

ANALISIS SIFAT MEKANIS *TRACK SHOE* PADA UNIT *EXCAVATOR CAT 390D* DI PT VALE

Dedi Senolinggi⁽¹⁾, Muhammad Balfas⁽²⁾, Akhiruddin Pasdah⁽²⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia

²⁾Dosen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui presentase keausan, kekuatan dampak dan nilai kekerasan pada *Track Shoe Excavator CAT 390D*. *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. Penelitian dititik beratkan pada *track shoe* excavator CAT 390D yang dilaksanakan pada PT.Vale dan Laboratorium Material Teknik Universitas Muslim Indonesia. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh presentase keausan yang terjadi pada *grouser track shoe Caterpillar 390 D* pada bulan Januari 2021 *operating hours* SMU 13651 jam dengan presentase pengurangan *grouser* pada sisi kiri sebesar 7,7 % dan kanan 6,9 % sampai bulan April 2022 *operating hours* SMU 23336 jam presentase pengurangan *grouser* pada sisi kiri sebesar 43,6 % dan kanan 45,1%. Kekuatan dampak yang dihasilkan pada *track shoe Caterpillar 390 D* diperoleh pada daerah atas menghasilkan kekuatan dampak sebesar 9982,23 J/cm², bagian tengah menghasilkan kekuatan dampak sebesar 7037,98 J/cm² sedangkan bagian bawah menghasilkan kekuatan dampak sebesar 2951,29 J/cm². Nilai kekerasan rata-rata yang dihasilkan pada *track shoe Caterpillar 390 D* diperoleh D pada bagian bawah sebesar 57,7 N/mm², bagian tengah menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 63,6 N/mm² sedangkan pada bagian atas menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 66,9 N/mm².

Kata Kunci: *Track Shoe*, *Wear*/Keausan, kekuatan Dampak, Kekerasan

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi semakin pesat dari masa ke masa. 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. *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 (Prasetya.L, 2014). *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 (*United Tractor*, 2008).

Undercarriage adalah bagian *excavator* yang terletak pada bagian bawah yang langsung bersentuhan dengan permukaan tanah yang mengakibatkan keausan karena gesekan dari *undercarriage* dengan tanah. Keausan yang terjadi pada komponen mengakibatkan kinerja dan performa menjadi menurun, sehingga perlu dilakukan pemantauan secara berkala pada setiap komponen. Menurut (Akbar & Anhar, 2018), tindakan melakukan *monitoring* dan pengukuran tingkat keausan komponen *undercarriage*, menjadi suatu hal yang sangat penting untuk memprediksi sampai berapa lama komponen tersebut masih bisa dipakai. Komponen utama *undercarriage* yaitu *track shoe*, *track roller*, *carrier roller*, *idler*, dan *sprocket*.

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* (Deere. J, 2007). *Track shoe* merupakan salah satu bagian pada *undercarriage* yang perlu perhatian lebih dikarenakan bagian ini merupakan bagian utama yang bersentuhan dengan jalan atau *ground* dengan tanah/batu yang keras, Itu artinya aktualisasi dan perubahan pergerakan unit, perubahan tingkat kecepatan oleh transmisi, dan segala aspek perubahan pada mesin baru akan memiliki efek apabila *undercarriage* bekerja khususnya pada *track shoe*.

Semakin bertambah umur komponen pada *undercarriage*, maka komponen tersebut mengalami penurunan performansi. Kerusakan yang sering terjadi pada *track shoe* akibat dari faktor luar seperti sering unit beroperasi di daerah yang memiliki struktur tanah batuan keras menyebabkan keausan pada *track shoe*.

Jika Keausan *track shoe* sudah parah, sehingga fungsi *shoe* untuk mengurangi beban unit kepermukaan tanah langsung diterima oleh mata link, *Shoe bolts* ada yang hilang, sehingga terjadi tumbukan terus menerus pada mata link dan *shoe* saat unit beroperasi dan Kegagalan bertemunya *teeth sprocket* dengan *bushing link* karena terjadinya perpanjangan *link pitch*. Hal ini bisa menyebabkan hentakan keras yang diteruskan ke *track link*. Kerusakan atau keausan komponen adalah hal yang besar karena jika komponen mengalami keausan atau kerusakan yang parah akan berpengaruh pada asset fisik unit, dan tidak kalah pentingnya adalah bisa juga menjadi penyebab terhambatnya suatu pekerjaan. setiap industri memiliki strategi untuk mengatasi kerusakan yaitu, maintenance atau perawatan unit, jenis perawatan yang biasa dilakukan antara lain: *preventive maintenance, reactive maintenance, predictive testing and inspection, dan proactive maintenance*

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan Sumardi Hadi Suryo dkk (2018) *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 meiliki 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 potensio dinamik. Dari hasil analisa didapat nilai kekerasan berbanding terbalik dengan nilai keausan dan nilai korosi, semakin keras material nya, semakin kecil tingkat keausannya

Martinus Tegar Praditya (2021) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui persentase keausan dan usia pakai *undercarriage* pada komponen *track shoe, track roller* dan *carrier roller excavator PC200-2 Komatsu*. Pada penelitian ini analisa yang digunakan untuk menggambarkan persentase keausan dan usia pakai komponen *undercarriage* pada komponen *track shoe, track roller* dan *carrier roller* dengan diagram *fishbone*. Hasil perhitungan persentase keausan dan usia pakai komponen *undercarriage*, didapat hasil persentase keausan komponen *track shoe* pada 240 jam yaitu 22,0%, *track roller* 15,8%, dan *carrier roller* 13,0%. Untuk persentase keausan pada 480 jam komponen *track shoe* yaitu 46,0%, *track roller* 35,0%, dan *carrier roller* 31,0%. Sedangkan persentase keausan untuk 720 jam komponen *track shoe* yaitu 77,0%, *track roller* 63,3%, dan *carrier roller* 57,0%.

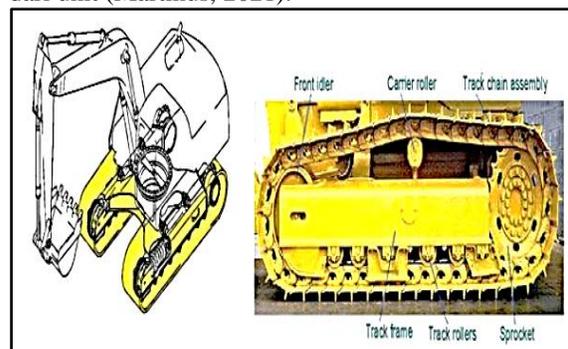
Sisa usia pakai dari komponen *track shoe* adalah 215 jam, *track roller* adalah 265 jam dan *carrier roller* adalah 389 jam.

Aries dkk, (2022) melakukan penelitian pada *buldozerr* yang bertujuan untuk mengetahui tingkat keausan *undercarriage segmen sprocket bulldozer Komatsu D85bESS-2*. Analisis data dilakukan di PT. Wirataco Mitra Mulia. Periode penelitian dimulai dari Desember 2021 hingga Januari 2022. Keausan ini sering terjadi ketika *bushing* bersentuhan dengan sproket segmen gigi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penggunaan *bulldozer* selama 160 jam memiliki tingkat keausan sebesar 11,3%, untuk 320 jam memiliki tingkat keausan sebesar 19,56%, dan untuk penggunaan selama 480 jam memiliki tingkat keausan sebesar 31,3%. Sedangkan penggunaan segmen sproket adalah 1.533 jam.

Penelitian yang dilakukan Angkila Krishna Ellbana (2020), yaitu permasalahan yang terdapat pada sistem *undercarriage* yang meliputi keausan pada komponen *grouser* dan *track link (pitch dan bushing)*. Maka dari itu diperlukan perawatan yang lebih terjadwal. Metode yang digunakan untuk menganalisa keausan pada komponen *grouser, track link (pitch dan bushing)* adalah menggunakan metode FMEA. Hasil dari penelitian ini berupa prosentase tingkat keausan, dan prediksi usia pakai komponen *undercarriage*. Didapat tingkat keausan *grouser* sebesar 68% dengan sisa usia pakai 1408 jam, *link pitch* 59 % dengan sisa usia pakai 1066 jam, dan *bushing* 53,5% dengan sisa usia pakai 863 jam. Dari metode FMEA juga didapat upaya pencegahan berupa perawatan berkala yang terjadwal dan dilakukan setiap 500, 1000, hingga 2000 jam. Melalui perawatan tersebut maka nilai RPN akan turun dan harapannya komponen akan jadi lebih awet.

A. Undercarriage

Undercarriage assembly (kerangka bawah) adalah sekumpulan komponen yang digunakan untuk menopang beban unit yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Salah satu fungsinya adalah untuk menyalurkan daya torsi mesin dan menghasilkan gaya cengkram untuk menggerakkan unit untuk maju ataupun mundur. Disamping itu juga mampu untuk menjaga kesetabilan dari unit (Martinus, 2021).

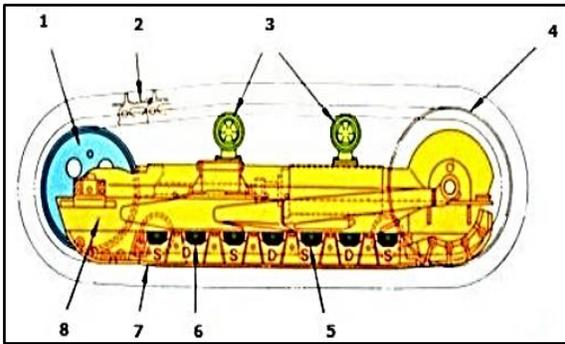


Gambar 1. *Undercarriage excavator*

Undercarriage dapat diklasifikasikan kedalam dua tipe, yaitu: tipe rigid dan tipe semi rigid yaitu :

1) *Undercarriage Tipe Rigid*

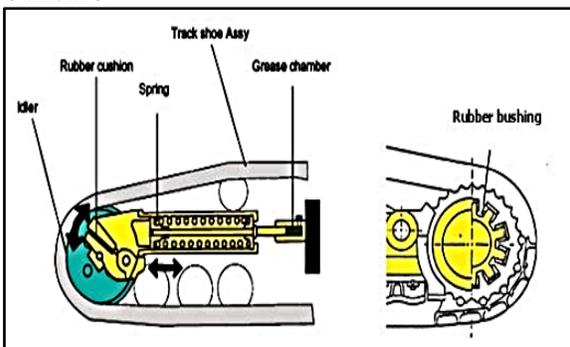
Pada *undercarriage tipe rigid, front idler* tidak dilengkapi dengan *rubber pad*. *Final drive* juga tidak dilengkapi dengan *rubber bushing* dan *equalizing beam* hanya menempel pada *main frame*. Secara detail *undercarriage tipe rigid* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Track frame tipe rigid

2) *Undercarriage Tipe Semi Rigid*

Tipe kerangka pada track framenya dilengkapi dengan rubber pad dan pada sprocket dilengkapi dengan rubber bushing. Undercarriage tipe ini equalizing beam nya diikat dengan pin pada frame. Undercarriage tipe semi rigid dapat dilihat pada Gambar 3.

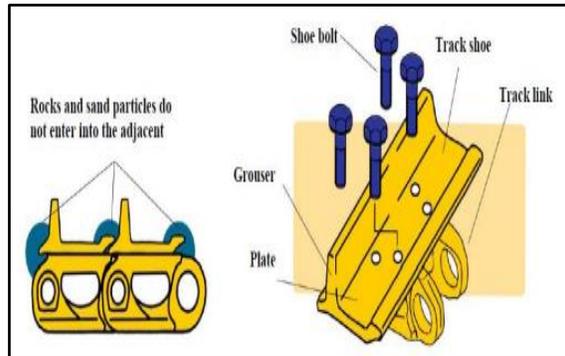


Gambar 3. Track frame tipe semi rigid

B. 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 didaerah yang berbatu, sedangkan apabila dioperasikan didaerah 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.

Track Shoe adalah bagian U/C yang berfungsi disamping tempat persinggungan dengan tanah juga merupakan alas gerak Crawler Tractor. Track Shoe merupakan pembagi berat unit ke permukaan tanah dapat dilihat pada Gambar 4. Structure of track shoe adalah track shoe terikat fixed pada track link melalui shoe bolt dan nut, umumnya satu track shoe diikat oleh 4 bolt dan 4 nut. Track shoe terdiri dari plat yang menopang berat unit dan grouser yang menyalurkan traksi ke permukaan tanah. Selama beroperasi track shoe mengalami tekanan yang bervariasi yang menimbulkan bending force serta friction force dimana akan mengakibatkan keausan dan kerusakan. Oleh karena itu track shoe di desain tidak hanya untuk mengatasi beban berat, namun juga tahan terhadap keausan. Ditambah lagi desain dibuat untuk mencegah batu dan pasir terperangkap di sela-sela shoe



Gambar 4. Struktur track shoe

C. Wear (keausan)

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.

1) Perhitungan Presentase Keausan Undercarriage

Untuk menentukan berapa (%) keausan dari komponen undercarriage maka dapat menggunakan (Syaeiful Akbar, Randis Baharrudin. 2019)

$$W_r = \frac{S_v - M_w}{S_v - W_l} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

Wr = (Wear rate) laju persentase keausan (%)

Sv = (Standard value) standar minimum keausan (mm)

Mw = (Measured wear rate) hasil pengukuran keausan (mm)

Wl = (Wear limit) standar maksimal keausan (mm)

2) Memprediksi Usia Pakai Komponen Undercarriage

Untuk memprediksi usia pakai komponen undercarriage sangat penting, agar efisiensi biaya maintenance dan efisiensi produksi dapat tercapai.

$$W_r = a \times X^k \dots \dots \dots (2)$$

Dengan :

Wr = (Wear rate) laju usia pakai (jam)

a = Constanta

X = Operating hours (jam)

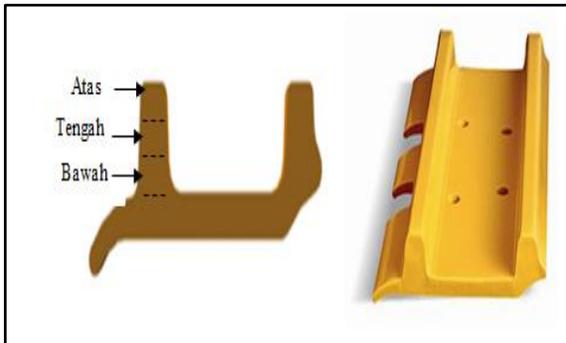
K = Factor component

3. METODOLOGI PENELITIAN

Proses penelitian ini digunakan sebuah unit excavator CAT 390 D dengan merek Caterpillar. Komponen-komponen undercarriage antara lain track shoe type double grouser dapat dilihat pada Gambar 5.

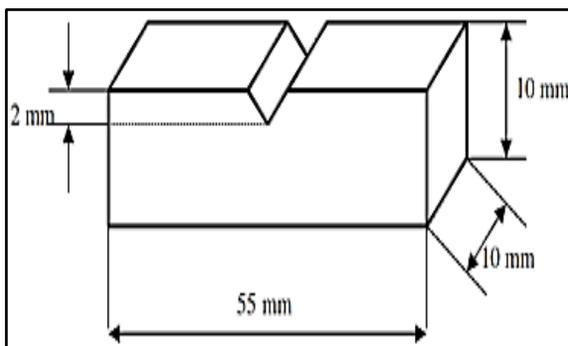


Gambar 5. Track Shoe CAT 390 D



Gambar 6. Track Shoe type double grouser CAT 390 D

Spesimen uji dampak dengan dimensi 10 x 10 x 55 mm (tinggi x lebar x panjang) dengan kedalaman takikan 2 mm sesuai dengan standar (ASTM E-23).

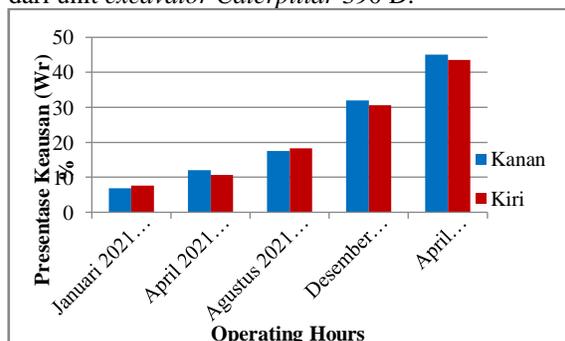


Gambar 7. Spesimen uji dampak (ASTM E-23)

4. ANALISA PEMBAHASAN

A. presentase Keausan pada Track Shoe

Data presentase keausan diambil unit Excavator Caterpillar 390 D di PT. VALE Indonesia. Untuk komponen Track shoe Excavator Caterpillar 390 D. Komponen tersebut merupakan bagian *undercarriage excavator* yang sangat berpengaruh terhadap kinerja dari unit *excavator Caterpillar 390 D*.



Gambar 8. Presentase Keausan Track Shoe

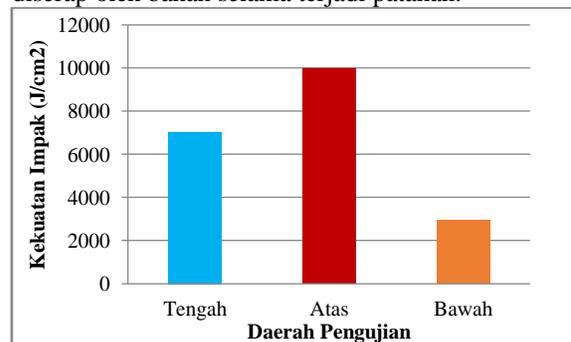
Pada gambar 4.1. menunjukkan hasil pengukuran presentase Track shoe. pengukuran pengurangan grouser track shoe menggunakan ultrasonic. Untuk mencari presentase tinggi awal pada

bagian kiri dan kanan. Bagian ini sangat penting karena berfungsi sebagai media untuk mencengkram medan agar tidak terjadi slip yang mengakibatkan terperosoknya unit pada saat menanjak. Inilah yang membuat grouser pada track shoe merupakan komponen yang sangat vital dari suatu unit. Pengaruh kerusakan grouser sendiri disebabkan oleh medan yang dilaluinya cenderung berpasir.

Dari hasil pengukuran *Grouser Track Shoe* diperoleh pada bulan Januari 2021 *operating hours* SMU 13651 jam dengan presentase pengurangan grouser pada sisi kiri sebesar 7,7 % dan kanan 6,9 %, bulan April 2021 *operating hours* SMU 15751 jam dengan presentase pengurangan grouser pada sisi kiri sebesar 10,6% dan kanan 12 %, bulan Agustus 2021 *operating hours* SMU 18494 jam presentase pengurangan grouser pada sisi kiri sebesar 18,3 % dan kanan 17,5 %, bulan Desember 2021 *operating hours* SMU 20530 jam presentase maka pengurangan grouser pada sisi kiri sebesar 30,5 % dan kanan 32% sedangkan bulan April 2022 *operating hours* SMU 23336 jam presentase pengurangan grouser pada sisi kiri sebesar 43,6 % dan kanan 45,1%.

B. Hasil Pengujian Impak

Pengujian dampak dilakukan pada material *Track Shoe Caterpillar 390D* pada PT. VALE Indonesia yang dibentuk sesuai standar ASTM E-23 pada takikan V dengan beban bandul sebesar 300 J. Pengujian Impak Metode Charpy merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan.



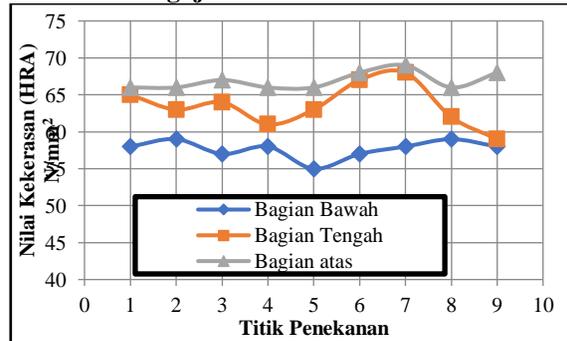
Gambar 9. Grafik Hasil kekuatan Impak Track Shoe Caterpillar 390 D

Pada Gambar 9. dapat dilihat bahwa grafik kekuatan dampak yang dihasilkan pada material *Track Shoe Caterpillar 390 D* dengan mengambil 3 sampel uji pada daerah atas, tengah dan bawah dapat dilihat pada gambar 5. Pengujian dampak ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bahan/material *Track Shoe Caterpillar 390 D* menerima beban dampak/beban yang diterima bahan secara tiba-tiba.

Dari grafik diatas memperlihatkan bahwa pada daerah atas menghasilkan kekuatan dampak sebesar 9982,23 J/cm², bagian tengah menghasilkan kekuatan dampak sebesar 7037,98 J/cm² sedangkan bagian bawah menghasilkan kekuatan dampak sebesar 2951,29 J/cm². Kekuatan dampak tertinggi diperoleh pada spesimen bagian atas Hal ini disebabkan energi yang diserap oleh spesimen uji lebih besar sehingga kekuatan dampak yang dihasilkan lebih tinggi, hal ini yang terjadi pada material/bahan *Track Shoe Caterpillar 390 D* pada bagian atas, karena track shoe selalu bekerja pada kondisi tempat yang keras, maka kerusakan bagian bawah (*track shoe*) akan menjadi sangat cepat akibat bergesekan langsung dengan struktur jalan/medan di

area pertambangan yang dilalui pada saat excavator melakukan pekerjaan sehingga *Track shoe* didesain sedemikian rupa untuk bisa menahan beban dari excavator serta menahan gaya dari tanah saat berjalan.

C. Hasil Pengujian Kekerasan



Gambar 10. Grafik nilai kekerasan *Track Shoe Caterpillar 390 D* pada berbagai daerah pengujian

Pada gambar 10 memperlihatkan bahwa nilai kekerasan yang dihasilkan berbeda-beda berdasarkan daerah/posisi titik pengujian yang dilakukan pada berbagai daerah *Track Shoe Caterpillar 390 D*. Pada daerah bagian bawah nilai kekerasan yang dihasilkan sebesar 57 N/mm² sampai 59 N/mm², daerah bagian tengah nilai kekerasan yang dihasilkan sebesar 59 N/mm² sampai 68 N/mm² sedangkan pada daerah bagian atas menghasilkan nilai kekerasan sebesar 66 N/mm² sampai 69 N/mm². Kekerasan tertinggi dihasilkan pada *Track Shoe Caterpillar 390 D* daerah bagian atas, hal ini yang terjadi pada material/bahan *Track Shoe Caterpillar 390 D* pada bagian atas, karena *track shoe* selalu bekerja pada kondisi tempat yang keras, maka kerusakan bagian bawah (*track shoe*) akan menjadi sangat cepat akibat bergesekan langsung dengan struktur jalan/medan di area pertambangan yang dilalui pada saat excavator melakukan pekerjaan sehingga *Track shoe* didesain sedemikian rupa untuk bisa menahan beban dari excavator serta menahan gaya dari tanah saat berjalan diperlukan nilai kekerasan yang lebih tinggi untuk menghindari *Track Shoe Caterpillar 390 D* cepat aus.

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian pada *Track Shoe Caterpillar 390 D* maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil perhitungan presentase keausan yang terjadi pada *grouser track shoe Caterpillar 390 D* pada bulan Januari 2021 *operating hours* SMU 13651 jam dengan presentase pengurangan grouser pada sisi kiri sebesar 7,7 % dan kanan 6,9 % sampai bulan April 2022 *operating hours* SMU 23336 jam presentase pengurangan grouser pada sisi kiri sebesar 43,6 % dan kanan 45,1%. Pengurangan presentase *Grouser Track Shoe* masih sesuai dengan standar pemakaian belum mencapai presentase 120% atau tinggi grouser 35,6 mm sebagai standar yang diizinkan untuk dilakukan penggantian.
2. Kekuatan impact yang dihasilkan pada *track shoe Caterpillar 390 D* diperoleh pada daerah atas menghasilkan kekuatan impact sebesar 9982,23 J/cm², bagian tengah menghasilkan kekuatan impact sebesar 7037,98 J/cm² sedangkan bagian

bawah menghasilkan kekuatan impact sebesar 2951,29 J/cm².

3. Nilai kekerasan rata-rata yang dihasilkan pada *track shoe Caterpillar 390 D* diperoleh pada bagian bawah sebesar 57,7 N/mm², bagian tengah menghasilkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 63,6 N/mm² sedangkan pada bagian atas menghasilkan kekerasan rata-rata sebesar 66,9 N/mm²

DAFTAR PUSTAKA

- Almusallam, Abdullah A. 2001. Effect of degree of corrosion on the properties of reinforcing steel bars. *Construction and Building Materials*, 15.8: 361-368.
- Akbar, S., & Anhar, W. 2018. Kajian Hasil Pengukuran Undercarriage Bulldozer Komatsu D375A-5 di PT. Pama Persada Nusantara Site Batukujang. *Jurnal Sains Terapan*.
- Akbar, S., Baharuddin, R. 2019. Koreksi Nilai Konstanta "K" Dalam Perhitungan Usia Pakai Komponen Undercarriage. Kalimantan Timur: Politeknik Negeri Balikpapan
- Angkila Krishna Ellbana, 2020. Analisa Keausan Grouser, Link Pitch Dan Bushing Pada Sistem Undercarriage Excavator Dengan Metode FMEA. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Aries, Syurkarni A, Pribadyo, 2022. Analisa Tingkat Keausan Undercarriage Bagian *Segment Sprocket Bulldozer KOMATSU D85ESS-2*. Universitas Teuku Umar ISSN 2620-6760, Vol.5, No. 1, April 2022.
- Callister, W. D., 2007, *Material Science and Engineering, An Introduction 7ed*, Departement of Metallurgical Engineering The University of Utah, John Willey and Sons, Inc
- Caterpillar, 2010, *Hidraulic Excavator 390D*.
- Dasgubta, R., Prasad, B.K., Jha, A.K., Modi, O.P., Das, S., Yegneswaran, A.H., 1998. Low stress abrasive wear behavior of a hardfaced steel, *Journal of Materials Engineering and Performance*, Volume 7, Issue 2, pp.221-226.
- Deere, J., 2007, *Undercarriage Wear And Care Guide*. Usa: John Deere.
- Jati Hidayah. 2011. Peningkatan Perawatan Komponen Undercarriage Alat Berat. Depok: Universitas Indonesia.
- Komatsu. 2011. KUC Procedure Manual, Undercarriage System Training. Jakarta: PT KOMATSU.
- Komatsu, 2009, *Specification And Application Handbook*. Edition 30. Japan: Komatsu.