

Pelapisan Kalsium Karbida Permukaan Baja Karbon Rendah dengan Pack Carburizing Energizer Serbuk Cangkang Kerang Mutiara

Sujita Darmo*, Sugiman, Salman, Agus Dwi Catur, Paryanto Dwi Setyawan

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mataram

*Email: sujita@unram.ac.id

Received: 23 September 2020; **Accepted:** 5 Desember 2020; **Published:** 14 Desember 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.29303/jpft.v6i2.2073>

Abstract - The research was conducted at the Laboratory of Material Mechanics, Department of Mechanical Engineering, Mataram University. The purpose of this research was to determine the effect of the Pack Carburizing parameters (temperature, soaking time and carburizer media composition) on the thickness of Calcium carbide layer (CaC), which is formed on the surface of low carbon steel. The thickness of the calcium carbonate layer affects the surface hardness number of low carbon steel. This research used low carbon steel grade SS400 as the specimen. Carburizer media is a mixture of corncob charcoal powder and *Pinctada maxima* shells powder (PMSP). Packs Carburizing was carried out at various temperatures: 875 °C, 900 °C, soaking time: 1,2,3 hours and the percentage of PMSP on the carburizer media: 10%, 20%, 30%. The results of the research show that the temperature carburizing, soaking time and the addition of PMSP affect the thickness of the calcium carbide layer on the surface of SS400 steel which is subjected to pack carburizing process. This is indicated by an increase in the surface hardness number of 421%, the wear resistance 62,2 %. the thickness of the calcium carbide layer 1050 μm , the formation of pearlite structure, at the carburizing temperature of 900 °C, soaking time 3 hours and 30% addition of PMSP.

Keywords: low carbon steel; pack carburizer; media carburize, *pinctada maxima* shell powder

PENDAHULUAN

Baja SS400 adalah termasuk baja karbon rendah yang biasa digunakan di industri pembuat alat-alat pertanian. Baja SS400 mempunyai kelebihan mudah dibentuk, tahan korosi dan keuletannya tinggi, kelemahannya angka kekerasan permukaannya rendah, mudah aus dan kekuatan tariknya rendah. Di industri pembuatan alat pertanian untuk meningkatkan angka kekerasan permukaan baja SS400 supaya tajam dilakukan dengan cara *flame hardening* dan pendinginan cepat dengan media air yang biasa disebut dengan proses penyepuhan. Proses penyepuhan mempunyai kelemahan angka kekerasan permukaan yang dihasilkan tidak terkontrol sehingga material baja SS400 yang mengalami proses penyepuhan cenderung getas, mudah aus dan umur pakainya (*wear resistance*) rendah. Idealnya angka

kekerasan permukaannya tinggi, ulet, tahan aus sehingga umur pakainya lama. Metode untuk meningkatkan angka kekerasan baja karbon rendah telah lama dikembangkan, yaitu metode *Pack Carburizing*. Proses carburizing merupakan proses penambahan unsur karbon (C) ke bagian permukaan bahan dimana unsur karbon ini didapat dari bahan– bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan permukaan logam dapat meningkat tetapi dalamnya (*core*) tetap ulet. Untuk mempercepat proses maka ditambahkan barium karbonat (BaCO_3), kalsium karbonat (CaCO_3) atau natrium karbonat (NaCO_3) sebagai *energizer* atau katalis yang dicampur dengan arang sebagai sumber karbon, dimasukkan ke dalam kotak karburasi dengan material yang dikarburasi kemudian dipanaskan pada dapur listrik pada temperatur carburing.. Pada proses *pack carburizing* media karburasi berupa

arang yang dicampur dengan 10%- 40% CaCO_3 atau BaCO_3 . Baja dimasukkan ke dalam kotak karburasi yang sudah berisi media karburasi kemudian dipanaskan pada temperatur $850\text{ }^\circ\text{C} - 950\text{ }^\circ\text{C}$ (Callister & Rethwisch, 2014).

(Darmo et al., 2018) sendiri telah melakukan penelitian mengenai pengaruh proses pack carburizing terhadap perubahan angka kekerasan dan struktur mikro baja SS400. Media karburasi berupa campuran arang tempurung kelapa dan serbuk cangkang keong emas. Hasil dari penelitiannya, angka kekerasan naik dari 142 Kg/mm^2 menjadi $262,30\text{ Kg/mm}^2$ setelah proses pack carburizing pada suhu $950\text{ }^\circ\text{C}$, waktu karburasi 5 jam, prosentase penambahan, serbuk cangkang keong emas 30%. Struktur mikro berubah dari ferrite menjadi pearlite, yang bersifat lebih keras. Sifat mekanik baja karbon rendah yang mengalami proses *pack carburizing* juga dipengaruhi oleh perlakuan panas lanjut (post heat treatment) (Priyadarshini et al., 2014). Penelitian dilakukan dengan menggunakan media carburizing karbon aktif, dengan variasi suhu $850, 900$ dan $950\text{ }^\circ\text{C}$, dan waktu *carburizing* 15 dan 30 menit. Perlakuan panas lanjut dengan proses quenching di oli, ditempering pada suhu $550\text{ }^\circ\text{C}$ dan diholding 60 menit. Kesimpulannya proses pack *carburizing* menurunkan energi impact (ketangguhan) baja karbon rendah dan ketangguhannya menurun dengan meningkatnya suhu *carburizing*. Sifat-sifat mekanik yang optimum di dapat pada kombinasi suhu *carburizing* $900\text{ }^\circ\text{C}$, selama 30 menit dilanjutkan dengan proses quenching di oli ditempering pada suhu $550\text{ }^\circ\text{C}$ dan waktu holding 60 menit.

Berdasarkan penelitian (Kuswanto, 2010) proses *pack carburizing* pada material baja karbon rendah pada temperatur $900\text{ }^\circ\text{C}$ dengan waktu karburasi 2 jam berpengaruh terhadap kekuatan *yield*

baja karbon rendah. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan tarik *yield* menjadi lebih tinggi dibanding sebelumnya. Teknik quenching juga berpengaruh pada sifat mekanik baja karbon rendah (Miernik et al., 2010). Berdasarkan hasil penelitiannya kombinasi terbaik sifat mekanik yang diperoleh untuk perlakuan panas yang terdiri dari heating suhu $900\text{ }^\circ\text{C}$, holding, cooling dua fase dan cooling dalam air. Dengan perlakuan panas ini, terjadi peningkatan kekerasan, ketangguhan, tegangan *Yield* dan kekuatan tarik hampir dua kali lipat juga didukung oleh penelitian (Rijab, M. A., & Al-mosawi, A. I. 2014).

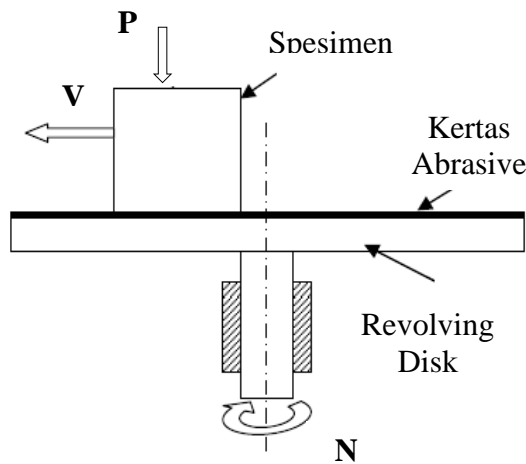
Penelitian tentang efektifitas penggunaan karbon dari arang bambu, pelepah kelapa, tulang bebek dan tulang kambing sebagai sumber *carburizer*, telah dilakukan oleh (Ngakan & Putra, 2016). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *carburizer* dengan arang tulang kambing memberikan kekerasan permukaan yang paling tinggi ($556,37\text{ Kg/mm}^2$).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan penelitian eksperimental laboratorium dengan variabel penelitian antara lain: Variabel terikat: angka kekerasan permukaan, laju keausan dan ketebalan lapisan karburasi (*calcium carbida*). Variabel bebas: temperatur, waktu karburasi dan prosentase penambahan SCKM kedalam media karburasi. Variabel kontrol: dimensi spesimen, beban gesek, dan putaran roda penggesek.

Spesimen adalah baja karbon rendah type SS400. Dengan komposisi unsur: Fe = 97,86%, C = 0,168%, Mn = 0,756%, Si = 0,159%, P = 0,023%, S = 0,014%, dan sisanya unsur-unsur lain. Bentuk penampang spesimen persegi dengan ukuran $24 \times 18 \times 3,4\text{ mm}^3$ standar ASTM G99-95. Spesimen

dimasukkan kedalam kotak karburasi, berisi media karburasi berupa campuran antara arang tongkol jagung dan serbuk cangkang kerang mutiara dengan variasi prosentase berat : 90% : 10%; 80% : 20%; 70% ; 30%. Kotak karburasi dimasukkan ke dapur pemanas dengan variasi suhu (875 dan 900 °C) dan variasi waktu kaburasi (1, 2, 3 jam). Kemudian dilanjutkan dengan pengujian kekerasan permukaan dilakukan dengan alat uji kekerasan mikro menggunakan skala Vickers, dengan pembebanan 1 kg dan waktu pengujian selama 10 detik. Uji Keausan dilakukan dengan alat uji keausan abrasive, seperti Gambar 2. Alat ini menggunakan kurtas abrasif silikon karbida no. 800, beban pengaus 200 gr, putaran disk 800 rpm, kecepatan geser spesimen 0,14 m/menit dan lama pengujian 30 detik.



Gambar 1. Mekanisme alat uji keausan abrasif

Keterangan: P = beban pengausan (Kg)
 V = kecepatan perpindahan specimen (m/s),
 N = putaran disk (rpm)

Laju keausan pada pengujian ini dinyatakan sebagai berkurangnya massa atau volume benda uji setelah mengalami penggesekan (abrasi akibat kontak antara disk yang berputar dan benda uji) tiap satuan waktu, yang dinyatakan dengan:

$$W = \frac{w}{s} \quad (\text{mg/detik})$$

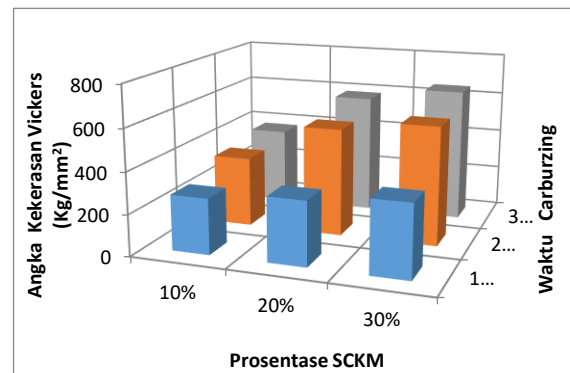
Keterangan: w = berat materil yang hilang , s = waktu total pengujian (detik).

Selanjutnya pengamatan Struktur mikro lapisan *calcium carbida* pada permukaan spesimen dilakukan dengan menggunakan SEM-EDX Merk FEI, Type: Inspect-S50, etsa nital 2,5%, pembesaran 100x

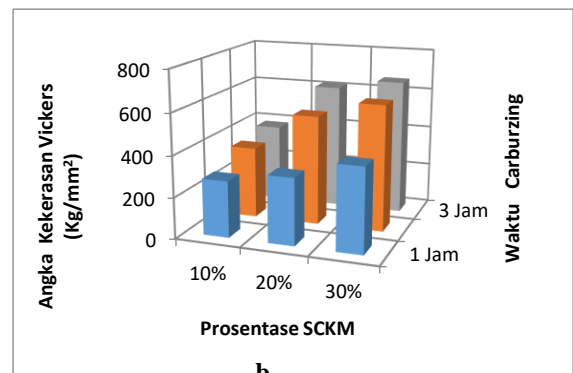
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Angka Kekerasan Permukaan Lapisan *Calcium Carbida*

Hasil pengujian kekerasan lapisan karburasi pada suhu 875 °C dan 900 °C dengan variasi waktu *pack carburizing* 1, 2, 3 jam dan variasi penambahan 10%, 20%, 30% SCKM ditampilkan seperti oleh Gambar 2.



a

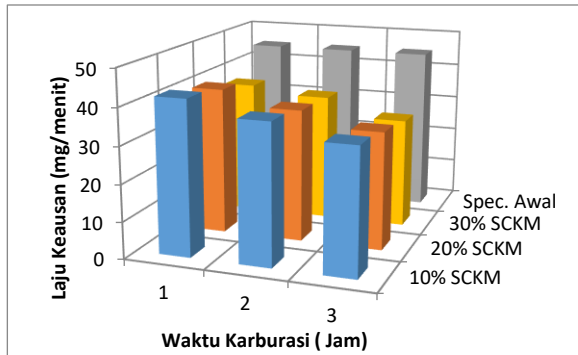


b

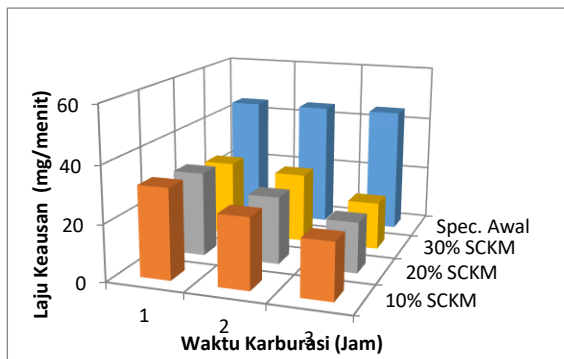
Gambar 2. Angka kekerasan lapisan *calcium carbida* pada proses *pack carburizing* a) Suhu 875 °C. b) Suhu 900 °C

Hasil Pengujian Laju Keausan

Hasil pengujian laju keausan dari spesimen yang mengalami perlakuan pack carburizing, ditunjukkan pada Gambar 3. pada suhu 875 °C dan Gambar 4. pada suhu 900 °C.



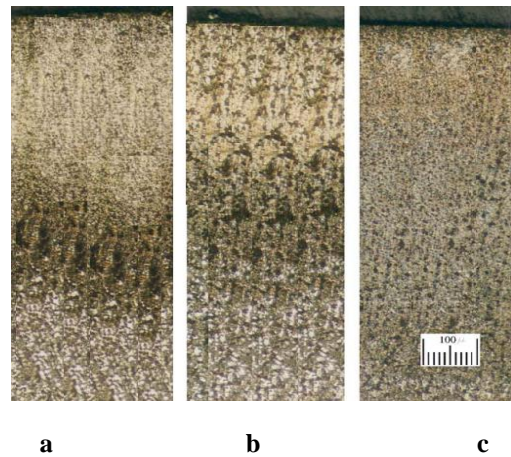
Gambar 3. Laju keausan pada permukaan spesimen pada pack carburizing pada suhu 875 °C.



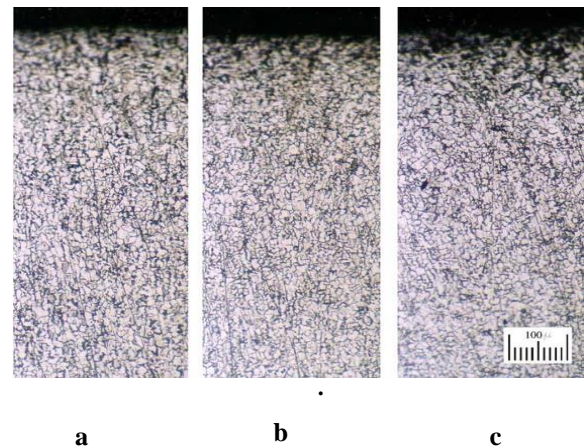
Gambar 4. Laju keausan pada permukaan spesimen pada pack carburizing pada suhu 900 °C.

Hasil Pengamatan Struktur Mikro Lapisan Calcium Carbida

Hasil pengujian struktur mikro lapisan karburasi (kalsium karbida) pada permukaan dari spesimen setelah perlakuan pack carburizing ditunjukkan pada Gambar 5. pada suhu 875 °C dan Gambar 6. pada suhu 900 °C



Gambar 5. Lapisan calcium carbida pada suhu pack carburizing 875 °C waktu 3 jam, etsa nital 2,5%, pembesaran 100x. a. Penambahan SCKM 10%; b. Penambahan SCKM 20%; c. Penambahan SCKM 30%;



Gambar 6. Lapisan kalsium karbida pada suhu pack carburizing 900 °C waktu 3 jam, etsa nital 2,5%, pembesaran 100x. a. Penambahan SCKM 10%; b. Penambahan SCKM 20%; c. Penambahan SCKM 30%

Pembahasan

Perubahan Angka Kekerasan Permukaan Lapisan Calcium Carbida

Agar proses pack carburizing menghasilkan kualitas lapisan karburasi yang baik biasanya ditambahkan CaCO_3 atau BaCO_3 pada media carburizer. Fungsinya, sebagai zat pengaktif karbon (energizer) agar unsur karbon lebih cepat terdifusi pada material yang dikarburasi. Pada penelitian ini digunakan serbuk cangkang kerang mutiara (SCKM) sebagai zat pengaktif karbon

(energizer) dicampur dengan arang tongkol jagung. Variasi prosentase penambahan 10%, 20%, dan 30% berat dari media carburizer.

Secara umum terjadi perubahan angka kekerasan permukaan spesimen, yang mengindikasikan adanya lapisan senyawa lain. Berdasarkan hasil pengujian X-ray diffraction karakteristiknya menyerupai senyawa calcium carbida (CaC). Spesimen tanpa perlakuan *pack carburizing* (belum terdapat lapisan CaC) angka kekerasan permukaannya adalah 127 Kg/mm². Angka kekerasan permukaan lapisan calcium carbida pada proses *pack carburizing* suhu 875°C (Gambar 2a.) terendah 270 Kg/mm² (terjadi kenaikan 113 %) dihasilkan pada prosentase penambahan SCKM 10 % waktu karburasi 1 jam, angka kekerasan permukaan tertinggi 650 Kg/mm² (terjadi kenaikan 411%) dihasilkan pada prosentase penambahan SCKM 30 % waktu karburasi 3jam. Setelah melalui proses *pack carburizing* pada suhu 900 °C angka kekerasan permukaan lapisan calcium carbida semakin meningkat, seperti ditunjukkan pada Gambar 2b. Angka kekerasan permukaan terendah 275 Kg/mm² (terjadi kenaikan 116 %) dan angka kekerasan permukaan tertinggi 662 Kg/mm² (terjadi kenaikan 421 %) pada variasi waktu karburasi 1, 3 jam dengan variasi prosentase penambahan SCKM 10 % dan 30%.

Perubahan Keausan Pada Permukaan Baja Karbon Rendah

Pengujian keausan dilakukan pada permukaan baja karbon rendah yang telah melalui proses *pack carburizing*. Pengujian raw material (tanpa perlakuan *pack carburizing*) didapatkan kecepatan abrasi atau laju keausan sebesar 45 mg/menit. Uji keausan pada permukaan baja karbon rendah yang telah melalui proses *pack carburizing*, suhu 875 °C karburasi dengan penambahan

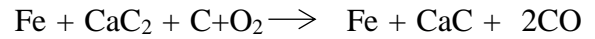
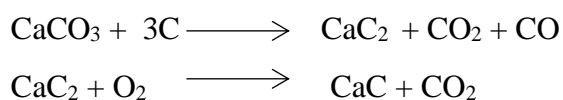
serbuk cangkang kerang mutiara (SCKM) 10%, 20%, dan 30% berturut-turut memberikan laju keausan sebesar 42 mg/menit, 40 mg/menit, 37 mg/menit, untuk waktu karburasi 1 jam, waktu karburasi 2 jam : 38 mg/menit, 36 mg/menit, 35 mg/menit dan waktu karburasi 3 jam : 34 mg/menit, 32 mg/menit, 30 mg/menit.(Gambar 3.). Laju keausan terendah diperoleh pada penambahan SCKM pada media karburasi sebesar 30% , waktu karburasi 3 menit, laju keausan yang terjadi sebesar 30 mg/menit atau peningkatan ketahanan terhadap keausan sebesar 33,3 %. Uji keausan pada permukaan baja karbon rendah yang telah melalui proses *pack carburizing* karburasi suhu 900 °C dengan penambahan SCKM: 10%, 20%, dan 30% berturut-turut memberikan laju keausan sebesar 32 mg/menit, 30 mg/menit, 27 mg/menit, untuk waktu karburasi 1 jam, waktu karburasi 2 jam : 25 mg/menit, 24 mg/menit, 20 mg/menit dan waktu karburasi 3 jam : 20 mg/menit, 18 mg/menit, 17 mg/menit (Gambar 4.). Pada proses *pack carburizing* karburasi suhu 900 °C, waktu 3 Jam, penambahan SCKM pada media karburasi tidak begitu berpengaruh pada laju keausan, hanya selisih 1 mg/menit. Laju keausan terendah diperoleh pada penambahan SCKM pada media karburasi sebesar 30% , waktu karburasi 3 menit, laju keausan yang terjadi sebesar 17 mg/menit atau peningkatan ketahanan terhadap keausan sebesar 62, 2 %.

Struktur Mikro Lapisan Calcium Carbida

Pengamatan Struktur mikro lapisan *calcium carbida* pada permukaan spesimen dilakukan dengan menggunakan SEM-EDX Merk FEI, Type: Inspect-S50, etsa nital 2,5%, pembesaran 100 kali. Pengamatan dilakukan pada waktu *pack carburizing* yang optimum, yaitu waktu 3 jam. Setelah

mengalami perlakuan *pack carburizing* maka tampak bahwa ketebalan lapisan *calcium carbida* pada permukaan baja karbon rendah meningkat dengan indikasi meningkatnya angka kekerasan permukaan. Peningkatan ketebalan *calcium carbida* sebanding dengan kenaikan prosentase SCKM pada media karburasi. Gambar 5. menunjukkan perubahan ketebalan lapisan *calcium carbida* akibat perubahan prosentase SCKM pada media karburasi, pada proses *pack carburizing* temperatur 850°C, waktu karburasi 3 jam. Berdasarkan pengukuan dengan menggunakan digital mikrometer ketebalan lapisan *calcium carbida* adalah 450 µm pada prosentase penambahan SCKM 10 %, 850 µm dan 920 µm masing masing pada prosentase penambahan SCKM 20% dan 30%. Selanjtnya pada proses *pack carburizing* pada temperatur 900°C waktu karburasi 3 jam, ketebalan lapisan *calcium carbida* yang terbentuk semakin tebal/dalam, seperti terlihat pada Gambar 6 . Ketebalan lapisan *calcium carbida* adalah 550 µm, 950 µm dan 1050 µm, masing- masing pada prosentase penambahan SCKM 10%, 20% dan 30%. Perubahan ketebalan lapisan *calcium carbida* ini yang menyebabkan angka kekerasan permukaan naik sehingga keatahanan aus meningkat atau kelajuan aus/abrasi menurun.

Fenomena ini diduga karena kalsium oksida yang terkandung dalam SCKM pada suhu tinggi (suhu proses *pack carburizing*) bereaksi dengan atom karbon dari arang tongkol jagung sehingga membentuk lapisan *calcium karbida* pada permukaan baja karbon rendah (spesimen), dengan persamaan reaksi sebagai berikut : (Oyetunji, 2012):



Berdasarkan reaksi diatas tampak bahwa unsur kalsium menyerap atom karbon dari arang sehingga semakin lama (waktu karburasi bertambah) dapat menurunkan jumlah atom karbon aktif sampai terbentuk lapisan *calcium carbida* dengan ketebalan maksimal. Fenomena ini didukung oleh hasil penelitian (Rai, P. K. 2016). bahwa penambahan *calcium karbonat* sebesar 20% berat pada suhu karburasi 900°C memberikan kekerasan permukaan yang lebih baik yaitu sebesar 650 kg/mm² dibandingkan penambahan *calcium karbonat* sebesar 10% pada arang kayu pada suhu 925°C (memberikan kekerasan permukaan sebesar 475 kg/mm²) dengan waktu karburasi 3 jam..

PENUTUP

Penambahan serbuk cangkang kerang mutiara pada media karburasi, berpengaruh pada perubahan angka kekerasan permukaan ,laju keausan, ketebalan lapisan *calcium carbida* dan perubahan struktur mikro pada spesimen baja karbon renda SS400 yang mengalami perlakuan panas *pack carburizing* . Angka kekerasan permukaan lapisan *calcium carbida* pada proses *pack carburizing* suhu 875°C terendah 270 Kg/mm² (terjadi kenaikan 113 %) dihasilkan pada prosentase penambahan SCKM 10 % waktu karburasi 1 jam, tertinggi angka kekerasan permukaan tertinggi 662 Kg/mm² (terjadi kenaikan 421 %) pada suhu 900 °C waktu karburasi 3 jam, 30%.

Laju keausan terendah sebesar 17 mg/menit atau terjadi peningkatan ketahanan terhadap keausan sebesar 62, 2 % suhu 900 °C , waktu karburasi 3 jam, penambahan SCKM pada media karburasi 30% . Pada kondisi yang sama didapatkan hasil ketebalan lapisan *calcium carbida*

maksimal yaitu 1050 μm , dan struktur pearlite yang terbentuk semakin banyak.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Tim Peneliti Bidang Keahlian Mekanika Material Jurusan Teknik Mesin Unram dan LPPM Unram.

REFERENSI

- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). Materials Science and Engineering 9th Edition. In *Computing in Science & Engineering*.
<https://doi.org/10.1016/j.str.2011.03.005>
- Darmo, S., Soenoko, R., Siswanto, E., & Widodo, T. D. (2018). Study pack carburizing for subsoil plow chisel with alternative carburizer media corn cob charcoal–pictada maxima shell powder. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*.
- Kuswanto, B. (2010). *Pengaruh Perbedaan Ukuran Butir Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Material Baja St 37 dengan Proses Pack Carburizing*. Diponegoro University.
- Miernik, K., Bogucki, R., & Pytel, S. (2010). Effect of quenching techniques on the mechanical properties of low carbon structural steel. *Archives Of Foundry Engineering*.
- Ngakan, D., & Putra, K. (2016). Efektifitas Carburizer dari Sumber Karbon Berbeda Pada Proses Pack Carburizing. *Jurnal METTEK*.
- Oyetunji. (2012). Effects of Carburizing Process Variables on Mechanical and Chemical Properties of Carburized Mild Steel. *Journal of Basic & Applied Sciences*. <https://doi.org/10.6000/1927-5129.2012.08.02.11>
- Priyadarshini, S., Sharma, T., & Arora, G. (2014). Effect of Post Carburizing Treatment on Hardness of Low Carbon Steel. *International Journal of Advanced Mechanical Engineering*.
- Rai, P. K. (2016). Study on Mechanical Properties of Carburized Mild Steel Subjected to Heat Treatment. *International Journal of Engineering Technology and Computer Research (IJETCR)*, 4(1), 83–87.
- Rijab, M. A., & Al-mosawi, A. I. (2014). Effect of carburizing on fatigue strength. In *3rd International Scientific Conference F.T.E*.
- Roy, S., & Sundararajan, S. (2016). Surface & Coatings Technology The effect of heat treatment routes on the retained austenite and Tribomechanical properties of carburized AISI 8620 steel. *Surface & Coatings Technology*, 308, 236–243.
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.06.095>