

## **ANALISIS KERUSAKAN SLIDING SLEDGE PADA CAN TRAVEL RAIL (CTR)**

### **FAILURE ANALYSIS OF SLIDING SLEDGE ON CAN TRAVEL RAIL (CTR)**

**Apriardi Ihlas**

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik  
Jl. Sangkuriang No. 14, Bandung

Diterima: 8 Februari 2019

Direvisi: 28 Februari 2019

Disetujui: 12 Maret 2019

#### **ABSTRAK**

Telah terjadi kerusakan pada pelat *sliding sledge* yang berfungsi sebagai landasan rol. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor penyebab kerusakan tersebut dan memberikan masukan agar kasus yang serupa tidak terulang kembali pada komponen tersebut. Studi pada analisis kerusakan ini menggunakan metode pengamatan visual, fraktografi makro, metalografi, *Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM/EDS), dan pengujian komposisi kimia menggunakan *optical emission spectroscopy* (OES). Hasil pemeriksaan dan pengujian menunjukkan bahwa terjadi *mis-alignment* oleh rol terhadap bidang kontak. Kondisi ini akhirnya menyebabkan terjadi fenomena *thermal fatigue* yang menyebabkan kerusakan pada *sliding sledge*.

**Kata Kunci:** *Sliding sledge, rol, patah lelah termal, beachmark, ratchet mark*

#### **ABSTRACT**

*The damage to the sliding sledge plate that function as a roll base has accured. The objective of this study was to find out the factors leading to the damage and provide recommendations in order to prevent similar cases occur in the future. In analyzing the damage, the present study employed visual observation, macro-fractography, metallography, Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM/EDS), and determination of chemical composition using optical emission spectroscopy (OES). The results of the examination and the tests showed that there was a roll misalignment toward the contact area. Eventually, this conditional resulted in thermal fatigue, which causing damage to sliding sledge.*

**Keywords:** *Sliding sledge, roll, thermal fatigue fracture, beachmark, ratchet mark*

#### **PENDAHULUAN**

*Can Travel Rail* (CTR) adalah suatu unit peralatan pada industri pemintalan benang. Unit ini berfungsi sebagai wadah awal bahan baku poliester yang ditabur secara merata pada kotak

besar sebelum dilakukan pemintalan. Untuk menaburkan secara merata menggunakan roda sehingga bisa bergeser arah sumbu X dan Y arah horizontal seperti yang diperlihatkan pada gambar 1. Adapun berat maksimal yang dapat ditampung kotak CTR tersebut adalah 15 ton.

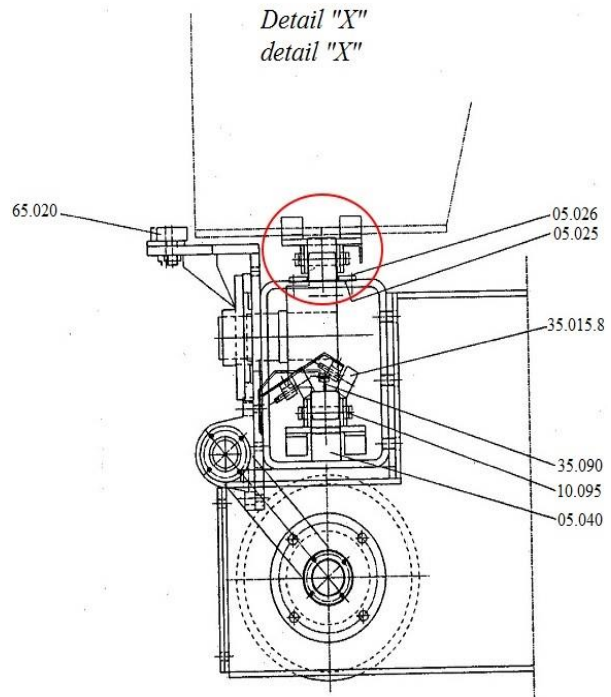


**Gambar 1.** Unit Peralatan Can Travel Rail (CTR)

Roda penggerak (*roller*) tersusun dari beberapa unit bantalan. Adapun tipe bantalan yang digunakan adalah bantalan peluru [1]. *Roller* bergerak dan terjadi kontak terhadap pelat yang dinamakan *sliding sledge*. Skema kerja dan bidang kontak diperlihatkan pada Gambar 2. Bidang kontak *roller* sesuai lebar bantalan yang diarahkan oleh balok penahan sisi kiri dan kanan agar stabil bergerak di tengah.

Unit peralatan CTR ini relatif baru diinstalasi dan dioperasikan. Namun mengalami masalah pada salah satu komponen *sliding sledge*, yaitu pada *line 1* dari 2 *line*. Masalah diawali dengan ditemukannya serpihan kecil yang terlempar di sekitar peralatan sampai tidak

mungkin dioperasikan. Kerusakan ini hanya terjadi pada *line 1* dan tidak terjadi pada *line 2* (hanya 2 *line*). Kedua *line* menggunakan peralatan, bahan, dan sistem lubrikan yang sama dari suatu *supplier*.



**Gambar 2.** Skema dan Bidang Kontak *Roller* terhadap *Sliding Sledge* pada Unit Peralatan Can Travel Rail (CTR)

Beberapa informasi data diantaranya spesifikasi material, jenis pengerasan permukaan, dan dimensi *sliding sledge* tidak diberikan oleh *supplier*. Terbatasnya informasi yang didapat akan menyulitkan untuk verifikasi material. Berdasarkan prinsip kerjanya, komponen yang rusak telah menerima beban lelah [2,3,4,5]. Besarnya beban pada bidang kontak diduga akibat permukaan pelat *sliding sledge* yang kontak dengan *roller* telah dikeraskan dengan teknologi pengerasan permukaan tertentu [6,7].

Beban lelah maksimal yangizinkan harus di bawah batas luluh material. Nilai kekerasan *roller* diduga lebih tinggi dibandingkan permukaan *sliding sledge*. Jadi tipe keausan yang terjadi adalah gesekan [8].

Kontak yang terjadi antara *roller* dan pelat *sliding sledge* dikenal dengan istilah *rolling contact fatigue* (RCF) dapat menimbulkan masalah peningkatan tegangan di permukaan [2,5]. Jadi, RCF dapat didefinisikan sebagai kerusakan komponen yang timbul akibat beban berulang yang dikaitkan dengan kontak rol bantalan. Adapun sumber terjadinya peningkatan tegangan pada permukaan dapat berasal dari berbagai faktor, misalnya *misalignment contact bodies* [8,9], sistem pelumas [4,8], dengan tegangan sisa pada daerah *subsurface* [5,8,10]. Peningkatan tegangan yang terkonsentrasi dapat menjadi inisiasi retakan dan terus menjalar pada kondisi beban dinamik. Beberapa faktor tersebut dapat menjadi pemicu kerusakan dengan mekanisme *thermal fatigue* [5,11].

Thermal fatigue adalah salah satu jenis kerusakan yang umum terjadi pada industri. Mekanisme kerusakan berasal dari retak yang terjadi akibat fluktuasi tegangan pergerakan relatif terhadap *sliding sledge* yang menyebabkan perubahan panas secara signifikan.

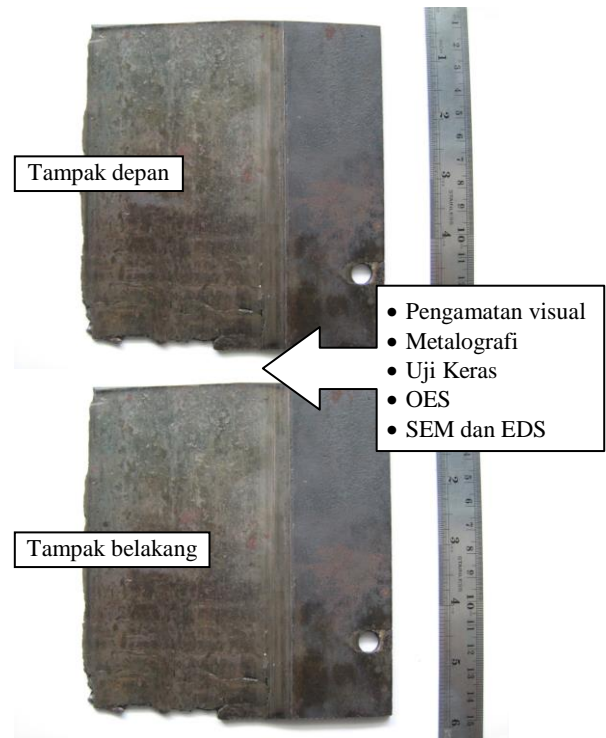
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab kerusakan *sliding sledge* agar dapat mencegah kerusakan serupa terulang kembali. Selain itu juga untuk mengetahui mekanisme kerusakan yang terjadi

## BAHAN DAN METODE

Pemeriksaan dan pengujian dilakukan terhadap *sliding sledge* yang mengalami kerusakan berupa retakan pada permukaan yang mengalami kontak langsung dengan *roller*. Untuk menganalisa penyebab terjadinya kegagalan dilakukan serangkaian pengujian. Posisi pengambilan sampel pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.

Pemeriksaan dan pengujian yang telah dilakukan di laboratorium meliputi :

- Kronologi kejadian
- Pemeriksaan visual dan dimensi
- Pemeriksaan fraktografi
- Verifikasi material yang meliputi komposisi kimia, uji tarik, dan uji keras
- Pemeriksaan metalografi
- Pemeriksaan *Scanning Electron Microscope* (SEM)/*Dispersive X-Ray Spectroscopy* (EDS)



**Gambar 3.** Pengambilan Sampel pada Komponen *Sliding Sledge* yang Mengalami Kerusakan untuk Beberapa Pengujian

Pemeriksaan visual merupakan pengamatan pada permukaan material yang mengalami kerusakan. Dari hasil pengamatan ini diharapkan dapat diketahui indikasi awal penyebab terjadinya kerusakan atau kegagalan/patah pada material *sliding sledge* tersebut. Dengan pengamatan visual dapat dilihat pola-pola khas yang disebabkan oleh tipe pembebanan tertentu yang diterima komponen *sliding sledge* sebelum terjadi kegagalan. Selain itu, pemeriksaan fraktografi makro dapat dilakukan terhadap permukaan patahan.

Selanjutnya, dilakukan verifikasi material yang diawali dengan pemeriksaan komposisi kimia. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan *optical emission spectroscopy* (OES). Tujuan analisa komposisi kimia adalah untuk mengetahui kesesuaian komposisi kimia material yang mengalami kerusakan dengan standar yang dipersyaratkan. Tapi dalam kasus ini akan dicari spesifikasi material yang paling sesuai berdasarkan standar negara tempat peralatan tersebut diimpor, yaitu Jerman. Selain itu, dilakukan juga pengujian tarik dan kekerasan.

Metode pemeriksaan metalografi terdiri dari: pemilihan lokasi, pemotongan, *mounting*, poles sampai halus secara bertahap, dan diberi larutan etsa mengikuti standar ASTM E 03-01 untuk preparasi material. Meskipun tidak diketahui spesifikasi materialnya, pemilihan larutan etsa berdasarkan hasil komposisi kimia bahan. Larutan etsa yang dipilih dalam pemeriksaan ini adalah picral sesuai standar ASTM E 407-07.

Pemeriksaan kekerasan dilakukan dengan metode Vickers sesuai dengan standar ASTM E 92-82 (Reapproved 2003) dengan beban mikro pada spesimen metalografi. Pemeriksaan secara paralel untuk mengetahui kondisi perbedaan dan perubahan material terhadap sifat mekaniknya, terutama daerah permukaan dan bagian tengahnya.

Pengamatan fraktografi dilakukan secara makro dan mikro. Fraktografi secara makro dilakukan bersamaan dengan pengamatan visual. Tujuan dari fraktografi adalah untuk mengetahui ciri-ciri patahan yang terjadi sehingga dapat diketahui kronologis terjadinya kerusakan dan faktor penyebab kerusakan pada *sliding sledge*. Pengamatan fraktografi mikro dilakukan dengan menggunakan alat SEM merek JEOL. Selain itu menggunakan EDS untuk analisa komposisi kimia permukaan pada daerah tertentu untuk mendukung analisa.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

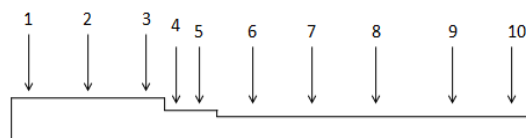
**Pemeriksaan Visual dan Dimensi**

Pengamatan visual dimulai dengan gambaran secara umum komponen CTR (Gambar 1). Sistem pergerakan CTR menggunakan rol yang bergerak sehingga poliester terisi merata. Setiap unit rol terdiri dari 2 rol yang terpasang secara ganda seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Lokasi komponen *sliding sledge* tepat berada di bawah rol yang diperlihatkan pada skema Gambar 2 (lingkaran merah). Jadi komponen tersebut diapit diantara dudukan rel dan rol dengan CTR pada sisi atas.

Kondisi permukaan komponen yang rusak secara lengkap diperlihatkan pada Gambar 3. Tampak depan merupakan bagian yang mengalami kontak langsung dengan rol, sedangkan tampak belakang merupakan bagian yang bersentuhan dengan dudukan *sliding sledge*.

Pada permukaan yang mengalami kontak langsung dengan rol (tampak atas) terlihat jejak yang dilalui roda rol. Kondisi permukaan cenderung licin dan ditemukan sedikit retak di beberapa lokasi.

Pada permukaan sebaliknya, yaitu yang kontak langsung dengan dudukan rel cenderung berwarna lebih gelap seperti telah mengalami kenaikan temperatur yang tinggi. Selain itu kondisi permukaan cenderung kasar dengan pola yang khas. Alur-alur yang berpola tersebut diduga menjadi awal retakan yang menjalar pada permukaan sebaliknya. Pengamatan lebih lanjut akan dilakukan pada pemeriksaan fraktografi.



**Gambar 4.** Sketsa Ketebalan Komponen *Sliding Sledge CTR Line-1* yang Rusak

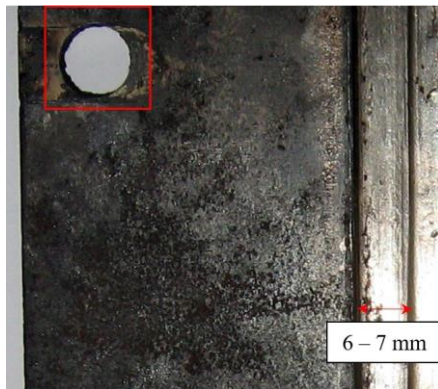
**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Ketebalan

No	Ketebalan(mm)
1.	3,05
2.	3,04
3.	3,02
4.	2,42
5.	2,40
6.	2,53
7.	2,36
8.	2,36
9.	2,32
10	2,39

Jejak yang terbentuk akibat kontak yang dilalui rol mengakibatkan terjadinya penipisan pelat. Telah dilakukan pengukuran ketebalan pelat yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Hasil pengukuran ketebalan menunjukkan bahwa terjadi penipisan pada daerah jejak yang dilalui rol sekitar 20%. Namun ditemukan tingkat ketebalan jejak yang berbeda pada tepi jejak, yaitu pengukuran ke-4 dan ke-5. Jadi, terjadi pergeseran bidang kontak rol sebesar 6 – 7 mm (gambar 5). Pergeseran ini menunjukkan telah terjadi ketidaksesuaian bidang kontak dengan rol.

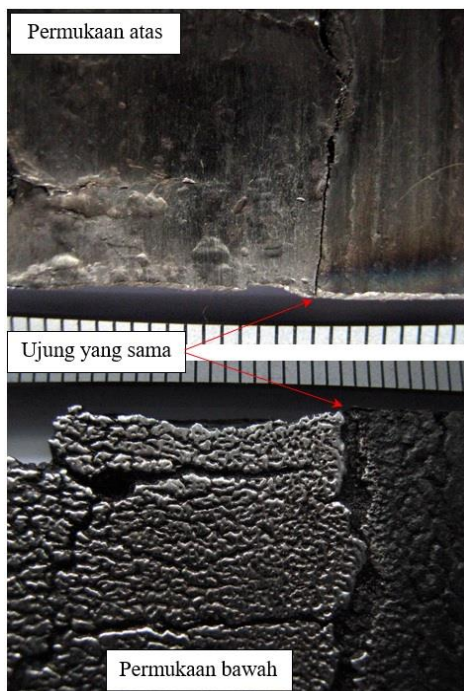
Pergeseran yang terjadi dapat disebabkan oleh salah satu atau kedua bidang kontak, antara pelat *sliding sledge* atau rol itu sendiri. Adapun kondisi lubang penjepit tidak mengalami perubahan bentuk dan dimensi. Hal ini memberi petunjuk bahwa pergeseran terjadi akibat *mis-alignment* komponen rol.



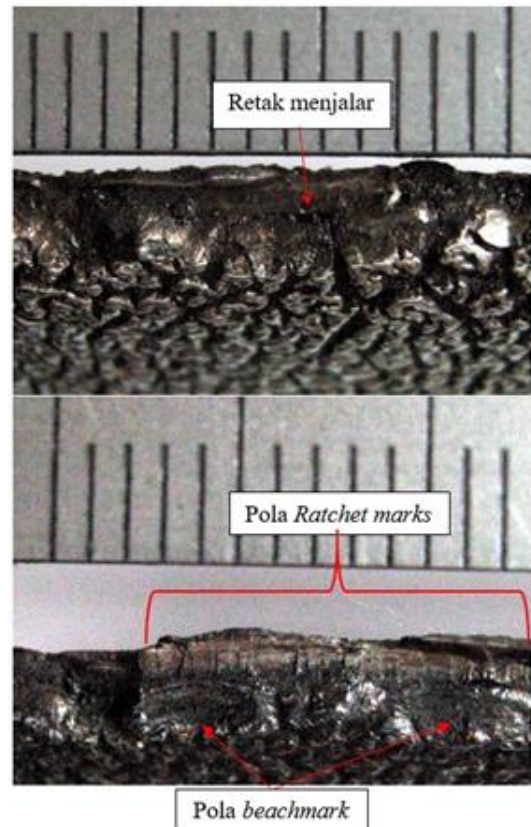
**Gambar 5.** Pergeseran Bidang Kontak Rol pada *Sliding Sledge* CTR Line-1

### Pemeriksaan Fraktografi

Kondisi permukaan *sliding sledge* yang rusak lebih jelas diperlihatkan pada Gambar 6. Permukaan atas yang kontak langsung dengan rol relatif halus, sedangkan permukaan bagian bawah yang kontak dengan landasan dudukan rel sangat kasar.



**Gambar 6.** Kondisi Permukaan Atas dan Bawah pada Komponen *Sliding Sledge*



**Gambar 7.** Kondisi Permukaan Patahan Tampak Melintang *Sliding Sledge*.

Pemeriksaan fraktografi dimulai dengan melihat hubungan retakan pada bagian permukaan atas dan kondisi permukaan bawah. Alur-alur yang merekah saling berhubungan satu dengan lainnya dan terbentuk merata pada seluruh permukaan bawah. Ukuran bukaan rekahan bervariasi, namun yang cenderung lebih besar berada sisi pinggir bidang kontak (Gambar 6). Lokasi retakan permukaan atas berada tepat di atas rekahan utama permukaan bawah. Lokasi ujung retakan kedua permukaan juga sama. Hal ini menunjukkan bahwa retakan berasal dari permukaan bawah.

Permukaan patahan retakan diperlihatkan pada Gambar 7. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa penjaluran retakan cenderung berasal dari rekahan yang relatif lebih besar pada permukaan bawah. Arah penjaluran retakan membelok secara horizontal, seperti melewati dua lapisan material yang berbeda. Gambar bawah menunjukkan dua pola karakteristik makro patahan, yaitu *beachmark* dan *ratchet mark* [5, 12]. Kedua pola tersebut menunjukkan bahwa pelat tersebut mengalami kegagalan akibat beban lelah. Selain itu, tidak ditemukan pola *ratchet mark* terlihat jelas di

lapisan atas (permukaan atas), sedangkan pola *beachmark* di lapisan bawah. Inisiasi retakan berasal dari tengah pusaran *beachmark*, yaitu salah satu rekahan tersebut.

Pola patahan patah lelah ini didukung dengan tidak ditemukannya indikasi deformasi plastis. Hal ini menunjukkan kekuatan yang dimiliki pelat relatif tinggi dan akan diverifikasi pada pengujian mekanik

**Verifikasi Material**

Serangkaian pengujian dilakukan terhadap material *sliding sledge* sebagai verifikasi material. Beberapa jenis pengujian yang dilakukan yaitu : komposisi kimia, uji keras dan uji tarik. Informasi spesifikasi material sebagai bahan evaluasi tidak diketahui sebelumnya.

**a. Komposisi Kimia**

Pemeriksaan komposisi kimia dilakukan terhadap 2 sampel pada bagian yang tidak rusak (tidak mengalami kontak dengan rol). Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan metoda *Optical Emission Spectroscopy* (OES) untuk mengetahui jenis material baja yang digunakan.

**Tabel 2.**Hasil Pengujian Komposisi Kimia pada Komponen *Sliding Sledge* (% berat)

Unsur	Sampel ke-1	Sampel ke-2
Karbon (C)	0,7360	0,7340
Krom (Cr)	0,1910	0,1920
Mangan (Mn)	0,5270	0,5270
Fosfor (P)	0,0110	0,0113
Sulfur (S)	0,0059	0,0061
Silikon (Si)	0,2580	0,2580
Nikel (Ni)	0,0697	0,0720
Aluminium (Al)	0,0111	0,0112
Copper (Cu)	0,0764	0,0763
Vanadium(V)	0,00058	0,00056

Hasil pengujian komposisi kimia ditunjukkan pada Tabel 2. Berdasarkan kandungan karbon, *sliding sledge* termasuk baja karbon tinggi dengan unsur pepadu utama yaitu Cr, Mn, dan Si serta paduan kategori rendah. Keberadaan unsur-unsur utama memiliki peranannya masing-masing. Unsur mangan untuk menambah kekuatan dan meningkatkan *hardenability*, selain sebagai deoksidan dan pengikat sulfur. Unsur silikon untuk menambah elastisitas selain sebagai deoksidan juga. Sedangkan unsur krom untuk menambah

ketahanan aus melalui pembentukan karbida yang sesuai dengan beban kerjanya.

Berdasarkan kandungan unsur-unsur pepadu khususnya karbon dan krom, material pelat *sliding sledge* ini mudah memiliki kekuatan dan ketahanan lelah yang baik untuk menerima beban akibat pergerakan *roller*.

**b. Uji Tarik**

Pengujian kekuatan dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik pelat *sliding sledge*. Lokasi pengambilan spesimen uji tarik berada di bagian yang tidak rusak yaitu yang tidak mengalami kontak dengan rol. Pengujian ini menggunakan standar ASTM A 370-2012. Hasil uji tarik dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Uji Tarik *Sliding Sledge*

Keterangan	Spesimen ke-1
Nilai Kuat Tarik, kgf/mm <sup>2</sup> (MPa)	132,7(1301)
Nilai Kuat Luluh, kgf/mm <sup>2</sup> (MPa)	126,2(1238)

**c. Uji Keras**

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan material komponen secara umum. Pemilihan lokasi yang akan diuji adalah bagian komponen yang tidak rusak (sama dengan spesimen uji komposisi kimia). Preparasi permukaan dilakukan dengan membersihkan korosi. Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada SNI 19-0406. Mesin yang digunakan adalah *Zwick* dengan beban 10 kgf.

**Tabel 4.** Hasil Uji Keras *Vickers* pada Komponen *Sliding Sledge*

No.	Permukaan ke-1 (Hv <sub>10</sub> )	Permukaan ke-2 (Hv <sub>10</sub> )
1.	437	425
2.	433	433
3.	425	429
4.	437	425
5.	433	429

Nilai kekerasan pada komponen *sliding sledge* (Tabel 4) cenderung homogen, yaitu di atas 400 Hv<sub>10</sub>. Nilai ini termasuk kategori tinggi untuk ukuran baja yang sesuai dengan nilai kuat tariknya. Hal tersebut berhubungan dengan

struktur mikro yang terbentuk dari proses produksi.

Pemeriksaan kekerasan juga dilakukan pada bagian *sliding sledge* yang rusak. Lokasi pengujian dilakukan di daerah permukaan atas yang mengalami deformasi. Selain itu juga dilakukan pada daerah sekitar permukaan bawah yang telah mengalami *thermal fatigue*. Arah pengujian adalah penampang melintang spesimen struktur mikro. Mesin yang digunakan adalah Identec ZHV 30 dengan beban 1 kgf.

**Tabel 5.** Hasil Uji Keras Vickers pada Komponen *Sliding Sledge* yang Rusak Bagian Penampang

No.	Permukaan atas (0,1 mm dari permukaan) (Hv <sub>10</sub> )	Permukaan bawah (0,2 mm dari permukaan) (Hv <sub>10</sub> )
1.	459	417
2.	453	412
3.	486	417
4.	479	412
5.	466	412

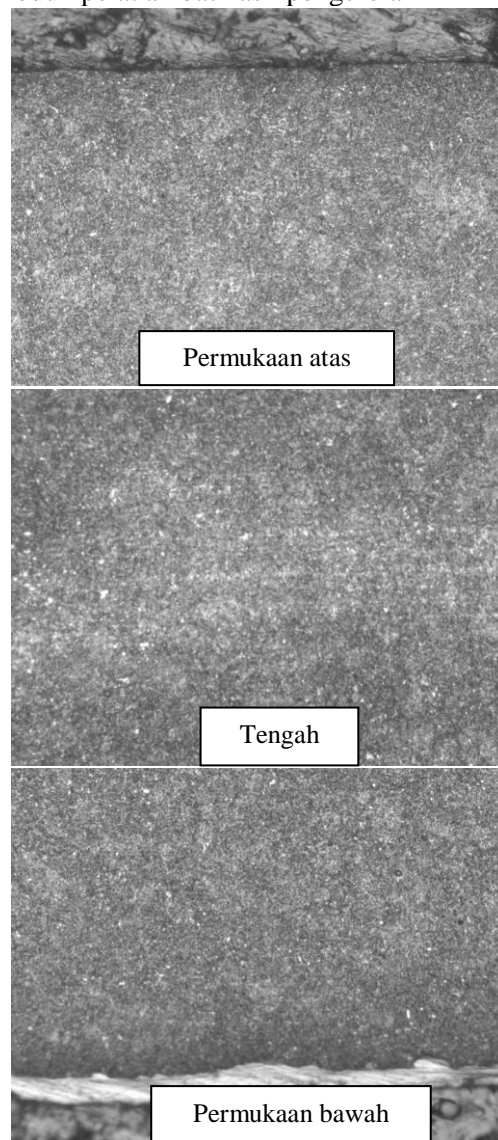
Hasil pengujian kekerasan Vickers pada komponen *sliding sledge* yang rusak ditunjukkan pada tabel 5. Nilai kekerasan pada permukaan atas menunjukkan ada sedikit kenaikan dibandingkan bagian yang tidak rusak. Nilai kekerasan pada permukaan bawah menunjukkan sedikit penurunan.

### Metalografi

Pemeriksaan metalografi dilakukan untuk melihat perubahan kondisi struktur mikro akibat beban kontak rol. Jadi, komponen yang mengalami pemeriksaan adalah *sliding sledge* yang rusak. Lokasi pemeriksaan dilakukan pada penampang melintang. Ada 2 lokasi yang dibandingkan yaitu bagian yang rusak akibat kontak dengan rol dan bagian yang tidak rusak yaitu sisi pinggir yang tidak kontak dengan rol.

Hasil pemeriksaan metalografi pada bagian yang tidak rusak disajikan pada Gambar 8. Secara umum ukuran butir relatif sangat halus. Struktur mikro komponen *sliding sledge* adalah karbida (bintik-bintik putih) yang terdispersi pada matrik martensit temper. Struktur mikro ini sesuai dengan hasil pengujian komposisi kimia dan hasil uji keras. Perlakuan khusus tidak ditemukan pada kedua sisi permukaan. Sedangkan pada bagian tengah ditemukan

segregasi yang merupakan kondisi normal pada produk pelat akibat hasil pengerolan

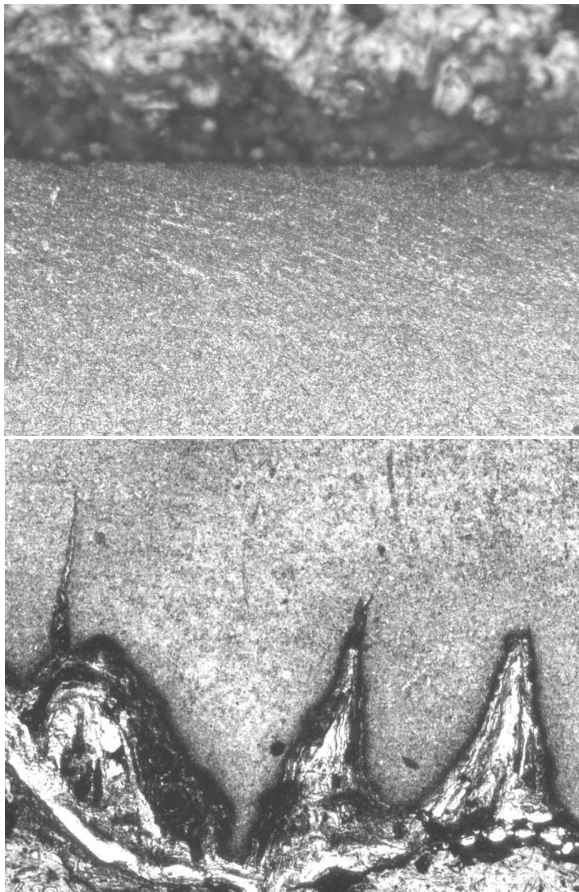


**Gambar 8.** Struktur Mikro *Sliding Sledge* pada Bagian yang Tidak Rusak. (a) Permukaan Atas, (b) Tengah, dan (c) Permukaan Bawah

Hasil pemeriksaan metalografi pada bagian yang rusak diperlihatkan pada Gambar 9. Kondisi struktur mikro permukaan atas memperlihatkan butir yang terdeformasi sesuai arah rol. Hal ini berkaitan dengan kontak rol yang memiliki beban secara periodik (beban lelah). Sedangkan struktur pada daerah permukaan bawah seperti mengalami peningkatan temperatur yang tinggi. Hal ini akan mengakibatkan struktur mikro menjadi lebih kasar.

Pada permukaan bawah mudah ditemukan bukaan yang berbentuk kapak, yaitu bukaan berbentuk segitiga. Keberadaan oksida

mendominasi dibandingkan logam induk [5]. Peningkatan temperatur yang berlebih dapat menambah regangan dalam sehingga memberi inisiasi retakan. Berdasarkan penampilan visual, beban kerja, dan pemeriksaan visual, tipe kerusakan adalah *thermal fatigue*.

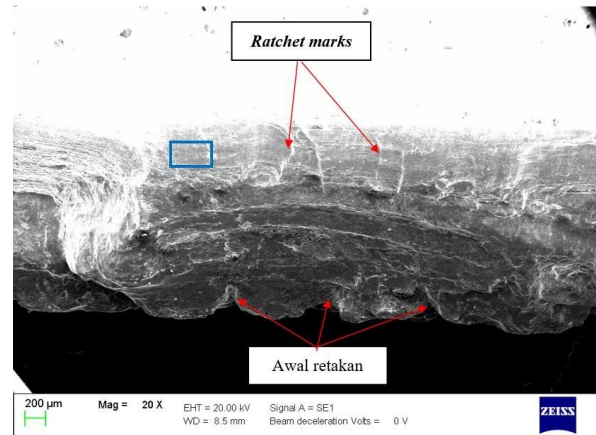


**Gambar 9.** Struktur Mikro *Sliding Sledge* pada Bagian yang Rusak. (a) Permukaan Atas, (b) Permukaan Bawah.

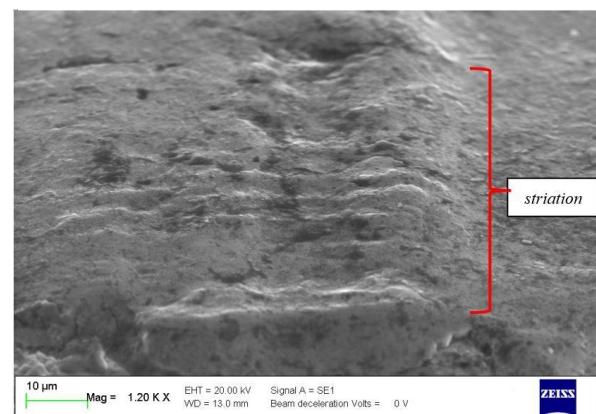
#### Pemeriksaan SEM/EDS

Pemeriksaan dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan terhadap permukaan patahan. Selain itu juga dilakukan pemeriksaan terhadap permukaan atas dan permukaan bawah. Sebelum dilakukan pemeriksaan, potongan spesimen dibersihkan dengan aseton dan alkohol. Merek peralatan SEM/EDS yang digunakan adalah ZEISS EVO pada 20 kV.

Bersamaan dengan pemeriksaan SEM, dilakukan pula pemeriksaan komposisi kimia secara semi kuantitatif terhadap produk korosi atau deposit yang menempel pada permukaan. Metode ini dinamakan *energy dispersive spectroscopy* (EDS).



**Gambar 10.** Foto SEM pada Pemeriksaan Permukaan Patahan



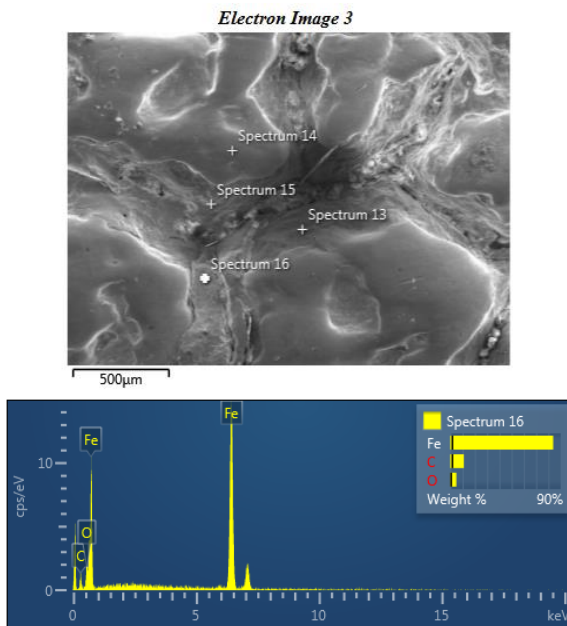
**Gambar 11.** *Striation* pada Fraktografi Mikro Patahan *Sliding Sledge* sebagai Indikasi Patah Lelah (Lokasi dari Kotak Biru pada Gambar 10)

Foto permukaan patahan diperlihatkan pada Gambar 10 dan 11. Gambar 10 adalah pengulangan gambar 7 yang memperlihatkan bahwa mekanisme kerusakan yang terjadi akibat beban lelah. Beberapa indikasinya adalah ditemukan *ratchet mark* dan seperti *beachmark*. Verifikasi lebih dalam tentang patah lelah dilakukan dengan fraktografi mikro menggunakan SEM. Gambar 11 memperlihatkan pola *striation* (garis-garis putih) ditemukan pada permukaan patahan. Kondisi ini memastikan bahwa permukaan adalah patahan lelah.

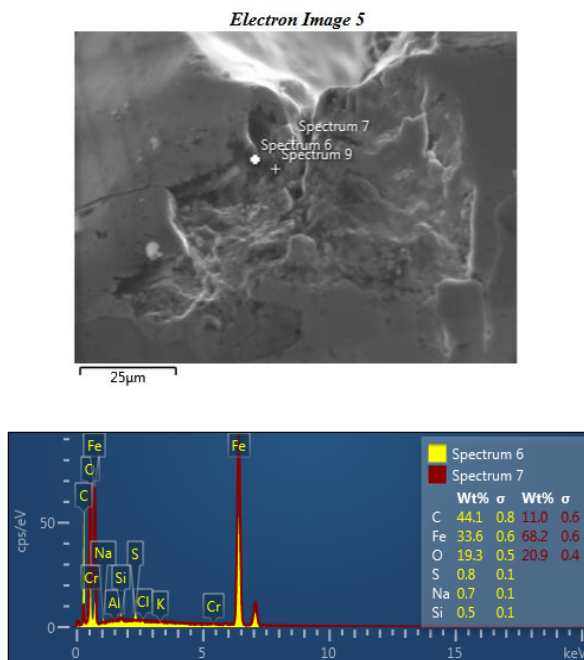
Pemeriksaan komposisi kimia dilakukan pada celah-celah retakan yang berwarna cenderung gelap atau hitam. Pengujian dilakukan pada dua arah lokasi pada permukaan bawah pelat *sliding sledge* yang diperlihatkan pada gambar 12 dan 13. Hasil pemeriksaan menunjukkan keberadaan kandungan karbon dan oksigen sangat tinggi. Hal ini memberi indikasi bahwa pada permukaan ini telah terjadi percikan api akibat gesekan. Jadi, mekanisme kerusakan



yang menimbulkan jaringan retakan pada permukaan bawah *sliding sledge* adalah *thermal fatigue*.



Gambar 12. Foto SEM dan Hasil EDS pada Permukaan Bawah



Gambar 13. Foto SEM dan Hasil EDS pada Ujung Retakan

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Pengamatan visual memperlihatkan bahwa telah terjadi pergeseran bidang kontak *sliding*

*sledge* terhadap rol. Sedangkan bentuk dan dimensi penjepit *sliding sledge* tidak berubah. Hal ini menunjukkan terjadi *mis-alignment* oleh rol terhadap bidang kontak. Pemeriksaan metalografi terhadap permukaan bawah membentuk banyak bukaan-bukaan berbentuk kapak sebagai inisiasi retakan. Tipikal bentuk retakan, beban lelah, dan terbentuknya oksida karena peningkatan temperatur menunjukkan bahwa komponen *sliding sledge* mengalami fenomena *thermal fatigue*. Adapun kemungkinan kerusakan akibat material dan tipe pelumasan tidak ditemukan.

### Saran

1. Dilakukan penyetulan ulang sistem rol pada komponen *sliding sledge* CTR line-1 sehingga tidak terjadi *mis-alignment*.
2. Sebaiknya dilakukan pemeriksaan poros/as rol, apabila sudah aus maka dilakukan penggantian.
3. Terhadap dimensi dan kedudukan rol sebaiknya dilakukan pemeriksaan. Apabila terjadi keausan maka dilakukan perbaikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan di laboratorium metalografi Balai Besar Bahan dan Barang Teknik (B4T)-Kementerian Perindustrian atas kerjasamanya dalam pengujian dan pemeriksaan pada kegiatan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Robert L. Mott., “Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis”, Penerbit *Andy Offset.*, Yogyakarta., 2009.
- [2] F. Sadeghi., B. Jalalahmadi., T. S. Slack., N. Raje., and N. K. Arakere., “A Review of Rolling Contact Fatigue,” *J. Tribol.*, vol. 131, no. 4, p. 041403, 2009.
- [3] C. R. Gagg and P. R. Lewis, “Wear as a Product Failure Mechanism – Overview and Case Studies,” vol. 14, pp. 1618–1640, 2007.
- [4] A. W. J. De Gee, “On the Mechanism of Lubricant Film Failure in Sliding Concentrated Steel Contacts,” *Journal of Lubricant Technology*, no. 76, pp. 575–579, 2017.

- [5] "Failure Analysis and Prevention", *American Society for Metal*, ASM Metals Handbook, Volume 11, 8th Printing, 2002.
- [6] M. J. Schneider, T. T. Company, and M. S. Chatterjee, "Introduction to Surface Hardening of Steels \*," vol. 4, 2013.
- [7] S. Engineering and W. Resistance, "Introduction to Surface Engineering for Corrosion and Wear," *Surf. Eng. Corros. Wear Resist.*, pp. 1–11, 2001
- [8] J. Halme and P. Andersson, "Rolling contact fatigue and wear fundamentals for rolling bearing diagnostics - state of the art," *IME Part J J. Eng. Tribol.*, vol. 224, no. 4, pp. 377–393, 2010.
- [9] E. K. Koltsakis, L. T. Universitet, P. Noury, and L. Tekniska, "The Contact Problem of Roller Bearings: Investigation of Observed Failures," no. 3, 2016.
- [10] D. Benoît, B. Salima, and R. Marion, "Multiscale characterization of head check initiation on rails under rolling contact fatigue: Mechanical and microstructure analysis," *Wear*, 2016.
- [11] C. G. He, Y. Z. Chen, Y. B. Huang, Q. Y. Liu, M. H. Zhu, and W. J. Wang, "On the Surface Scratch and Thermal Fatigue Damage of Wheel Material Under Different Braking Speed Conditions," vol. 79., pp. 889–901, 2017.
- [12] M. J. Mullen, A. H. Griebel, and J. M. Tartaglia, "Fracture Surface Analysis," *Adv. Mater. Process.*, no. December, pp. 21–23, 2007.