

KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI MENGGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOKOPI DAN ARANG BATOK KELAPA PADA BAJA AISI 1050 DENGAN TEMPERATUR 800°C TERHADAP VARIASI ALIRAN GAS

Alvit Almafudin¹, I Komang Astana Widi², T. A. Sutrisno³
Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang
Email : alpit221100@gmail.com

ABSTRAK

Baja AISI 1020 adalah baja karbon rendah dengan komposisi karbon 0,020 sampai 0,30, baja ini pada umumnya digunakan untuk komponen perindustrian seperti gear sprocket rantai, untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus baja dapat menggunakan perlakuan panas carburizing dengan suhu diatas kritis, digunakan suhu 900°C pada tungku dengan holding time 60 menit. Pemilihan variasi laju alir gas pada fluized Bed Furnance yang cukup penting untuk menghasilkan bahan yang sesuai dengan kebutuhan. penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai kekerasan, ketahanan aus, dan meningkatkan kadar karbon dalam spesimen baja AISI 1020 dengan prosesn Carburizing pada Fluized Bed Furnance dengan suhu 900°C menggunakan metode pengujian kekerasan MicroVikers dan Keausan Pin on Disc dan SEM-EDX, pemilihan limbah fotokopi dan arang batok kelapa sebagai media carburizing karena media tersebut memiliki kandungan karbon. Nilai kekerasan rata-rata Raw Material adalah 227,80 HV sedangkan pada spesimen Laju Alir 60 cm³/min 759,34 HV mengalami peningkatan nilai kekerasan , nilai laju aus pada raw material adalah 0,0278 gram/m, volume berat yang hilang adalah 212,2 mm³ sedangkan nilai rata-rata laju aus pada spesimen Laju Alir 60 cm³/min 0,007 gram/m , rata-rata volume berat yang hilang 5,51 mm³ mengalami penigkatan ketahanan aus ,dan pada pengujian SEM-EDX raw material memeiliki permukaan yang sukup seimbang antara pearlite dan ferrit dan komposisi karbon yang cukup rendah dibanding hasil SEM-EDX dari spesimen Laju Alir 60 cm³/min kesimpulan dari penelitian ini adalah laju alir gas mempengaruhi peningkatan kekerasan, ketahanan aus, dan kadar karbon pada Baja AISI 1020 setelah proses Carburizing suhu 900° pada Fuized Bed Furnance

Kata Kunci: Baja AISI 1050, Carburizing, Serbuk fotokopi, Arang Kelapa, Pengujian Kekerasan, Pengujian Keausan, SEM-EDX

PENDAHULUAN

Baja spesifikasi AISI 1020 merupakan baja karbon rendah dengan komposisi karbon sekitar 0,20 – 0,30 %. Baja ini umumnya digunakan di berbagai komponen industri misalnya untuk komponen gear pada mesin banding plat. Untuk mendapatkan kekerasan dan struktur mikro terhadap aus dari bahan tersebut dapat di lakukan melalui perlakuan panas dengan cara carburizing yang di lanjutkan dengan proses quenching. Carburizing yaitu proses penambahan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan yang di banding dengan dinding bagian dalam, sehingga kekerasan permukaannya lebih meningkat. Sedangkan bagian dalam masih memiliki keuletan. Untuk mendapatkan sifat struktur mikro yang didinginkan pada logam tersebut dapat di peroleh melalui proses pemanasan baja dan pendinginan pada temperatur tertentu,

KAJIAN PUSTAKA

A. Serbuk *fotocopy*

Secara garis besar arti toner adalah tinta bubuk yang digunakan pada mesin fotocopy maupun pencetak laser. Fungsi toner tidak lain untuk membentuk sebuah cetakan teks maupun gambar di kertas. Teks atau gambar yang dihasilkan hanyalah satu warna, yakni warna hitam saja. Pada awalnya, serbuk atau bubuk bahan toner adalah jenis karbon biasa. Seiring perkembangan zaman, bahan toner kemudian mengalami peningkatan untuk menghasilkan mutu cetakan yang baik, yakni menggunakan bahan campuran polimer dengan karbon. Adapun partikel-partikel yang ada pada toner ini kemudian meleleh karena panas. Setelah diproses, hasil lelehan inilah yang dapat mencetak tulisan maupun gambar pada kertas di mesin fotocopy

B. *Fluized Bed Furnance*

Fluidized bed furnace merupakan sebuah tungku yang berbentuk silinder atau persegi, yang digunakan untuk proses surface hardening. Tungku ini terdiri dari sebuah ruang reaksi panjang yang dilengkapi dengan kisi logam atau plat beton dan klep untuk menyediakan ledakan udara atau distribusi gas ke dalam ruang perapian. Fluidized-bed furnace

juga dapat dilengkapi dengan beberapa bed fluidized sekuensial yang digunakan untuk proses yang melibatkan pengolahan bahan dalam beberapa langkah pada berbagai suhu dan berbagai komposisi fasa gas. Dibandingkan dengan furnace listrik jenis lain seperti rotary kiln, fluidized-bed furnace lebih efektif dalam membuat gas dan bahan berinteraksi dan lebih seragam pada produk akhir. Selain itu, fluidized-bed furnace dapat membuat proses menjadi lebih intensif dan otomatisasi proses dapat berlangsung dengan lebih baik di dalamnya.

C. Uji Kekerasan *Microvikers*

Uji kekerasan ini digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan pada suatu material. Pengujian ini menggunakan suatu indenter bola baja yang ditekan pada permukaan benda uji.

D. Uji Keausan Pin On Disc

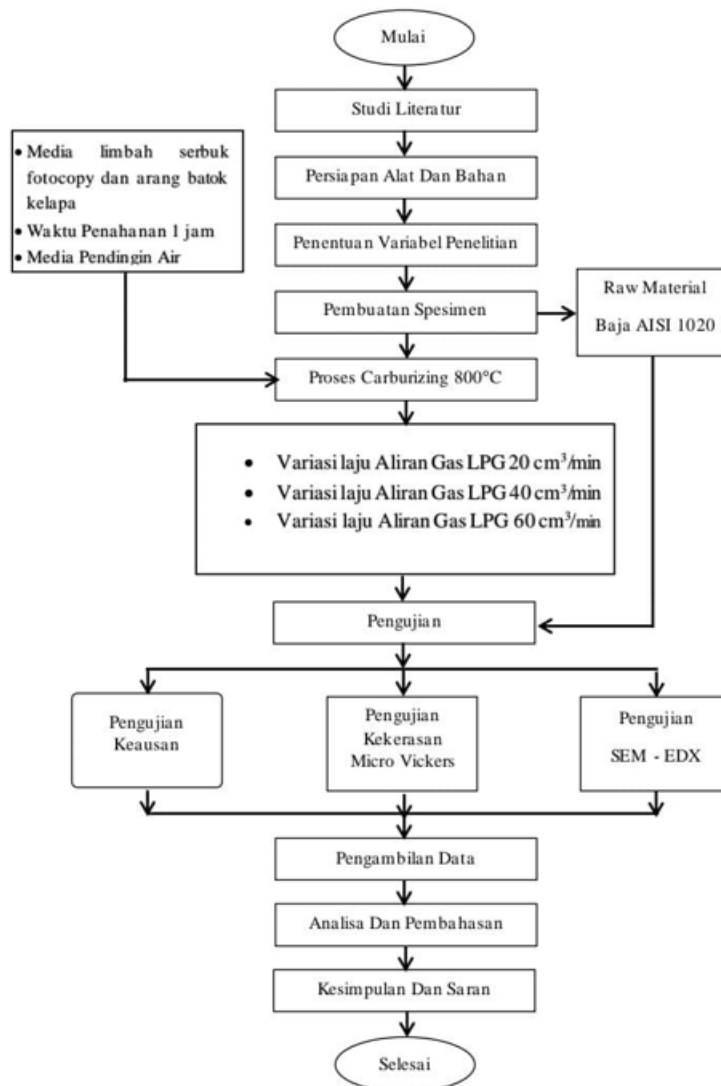
Uji keausan ini bertujuan untuk menunjukkan nilai laju aus pada suatu material. Pengujian ini dilakukan dengan cara menggesekkan material menggunakan pin, dengan material yang digunakan berbentuk *disc*.

E. Uji SEM-EDX

Uji Scanning Electron Microscope bertujuan untuk menentukan lapisan carburizing pada permukaan suatu material. Uji EDX digunakan untuk mengetahui unsur kandungan pada material uji.

METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir Penelitian



Gambar. 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan Fluidized Bed Furnace sebagai instrumen untuk melakukan karburasi pada sampel dengan menggunakan campuran arang kepala dan serbuk fotokopi sebagai media pengantar panas. Variabel yang divariasikan meliputi laju aliran gas yang dimasukkan ke dalam Fluidized Bed Furnace, yaitu dengan laju aliran 20

cm³/min, 40 cm³/min, dan 60 cm³/min. Proses karburasi berlangsung selama 60 menit, diikuti oleh proses pendinginan langsung menggunakan air selama 45 menit. Setelah perlakuan tersebut diterapkan pada sampel, tahap pengujian dilaksanakan. Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan sampel sesuai dengan standar ASTM E 385, dengan tujuan untuk menilai tingkat kekerasan dalam satuan HV. Sementara itu, pengujian keausan dilakukan menggunakan sampel sesuai dengan standar ASTM G99 menggunakan alat uji keausan Pin On Disc. Untuk menganalisis komposisi dan lapisan karburasi pada sampel, dilakukan pengujian SEM-EDX pada sampel tipe D 1002 guna menentukan kandungan karbon dalam sampel dan mendeteksi lapisan karburasi pada permukaan sampel.

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari bulan Maret 2023 - juni 2023. Pembuatan spesimen dilaksanakan di Bengkel Bubut 29 Pro Motor Jl. Atletik 29 Tasikmadu Malang, proses karburasi dan pengambilan data dilakukan di Lab. Material Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang, pengujian dan pengambilan data kekerasan dilakukan di Lab. Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang, pengujian dan pengambilan data keausan dilakukan di Lab. Material Institut teknologi Nasional Malang, pengujian dan pengambilan data SEM EDX dilakukan di Lab. Biosanins Universitas Brawijaya

HASIL DAN PEMBAHASAN

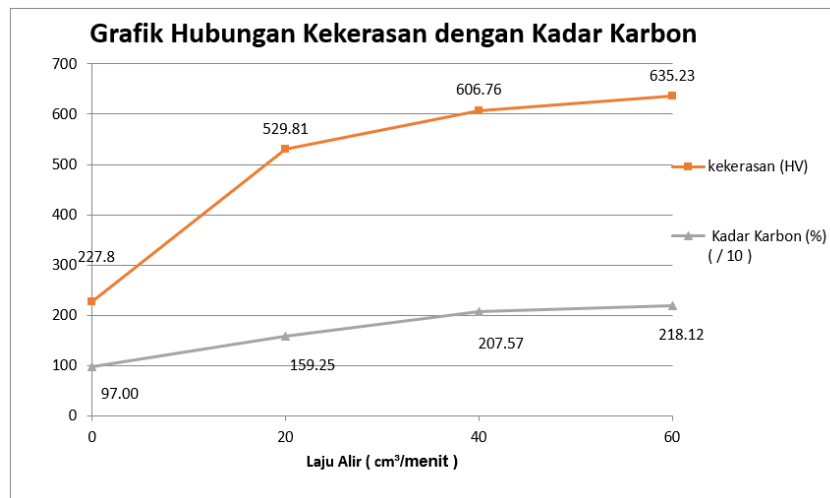
A. Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan *Microvikers*

Dengan hasil pengujian kekerasan *Microvikers* pada raw material dan spesimen setelah proses *carburizing* dengan media penyalur panas arang batok kelapa dan serbuk *fotocopy* dengan variasi laju alir 20 cm³/min , 40 cm³/min dan 60 cm³/min. Didapatkan hasil data sebagai berikut :

Tabel Hasil Pengujian Kekerasan *Microvikers*

No	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)			Nilai Rata-rata (HV)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	Raw material Baja AISI 1020	218,5	224,4	240,5	227,8
Laju Alir 20 cm ³ /min					
1	Spesimen 1	454,9	470,9	496,7	474,17
2	Spesimen 2	534,8	509,8	614,8	553,13
3	Spesimen 3	517,8	569,7	598,9	562,13
Nilai Rata-rata					529,81
Laju Alir 40 cm ³ /min					
1	Spesimen 4	540,8	565,8	587	564,53
2	Spesimen 5	552,7	585,8	592,7	577,07
3	Spesimen 6	643,6	684,3	708,1	678,67
Nilai Rata-rata					606,76
Laju Alir 60 cm ³ /min					
1	Spesimen 7	607,5	653,2	667,1	642,60
2	Spesimen 8	574,1	581,1	598,1	584,43
3	Spesimen 9	659,8	687,3	688,9	678,67

Nilai Rata-rata	635,23
-----------------	--------



Grafik Hubungan Kadar Karbon dan Kekerasan

Berdasarkan grafik hubungan kadar karbon dan kekerasan dapat dilihat bahwa nilai kekerasan naik dari raw material yang memiliki nilai 227,80 HV dengan kadar karbon 9,7 %, rata-rata nilai kekerasan laju alir 20 cm³/min 529,81 HV dengan kadar karbon 15,925 %, rata-rata nilai kekerasan laju alir 40 cm³/min adalah 606,76 HV dengan kadar karbon 20,757 %, nilai rata-rata kekerasan laju alir 60 cm³/min adalah 635,23 HV dengan kadar karbon 21,812 %, kekerasan naik dari raw material ke laju alir 20 cm³/min sebesar 302,01 HV, dari laju alir 20 cm³/min ke 40 cm³/min naik sebesar 76,95 HV, dari laju alir 40 cm³/min ke 60 cm³/min naik sebesar 18,47 HV. Hal ini menyebabkan dapat disimpulkan bahwa berhasilnya carburizing yang telah dilakukan pada Fluized Bed Furnance dengan bukti bahwa meningkatnya kekerasan searah dengan meningkatnya kadar karbon yang terdapat pada spesimen

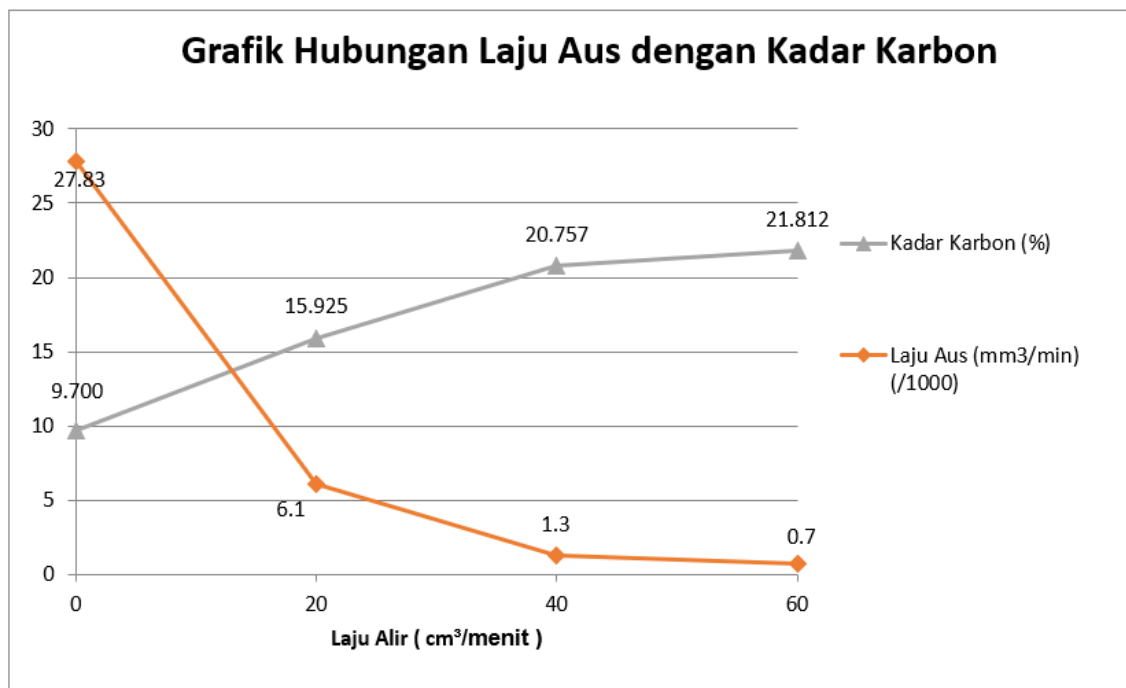
Berdasarkan hal tersebut dengan proses carburizing menggunakan media arang batok kelapa dicampurkan dengan limbah serbuk fotokopi dan kemudian di berikan variasi Laju Alir gas mampu meningkatkan nilai kekerasan pada baja AISI 1020 Setelah melalui proses carburizing dan Laju alir 60 cm³/min memberikan nilai kekerasan tertinggi pada Baja AISI 1020 Setelah dilakukan proses Carburizing

B. Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Pengujian Keausan

Tabel Hasil Pengujian Keausan

No	Kode Spesimen	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Berat yang hilang (gram)	Laju Aus (gram/min)	Volume Berat Yang Hilang (mm ³)
1.	Raw Material	201,01	199,34	1,67	0,02783	212,2
Laju Alir 20 cm ³ /min						
1.	Spesimen 1	199,01	198,63	0,38	0,0063	48,28
2.	Spesimen 2	187,4	187,13	0,27	0,0045	34,31
3.	Spesimen 3	201,5	201,06	0,44	0,0073	55,91
Rata rata				0,36	0,0061	46,17

Laju Alir 40 cm ³ /min						
1.	Spesimen 4	196,11	196,07	0,04	0,0007	5,08
2.	Spesimen 5	193,63	193,54	0,09	0,0015	11,44
3.	Spesimen 6	194,46	194,36	0,1	0,0017	12,71
Rata rata				0,08	0,0013	9,74
Laju Alir 60 cm ³ /min						
1.	Spesimen 1	191,64	191,59	0,05	0,0008	6,35
2.	Spesimen 2	201,58	201,53	0,05	0,0008	6,35
3.	Spesimen 3	199,76	199,73	0,03	0,0005	3,81
Rata rata				0,04	0,0007	5,51



Grafik Hubungan Kadar Karbon dengan Laju Keausan

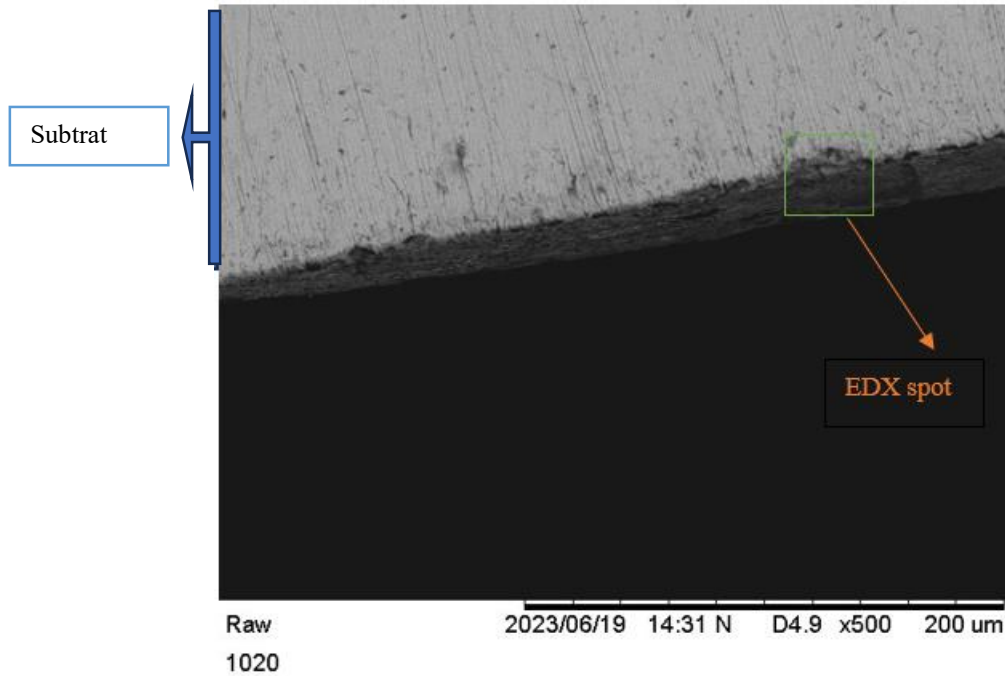
dapat dilihat bahwa rata-rata laju aus semakin berkurang dengan bertambah nya laju alir pada Fluized Bed Furnance dengan nilai laju alir raw material adalah 0,0278 gram/menit dengan kadar karbon 9,7%, nilai rata-rata laju alir 20 cm³/min adalah 0,0061 gram/menit dengan kadar karbon 15,925 %, nilai rata-rata laju alir 40 cm³/min adalah 0,0013 cm³/min dengan kaar karbon 20,757 %, nilai rata-rata laju alir 60 cm³/min adalah 0,0007 gram/menit dengan kadar karbon 21,812 %

Nilai rata-rata laju keausan dapat dilihat bahwa terjadi penurunan sebesar 0,0217 gram/min pada spesimen raw material ke laju alir 20 cm³/min, terjadi penurunan dengan nilai 0,0048 gram/min pada spesimen laju alir 20 cm³/min ke 40 cm³/min, terjadi penurunan dengan nilai 0,0006 gram/min pada laju alir 40 cm³/min ke 60 cm³/min, dengan demikian dapat dilihat

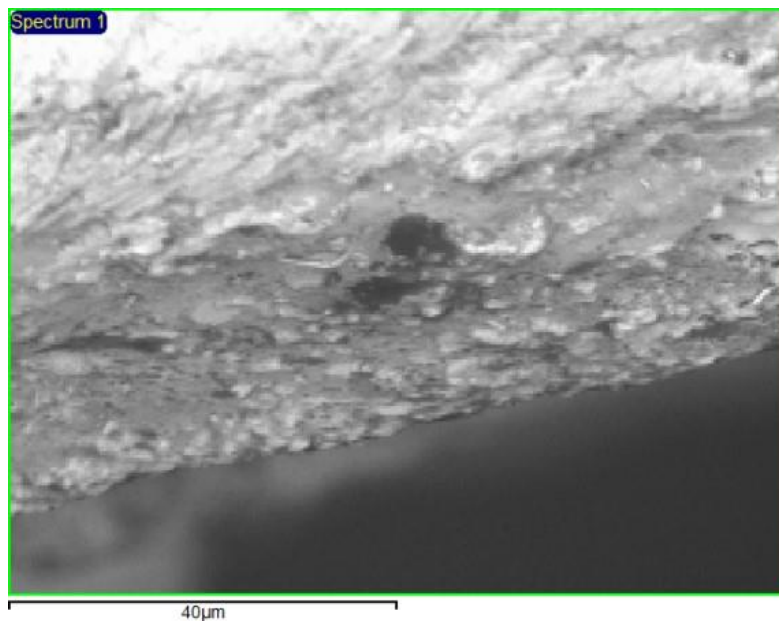
bahwa penurunan nilai laju aus searah dengan meningkatnya kadar karbon dan meningkatnya laju alir yang dipakai pada Fluized Bed Furnance

Berdasarkan hal tersebut dengan proses carburizing menggunakan media arang batok kelapa dicampurkan dengan limbah serbuk fotokopi dan kemudian di berikan variasi Laju Alir gas mampu meningkatkan nilai Ketahanan Aus pada baja AISI 1020 Setelah melalui proses carburizing dan Laju alir 60 cm³/min memberikan nilai Ketahanan Aus tertinggi pada Baja AISI 1020 Setelah dilakukan proses Carburizing

C. Pengolahan Data dan Pembahasan Hasil Pengujian SEM-EDX



Gambar SEM Raw Material



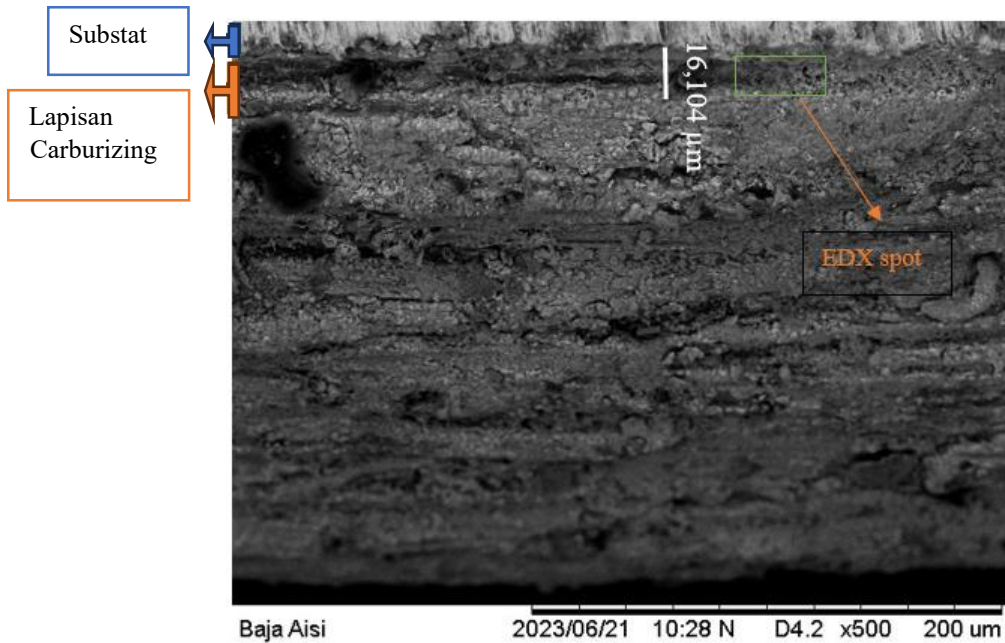
EDX spot raw material

Tabel Komposisi Raw Material

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	9.700	0.536	30.522

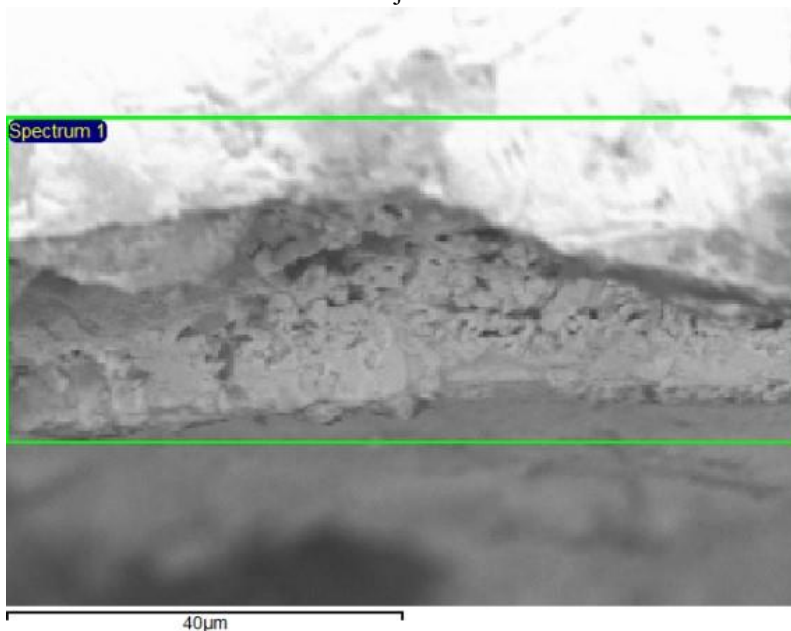
Karakteristik Proses Carburizing Menggunakan Serbuk Fotokopi Pada Baja Aisi 1050 Dengan Temperatur 800°C Terhadap Variasi Aliran Gas LPG

Aluminum	0.197	0.079	0.276
Silicon	0.541	0.079	0.727
Iron	89.563	0.560	68.474



Baja Aisi 2023/06/21 10:28 N D4.2 x500 200 um
1020 laju alir 10/20

Gambar SEM Laju Alir 20 cm³/min

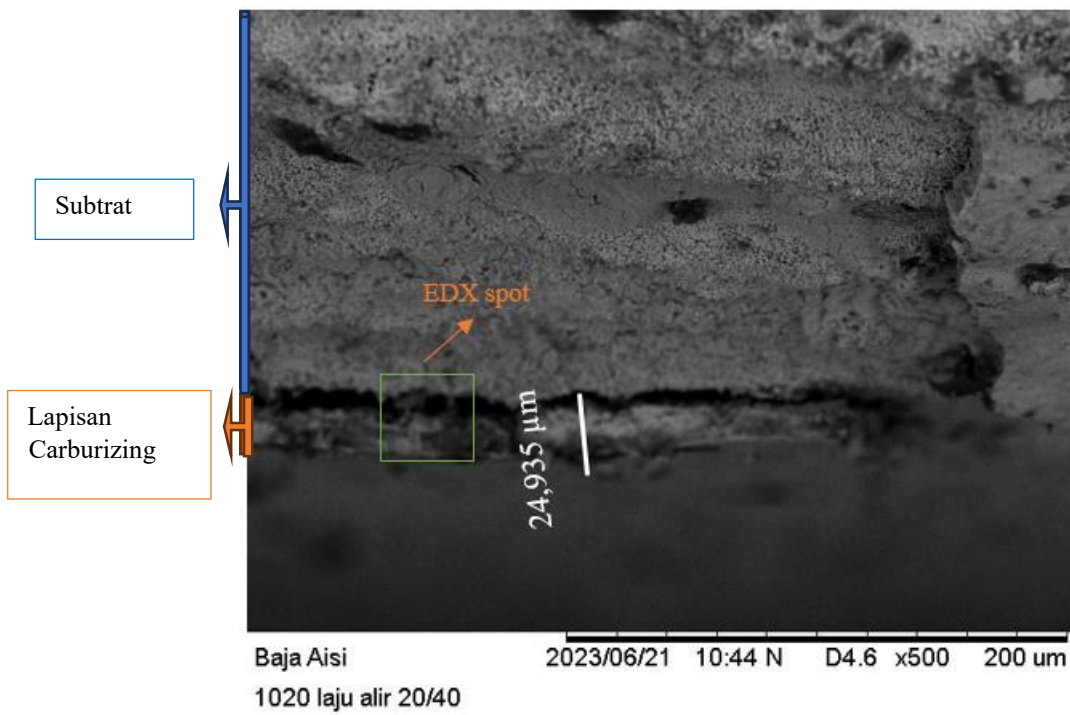


EDX spot laju alir 20 cm³/menit

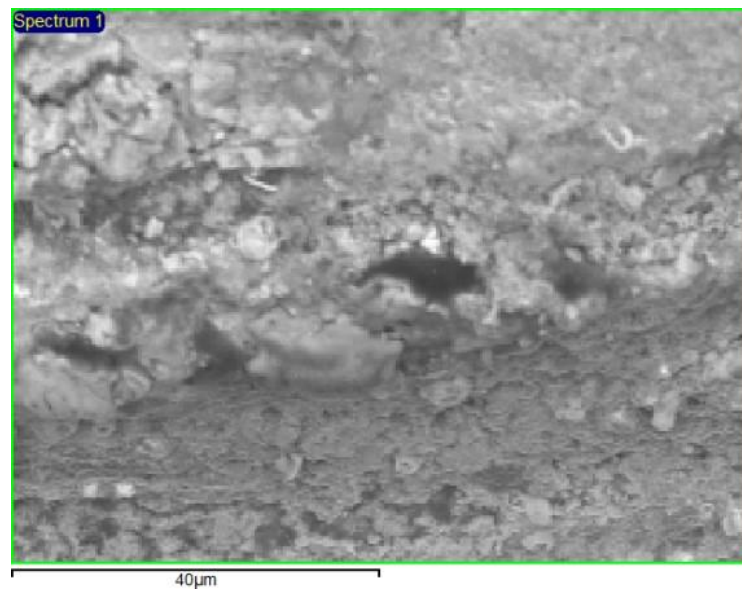
Tabel Komposisi Laju Alir 20 cm³/min

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
---------	----------	-------------------	----------

Carbon	15.925	0.458	37.315
Oxygen	15.212	0.309	26.759
Sodium	0.497	0.117	0.608
Magnesium	0.375	0.082	0.434
Silicon	1.129	0.072	1.131
Calcium	0.270	0.059	0.189
Manganese	0.598	0.124	0.306
Iron	65.994	0.470	33.257



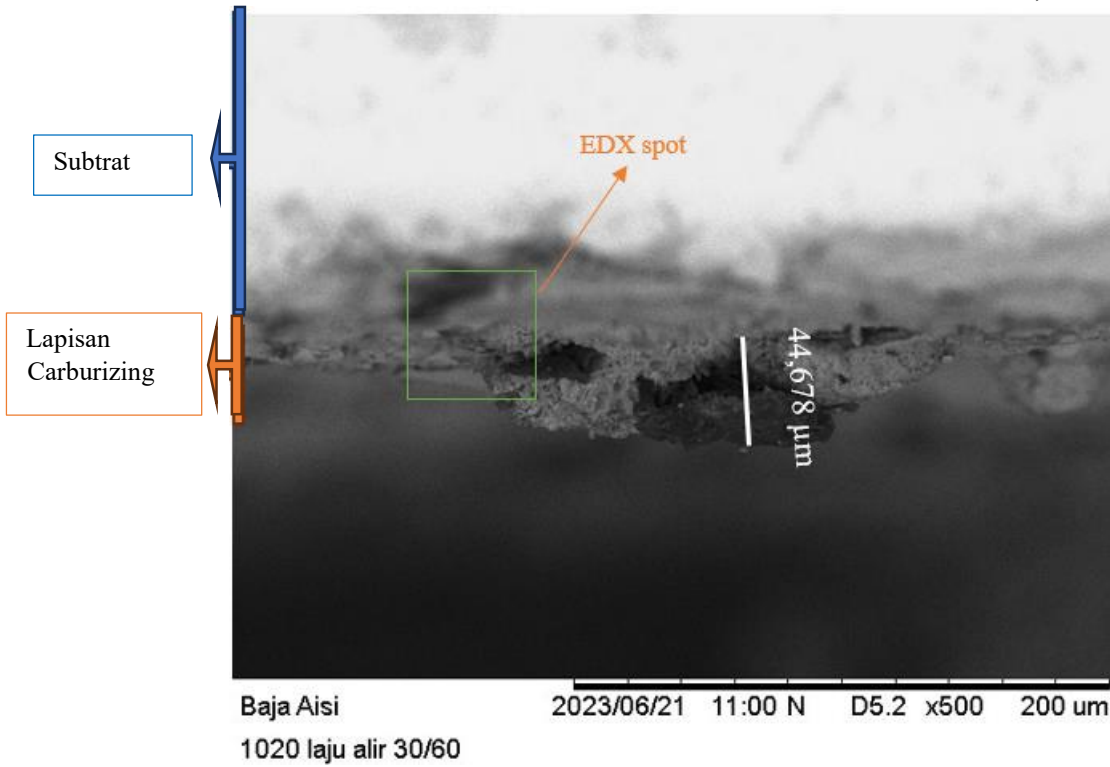
Gambar SEM Laju Alir 40 cm³/min



EDX spot laju alir 40 cm³/menit

Tabel Komposisi Laju Alir 40 cm³/min

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	20.757	0.400	40.158
Oxygen	25.501	0.262	37.039
Sodium	0.521	0.064	0.526
Silicon	1.971	0.052	1.631
Sulfur	0.241	0.040	0.175
Calcium	0.558	0.044	0.324
Iron	45.216	0.317	18.814
Zirconium	5.235	0.152	1.334



Gambar SEM Laju Alir 60 cm³/min

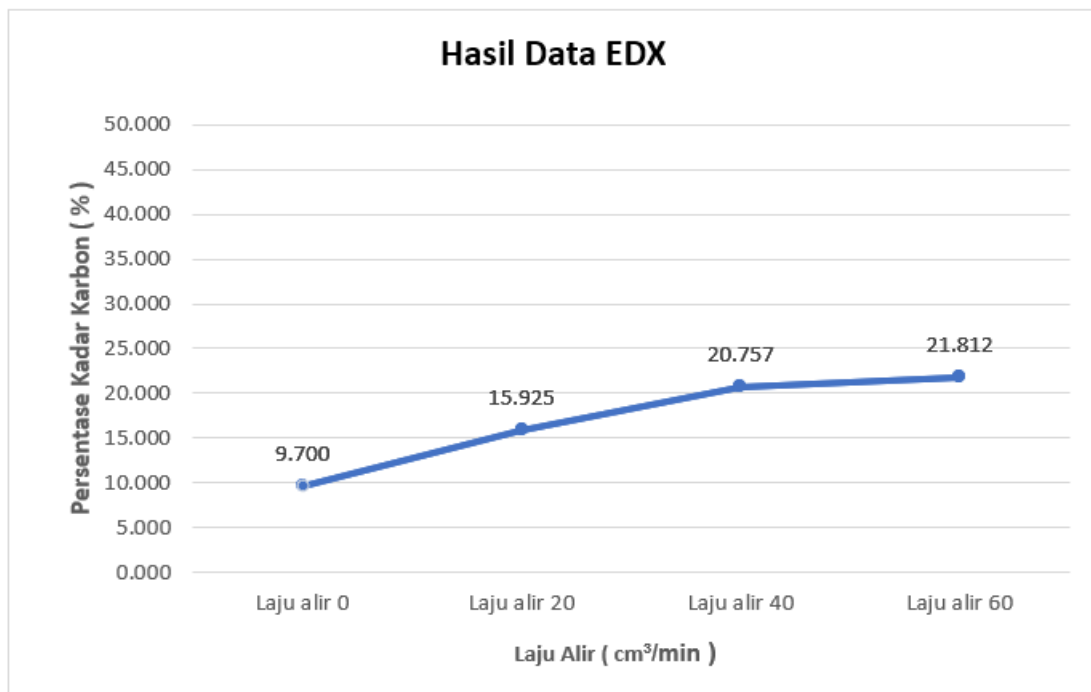


EDX spot laju alir 60 cm³/menit

Tabel Komposisi Laju Alir 60 cm³/min

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	21.812	0.410	41.874
Oxygen	20.472	0.230	30.922
Sodium	0.516	0.070	0.542
Magnesium	0.522	0.051	0.519
Aluminum	0.355	0.043	0.318

Silicon	1.757	0.050	1.512
Sulfur	0.381	0.041	0.287
Chlorine	0.230	0.038	0.157
Calcium	0.527	0.042	0.318
Iron	54.429	0.344	23.552



Grafik Hubungan Kadar Karbon dan Laju Alir

Dengan bertambahnya komposisi kadar karbon dan ketebalan lapisan Setelah melalui proses carburizing dan Laju alir 60 cm³/min memberikan nilai kekerasan dan ketahanan aus tertinggi pada Baja AISI 1020 Setelah dilakukan proses Carburizing dapat dilihat pada gambar 4.7 . kadar karbon yang terdapat pada raw material sebesar 9,7 % , laju alir 20 cm³/min sebesar 15,925 % dengan peningkatan kadar karbon sebesar 6,225 % peningkatan ini cukup signifikan, kadar karbon yang terdapat pada laju alir 40 cm³/min sebesar 20,757 dengan peningkatan kadar karbon sebesar 4,832 % peningkatan ini sedikit lebih kecil akan tetapi masih cukup signifikan, kadar karbon laju alir 60 cm³/min sebesar 1,055 % peningkatan ini kurang signifikan dikarenakan kurangnya tetapan pada saat penempatan dan pemasukan spesimen SEM EDX ke tungku Fluidized Bed Furnance, hal ini mengakibatkan kurangnya maksimalnya pelapisan karburasi yang dilakukan

KESIMPULAN

1. Pada pengujian kekerasan didapatkan hasil penambahan kekerasan searah dengan penambahan laju alir yang dipakai pada Fluidized Bed Furnance , dengan nilai kekerasan pada raw material adalah 227,80 HV , nilai rata-rata kekerasan laju alir 20 cm³/min adalah 529,80 HV , nilai rata-rata kekerasan laju alir 40 cm³/min 606,76 HV , nilai rata-rata kekerasan laju alir 60 cm³/min adalah 635,23 HV
2. Pada pengujian keausan didapatkan hasil penurunan laju aus berbalik arah dengan penambahan laju alir yang digunakan pada Fluidized Bed Furnance dengan nilai laju aus pada raw material adalah 0,0278 gram/menit , nilai rata-rata laju aus pada laju alir 20 cm³/min adalah 0,0061 gram/menit, nilai rata-rata laju aus pada laju alir 40 cm³/min adalah 0,0013 gram/menit , nilai rata-rata laju aus pada laju alir 60 cm³/min adalah 0,0007 gram/menit

3. Pada hasil SEM EDX didapat penambahan karbon searah dengan penambahan laju alir yang digunakan, dengan nilai karbon pada raw material 9,7 %, nilai karbon pada laju alir 20 cm³/min adalah 15.925 %, nilai karbon pada laju alir 40 cm³/min adalah 20.757 %, nilai karbon pada laju alir 60 cm³/min adalah sebesar 21.812 %

SARAN

Adapun saran dari peneliti ini untuk menyempurnakan penelitian yang akan datang sebagai berikut:

1. Pada proses carburizing perlu diperhatikan untuk penataan spesimen jika menempatkan lebih dari 1 spesimen dikarenakan hal itu sangat berpengaruh pada saat proses pemasukan karbon ke spesimen
2. Pada saat penggunaan Fluidized Bed Furnance perlu melakukan pengecekan suhu secara berkala karena Fluidized Bed Furnance sangat rawan untuk meledak dan ketika suhu menaik tidak konstan
3. Pada saat pemilihan media pengganti pada Fluidized Bed Furnance perlu diperhatikan untuk mengurangi bahan yang akan terbakar pada saat suhu tinggi seperti toner yang memiliki kandungan plastik karena akan menyebabkan resi dari bahan akanempel pada spesimen .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdulraoof Abdulrazzaq, M. (2016). Investigation The Mechanical Properties of Carburized Low Carbon Steel. Mohammed Abdulraoof Abdulrazzaq. Int. Journal of Engineering Research and Application Www.Ijera.Com, 6(2), 59–65. www.ijera.com
- [2] Amanto, H., & Daryanto. (2003). Ilmu Bahan. Bumi Aksara.
- [3] Azhari, S. K. (2016). Studi Ekperimen Dan Analisa Laju Keausan Pada Material Alternatif Dengan Pelumasan Pasta Pada Rotary Valve Mesin Pembuat Pasta. Its, 25–34.
- [4] Cahyadi, R., Oktadinata, H., & Sadiana, R. (2020). Analisis Laju Keausan Baja Suj2 Hasil Variasi Temperatur Tempering Untuk Aplikasi Ball Bearing. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 7(2), 79–86. <https://doi.org/10.33558/jitm.v7i2.1914>
- [5] Fahreza, M. I., Fakhriza, & Hamdani. (2017). Analisa Pengaruh Waktu Penahanan Terhadap Nilai Kekerasan Baja AISI 1050 Dengan Metode Pack Carburizing. Jurnal Mesin Sains Terapan , Vol. 1(1), 52–56.
- [6] Harton, S. G. & S. B. (2015). Analisis pengaruh media. 15(2), 52–59.
- [7] Helmita, Rifai, H., & Dwiridal, L. (2022). Characterization and Identification of Magnetic Mineral Content in Industrial Dry Ink (Toner). Journal of Physics: Conference Series, 2309(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2309/1/012014>
- [8] Kirono, S., & Amri, A. (2013). Pengaruh Tempering Pada Baja St 37 Yang Mengalami Karburasi Dengan Bahan Padat Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta, C, 1–10.
- [9] Kuswanto, B. (2010). Perlakuan Pack Carburizing Pada Baja Karbon Rendah Sebagai Material Altrenatif Untuk Pisau Potong Pada Penerapan Teknologi Tepat Guna. Prosiding SNST Fakultas Teknik, 1(1), 20–24. https://www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/198
- [10] Lesmanah, U., Marsyahyo, E., & Vitasari, P. (2013). Optimasi Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Baja St 50 Dengan Perlakuan Gas Carburizing Variasi Holding Time Untuk Peningkatan Mutu Baja. Jurnal Mekanikal, 4(2), 366–375.
- [11] Manurung, V., Wibowo, Y., & Baskoro, S. (2020). Panduan Metalografi. LP2m Politeknik Manufaktur Astra.
- [12] Mersilia, A., Karo, P. K., & Iman Supriyatna, Y. (2016). Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Garam dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135. JURNAL Teori Dan Aplikasi Fisika, 4(02), 175–180.
- [13] Nascimento, F. R. M., González, A. M., Silva Lora, E. E., Ratner, A., Escobar Palacio, J. C., & Reinaldo, R. (2021). Bench-Scale Bubbling Fluidized Bed Systems Around The World - Bed Agglomeration And Collapse: A Comprehensive Review. International Journal of Hydrogen Energy, 46(36), 18740–18766. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.03.036>
- [14] Nasution, M. N. (2020). Analisis Ekerasan Dan Struktur Mikro Baja Aisi 1020 Terhadap Perlakuan Carburizing Dengan Arang Batok Kelapa. Buletin Utama Teknik, 15(2), 165–173.
- [15] Nur, H. (2017). Pengaruh Penggunaan Media Pendingin Air Garam, Air Tawar, dan Air Asam pada Perlakuan Panas terhadap Kekerasan Baja ST 60. Teknik Mesin" TEKNOLOGI", 1–11. <https://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/view/7480%0Ahttps://ojs.unm.ac.id/teknologi/article/viewFile/7480/4351>
- [16] Permana, T. S. G., & Rumendi, U. (2018). Analisa Uji Keausan Material St 37 Hasil Carburizing Dan Hardening Dengan Menggunakan Mesin Uji Keausan Horizontal. Steman, April, 1–5.
- [17] Rahardjo, T. (2008). Proses Nitriding Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Permukaan Material Dies. Jurnal Flywheel, 1(2), 50–60.

- [18] Scheuer, C. J., Cardoso, R. P., Mafra, M., & Brunatto, S. F. (2021). Effects of the voltage and pressure on the carburizing of martensitic stainless steel in pulsed DC glow discharge. *Materials Research*, 24(6), 22–24. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2021-0154>
- [19] Sembiring, M. T., & Sinaga, T. S. (2003). Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatannya). *USU Digital Library*, 1–9.
- [20] Sujana, & Widi. (2016). Serbuk Alumina Sebagai Katalis Didalam Reaktor Fluidised Bed. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 7, 58–66.
- [21] Sukarno, N. A., & Azis, A. (2023). Pengaruh Lapisan Ni-Cr Pada Baja Aisi 4140 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Dengan Plasma Sputtering. 3(1), 20–24.
- [22] Totten, G. E., Bates, C. E., & Clinton, N. A. (1993). *Handbook of quenchants and quenching technology*. ASM international.
- [23] Wicaksono, N. P., & Purboputro, I. P. I. (2021). Analisa Proses Carburizing Dengan Variasi Waktu Tahan 15, 30, 45, 60 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon St 60. http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/91017%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/91017/1/NASKAH_PUBLIKASI_ILMIAH.pdf
- [24] Widi, K. A., Wardana, I., Suprpto, W., & Irawan, Y. S. (2016). The role of diffusion media in nitriding process on surface layers characteristics of AISI 4140 with and without hard chrome coatings. *Tribology in Industry*, 38(3), 308–317.
- [25] Yuliusman. (2015). Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa sawit dengan bahan pengaktif koh dan gas N₂ / CO₂. *Seminar Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA)*, June, 978–979.