

ANALISA KEGAGALAN TRACK LINK EXCAVATOR

FAILURE ANALYSIS OF TRACK LINK EXCAVATOR

Eka Febriyanti^a, Abdul Gafar^b, Agus Suhartono^a

^aBalai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS),
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), PUSPIPTEK, Serpong, 16314, Indonesia
^bInstitut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN), Srengseng Sawah-Jagakarsa, Indonesia
e-mail:eka.febriyanti@bppt.go.id

Abstrak

Track link merupakan salah satu teknologi kunci dalam sistem excavator selama penggalian dengan beban berlebih. Fungsi dari *track link* pada excavator yaitu mengubah gerakan putar menjadi gulungan dan menjadi tumpuan bagi *track roller* sehingga memungkinkan unit excavator dapat berjalan. Dalam beberapa pemeriksaan di tempat kejadian menunjukkan bahwa *pin* yang merupakan salah satu komponen utama dari *track link* mengalami patah sehingga menyebabkan excavator berhenti beroperasi. Hasil pemeriksaan visual menunjukkan bahwa pada daerah *pin* sebagai penyambung antar rantai terjadi retak, dimana retak awal dimulai dari sisi luar dan penjarangan retak dimulai dari material bagian tipis ke tebal. Hasil pemeriksaan tersebut juga dikonfirmasi dengan pemeriksaan metalografi yang menunjukkan adanya inklusi pengotor di lokasi *pin* yang patah. Oleh karena itu, cacat inklusi akibat proses manufaktur berperan sebagai inisiasi perambatan retak, lalu menjalar akibat pembebanan dinamis dari perputaran *track roller* sampai akhirnya material *pin* patah. Analisis kimia dari material *pin* menunjukkan bahwa material *pin* yang diperiksa merupakan jenis *low alloy steel* yang tidak sesuai dengan spesifikasi material standar BS EN 10293 sehingga menyebabkan material *pin* rentan terhadap serangan korosi setelah retak awal timbul di permukaan akibat pembebanan fatik.

Kata kunci : Track Link, Excavator, Inklusi, Beban Dinamis, Korosi

Abstract

Track link is one of the key paths in the excavator technology during excavation with the excess load. *Track link's* function on the excavator is to convert rotary movements into rolls and become pedestal for *track roller* to allow the excavator unit to run. In several examinations on site show that *pin* which is one of the main components from *track link* experienced fracture which causes the excavator to stop operating. The visual examination's results show that in *pin* area as the interconnecting chain occurs crack where the initial crack starts from the outer side and crack propagation starts from the thinner side to thicker side material. The result of the visual examination was also confirmed with a metallographic examination which showed inclusion in microstructure at *pin's* fracture location. Detail analysis of the failed surface showed that failure of the *pin* on *track link* excavator is caused by inclusion defect was given by manufacture process whose had a role as crack initiation then propagated by dynamic loading from *track roller* rotation till *pin* could not withstand the load and fracture occurred. Chemical analysis indicates that *pin* material which is examined is *low alloy steel* type that does not conform to the BS EN 10293 standard specifications so causing the *pin* material to be susceptible to corrosion attack after initial crack arises on the surface due to fatigue loading.

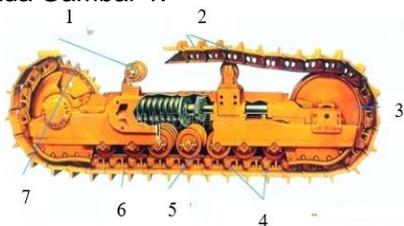
KeyWords : Track Link, Excavator, Inclusion, Dynamic Load, Corrosion

Diterima (received) : 24 April 2018, Direvisi (revised) : 26 Oktober 2018,
Disetujui (accepted) : 2 November 2018

PENDAHULUAN

Selama beberapa dekade terakhir *excavator* merupakan mesin struktur besar yang di dalamnya terdapat *track link* serta *bucket wheel* yang berperan sebagai teknologi kunci dalam sistem *excavator* selama penggalian dengan beban berlebih. Jenis pembebanan pada sistem *excavator* berupa beban dinamis dan stokastik. Kedua pembebanan tersebut sering menimbulkan kegagalan pada *track link excavator*¹⁻³⁾. Dalam beberapa kasus dan kondisi pekerjaan yang sangat berat, mobilitas *excavator* sering mengalami kerusakan akibat mekanisme pengangkutan yang salah⁴⁻⁶⁾ dan struktur⁷⁾. Kerusakan tersebut dapat disebabkan oleh^{4-5,8)} : cacat desain; cacat manufaktur; cacat pengoperasian; dan cacat lingkungan. Apapun penyebabnya, kerusakan mesin berperforma tinggi menyebabkan kerugian finansial yang sangat besar^{6,9)}.

Pada dasarnya, sistem *track link excavator* terdiri atas *carrier roller*, *track shoe assembly*, *idler*, *track link assembly*, *track roller*, *track shoe*, dan *sprocket* seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagian-bagian *Excavator Track Link*^{6,10-11)}

Keterangan : 1. *Carrier roller*, 2. *Track shoe assembly*, 3. *Idler*, 4. *Track link assembly*, 5. *Track roller*, 6. *Track shoe*, 7. *Sprocket*

Fungsi dari *track link* pada *excavator*^{6,10-11)} yaitu mengubah gerakan putar menjadi gulungan dan menjadi tumpuan bagi *track roller* sehingga memungkinkan unit dapat berjalan. Komponen-komponen utama *track link* terdiri atas : *link* yang berfungsi untuk menumpu berat unit ke landasan dan tempat persinggungan dengan *track roller* dan *carrier roller* serta *pin* dan *bushing* yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan antar *link* sedangkan *bushing* berfungsi untuk mendapatkan sifat fleksibel ketika *track* bergerak menggulung. Sedangkan *seal* berfungsi untuk mencegah terjadinya kebocoran oli dan sebaliknya untuk mencegah agar jangan sampai ada kotoran dari luar yang masuk ke dalam komponen.

Track link pada *excavator* terdiri atas dua tipe yaitu *sealed and lubricated type*

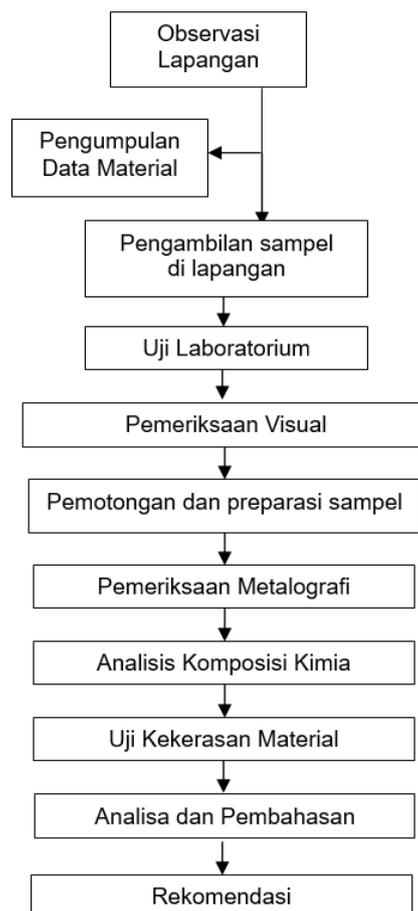
dan *greased sealed type track*. Kemudian *track link excavator* (Gambar 2) yang retak diuji dan diperiksa di laboratorium supaya akar penyebab kerusakan dapat ditemukan. Hal ini dilakukan untuk mempercepat proses perbaikan dan mencegah terjadinya kerusakan serta kerugian yang sama di pengoperasian selanjutnya.



Gambar 2. Hasil Pengukuran Dimensi *Track Link Excavator* yang Mengalami Kerusakan atau Retak pada Daerah *Pin*

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian terhadap *track link excavator* yang mengalami retak dapat dilihat pada Gambar 3 :



Gambar 3. Diagram Alir Pemeriksaan dan Pengujian terhadap *Pin* pada *Crack Link Excavator* yang Mengalami Retak

Hasil Pemeriksaan Visual dan Fraktografi

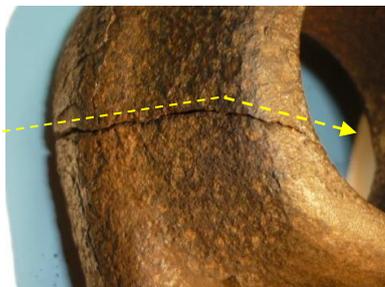
Hasil pemeriksaan fraktografi menunjukkan adanya kerusakan/retak pada daerah *pin* (Gambar 4) sebagai penyambung antar rantai. Selain itu, retak awal dimulai dari sisi luar (Gambar 5) dan penjalaran retak dimulai dari material bagian tipis ke tebal (Gambar 6). Permukaan patahan pada lubang *pin* berupa patah leleh yang dimulai dari bagian luar. Hal ini dibuktikan dari daerah patah awal yang mempunyai permukaan lebih rata dan adanya *initial crack*. Sedangkan bentuk alur patah leleh tidak terlihat dikarenakan saat patah kondisi *track line excavator* mendapat beban operasi sehingga patahan tersebut mengalami benturan antar patahan.



Gambar 4.
Bentuk Retak dari Bagian Dalam *Pin*



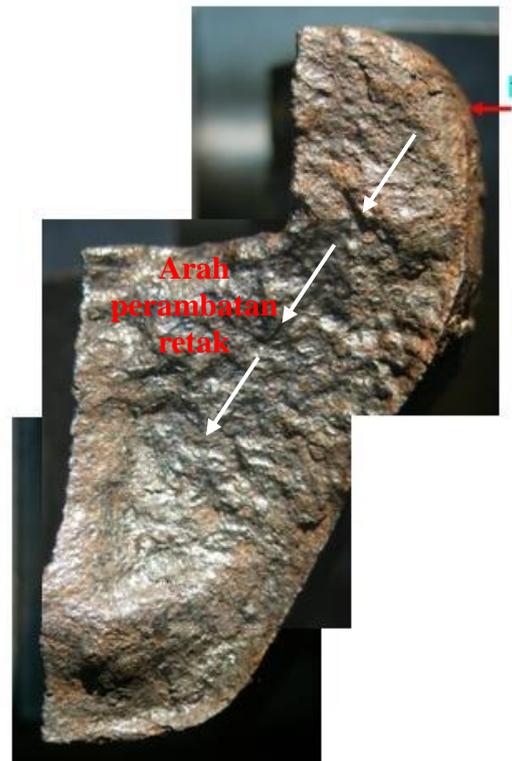
Gambar 5.
Retak Awal Dimulai dari Sisi Luar



Gambar 6.
Penjalaran Retak Dimulai dari Material Bagian Tipis ke Tebal



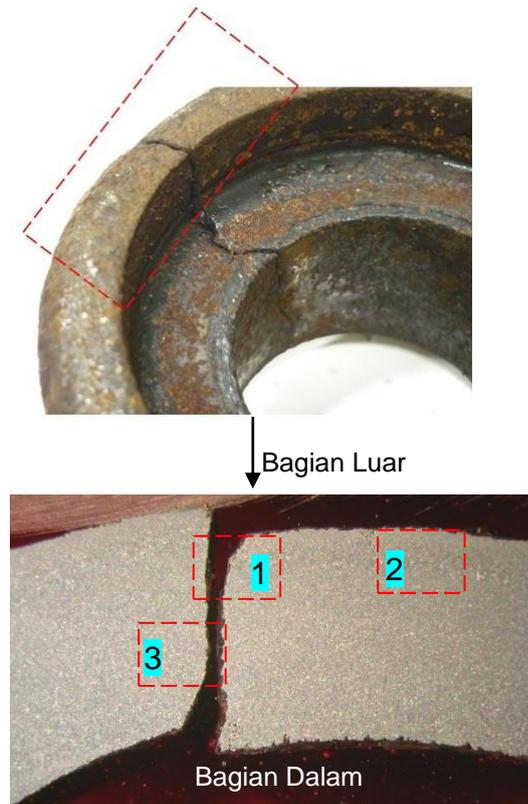
Gambar 7.
Foto Makro Permukaan Patahan pada Lubang *Pin*



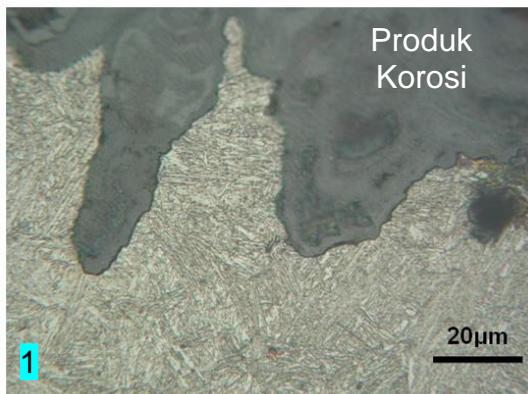
Gambar 8.
Perbesaran Gambar 7 Menunjukkan bahwa Permukaan Patahan pada Lubang *Pin* Berupa Patah Leleh yang Dimulai dari Bagian Luar (lokasi 1) sedangkan Lokasi 2 Merupakan Patah Akhir

Hasil Pemeriksaan Metalografi

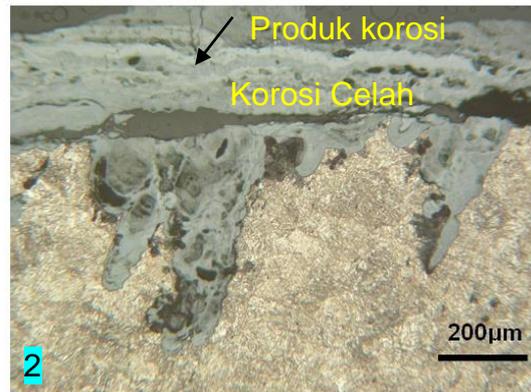
Pengambilan foto mikro dan etsa sampel metalografi terdiri atas 2 sampel yaitu sampel 1 di daerah *pin* sebagai penyambung antar rantai pada bagian luar dan sampel 2 di daerah lubang baut sebagai pembanding.



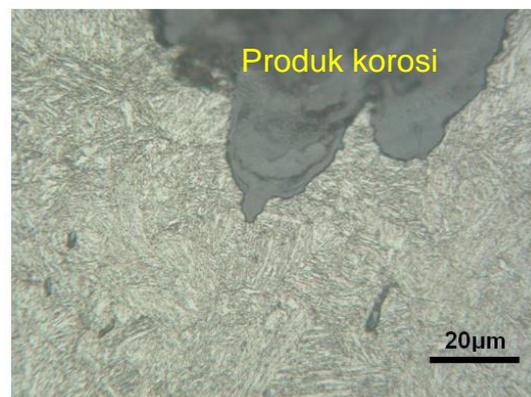
Gambar 9.
Lokasi Pengambilan Sampel 1 *Pin* pada *Track Link Excavator* untuk Pemeriksaan Metalografi dan Uji Kekerasan



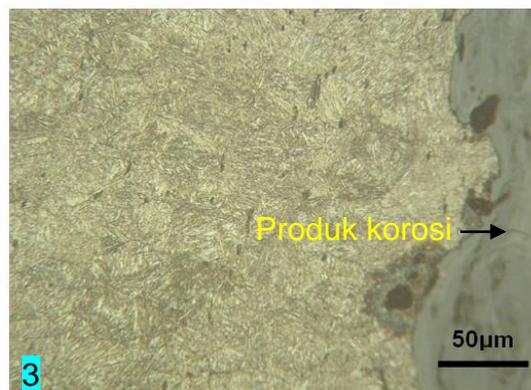
Gambar 10.
Struktur Mikro Sampel 1 pada Lokasi 1 di Daerah Awal Retak dari Bagian Luar Berupa Martensit Temper. Selain itu, terjadi korosi merata-sumuran dibagian luar. Etsa : nital 2%



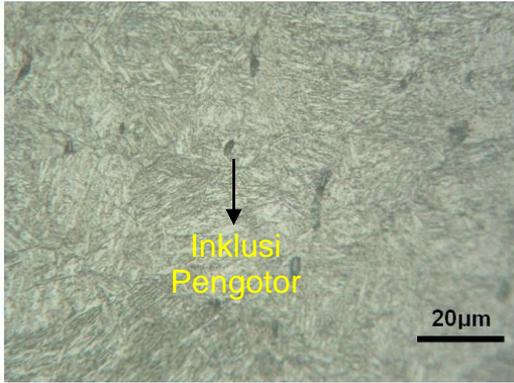
Gambar 11.
Struktur Mikro Permukaan Luar (lokasi 2) berupa Martensit Temperdan Terjadi Korosi Celah. Etsa : nital 2%



Gambar 12.
Perbesaran Gambar 11

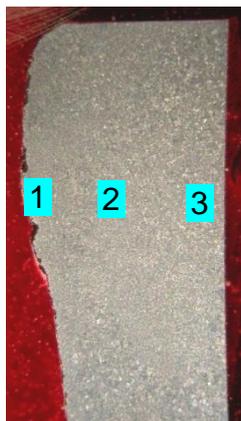


(a)

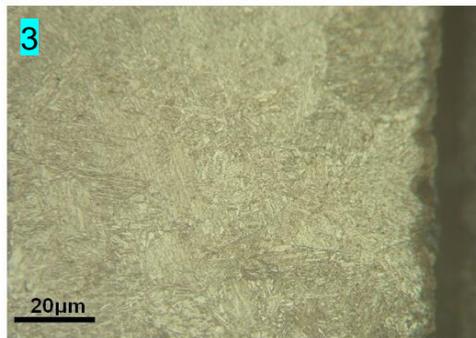
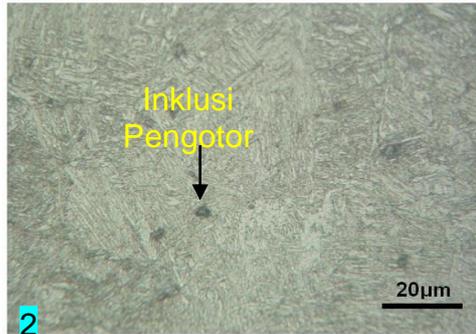
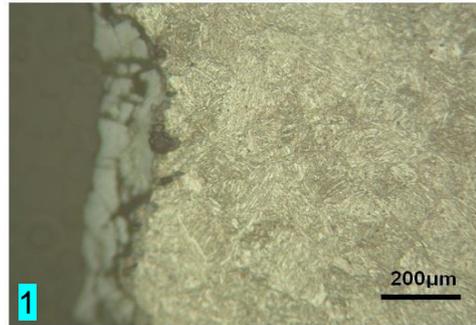


(b)

Gambar 13. Pada Lokasi 3 Daerah Tengah Patahan Terdapat Produk Korosi, Struktur Mikro Berupa Martensit Temper (a) dan Ditemukan Banyak Inklusi Pengotor(b). Etsa: nital 2%.



Gambar 14. Pengambilan Sampel 2 Pin pada Track Link Excavator pada Lubang Baut sebagai Pemandangan



Gambar 15.

Struktur Mikro Sampel 2 Potongan Melintang berupa Martensit Temper dan Terdapat Inklusi Pengotor. Etsa: nital 2%.

Hasil pemeriksaan metalografi untuk sampel 1 pada lokasi 1 di daerah awal retak menunjukkan bahwa struktur mikro bagian luar berupa martensit temper¹²⁾. Selain itu, terjadi korosi merata-sumuran di bagian luar seperti yang terlihat pada Gambar 10. Untuk sampel 1 pada lokasi 2 juga menunjukkan bahwa struktur mikro pada permukaan luar berupa martensit temper¹²⁾ dan terjadi korosi sumuran di bagian luarseperti yang terlihat pada Gambar 11-12. Untuk sampel 1 pada lokasi 3 menunjukkan bahwa struktur mikro pada daerah tengah patahan berupa martensit temper¹²⁾ serta ditemukan banyak produk korosi dan inklusi pengotor¹²⁾ seperti yang terlihat pada Gambar 13. Sedangkan untuk sampel 2 menunjukkan bahwa struktur mikro pada potongan melintang berupa martensit temper¹²⁾ dan ditemukan banyak inklusi pengotor¹²⁾ seperti yang terlihat pada Gambar 14-15.

Hasil Analisa Komposisi Kimia

Sampel untuk analisa komposisi kimia diambil dari *track link excavator* lalu diuji dengan *optical emission spectrometer (OES)*. Hasil uji menunjukkan bahwa material *pin* pada *track link excavator* yang diperiksa merupakan komposisi kimia *low alloy steel* seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Hasil analisis komposisi kimia menunjukkan bahwa material *track link* dari *excavator* tidak sesuai dengan standar BS EN 10293^[3]. Kandungan unsur Cr, Ni, dan Mo lebih kecil dibandingkan standar sementara kandungan unsur S lebih tinggi dibandingkan standar.

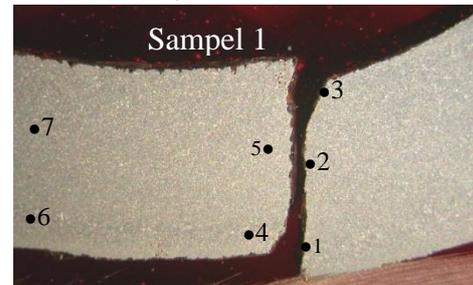
Tabel 1.

Hasil Uji Komposisi Kimia *Pin* pada *Track Link Excavator*

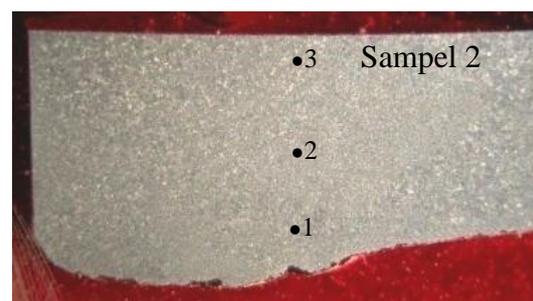
Unsur / Elemen	Track Link Excavator (% berat)	G35 CrNiMo6-6 ^[13] (% berat)
Fe	97,9	-
C	0,373	0,32-0,38
Si	0,200	Maks. 0,6
Mn	0,931	0,6 – 1,0
Cr	0,158	1,4-1,7
Ni	0,0755	1,4-1,7
Mo	0,0323	0,15-0,35
Cu	0,154	-
Al	0,0329	-
V	0,0079	-
W	< 0,025	-
Ti	0,0286	-
Nb	< 0,003	-
B	< 0,001	-
S	0,0214	Maks. 0,020
P	0,0143	Maks. 0,025

Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil uji kekerasan terhadap *pin* pada *track link excavator* terlihat pada Table 2. Hasil uji menunjukkan bahwa untuk permukaan sampel 1 (daerah *pin* yang retak) dan sampel 2 (lubang baut sebagai pembanding) memiliki nilai kekerasan rata-rata yang hampir sama yaitu masing-masing sebesar 346 HV dan 347 HV.



Gambar 16. Lokasi Pengambilan Sampel 1 untuk Uji Kekerasan

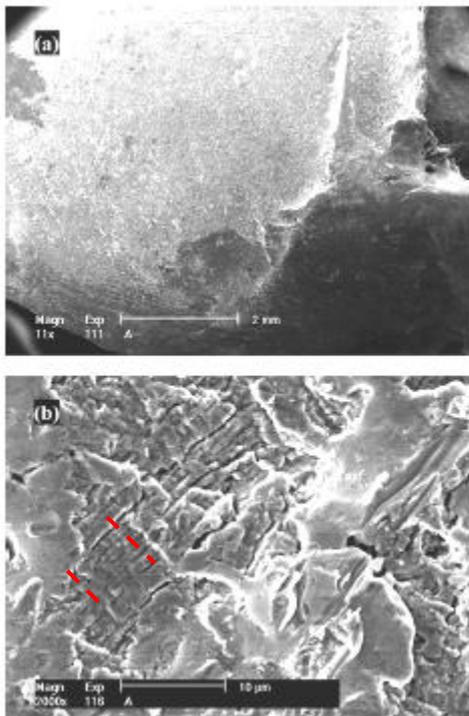


Gambar 17. Lokasi Pengambilan Sampel 2 untuk Uji Kekerasan

Tabel 2.
Hasil Uji Kekerasan *Pin*
pada *Track Link Excavator*

No.	Nilai Kekerasan (HV)
Sampel 1	
1	358
2	353
3	345
4	328
5	349
6	341
7	349
Rata-rata	346
Sampel 2	
1	341
2	353
3	349
Rata-rata	347

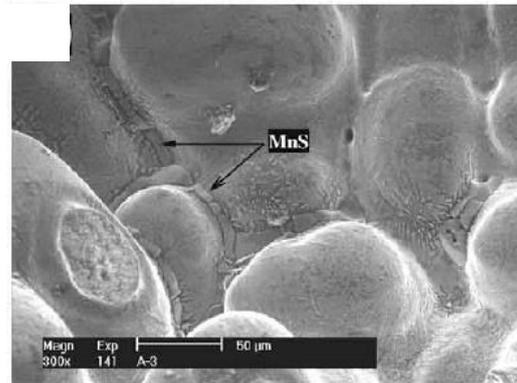
Hasil Analisa SEM dan EDX



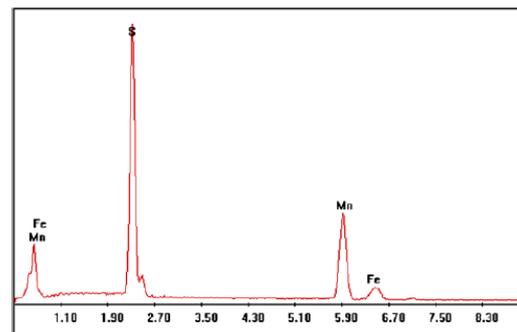
Gambar 18.
Pemeriksaan SEM a) Potongan Melintang *Track Link Excavator* Menunjukkan Adanya
b) Striasi Fatik

Sampel untuk analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) diambil dari daerah permukaan patahan *track link excavator* menunjukkan adanya striasi yang

merupakan tipe perambatan retak fatik¹⁴⁾ yang terlihat pada gambar 18. Selain itu, pada Gambar 19 menunjukkan adanya inklusi pengotor pada permukaan *track link excavator*. Sedangkan dari hasil analisa spektrum EDX (*Energy Dispersive X-ray analysis*) dari permukaan patahan *track link excavator* mengandung unsur-unsur seperti Fe, Mn, dan S seperti yang terlihat pada Gambar 20.



Gambar 19.
Permukaan Patahan *Track Link Excavator* Menunjukkan Adanya Inklusi



Gambar 20.
Spektrum EDX Inklusi di Permukaan Patahan *Track Link Excavator*

PEMBAHASAN

Dari hasil analisa komposisi kimia maka jenis material dan kekerasan *pin* pada *track link excavator* tidak sesuai dengan spesifikasi material standar BS EN 10293 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Sedangkan dari hasil pemeriksaan metalografi menunjukkan bahwa mikrostruktur dari material *pin* terdiri atas martensit temper dan banyak ditemukan inklusi pengotor dan produk korosi seperti yang terlihat pada Gambar 9-15.

Kehadiran inklusi dalam struktur mikro material *pin* pada *track link excavator* dapat menurunkan kemampuan logam untuk

menahan beban statik, gaya impact, dan pembebanan fatik yang tinggi¹⁴). Inklusi non logam dapat dengan mudah menjadi konsentrasi tegangan¹⁴⁻¹⁵ karena sifatnya yang tidak terputus dan ketidakcocokan dengan komposisi di sekitarnya¹⁶). Inklusi mempunyai sifat berbeda dari matriks (fasa) dalam beberapa aspek seperti perbedaan konstanta elastis (kekakuan yang tidak cocok), perbedaan kekerasan dan kekuatan tarik (kekuatan yang tidak cocok), dan perbedaan koefisien ekspansi (ketidakcocokan ekspansi termal)¹⁷). Dari literatur¹⁸), koefisien ekspansi beberapa fasa seperti martensit, ferit, dan perlit masing-masing yaitu $11,5 \times 10^{-6}/K$; $14,8 \times 10^{-6}/K$; dan $23 \times 10^{-6}/K$, sedangkan koefisien ekspansi dari kehadiran senyawa kalsium aluminat sebesar $5-8,5 \times 10^{-6}/K$. Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan koefisien ekspansi antara inklusi dan matriks sangat besar. Medan gaya tarik yang lebih besar akan diproduksi dalam matriks (fasa) di sekitar inklusi kalsium aluminat karena inklusi kalsium aluminat menghasilkan ekspansi volume yang lebih kecil selama periode *quenching* sampai cooling. Ukuran inklusi yang lebih besar maka tegangan tarik semakin besar¹⁷). Awal retak kemungkinan terbesar dimulai dari matriks sekitar kumpulan inklusi di bawah pembebanan gaya eksternal.

Retak awal dimulai dari sisi luar dimana mempunyai permukaan lebih rata dan bersumber di sekitar inklusi lalu akibat adanya pembebanan dinamis dari pergerakan *excavator* kemudian terjadi perambatan retak yang dimulai dari bagian tipis ke tebal. Namun, bentuk alur patah leleh tidak terlihat dikarenakan saat patah kondisi *track line excavator* mendapat beban operasi sehingga patahan tersebut mengalami benturan antar patahan. Lalu, karena material *track link* mengandung unsur-unsur seperti Cr, Ni, dan Mo yang lebih kecil dibandingkan standar¹⁸) dimana kandungan unsur-unsur yang lebih kecil dibandingkan standar menyebabkan ketahanan korosi dari *track link* menjadi lebih rendah sehingga serangan korosi masuk ke sisi dalam *track link* yang terbuka akibat adanya retak dari pembebanan fatik.

SIMPULAN

Dari hasil observasi, pengamatan, dan analisa laboratorium serta pembahasan dapat disimpulkan bahwa penyebab perpatahan *track link excavator* adalah cacat akibat manufaktur pada material *pin track link* berupa inklusi pengotor. Inklusi pengotor

berperan sebagai pusat tegangan tinggi (*severe stress concentration*) yang akan mempengaruhi ketahanan fatik dari *track link excavator* dan memfasilitasi inisiasi dari perambatan retak fatik. Adanya pembebanan dinamis dari pergerakan menyebabkan material *screw* mengalami kelebihan tegangan pada daerah tertentu dan akhirnya menghasilkan retak dan patahan.

REKOMENDASI

Oleh karena karakteristik material lebih rendah dibandingkan yang dibutuhkan (akibat ketidaksesuaian dengan spesifikasi standar dan kesalahan dalam proses manufaktur) maka sebaiknya kinerja dari *track link excavator* perlu diinspeksi misalnya setiap 1000 jam operasi pengerjaan sehingga apabila terjadi kerusakan/retak awal dapat ditemukan dan segera dilakukan perbaikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ing. H. Agus Suhartono selaku Kepala Bidang Kajian Material B2TKS, untuk koordinasi dan pemberian ijin dalam menggunakan alat uji laboratorium. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman teknisi di laboratorium analisa kerusakan dan umur sisa karena telah membantu dan memberikan saran ketika pelaksanaan penelitian dan pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bošnjak S.M., dkk, "Failure Investigation of The Bucket Wheel Excavator Crawler Chain Link", Engineering Failure Analysis, (35) 2013, p.462-469.
2. Dacinic, Darco, dkk, "Bucket Wheel Excavator Damage by Fatigue Fracture", Procedia Materials Science, (3), 2014, p.1723-1728.
3. Savkovic, Mile, dkk, "Analysis of The Drive Shaft Fracture of The Bucket Wheel Excavator, Engineering Failure Analysis, (20), 2012, p.105-117
4. Dudek, D., dkk, "The L35GSM Cast Steel - Possibilities of Structure and Properties Shaping at The Example Of Crawler Links", Arch. Civ. Mech. Eng., (11), 2011, p.19-32.
5. Bošnjak S.M., dkk, "Failure Analysis of The Stacker Crawler Chain Link", Procedia Eng., (10), 2011, p.2244-2249.

6. Arsic´ M., dkk, “*Analysis Of The Spreader Track Wheels Premature Damages*”, Engineering Failure Analysis, (20), 2012, p.118–136.
7. Bošnjak S.M., dkk, “*Failure Analysis And Redesign Of The Bucket Wheel Excavator Two-Wheel Bogie*”, Engineering Failure Analysis, (17), 2010, p.473–485.
8. Bošnjak S.M., dkk, “*Failure Investigation Of The Bucket Wheel Excavator Crawler Chain Link*”, Engineering Failure Analysis, (35), 2013, p.462–469.
9. Bošnjak S.M., dkk, “*Bucket Wheel Excavator: Integrity Assessment Of The Bucket Wheel Boom Tie – Rod Welded Joint*”, Engineering Failure Analysis, (18), 2011, p.212-222.
10. Sokolski, P., dan M. Sokolski, “*Evaluation of Resistance to Catastrophic Failures of Large-Size Caterpillar Chain Links of Open-Pit Mining Machinery*”, Maintenance and Reliability,(16) (10), 2014, p.80-84.
11. Maulana, Irfan, dkk “*Analisa Kerusakan Komponen Under carriage Excavator Hitachi EX200 Pada PT. Takabeyaka Perkasa Group dengan Metode FMEA*”, Jurnal Mesin Sains Terapan,(1) (1),2017, p.32-38.
12. Yu, Zhi-Wei, dkk, “*Failure Investigation on The Cracked Crawler Pad Link*”, Eng. Fail. Anal., (17), 2010, p.1102-1109
13. “*Steel Casting Chemical Composition and Mechanical Properties*, 10293, British Standard for EN, 2015.
14. Xu, Xiao-Lei, “*Fracture Failure of A Diesel Engine Piston*”, Eng. Fail. Anal., (42), 2014, p.263-273
15. Wu, Maomeng & Hao Yu, “*Research of 50Mn2V Continuous Casting Slab Transverse Cracking during Its Retarded Cooling Process*”, Eng. Fail. Anal., (30), 2013, p.61-73
16. Zhao, Huang Yu, dkk, “*Fatigue Life Analysis of Crawler Chain Link of Excavator*”, Engineering Failure Analysis, (79),2017, p.737-748.
17. C., Klinger & Bettge D, “*Axel Fracture Of An ICE3 High Speed Train*”, Eng. Fail. Anal., (35), 2013, p.66–81.
18. D., Brooksbank D & Andrews KW, “*Stress field around inclusions and their relation to mechanic properties*”, JISI (4) 1972, p.246–255

