

Pengaruh Kekuatan Bahan pada *Track Shoe Excavator* Menggunakan Pengujian *Abrasive Wear* dengan Metode *Ogoshi Universal High Speed Testing*

Sumar Hadi Suryo*, Bambang Yunianto

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: sumarhs.undip@gmail.com

Abstrak

Excavator adalah alat berat yang biasa digunakan dalam industri konstruksi, pertanian atau perhutanan. *excavator* memiliki fungsi utama untuk menggali dan memuat suatu material seperti tanah bebatuan dan lain - lain. *Excavator* memiliki 3 bagian, diantaranya ada attachment, base frame, dan undercarriage. Salah satu bagian *undercarriage excavator* yang paling sering mengalami perawatan adalah *track shoe*. *Track shoe* merupakan crawler atau roda terluar pada *excavator* yang berfungsi sebagai penggerak pada *excavator*. Bagian ini selalu berkontak langsung pada tanah sehingga dapat menyebabkan keausan. Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai perbandingan material *track shoe* sebelum di *heat treatment* dan setelah di quenching dengan media oli. Material yang digunakan adalah AISI 1526. Analisa yang dilakukan adalah uji mikorgrafi dimana untuk material non heat treatment terdapat fasa ferit dan pearlit, sedangkan untuk material yang di heat treatment berubah mejadi fasa martensit, uji kekerasan yang dilakukan pada matrial non heat treatment bernilai 41 HRC sedangkan untuk material heat treatment bernilai 45,3 HRC, uji keausan yang dilakukan pada material non heat treatment bernilai 1,28 mm³/day, lalu untuk material *heat treatment* bernilai 1,12 mm³/day dan uji korosi. Untuk material non heat treatment memiliki nilai laju keausan sebesar 0,51 mm/yr dan untuk material heat treatment 0,34 mm/yr. Pemeriksaan struktur mikro dari sampel dilakukan dengan mikroskop optik, uji kekerasan sampel dilakukan dengan menggunakan rockwel hardness tester, uji keausan dilakukan menggunakan metode *Ogoshi High Speed Universal Wear*, dan uji korosi menggunakan metode polarisasi potensiodinamik. Dari hasil analisa didapat nilai kekerasan berbanding terbalik dengan nilai keausan dan nilai korosi, semakin keras material nya, semakin kecil tingkat keausannya

Kata kunci: AISI 1526, *track shoe*, *excavator*, uji keausan, *Ogoshi High Speed Universal Wear*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi semakin pesat dari masa ke masa. Dan salah satu teknologi yang perkembangannya cukup pesat adalah teknologi industri alat berat. Hal ini dikarenakan penggunaan alat berat semakin menjadi vital dalam perkembangan dunia industri seperti pertambangan, *property*, *infrastructure* dan lain-lain. Alat berat sendiri terdapat beberapa jenis, tergantung dari fungsi, salah satunya adalah unit *excavator*. *Excavator* mengambil peran paling besar dalam industri alat berat dari semua sektor [1].

Excavator adalah alat berat yang biasa digunakan dalam industri konstruksi, pertanian atau perhutanan. *excavator* memiliki fungsi utama untuk menggali dan memuat material seperti tanah, bebatuan kedalam *truck* atau lokasi penumpukan. *Excavator* ada yang mempunyai roda dari ban biasa yang digunakan untuk jalanan padat dan rata disebut "*Wheel Excavators*" dan ada yang mempunyai roda dari rantai besi yang akan memudahkannya untuk berjalan di jalanan yang tidak padat atau mendaki. *excavator* beroda rantai besi ini disebut juga "*Crawler Excavators*", kebanyakan *excavator* bekerja diatas permukaan tanah lunak dan lain – lain sehingga berdasarkan pengalaman menimbulkan problem terhadap *track shoe*. Jika *track shoe* selalu bekerja pada kondisi tempat yang keras, maka kerusakan bagian bawah (*track shoe*) akan menjadi sangat cepat. Sehingga pada pemilihan *excavator*, faktor *track shoe* ini harus sangat diperhatikan dan dipertimbangkan [2]. *Track Shoe* merupakan bagian terluar dari *undercarriage* yang berfungsi sebagai "roda" dari *excavator*. Bagian *track shoe* dibagi menjadi 3 tipe yaitu *triple grouser section*, *double grouser section* dan *single grouser section*. *Track shoe* didesain sedemikian rupa untuk bisa menahan beban dari *excavator* serta menahan gaya dari tanah saat berjalan [3].

Track Shoe harus memiliki daya pakai yang baik terhadap material seperti tanah basah dan batu serta terhadap medan yang memiliki sifat abrasive yang diakibatkan sifat alami tanah saat *track shoe* berperan menggilas material. Deere menyebutkan bahwa 50% biaya perawatan terbesar pada *excavator* adalah pada bagian *undercarriage* [4]. Dan *Track shoe* merupakan salah satu bagian pada *undercarriage* yang perlu perhatian lebih dikarenakan bagian ini yang selalu berkontak dengan tanah.







Disini penulis meneliti tentang *track shoe excavator* atau "roda" *excavator*. Meneliti sifat logam yang mempunyai karakteristik yang berbeda-beda dan meneliti nilai keausan *track shoe* menggunakan metode *Ogoshi High*

Speed Universal Wear serta meneliti nilai laju korosivitas dengan menggunakan metode polarisasi potensiodinamik. Maka diperlukan suatu penanganan khusus agar setiap elemen-elemen logam tersebut dapat digunakan sesuai yang diinginkan.

1.1 Definisi *Track Shoe*

Track shoe adalah bagian dari *undercarriage* yang berfungsi disamping tempat persinggungan dengan tanah juga merupakan alas gerak *crawler excavator*. *Track shoe* adalah bagian yang berfungsi menopang dan meneruskan beban ke permukaan yang dilalui baik permukaan yang keras atau yang lunak, bersama - sama dengan sistem *steering* dan rem untuk menggerakkan *excavator* tersebut. *Track Shoe* dipasang pada *excavator* untuk keperluan operasi di daerah yang berbatu, sedangkan apabila dioperasikan di daerah yang berpasir tingkat keausannya cenderung lebih besar. Pada *track shoe*, dilengkapi dengan *rib* dengan tujuan untuk mengurangi gesekan kesamping dan dilengkapi dengan *bolt guard* bertujuan untuk mengurangi kerusakan pada kepala *bolt*. Berikut merupakan berbagai jenis *track shoe excavator* yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Macam-macam *track shoe excavator* [5]

Jenis <i>Track Shoe</i>	Keterangan	Gambar
<i>Single grouser shoe</i>	Merupakan tipe shoe yang dapat memberikan traksi besar. Dirancang untuk daerah operasi kasar berbatu-batu. Umumnya digunakan untuk <i>straight dozer</i> dan <i>angle dozer</i> .	
<i>Double grouser shoe</i>	Digunakan untuk <i>excavator</i> memberikan traksi besar dengan radius belokan yang pendek.	
<i>Triple grouser shoe</i>	Biasa digunakan pada <i>dozer shovel</i> ataupun <i>excavator</i> memberikan traksi yang rendah tetapi dengan maneuverability yang tinggi, dan efisien dioperasikan pada tanah lunak.	
<i>Flat shoe</i>	Digunakan pada pengoperasian di atas jalan aspal. Untuk memperkecil kerusakan jalan. Shoe ini tidak mempunyai traksi sehingga memungkinkan terjadi slip pada saat beroperasi.	
<i>Swamp shoe</i>	Shoe dengan segi tiga dan mempunyai bidang kontak dengan tanah yang lebih lebar. Digunakan pada daerah berlumpur.	
<i>Rubber shoe</i>	Hanya digunakan jika traktor (<i>bulldozer & dozer shovel</i>) berjalan di jalan raya sehingga tidak merusak permukaan jalan aspal	

Kebanyakan *excavator* bekerja diatas perkerasan, tanah lunak dan lain-lain sehingga berdasarkan pengalaman menimbulkan problem terhadap *track shoe*. Jika *track shoe* selalu bekerja pada kondisi tempat yang keras, maka kerusakan bagian bawah (*track shoe*) akan menjadi sangat cepat. Untuk penggunaan umum yang paling baik adalah tipe

"*triple grouser section*" (roda kelabang dengan tiga lapisan/ bagian) , karena terhadap traksi baik, juga memberikan kerusakan yang minimum terhadap permukaan tanah [6]. Pada penelitian ini *track shoe* yang digunakan adalah *track shoe* tipe *triple grouser shoe* untuk kapasitas 20 Ton

1.2 Wear (Keausan)

Maulana dkk., melakukan penelitian mengenai analisa kerusakan komponen *undercarriage excavator* hitachi EX200 [7]. Dari hasil penelitian tersebut dapat dilihat bahwa *track shoe* menjadi salah satu bagian dari *undercarriage* yang memiliki persentase yang cukup tinggi dalam hal rentan kerusakan. Oleh sebab itu *track shoe* harus dapat perhatian lebih, baik dalam hal pemilihan, pemasangan maupun perawatan [7].

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Keausan telah menjadi perhatian praktis sejak lama, tetapi hingga beberapa saat lamanya masih belum mendapatkan penjelasan ilmiah yang besar sebagaimana halnya pada mekanisme kerusakan akibat pembebanan tarik, dampak, puntir atau *fatigue*. Pembahasan mekanisme keausan pada material berhubungan erat dengan gesekan (*friction*) dan pelumasan (*lubrication*). Telaah mengenai ketiga subyek ini yang dikenal dengan nama ilmu Tribologi. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan). Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan mekanisme yang beragam.

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode *Ogoshi* dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji [8].

Material jenis apapun akan mengalami keausan *adhesive*, keausan *abrasive*, keausan erosi, dan keausan oksidasi. Dibawah ini diberikan penjelasan ringkas dari mekanisme-mekanisme tersebut [9]:

1) Keausan Adhesif (*Adhesive Wear*)

Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lainnya (*adhesive*) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan/pengoyakan salah satu material [9].

2) Keausan Abrasif (*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 [9].

3) Keausan Erosi (*Erosion Wear*)

Proses erosi disebabkan oleh gas dan cairan yang membawa partikel padatan yang membentur pada permukaan material. Jika sudut benturan kecil, keausan yang dihasilkan analog dengan *abrasive*. Namun, jika sudut benturannya membentuk sudut gaya normal 90° , maka keausan yang terjadi akan mengakibatkan *brittle failure* pada permukaannya [8].

4) Keausan Oksidasi/korosif (*Corrosive Wear*)

Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material induk. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan *interface* antara lapisan permukaan dan material induk dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan tercabut [9].

2. Metode Penelitian

Pada tahapan awal ini hal yang perlu dilakukan adalah mempersiapkan alat dan bahan. Persiapan yang perlukan antara lain seperti memotong material bahan baku *track shoe* yaitu AISI 1526 menjadi berbagai spesimen. Pada tahap selanjutnya adalah proses *heat treatment* hingga suhu 885°C kemudian dilakukan proses pendinginan cepat (*quenching*) menggunakan media oli. Spesimen hasil *heat treatment* tersebut diteliti apakah layak untuk ketahap selanjutnya. Jika material dinyatakan layak, maka akan dilakukan proses pengujian laboratorium yang berguna untuk mengetahui karakterisasi dari spesimen uji. Pengujian laboratorium ini meliputi; uji komposisi, uji kekerasan, uji struktur mikro, uji keausan dan uji korosi.

2.1 Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi bertujuan untuk mengetahui unsur – unsur pembentuk dari material yang akan diuji, lalu dengan diketahui jumlah persen karbon berguna untuk mengetahui suhu *austenite* saat dilakukan proses *heat treatment*, selain itu juga hasil uji komposisi digunakan untuk perhitungan laju korosi.

2.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan pada spesimen. Pada penelitian ini menggunakan metode kekerasan *Rockwell* dengan alat uji kekerasan *Rockwell Hardness Tester* dengan menggunakan

sekala C (HRC) dimana skala tersebut memiliki pembebanan 150 kgf dengan penetrator *diamond cone*. Pengujian dilakukan pada specimen uji hasil *heat treatment* dan *non heat treatment* dan diuji pada 3 titik berbeda.

2.3 Pengujian Mikro Struktur

Pengujian mikrostruktur ini bertujuan untuk mengetahui butir hasil *heat treatment* pada *track shoe*. Pengujian ini menggunakan mikroskop merek Olympus BX41M dengan perbesaran 200x. Spesimen untuk pengujian struktur mikro terlebih dahulu dilakukan proses pemolesan dengan amplas dan autosol kemudian dilakukan pengetsaan dengan larutan 2,5 ml HNO₃, 1ml HF, 1,5ml HCL, dan 95 ml Aquades.

2.4 Pengujian Keausan

Proses ini dilakukan dengan menggunakan alat *Ogoshi Universal High Speed Testing Machine*, dimana benda uji itu digesek dengan diberikan pembebanan dari cincin yang berputar dengan lama pengausan selama 1 menit. Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antara permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan sampel. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material.

Perhitungan laju keausan menggunakan rumus Hukum Archad (1953), namun sebelumnya harus mengetahui nilai spesifik abrasif dengan rumus sbb:

$$WS = \frac{B.bo^3}{8.r.Po.lo} \quad (1)$$

dimana *WS* nilai keausan spesifik (mm^2/kg), *B* adalah tebal disc (mm), *Bo* luas area material yang terabrasi (mm), *r* jari – jari disc (mm), *Po* adalah nilai pembebanan (kg), *Lo* adalah *abrasion distance* (m) [8].

Dan perhitungan laju keausan dengan hukum Archard:

$$V = K_D \times F \times s \quad (2)$$

dimana *V* merupakan volume material yang hilang akibat keausan, *K_D* merupakan koefisien keausan atau *specific abrasion*, *F* merupakan gaya reaksi pada komponen atau bahan, dan *s* adalah jarak saat komponen bergesekan (*sliding distance*) [9].

2.5 Pengujian Korosi

Proses pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat Versastat 4 dengan 3 katoda metode polarisasi potensiodinamik. Spesimen diletakkan dalam holder dan dicelupkan dalam NaCl di tabung reaksi. Hasil dari pengujian ini adalah grafik tafel yang selanjutnya diolah untuk menentukan arus korosi dan laju korosi. Laju korosi dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r = 0,129 \frac{i_{corr}(EW)}{D} \quad (3)$$

Jika dilihat pada tabel perbandingan mpy dengan satuan matriks lainnya terhadap laju korosi pada buku “*Principles and Prevention of Corrosion*” karangan D.A.Jones pada tahun 1992, maka dapat kita tentukan sifat laju korosi material tersebut seperti terlihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Perbandingan MPY dengan satuan matriks lainnya terhadap laju korosi [10].

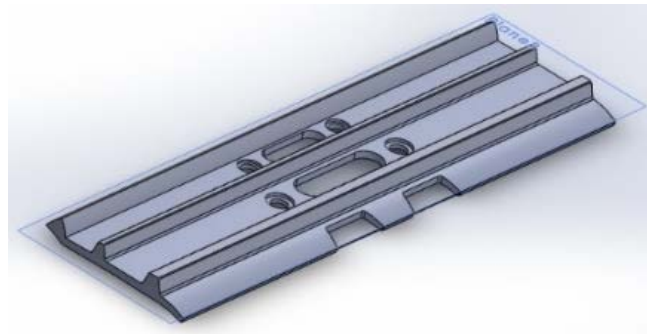
Relative Corrosion Resistance	mpy	mm/yr	µm/yr	nm/h	pm/s
Outstanding	< 1	< 0.02	< 25	< 2	< 1
Excellent	1 – 5	0.02 – 0.1	25 – 100	2 – 10	1 – 5
Good	5 – 20	0.1 – 0.5	100 – 500	10 – 50	20 – 50
Fair	20 – 50	0.5 – 1	500 – 1000	50 – 150	20 – 50
Poor	50 – 200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500	50 – 200
Unacceptable	200+	5+	5000+	500+	200+

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pemodelan *Track Dhoe*

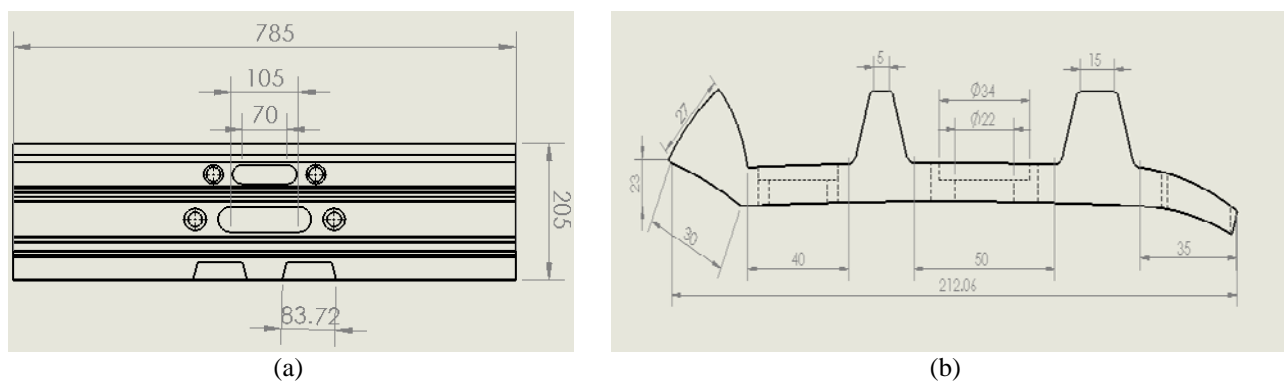
Pemodelan dibuat dengan skala 1:1 dengan ukuran sebenarnya. Data dimensi seperti panjang, lebar dan tinggi dihasilkan dengan mengacu pada ukuran dimensi *track shoe* yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan serta katalog komatsu. Data yang diperoleh cukup untuk memenuhi parameter-parameter yang akan menjadi ukuran *track shoe* dengan menggunakan material baja AISI 1526.

Berdasarkan spesifikasi yang didapatkan, maka dapat dibuat pemodelan *track shoe* dengan menggunakan *software CAD*. *Software CAD* yang digunakan untuk memodelkan adalah *Solid Works 2016*, lihat Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan 3-dimensi *track shoe*.

Berikut juga ditampilkan dimensi *track shoe* dari sisi atas dan samping spesifikasi seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Ukuran dimensi *track shoe* (a) tampak atas (b)tampak samping.

Material di atas menggunakan standar AISI 1526 dimana menggunakan baja paduan dan di desain menggunakan *software SolidWorks 2016*.

3.2 Hasil Uji Komposisi Kimia

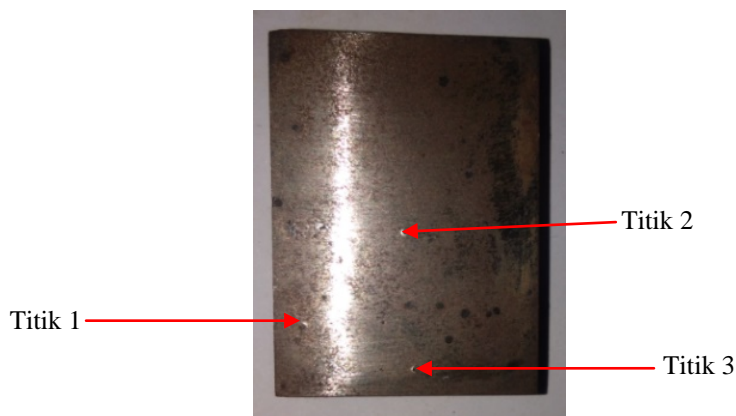
Dari hasil uji komposisi kimia bahwa material *bucket teeth* setelah proses *treatment* termasuk baja karbon sedang (*medium carbon steel*) dengan kandungan karbon sekitar 0.26%.

Tabel 3. Hasil Uji Komposisi kimia

No	Unsur	Prosentase kandungan (%)	No	Unsur	Prosentase kandungan (%)
1.	C	0.2665	13.	Al	0.0011
2.	Si	0.2667	14.	Nb	0.003
3.	S	0.0115	15.	V	0.0037
4.	P	0.0164	16.	Co	0.0000
5.	Mn	1.2427	17.	Pb	0.0012
6.	Ni	0.0280	18.	Ca	0.000
7.	Cr	0.3853	19.	Zn	97.5969
8.	Mo	0.0010	20.	Fe	0.0024
9.	Cu	0.0639	21.	O	0.0150
10.	W	0.0020	22.	N	0.0039
11.	Ti	0.0463	23.	Sb	0.0011
12.	Sn	0.0006			

3.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan *Rockwell hardness tester* dengan menggunakan skala C (HRC). Dengan pembebanan 150 Kgf dan menggunakan *diamond cone*. Pengujian dilakukan pada bagian permukaan spesimen. Masing-masing spesimen mengalami 3 (tiga) kali pengujian seperti diperlihatkan pada Gambar 3.

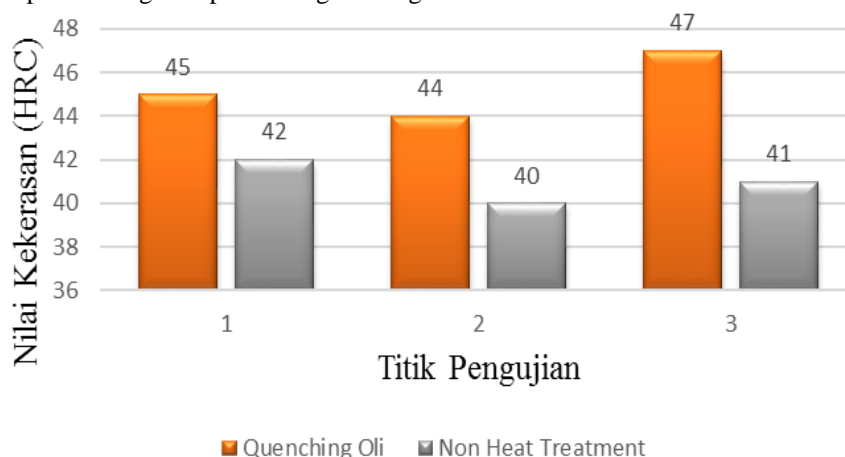


Gambar 3. Spesimen uji kekerasan.

Tabel 3. Nilai kekerasan tanpa *heat treatment* (kiri) dan yang sudah di *treatment* (kanan) (Skala HRC).

Titik	Spesimen (HRC) <i>Non treatment</i>	Spesimen (HRC) <i>Quenching</i> media air
1	42	45
2	40	44
3	41	47
Rata-rata	41	45.3

Dari Tabel 3 dapat dibuat grafik perbandingan sebagai berikut:

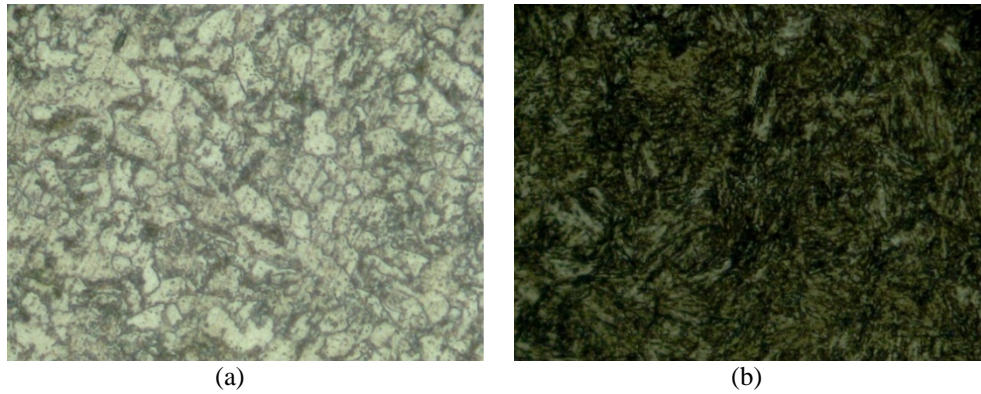


Gambar 4. Grafik nilai kekerasan.

Dari grafik tersebut terlihat bahwa spesimen hasil *heat treatment* dengan *quenching* media oli memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan panas (*heat treatment*). Nilai kekerasan ini hanya terjadi di permukaan spesimen tersebut karena hanya dipanaskan pada bagian permukaannya. Nilai kekerasan yang paling tinggi berada pada titik 3, dimana titik 3 adalah titik depan spesimen yang diuji dengan nilai kekerasan 47 HRC, selanjutnya titik 1 dan titik 2 dimana titik tersebut berada disamping kiri dan tengah, dengan nilai kekerasan pada titik 1 sebesar 45 HRC dan pada titik 2 sebesar 44 HRC. Dengan demikian nilai kekerasan paling tinggi berada pada titik 3 dengan nilai kekerasan 47 HRC, adanya perbedaan nilai dari setiap – setiap titik dikarenakan pengaruh saat dilakukan *heat treatment*, karena *heat treatment* yang dilakukan dipermukaan material uji, sehingga pemanasan yang terjadi tidak merata.

3.4 Hasil Pengujian Mikrografi

Pengujian struktur mikro dilakukan pada spesimen yang tanpa di *treatment* dengan yang melalui proses *heat treatment* dan menggunakan media *quenching* air. Dari Gambar 5(a) terlihat struktur mikro material sebelum di *treatment* adalah *ferit* dan *pearlite* sedangkan digambar 5(b) terlihat struktur mikro pada material hasil *quenching* oli sudah terbentuk fasa *martensit*, dikarenakan proses pendinginan yang cepat dengan temperatur pemanasan yang lebih tinggi akan memiliki fasa *martensit*, saat dipanaskan butir – butir fasa *pearlit* dan *ferit* tumbuh membesar.



Gambar 5. Hasil uji mikro spesimen (a) *non treatment* (b) *quenching oli*.

3.5 Hasil Pengujian Keausan

Pengujian keausan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai keausan spesifik yang dinyatakan dengan satuan mm^2/kg . Pada penelitian ini pengujian menggunakan metode *Ogoshi Universal High Speed Testing* dimana benda uji digesek dengan beban sebesar 19.08 kg dari cincin yang berputar dengan lama pengausan 1 menit. Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antara permukaan yang berulang-ulang dan pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan spesimen. Besarnya jejak permukaan dari spesimen yang tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material [11].

Berikut adalah data hasil dari pengujian keausan dengan menggunakan metode *Ogoshi Universal High Speed Testing*.



Gambar 6. Spesimen uji keausan.

Tabel 4. Nilai uji area keausan tanpa *heat treatment* (kiri) dan yang sudah di *treatment* (kanan)

Titik	<i>heat treatment</i> (kiri)							<i>treatment</i> (kanan)						
	Jumlah goresan					Luas area rata - rata	bo (mm)	Jumlah goresan					Luas area rata - rata	bo (mm)
1	20	27	38	21	25	26,2	0,68947	25	19	27	22	28	24,2	0,63684
2	19	30	30	20	28	25,4	0,66842	28	22	25	20	31	25,2	0,66315
3	18	37	30	28	27	28	0,73684	28	24	31	22	29	26,8	0,70526

Sampel perhitungan untuk mengetahui nilai *bo* (mm) pada titik 2 *non heat treatment*, dimana setiap pembesaran 100x = 38 strip = 1 mm (*Ogoshi High Speed Instruction Manual*).

$$bo = \frac{\sum \text{luas area}}{38 \text{ strip}}$$

$$bo = \frac{25,4}{38}$$

$$bo = 0,66842 \text{ mm}$$

Setelah mendapatkan nilai *bo*, maka nilai tersebut sudah siap untuk dimasukkan kedalam rumus untuk mendapatkan nilai keausan spesifiknya, yang mana rumusnya sebagai berikut (*Ogoshi High Speed Instruction Manual*):

$$Ws = \frac{B \cdot bo^3}{8 \cdot r \cdot Po \cdot Lo}$$

dimana: W_s = Nilai spesifik keausan (mm^2/kg)
 B = Tebal piringan pengaus (mm)
 bo = Lebar keausan spesimen (mm)
 Po = Pembebanan saat uji keausan (kg)
 Lo = Jarak tempuh saat proses pengausan (m)

Sampel perhitungan salah satu titik (titik 2) yang mana telah diketahui:

B = 3 mm
 r = 15 mm
 Po = 6,36 kg
 Lo = 200 m = 200000 mm

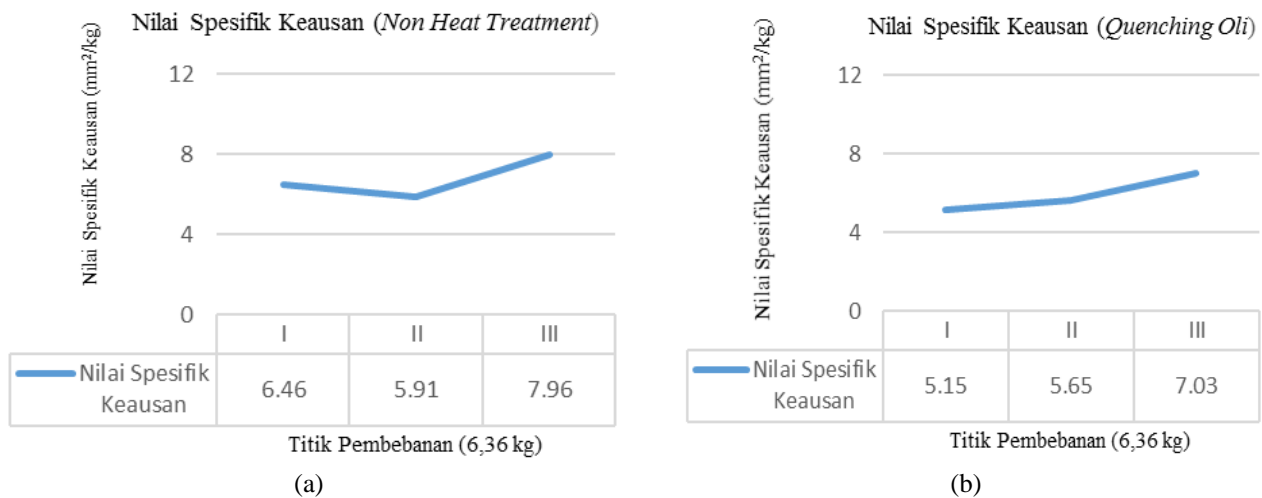
$$W_s = \frac{3 \text{ mm} \times (0.67)^3}{8 \times 15 \text{ mm} \times 6,36 \text{ kg} \times 200000 \text{ mm}}$$

$$W_s = 5,91 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$$

Tabel 5. Nilai uji keausan tanpa *heat treatment* (kiri) dan yang sudah di *treatment* (kanan)

Titik	<i>heat treatment</i> (kiri)			<i>treatment</i> (kanan)		
	bo (mm)	bo^3 (mm)	W_s (mm^2/kg)	bo (mm)	bo^3 (mm)	W_s (mm^2/kg)
1	0.69	0.328509	$6,46 \times 10^{-9}$	0.64	0.262144	$5,15 \times 10^{-9}$
2	0.67	0.300763	$5,91 \times 10^{-9}$	0.66	0,287496	$5,65 \times 10^{-9}$
3	0.74	0.405224	$7,96 \times 10^{-9}$	0.71	0,35791	$7,03 \times 10^{-9}$

Sebagai penjelasan lebih lanjut data yang dihasilkan ditampilkan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Grafik nilai spesifik abrasif (a) *non treatment* (b) *quenching oli*.

Untuk mengetahui prediksi laju keausan yang terjadi pada *track shoe excavator* dapat menggunakan hukum *Archard* dimana:

$$V = K_D \times F \times s$$

dimana: V = Volume material yang hilang akibat keausan
 K_D = Koefisien keausan atau *specific abrasion*
 F = Gaya reaksi pada komponen atau bahan
 s = Jarak saat komponen bergesekan (*sliding distance*)

Sehingga untuk perhitungan *specific abrasion* yang sudah diketahui maka diambil nilai terendah dari masing – masing spesimen, untuk *non heat treatment* adalah $5,91 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}$ dan untuk *quenching oli* $5,15 \times 10^{-9}$.

Perhitungan:

$$K_D = \text{Non Heat Treatment } (5,91 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg}) ; \text{Quenching Oli } (5,15 \times 10^{-9})$$

$$F = 17.300 \text{ kg (Traction Force) Sumber : Catalogue Hitachi}$$

$$s = 12.546 \frac{\text{m}}{\text{day}} = 12.546.000 \frac{\text{mm}}{\text{day}}$$

Untuk *Non Heat Treatment*

$$V = 5,91 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg} \times 17.300 \text{ kg} \times 12.546.000 \frac{\text{mm}}{\text{day}}$$

$$V = 1,28 \frac{\text{mm}^3}{\text{day}}$$

Untuk *Quenching Oli*

$$V = 5,15 \times 10^{-9} \text{ mm}^2/\text{kg} \times 17.300 \text{ kg} \times 12.546.000 \frac{\text{mm}}{\text{day}}$$

$$V = 1,12 \frac{\text{mm}^3}{\text{day}}$$

3.6 Hasil Pengujian Korosi

Pengujian korosi ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai laju korosi yang dinyatakan dengan satuan mpy (mils per year). Pada penelitian ini pengujian menggunakan metode Polarisation Potentiodynamic dimana benda uji dimasukkan kedalam holder dan dicelupkan kedalam larutan elektrolit yang ada pada tabung labu reaksi, larutan elektrolit yang dipakai adalah NaCl dengan kandungan 2.98% sesuai dengan data kandungan larutan NaCl pada pelabuhan Tanjung Mas Semarang [12].

Berikut adalah data hasil dari pengujian laju korosi dengan menggunakan metode Polarisation Potentiodynamic pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai *Icorrosion* untuk material *Non Heat Treatment* dan *Quenching Air*

<i>Icorrosion</i>	
<i>Non Heat Treatment</i>	<i>Quenching Air</i>
48,232 μA	32,163 μA

Perhitungan laju korosi untuk paduan, terlebih dahulu hitung berat equivalent (*Equivalent Weight = EW*) menggunakan persamaan:

$$EW = N_{EQ}^{-1}$$

$$N_{EQ}^{-1} = \sum \left[\frac{\omega_i}{a_i/n_i} \right] = \sum \left[\frac{\omega_i n_i}{a_i} \right]$$

Keterangan:

- EW = berat jenis equivalent
- N_{EQ} = nilai equivalen total
- ω_i = fraksi berat atom i
- a_i = nomor massa atom i
- n_i = electron valensi atom i

Sehingga untuk mencari fraksi berat atom dapat dilihat pada Tabel 3 yang merupakan hasil dari uji komposisi AISI 1526, lalu untuk mencari nomor massa atom dapat dilihat melalui tabel periodik dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai massa atom

Fe = 55,845	S = 32,065	Al = 26,982	C = 12,011	Ni = 58,693
Nb = 92,906	Si = 28,086	Cr = 51,996	V = 50,942	Mn = 59,938
Mo = 95,94	W = 183,84	P = 30,974	Cu = 63,546	Ti = 47,867
N = 14,007	B = 10,811	So = 121,76	Ca = 40,078	Mg = 24,305
Zn = 65,38	Co = 58,933	Pb = 207,2		

Sehingga nilai elektron valensi untuk semua unsur dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai elektron valensi

C = 4	Si = 4	Pb = 4	Al = 3	S = 6
P = 5	N = 5	B = 3	Sb = 5	Ca = 2
Mg = 2	Fe = 2	Ni = 2	Nb = 2	Cr = 1
V = 2	Mn = 2	Mo = 2	W = 2	Cu = 1
Ti = 2	Zn = 2	Co = 2		

Setelah mendapatkan nilai fraksi berat atom, massa atom dan electron valensi, selanjutnya mencari nilai *EQ* (*Equivalent total*), sampel perhiungan menggunakan unsur Fe.

$$N_{EQ}^{-1} = \sum \left[\frac{\omega_i}{a_i/n_i} \right] = \sum \left[\frac{\omega_i n_i}{a_i} \right]$$

$$Fe = \left(\frac{0,975969 \times 2}{55,845} \right) = 0,0349527$$

Tabel 9. Nilai *EQ* (*Equivalent total*)

C = 0,0008875	Si = 0,0003812	Pb = 0	Al = 0,0000375	S = 0,0000215
P = 0,0000265	N = 0,0000535	B = 0,0000067	Sb = 0,0000016	Ca = 0,0000006
Mg = 0,000006	Fe = 0,0349527	Ni = 0,0000095	Nb = 0,00000023	Cr = 0,0000741
V = 0,0000012	Mn = 0,0004524	Mo = 0,0000044	W = 0,00000022	Cu = 0,00001
Ti = 0,0000193	Zn = 0,0000002	Co = 0,0000013		

$$\sum EQ = 0,04036961$$

$$\begin{aligned} EW &= N_{EQ}^{-1} \\ &= 0,09036961^{-1} \\ &= 24,771 \end{aligned}$$

Maka untuk mencari nilai laju korosi persamaan menjadi:

$$I_{corr} (\text{Non Heat Treatment}) = 48,232 \mu A$$

$$I_{corr} (\text{Quenching Oli}) = 32,163 \mu A$$

$$r = 0,129 \frac{i_{corr}(EW)}{D}$$

- *Non Heat Treatment* = $0,129 \times \frac{48,232 \times (24,771)}{7,7} = 20,02 \text{ mpy}$
- *Quenching Oli* = $0,129 \times \frac{32,163 \times (24,771)}{7,7} = 13,34 \text{ mpy}$

Konversi *mils per year* ke satuan matriks

$$1 \text{ mpy} = 0,0254 \frac{\text{mm}}{\text{yr}} = 25,4 \frac{\mu\text{m}}{\text{yr}} = 2,899 \frac{\text{nm}}{\text{hr}} = 0,805 \frac{\text{pm}}{\text{sec}}$$

Sehingga untuk:

- *Non Heat Treatment* yang memiliki nilai 20,02 mpy = $0,51 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$
- *Quenching* air yang memiliki nilai 13,34 mpy = $0,34 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$

Jika dilihat maka dapat kita tentukan sifat material tersebut terhadap laju korosinya. Untuk AISI 1526 *non treatment* memiliki nilai laju korosi sebesar $0,51 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$ dimana dalam tabel tersebut terletak dalam klasifikasi *Fair* yaitu diantara $0,5 - 1 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$. Sedangkan untuk AISI 1526 hasil *quenching* dengan media oli memiliki nilai laju korosi sebesar $0,34 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$ dimana dalam tabel tersebut terletak dalam klasifikasi *Good* yaitu diantara $0,1 - 0,5 \frac{\text{mm}}{\text{yr}}$. Dapat disimpulkan bahwa material AISI 1526 setelah di *quenching* dengan media oli memiliki ketahanan terhadap korosi yang lebih baik daripada material AISI 1526 *non treatment*.

4. Kesimpulan

Untuk hasil uji kekerasan nilai yang didapatkan untuk material *non heat treatment* adalah 41 HRC, sedangkan material yang di *heat treatment* dengan *quenching* oli bernilai 45,3 HRC sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan proses *heat treatment* menggunakan *quenching* media oli dapat meningkatkan nilai kekerasan. Hasil uji mikro untuk material tanpa proses *heat treatment* didapatkan fasa *Ferit* dan *Pearlit* sedangkan material dengan *quenching* oli didapatkan fasa *martensit* yang dimana berarti material yang di *heat treatment* dengan *quenching* oli lebih keras dibandingkan material tanpa *heat treatment*. Dari hasil pengujian keausan, maka didapatkan nilai laju keausan untuk material *non heat treatment* adalah 1,28 mm³/day dan untuk material yang di *heat treatment* dengan *quenching* oli bernilai 1,12 mm³/day, dimana hasil dengan *quenching* oli lebih kecil dibandingkan hasil *non heat treatment*, yang menunjukkan spesimen dengan *quenching* oli lebih tahan terhadap keausan. Untuk hasil pengujian korosi didapatkan nilai laju keausannya untuk material *non heat treatment* adalah 0,51 mm/yr dan untuk material yang tidak di *heat treatment* bernilai 0,34 mm/yr, sehingga hasil laju korosi untuk material *non heat treatment* dikatakan *Fair* (Cukup), dan untuk material dengan *quenching* oli dikatakan *Good* (baik)

Referensi

1. Kementrian Pekerjaan Umum. 2012, Kajian Rantai Pasok Alat Berat Kontruksi Dalam Mendukung Investasi Infrastruktur. Ringkasan Eksekutif. Jakarta.
2. Prasetya, L., Krisnaputra, R., 2014, Perancangan Special Tool Untuk Overhaul Undercarriage Backhoe Excavator Hitachi Ex 3600-6 (Doctoral Dissertation, Universitas Gadjah Mada).
3. United Tractors School, 2008, Product Knowledge Basic Course I, Jakarta Timur: Yayasan Karya Bakti United Tractors.
4. Deere, J., 2007, Undercarriage Wear And Care Guide. Usa: John Deere.
5. Komatsu, 2009, Specification And Application Handbook. Edition 30. Japan: Komatsu
6. Rochmanhadi, I. And Sc, M., 1992. Alat-Alat Berat Dan Penggunaannya. Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
7. Maulana, I., Ibrahim, A., Darmein, D., 2017. Analisa Kerusakan Komponen Undercarriage Excavator Hitachi Ex200 Pada Pt. Takabeya Perkasa Group Dengan Metode Fmea. Jurnal Mesin Sains Terapan, 1(1).
8. Almusallam, Abdullah A. Effect of degree of corrosion on the properties of reinforcing steel bars. Construction and Building Materials, 2001, 15.8: 361-368.
9. Dasgubta, R., Prasad, B.K., Jha, A.K., Modi, O.P., Das, S., Yegneswaran, A.H., Low stress abrasive wear behavior of a hardfaced steel, Journal of Materials Engineering and Performance, 1998, Volume 7, Issue 2, pp.221-226.
10. Sunarya, Y., 2008. Mekanisme Dan Efisiensi Inhibisi Sistein Pada Korosi Baja Karbon Dalam Larutan Elektrolit Jenuh Karbon Dioksida.
11. Sarkar, A.D., 1980, Friction And Wear. Academic Press, London.
12. Sulardjaka, S., Saefi, S., 2015. Karakteristik Laju Keausan Kompositalsitib/Sic Dan Alsimgtib/Sic.
13. Jones, D.A., 1992, Principles And Prevention Of Corrosion. Macmillan.
14. Ispandriatno, A.S., Krisnaputra, R. 2015. Ketahanan Korosi Baja Ringan Di Lingkungan Air Laut. Jurnal Material Dan Teknologi Proses, 1(1).