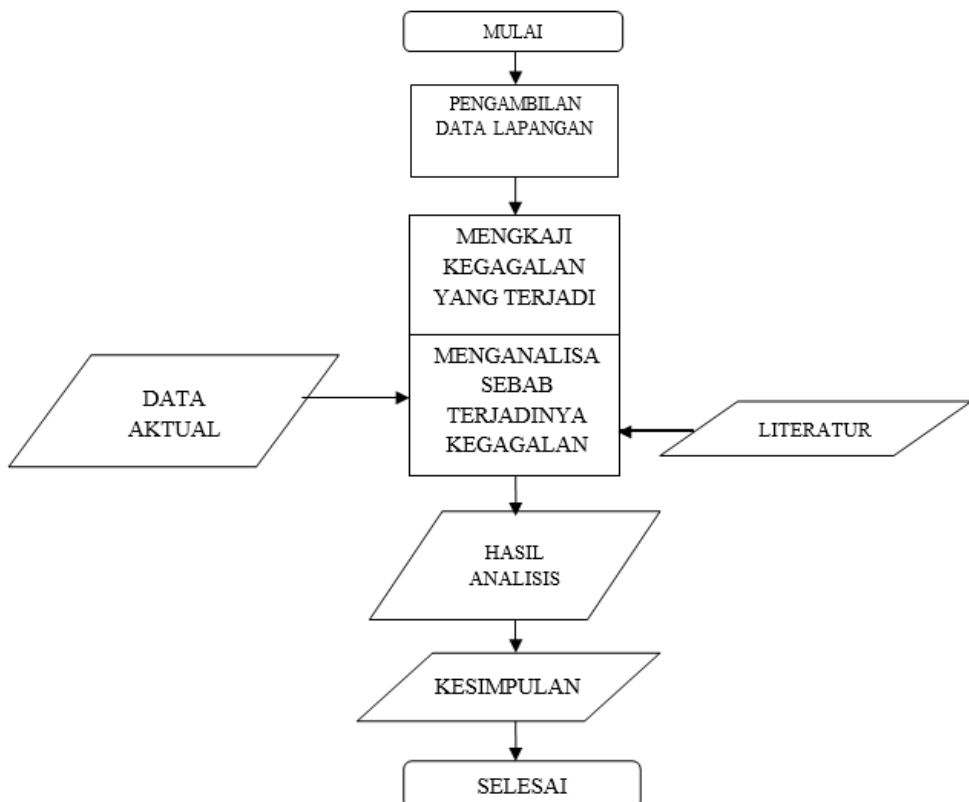
Flaking atau Running Surface Checking merupakan salah satu jenis lain dari RCF (Rolling Contact Fatigue). Ini juga merupakan sebuah kondisi pada permukaan yang terjadi pada running surface dari low atau high rail. Cacat jenis ini muncul seperti sebuah mosaik atau pola seperti kulit ular pada rail head. Pada tahap pertumbuhan crack selanjutnya akan menghasilkan “spalls” yang ukurannya dapat mencapai sekitar lebar 10-15 mm, serta kedalaman mencapai 3 mm, dan dapat terus ada sepanjang rel[5]. berikut adalah gambar flaking yang terjadi pada rel.



Gambar 6. Spalls yang terjadi pada rel [2]

2.7 Diagram Alir

Berikut ini adalah diagram alir analisis kegagalan pada rel dan wheel di pabrik semen secara keseluruhan.



Gambar 7. Diagram alir analisis kegagalan

3. Pembahasan

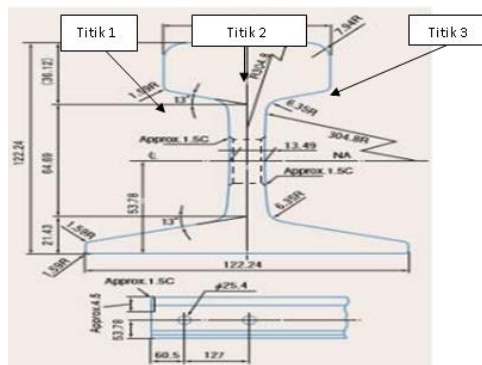
3.1 Uji Kekerasan

Kekerasan logam didefinisikan sebagai ketahanan terhadap penetrasi, dan memberikan indikasi cepat mengenai perilaku deformasi. Alat uji kekerasan menekan bola kecil, piramida atau kerucut ke permukaan logam dengan beban tertentu, dan bilangan kekerasan (Brinell atau piramida Vickers) diperoleh dari diameter jejak. Kekerasan dapat dihubungkan dengan kekuatan luluh atau kekuatan tarik logam, Karena sewaktu indentasi, material di sekitar jejak mengalami deformasi plastis mencapai beberapa persen regangan tertentu. Bilangan kekerasan Brinell (BHN) diberikan oleh persamaan (1). Dimana bilangan Brinell didefinisikan sebagai tegangan P/A , dalam satuan kgf/mm^2 , dimana P adalah beban dan A adalah luas permukaan kutub bola yang membentuk indentasi. Jadi, dimana d adalah diameter jejak dan D adalah diameter indenter

$$\text{BHN} = \frac{2P}{\pi D - \sqrt{D^2 - d^2}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

3.1.1 Titik Uji Kekerasan Rail

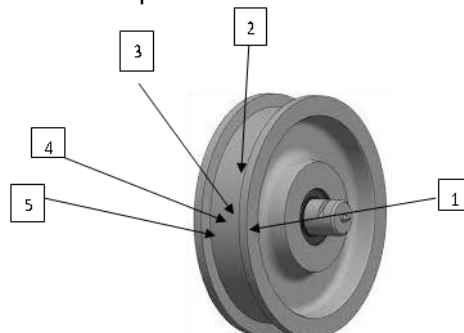
Nilai ini diperoleh dari pengujian dibagian ujung, dan ditengah rel, pada setiap bagian dilakukan dua kali test pada titik 1 yaitu pada bagian pinggir rel, titik 2 pada bagian tengah rel, dan titik 3 pada bagian pinggir lainnya. Dikarenakan permukaan yang bersentuhan antara roda dan rel ada di tiga titik tersebut seperti yang ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 8. Titik uji kekerasan pada rel

3.1.2 Titik Uji Kekerasan Wheel

Pengujian dilakukan pada beberapa titik yaitu pada permukaan, pada 2 cm dari permukaan luar, hingga 8 cm dari permukaan luar.



Gambar 9. Titik uji kekerasan pada wheel

3.1.3 Hasil Uji Kekerasan Pada Rel

Berikut ini merupakan table hasil uji kekerasan pada rel di tiga titik yang berbeda dan diperoleh nilai kekerasan rata-rata sebesar 175,2083 HB.

Table 3. Tabel hasil uji kekerasan rel

No.	Bagian Rail	Lokasi Uji	Test 1 (HB)	Test 2 (HB)	Rata - Rata (HB)
1.	Ujung	Titik 1	150	164,5	157,5
2.		Titik 2	190	215	202,5
3.		Titik 3	183	94	138,5
4.	Tengah	Titik 1	147	183	165
5.		Titik 2	213	218	215,5
6		Titik 3	158	187	172,5
				Rata-rata	175,2

3.1.4 Hasil Uji Kekerasan Wheel

Pada data hasil uji kekerasan pada wheel (tabel 4.) diperoleh kekerasan permukaan sebesar 286,5 HB.

Tabel 4. Data uji kekerasan pada wheel

No.	Kedalaman dari Permukaan Luar (Cm)	Test 1 (HB)	Test 2 (HB)	Rata - Rata (HB)
1.	0 (Permukaan)	287	286	286,5
2.	2	204	216	210
3.	4	147	196	171,5
4.	6	143,5	195	195
5.	8	138	142	140
Rata-rata =				181.67

3.2 Pembahasan Hasil Analisis Kegagalan Rel Dan Roda

Pada data hasil uji kekerasan didapatkan nilai kekerasan rel sebesar 175.2 HB. Apabila dibandingkan dengan standar JIS E1101 kekerasannya bernilai 235 HB ini menunjukkan bahwa kekerasan yang dimiliki oleh rel dibawah standar. Dan bila dibandingkan lagi dengan nilai kekerasan roda nilai ini masih lebih rendah dari roda. Hal ini menyebabkan terjadinya abrasive wear. Abrasive wear Terjadi bila suatu partikel keras (asperity) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak. Kekerasan pada rail lebih rendah daripada daripada standar JIS E1101, dan kekerasan hasil uji yang dilakukan rail lebih rendah nilainya daripada wheel. Pada permukaan rail terlihat bagian-bagian yang mengelupas. Hasil yang berupa flakes atau spalls ini terus ada di sepanjang rail. Terutama pada tempat crane berdiam pada saat kondisi tidak sedang bekerja. Flaking dapat terjadi karena adanya inisiasi dari tegangan geser yang tinggi, yang dapat berkembang pada daerah kontak roda / rel ketika tekanan seperti melebihi batas yang diijinkan untuk bahan rel. Sejumlah faktor dapat mempengaruhi tegangan geser, diantaranya:

- 1) Nominal, beban, dynamic, dan impact dari beban pada roda dan berbagai faktor yang mempengaruhi seperti beban, geometri track, karakteristik bogie roda dan ketidak vertikal rail, superelevasi track dan lain-lain
- 2) Slip, apabila terjadi slip maka akan menyebabkan rel scratch. Untuk itu rel harus dijaga agar tetap bersih
- 3) Jari-jari masing-masing roda dan rel di wilayah kontak, dan berakibat pada

karakteristik roda dan profil rel.

- 4) Diameter roda (diameter lebih kecil menghasilkan tegangan yang lebih tinggi)
- 5) Gaya traksi/creep

Dengan tekanan roda/ tegangan pada kontak rel, inisiasi dari shelling crack juga bisa sangat diperburuk oleh inklusi oksida atau silikat atau 'stringers' dari inklusi yang ada pada baja rel. Pada keadaan deformasi plastic yang terjadi pada baja dekat permukaan kontak roda/rel, inklusi ini dapat mengalami retak karena sifat getas dari baja dan akibatnya menghasilkan keadaan ideal untuk terjadinya shelling fatigue cracks atau transverse defects [3]. Struktur martensit terbentuk akibat panas yang timbul saat gesekan roda dengan blok rem komposit dan saat roda gelincir pada rel yang dilanjutkan dengan pendinginan yang terjadi secara berulang-ulang. Struktur martensit membuat permukaan rel menjadi getas sehingga mudah terkelupas, dan lebih rentan terhadap retakan karena turunnya keuletan[5]. Cacat keropos yang terjadi pada rel Retakan yang terjadi pada tepi rel disebabkan oleh efek pemanasan yang dialami rel.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan adalah bahwa penyebab kegagalan pada kontak antara rel dan roda adalah nilai kekerasan rel yang ada di perusahaan semen lebih kecil dari JIS. Dari keausan dan retakan yang terjadi pada rel yang menopang overhead travelling crane dapat diketahui bahwa telah terjadi keausan abrasif dan terjadi flaking yang berupa spalls. Dari hasil uji literature dan data uji kekerasan di rel ditemukan bahwa nilai kekerasan rel yang lebih lunak daripada roda menyebabkan terjadinya keausan abrasif. Sedangkan spalls yang terjadi dikarenakan panas akibat pengereman dan gesekan yang terjadi pada antara rel dan roda disertai dengan pendinginan secara terus menerus mengakibatkan permukaan rel menjadi getas dan mudah terkelupas, menimbulkan beberapa kerutan-kerutan yang nantinya menjadi terkelupas dan gagal.

4.1 Saran

Perlu adanya pengujian lebih lanjut tentang kegagalan pada rel yang terjadi pada perusahaan semen. Karena penulis hanya berdasarkan uji kekerasan dan studi literature sesuai dengan kemampuan penulis. Pengujian komposisi sangat disarankan karena dapat memberikan hasil yang sangat valid dalam menentukan penyebab kegagalan. Dan pengujian Tarik juga sangat disarankan untuk dilakukan karena analisis kegagalan lebih baik bila memiliki data hasil pengujian kekerasan, uji Tarik, elongasi, dan uji komposisi.

Referensi

- Australian Rail Track Corporation, Ltd., 2006, "Rail Defects Handbook, Some Rail Defects, their Characteristics, Causes and Control." PT. indocment tunggal prakasa .Tbk
- Harsy, Muhammad., 2014, "Studi Eksperimental Keausan Permukaan Material Akibat Adanya Multi Directional Contact Friction,"Surabaya : ITS. RAIL. 20 Agustus 2016. <http://www.jfe-steel.co.jp/en/products/shapes/catalog/d1e-001.pdf>.
- Liu, R., Li, D. Y., 2001, "Modification of Archard's Equation by Taking Account of Elastic/Pseudoelastic Properties of Materials Wear," 251: 956-964.