

KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1050 MENGGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOCOPY DAN ARANG BATOK KELAPA PADA TEMPERATUR 700°C TERHADAP VARIASI LAJU ALIRAN GAS

A.D. Hartanto¹, K.A. Widi², T. A. Sutrisno³

Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia

Email: andredianhartan21@gmail.com

ABSTRAK

Proses perlakuan panas yang dikenal sebagai karburisasi melibatkan difusi unsur karbon ke permukaan logam atau non-logam pada temperatur tertentu untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya. Proses karburisasi biasanya diikuti dengan perlakuan pendinginan cepat untuk meningkatkan kekerasan logam, yang membuat permukaannya lebih tahan aus. Proses di atas digunakan untuk material penelitian ini, yang merupakan baja karbon menengah AISI 1050. Penelitian ini juga menggunakan dapur bed fluidized. Selain itu, arang batok kelapa dan limbah serbuk fotocopy digunakan sebagai media, dan laju aliran gas LPG digunakan sebagai variabel. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui kekerasan, berat yang hilang, laju aus, volume berat yang hilang, tebal lapisan, dan bahan yang terkandung dalam lapisan yang terbentuk oleh proses karburisasi menggunakan media arang batok kelapa. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan tiga pengujian berupa pengujian mikrovickers untuk mengamati kekerasan dengan satuan HV, pengujian keausan menggunakan tribometer pin on disc untuk mengamati berat yang hilang, laju aus, dan volume berat yang hilang dengan satuan gram dan gram/menit, serta pengujian SEM-EDX untuk mengetahui unsur yang terkandung dan tebal lapisan dengan satuan mm atau μm . Penelitian ini akan memberikan informasi mengenai metode karburisasi menggunakan media campuran limbah serbuk fotocopy dan arang batok kelapa.

Kata Kunci : Karburisasi, Laju Aliran, Kekerasan, *Pin On Disc*, SEM-EDX.

ABSTRACT

The heat treatment process known as carburization involves the diffusion of elemental carbon onto the surface of a metal or non-metal at a certain temperature to improve its physical and mechanical properties. The carburizing process is usually followed by a rapid cooling treatment to increase the hardness of the metal, which makes the surface more wear-resistant. The above process was used for this research material, which is AISI 1050 medium carbon steel. This study also used a fluidized bed kitchen. In addition, coconut shell charcoal and photocopy powder waste are used as the medium, and LPG gas flow rate is used as variable. The main purpose of this study was to determine the hardness, weight lost, wear rate, volume of weight lost, layer thickness, and the material contained in the layer formed by the carburizing process using coconut shell charcoal media. To achieve this goal, three tests were carried out in the form of microvickers testing to observe hardness with HV units, wear testing using a pin on disc tribometer to observe lost weight, wear rate, and lost weight volume in grams and grams / minute, and SEM-EDX testing to determine the elements contained and layer thickness in mm or μm units. This research will provide information about the carburizing method using mixed media of photocopy powder waste and coconut shell charcoal.

Keywords: Carburization, Flow Rate, Hardness, Pin On Disc, SEM-EDX.

PENDAHULUAN

Pada masa kini, logam merupakan salah satu material yang banyak digunakan diberbagai bidang kehidupan manusia, terutama dalam bidang konstruksi dan industri. Sedangkan dalam bidang industri logam dimanfaatkan sebagai material dasar untuk konstruksi mesin, konstruksi alat berat, serat konstruksi berbagai moda transportasi, baik darat, laut maupun udara. Baja merupakan material paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur

penguat. Kandungan utama dalam baja adalah Besi (Fe) dengan kadar 97% Karbon (C) dengan kadar 0,2% hingga 2,1%, serta unsur paduan lainnya seperti Mangan (Mn), Krom (Cr), Vanadium (V), Nikel (Ni), Silikon (Si), Tembaga (Cu), Sulfur (S), Fosfor (P) dan lainnya dengan jumlah yang dibatasi dan berbeda-beda (Riadi, 2019).

Namun, dalam proses pemanfaatan baja, ada sifat-sifat unggul yang diperlukan tetapi tidak dimiliki atau tidak cukup baik dalam baja tertentu. Untuk mendapatkan sifat unggul tersebut, salah satu cara yang dapat digunakan adalah proses heat treatment. Heat treatment atau perlakuan panas merupakan salah satu metode untuk mengubah sifat mekanik dari baja. Metode perlakuan panas ini dapat dilakukan dengan cukup mudah dan dengan biaya yang rendah karena tidak memerlukan adanya pemaduan unsur logam. Perlakuan panas yang dilakukan pada baja akan mengubah sifat mekaniknya dari segi kekerasan, keuletan, ketangguhan tergantung dari metode yang diaplikasikan pada baja,

Dalam proses perlakuan panas, salah satu alat yang paling umum digunakan adalah furnace, dimana furnace berfungsi untuk memanaskan material. Teknologi Fluidized Bed saat ini telah dimanfaatkan untuk proses perlakuan termokimia gas dalam menghasilkan kekerasan permukaan baja dan besi cor. Serbuk alumina dimanfaatkan sebagai media pada teknologi ini bertujuan untuk meningkatkan transfer panas dari dinding dapur menuju ke spesimen dengan demikian akan menghasilkan peningkatan kualitas pengeras permukaan.

Carburizing atau karburisasi merupakan salah satu bentuk metode yang termasuk dalam perlakuan panas, yang juga memanfaatkan teknologi fluidized bed furnace. Karburisasi merupakan proses penambahan unsur karbon (C) pada baja melalui proses pemanasan pada suhu austenitnya. Karbon yang ditambahkan ke dalam material ini, pada umumnya didapatkan melalui serbuk alumina, namun pada penelitian ini, memanfaatkan campuran antara arang batok kelapa dan limbah serbuk fotocopy sebagai pengganti serbuk alumina. Pemanfaatan arang batok kelapa dan limbah serbuk fotocopy ini didasari oleh kemungkinan adanya kandungan karbon aktif yang diduga dapat menjadi alternatif pengganti serbuk alumina. Selain karena kandungannya, pemanfaatan ini juga bertujuan untuk mengurangi limbah yang dihasilkan dalam proses fotocopy.

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Carburizing*

Carburizing atau karburisasi merupakan suatu proses perlakuan panas termokimia yang bertujuan untuk menambahkan kadar karbon pada bagian permukaan baja menggunakan suhu tinggi agar dapat meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus baja. Proses karburisasi ini bervariasi berdasarkan dengan media yang digunakan, seperti padatan, gas, cairan, serta plasma. Hasil dari proses ini adalah permukaan baja yang mengalami pengerasan serta peningkatan nilai kekerasan berdasarkan baja yang digunakan serta peningkatan kadar karbon pada permukaan.

B. *Fluidized Bed Furnace*

Fluidized Bed Furnace merupakan tungku yang dapat digunakan dalam proses karburisasi. Tungku tersebut dapat berbentuk persegi panjang maupun silinder panjang yang berfungsi sebagai ruang reaksi untuk distribusi gas ke perapian atau penyediaan ruang ledakan. Perapian dirancang sebagai penyedia distribusi ledakan di atas penampang seluruh ruang reaksi. Butiran padatan tersuspensi, terbentuk dari gas yang mengalir dan membentuk grid didalam tungku dengan interaksi antar bahan terjadi dalam wujud solid dan gas. *Heat exchanger* dipasang di area *fluidized* untuk proses pemanasan dalam *bed* selama proses pembakaran (eksotermik) atau memasok panas ke dalam *fluidized bed* selama proses pengurangan (endotermik).

Di dalam *fluidized bed furnace*, gas dan material berinteraksi dengan lebih efektif dengan prosuk akhir yang dihasilkan lebih seragam. Proses didalam tungku ini dibuat dengan lebih intensif serta terotomatisasi. Tungku ini dapat digunakan pada proses *carburizing*, *nitriding*, *nitrocarburizing*, *carbonitriding*, *normalizing* serta *annealing*.

C. Uji Keausan *Pin On Disc*

Uji *pin on disc* merupakan pengujian yang dilakukan pada suatu material dengan tujuan untuk mengetahui laju aus suatu material. Pengujian dilakukan dengan penggesekan material menggunakan *pin*, dengan material yang digunakan berbentuk *disc* yang diputar pada kecepatan tertentu dengan diberikan pemberat dan dalam jangka waktu yang diinginkan.

D. Uji Kekerasan *Micro Vickers*

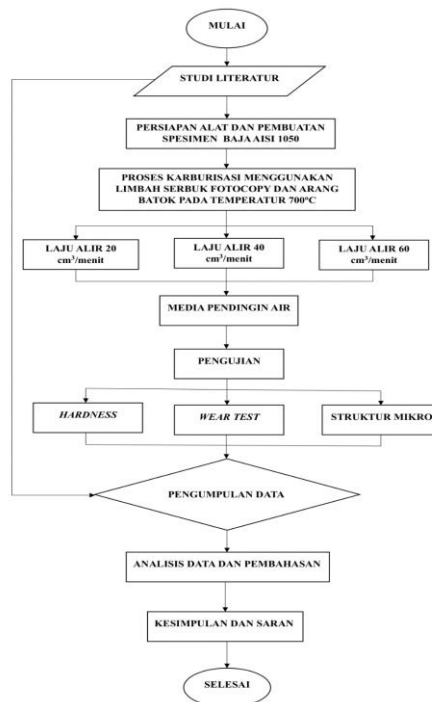
Uji *micro vickers* adalah pengujian yang menggunakan suatu indentor berbentuk bola baja, kerucut intan, maupun piramid yang ditekan pada permukaan material uji dengan tujuan untuk mengetahui kekerasan dari suatu material.

E. Uji SEM-EDX

Pengujian SEM-EDX bertujuan untuk mendapatkan tampilan visual dari permukaan suatu material (SEM) serta untuk mengetahui komposisi suatu material pada area tertentu (EDX).

METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian menggunakan mesin *fluidized bed furnace* dengan perlakuan karburisasi menggunakan media campuran limbah serbuk fotocopy dan arang batok kelapa dengan variasi laju aliran 20 cm³/min, 40 cm³/min, dan 60 cm³/min. Waktu penahanan yang digunakan adalah 60 menit, dengan media *quenching* berupa air. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan *microvickers*, pengujian keausan *pin on disc*, dan pengujian SEM-EDX. Standar pengujian yang digunakan secara berurutan adalah ASTM E384, ASTM G99, dan ASTM D 1002.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan Maret 2023 hingga Agustus 2023. Proses pembuatan spesimen dilaksanakan di Laboratorium Metalurgi dan Permesinan BBPPMPV-BOE Malang. Proses karburisasi, pengujian dan pengambilan data keausan dilaksanakan di Laboratorium Material, Institut Teknologi Nasional Malang. Pengujian dan pengambilan data kekerasan dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan, Politeknik Negeri Malang. Pengujian dan pengambilan data SEM-EDX dilaksanakan di Laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilaksanakan dengan tujuan mengetahui pengaruh carburizing dengan variasi laju alir terhadap kekerasan material dibandingkan raw material. Pengujian kekerasan menggunakan metode *Microvickers* dengan force yang digunakan sebesar 100 gf. Waktu load selama 4 second, waktu duration 8 second, dan waktu unload selama 2 second. Berikut data hasil pengujian kekerasan.

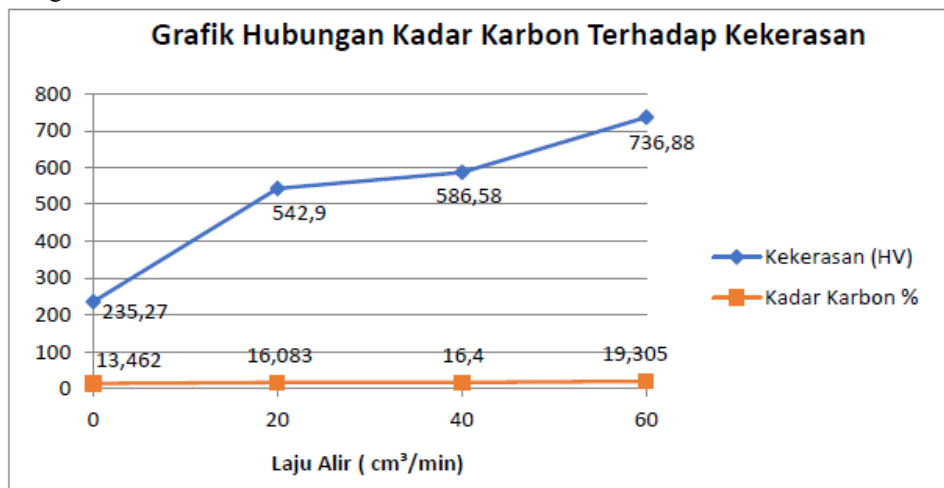
Tabel 1 Tabel Hasil Pengujian Kekerasan *Microvickers*

Variasi Laju Alir	Spesimen	Titik Pengujian			Nilai Rata-rata (HV)
		Titik A	Titik B	Titik C	
Raw Material	1	232,1	235,5	238,2	235,27
Laju Alir 20 cm ³ /min	1	454,6	444	509,2	469,27
	2	568,7	530,2	634,4	577,77
	3	652,3	543,3	549,4	581,67
Rata-rata					542,90

Laju Alir 40 cm ³ /min	1	667,2	534,6	599	600,27
	2	619,6	509,2	584,7	571,17
	3	581,4	544,3	639,2	588,30
Rata-rata					586,58
Laju Alir 60 cm ³ /min	1	820,3	804,7	740,9	788,63
	2	700,1	839,2	607,2	715,50
	3	740	652	727,5	706,50
Rata-rata					736,88

Berdasarkan tabel nilai kekerasan, kekerasan raw material meningkat sebesar 130,76% setelah mengalami proses karburisasi pada laju alir 20 cm³/min. Terjadi peningkatan nilai kekerasan juga sebesar 8,05% pada laju alir 40 cm³/min jika dibandingkan dengan nilai kekerasan laju air 20 cm³/min, namun bila dibandingkan dengan raw material, terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 149,32%. Terakhir, terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 25,62% pada laju alir 60 cm³/min jika dibandingkan dengan nilai kekerasan laju alir 40 cm³/min, namun bila dibandingkan dengan raw material terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar 213,21%.

Untuk kadar karbon raw material meningkat sebesar 19,74% setelah mengalami proses karburisasi pada laju alir 20 cm³/min. Terjadi peningkatan kadar karbon juga sebesar 1,97% pada laju alir 40 cm³/min jika dibandingkan dengan laju alir 20 cm³/min, namun bila dibandingkan dengan kadar karbon raw material terjadi peningkatan 21,82%. Terakhir, terjadi peningkatan kadar karbon pada laju alir 60 cm³/min sebesar 17,71% jika dibandingkan dengan laju alir 40 cm³/min, namun bila dibandingkan dengan kadar karbon raw material sebesar 43,40%.



Gambar 2 Grafik Hubungan Kadar Karbon Terhadap Nilai Kekerasan

Grafik menunjukkan bahwa proses karburisasi pada laju aliran tertentu memiliki pengaruh terhadap peningkatan kekerasan dan kadar karbon pada permukaan material. Semakin tinggi laju aliran, peningkatan kekerasan dan kadar karbon material cenderung lebih besar. Proses karburisasi pada laju aliran 60 cm³/min memberikan hasil yang paling signifikan dalam meningkatkan kekerasan dan kadar karbon jika dibandingkan dengan kondisi awal raw material, laju aliran 20 cm³/min, dan laju aliran 40 cm³/min. Dimana nilai kekerasan material pada laju aliran 60 cm³/min sebesar 736,88 HV serta kadar karbon material sebesar 19,305%

B. Analisa Hasil Pengujian Keausan

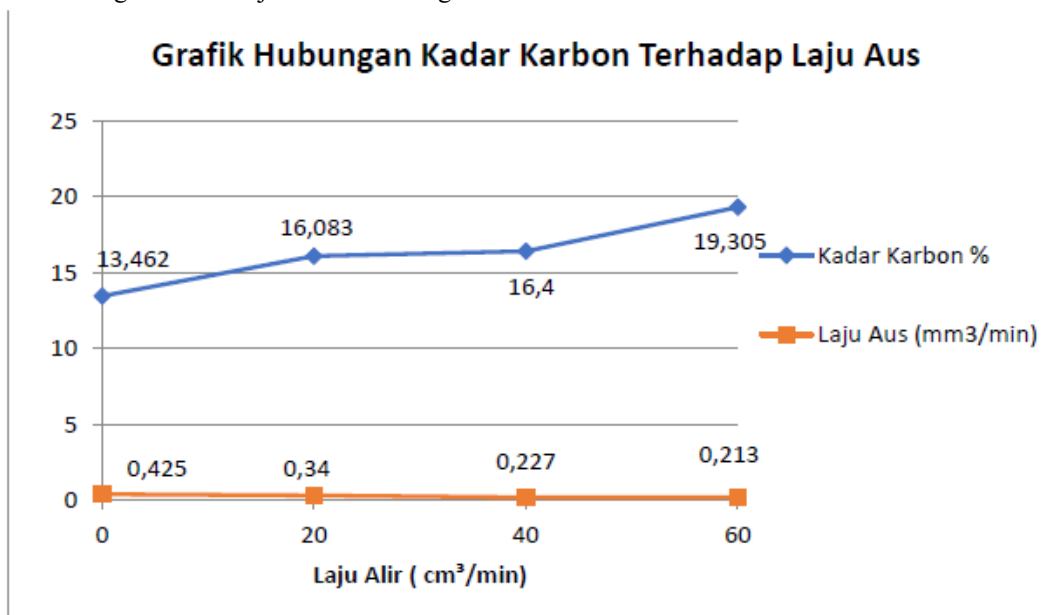
Pengujian keausan ini dilaksanakan dengan tujuan mengetahui pengaruh carburizing dengan variasi laju alir terhadap keausan material dibandingkan raw material. Pengujian keausan menggunakan metode Tribometer Pin On Disc dilakukan di Laboratorium Material, Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang dengan beban yang digunakan sebesar 8 kg, rpm sebesar 250 rpm, dan durasi pengujian selama 60 menit. Hasil dari pengujian kekerasan didapatkan nilai berat yang hilang, laju keausan, dan volume berat yang hilang.

Tabel 2 Tabel Hasil Pengujian Keausan Pin On Disc

Variasi Laju Alir	Spesimen	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Berat yang Hilang (Gram)	Volume Keausan (mm ³)	Laju Aus (Gram/min)
Raw Material	1	202,26	202,06	0,2	0,255	0,0033

Laju Alir 20 cm ³ /min	1	202,47	202,37	0,1	0,0128	0,0017
	2	201,36	201,1	0,26	0,0332	0,0043
	3	204,25	204,13	0,12	0,0153	0,002
Rata-rata				0,16	0,0204	0,0027
Laju Alir 40 cm ³ /min	1	204,21	204,03	0,18	0,0230	0,003
	2	209,64	209,6	0,04	0,0051	0,0007
	3	204,95	204,85	0,1	0,0128	0,0017
Rata-rata				0,11	0,0136	0,0018
Laju Alir 60 cm ³ /min	1	203,74	203,57	0,17	0,0217	0,0028
	2	201,81	201,75	0,06	0,0077	0,001
	3	202,1	202,03	0,07	0,0089	0,0012
Rata-rata				0,1	0,0128	0,0017

Terlihat dari tabel 2 bahwa telah mendapatkan nilai laju aus dari data pengurangan berat yang telah dilakukan, dengan menggunakan rumus dari laju keausan yaitu $W = \frac{v_i - v_t}{t} = \frac{\Delta v}{t}$ yang merupakan rumus yang ada pada spesimen ASTM G 99 (Cahyadi et al., 2020) dilanjutkan dengan rumus berikut $Volume\ loss = \frac{mass\ loss}{Density} \times 1000$ untuk mengubah satuan laju aus dari satuan berat dibagi waktu menjadi volume dibagi waktu



Gambar 3 Grafik Hubungan Kadar Karbon Terhadap Laju Aus

Dari data hasil pengujian keausan didapat grafik rata-rata untuk berat yang hilang, laju aus, dan volume berat yang hilang. Gambar 3 diatas merupakan grafik hubungan laju keausan terhadap kadar karbon. Dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai rata-rata laju keausan pada proses pengujian keausan. Nilai laju aus *raw material* turun sebesar 18,92% setelah mengalami proses karburisasi pada laju alir 20 cm³/min. Terjadi penurunan nilai laju aus juga sebesar 33,33% pada laju alir 40 cm³/min jika dibandingkan dengan nilai laju aus pada laju air 20 cm³/min, namun bila dibandingkan dengan *raw material*, terjadi penurunan nilai laju aus sebesar 45,95%. Terakhir, terjadi penurunan nilai laju aus sebesar 5,56% pada laju alir 60 cm³/min jika dibandingkan dengan nilai laju aus pada laju alir 40 cm³/min, namun bila dibandingkan dengan *raw material* terjadi peningkatan nilai laju aus sebesar 48,95%.

Untuk kadar karbon *raw material* meningkat sebesar 19,74% setelah mengalami proses karburisasi pada laju alir 20 cm³/min. Terjadi peningkatan kadar karbon juga sebesar 1,97% pada laju alir 40 cm³/min jika dibandingkan dengan laju alir 20 cm³/min, namun bila dibandingkan dengan kadar karbon *raw material* terjadi peningkatan 21,82%. Terakhir, terjadi peningkatan kadar karbon pada laju alir 60 cm³/min sebesar 17,71% jika dibandingkan dengan laju alir 40 cm³/min, namun bila dibandingkan dengan kadar karbon *raw material* sebesar 43,40%.

Grafik menunjukkan bahwa proses karburisasi pada laju aliran tertentu memiliki pengaruh terhadap penurunan laju aus dan peningkatan kadar karbon pada permukaan material. Semakin tinggi laju aliran, penurunan laju aus dan peningkatan kadar karbon material cenderung lebih besar. Proses karburisasi pada laju aliran 60 cm³/min memberikan hasil yang paling signifikan dalam menurunkan nilai laju aus dan meningkatkan kadar karbon jika dibandingkan dengan kondisi awal raw

material, laju aliran 20 cm³/min, dan laju aliran 40 cm³/min. Dimana nilai laju aus material pada laju aliran 60 cm³/min sebesar 0,0017 mm³/menit serta kadar karbon material sebesar 19,305%.

Penurunan nilai laju aus material tersebut berbanding lurus dengan peningkatan nilai kekerasan dan kadar karbon material pada laju aliran 60 cm³/min dimana nilai laju aus sebesar 0, 0017 mm³/menit, nilai kekerasan sebesar 736,88 HV dan kadar karbon material sebesar 19,305%. Dengan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa penurunan laju aus tersebut berkaitan dengan terjadinya peningkatan nilai kekerasan pada material.

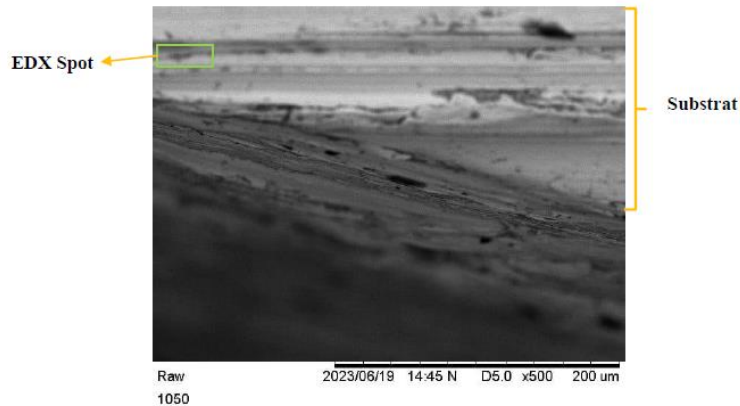
C. Analisa Hasil Pengujian SEM-EDX

Pengujian SEM-EDX ini dilaksanakan dengan tujuan mengetahui pengaruh carburizing dengan variasi laju alir terhadap struktur mikro dan komposisi material terutama jumlah karbon jika dibandingkan dengan raw material.

Berikut adalah analisa dari hasil pengujian keausan dengan metode *pin on disc* yang dilakukan di Laboratorium Bio Sains, Universitas Brawijaya.

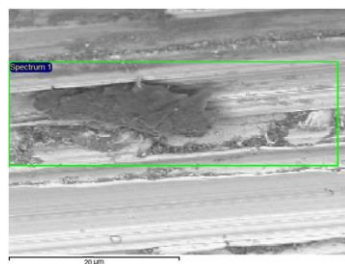
1. Analisa Data Pengujian SEM-EDX *Raw Material*

SEM



Gambar 4 Gambar SEM Perbesaran 500x *Raw Material* Baja AISI 1050

EDX

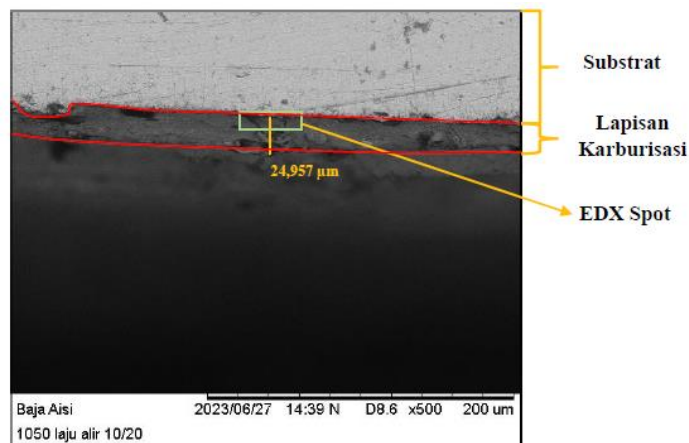


Gambar 5 EDX Spot *Raw Material* Baja AISI 1050

Tabel 3 Tabel Komposisi *Raw Material* Baja AISI 1050

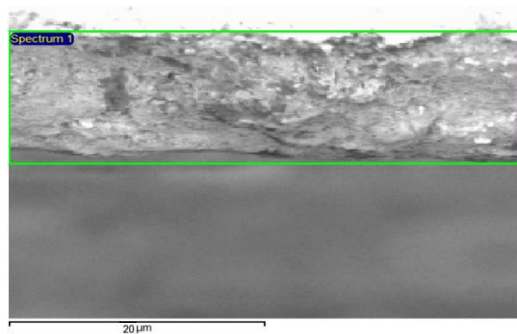
Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	13.482	0.455	33.700
Oxygen	13.783	0.290	25.866
Sodium	0.651	0.117	0.850
Silicon	1.296	0.075	1.385
Calcium	0.672	0.068	0.503
Iron	70.116	0.466	37.695

2. Analisa Data Pengujian SEM-EDX Laju Aliran 20 cm³/min
SEM



Gambar 6 Gambar SEM Perbesaran 500x Spesimen Laju Aliran 20 cm³/min

EDX

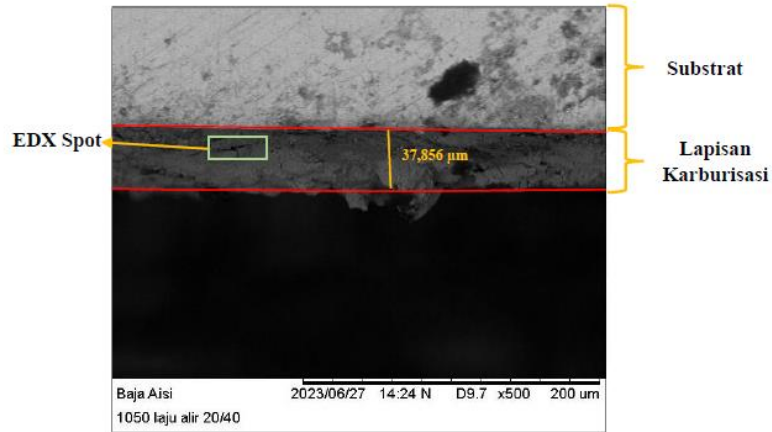


Gambar 7 EDX Spot Spesimen Laju Aliran 20 cm³/min

Tabel 4 Tabel Komposisi Spesimen Laju Aliran 20 cm³/min

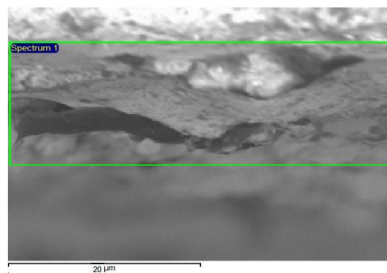
Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	16.083	0.322	33.581
Oxygen	24.548	0.307	38.479
Sodium	0.500	0.076	0.545
Aluminum	0.168	0.043	0.156
Silicon	1.721	0.052	1.537
Calcium	0.552	0.043	0.345
Chromium	0.349	0.061	0.168
Manganese	0.638	0.087	0.291
Iron	55.442	0.336	24.897

3. Analisa Data Pengujian SEM-EDX Laju Aliran 40 cm³/min SEM



Gambar 8 Gambar SEM Perbesaran 500x Spesimen Laju Aliran 20 cm³/min Laju Aliran 40 cm³/min

EDX

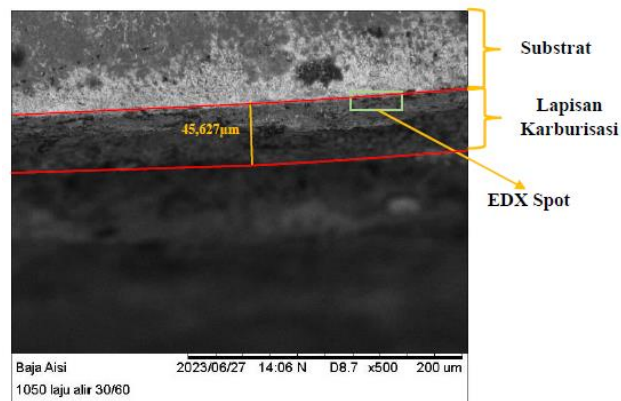


Gambar 9 EDX Spot Spesimen Laju Aliran 40 cm³/min

Tabel 5 Tabel Komposisi Spesimen Laju Aliran 40 cm³/min

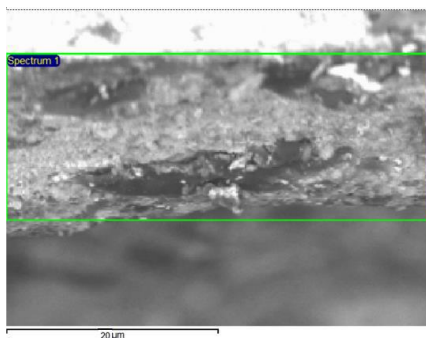
Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	16.400	0.336	33.896
Oxygen	25.094	0.248	38.937
Sodium	0.601	0.081	0.649
Silicon	1.288	0.054	1.138
Sulfur	0.311	0.045	0.241
Calcium	0.625	0.049	0.387
Iron	55.681	0.318	24.751

4. Analisa Data Pengujian SEM-EDX Laju Aliran 60 cm³/min SEM



Gambar 10 Gambar SEM Perbesaran 500x Spesimen Laju Aliran 20 cm³/min Laju Aliran 60 cm³/min

EDX

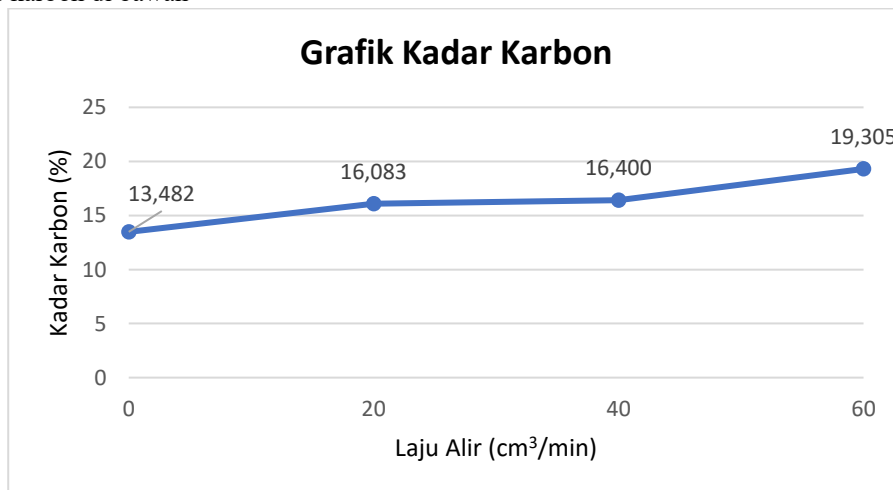


Gambar 11 EDX Spot Spesimen Laju Aliran 60 cm³/min

Tabel 6 Tabel Komposisi Spesimen Laju Aliran 60 cm³/min

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	16.400	0.336	33.896
Oxygen	25.094	0.248	38.937
Sodium	0.601	0.081	0.649
Silicon	1.288	0.054	1.138
Sulfur	0.311	0.045	0.241
Calcium	0.625	0.049	0.387
Iron	55.681	0.318	24.751

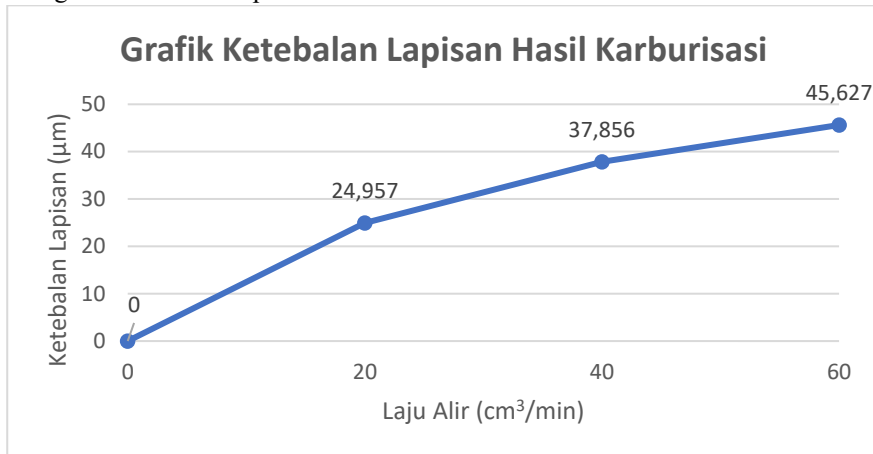
Dari data hasil penelitian menunjukkan hasil SEM-EDX baja AISI 1050 setelah diberi perlakuan *carburizing* unsur C mengalami kenaikan. Peningkatan kadar unsur C atau karbon ini dapat dilihat pada Gambar 12 yang merupakan grafik peningkatan kadar karbon di bawah



Gambar 12 Grafik Kadar Karbon

Dari grafik diatas, kadar karbon *raw material* meningkat sebesar 19,74% setelah mengalami proses karburisasi pada laju alir 20 cm³/min. Terjadi peningkatan kadar karbon juga sebesar 1,97% pada laju alir 40 cm³/min jika dibandingkan dengan laju alir 20 cm³/min, namun bila dibandingkan dengan kadar karbon *raw material* terjadi peningkatan 21,82%. Terakhir, terjadi peningkatan kadar karbon pada laju alir 60 cm³/min sebesar 17,71% jika dibandingkan dengan laju alir 40 cm³/min, namun bila dibandingkan dengan kadar karbon *raw material* sebesar 43,40%. Peningkatan unsur karbon ini mempengaruhi peningkatan nilai kekerasan dan penurunan laju aus dengan nilai kekerasan tertinggi sebesar 736,88 HV dan nilai laju aus sebesar 0,213 mm³/menit pada laju aliran 60 cm³/min. Dimana pada laju aliran 60 cm³/min ini juga, nilai kadar karbon sebesar 19,305% yang lebih tinggi dibanding dengan laju aliran 20 cm³/min dan 40 cm³/min.

Begitu pula untuk lapisan hasil karburisasi yang juga mengalami peningkatan dengan ditunjukkan pada Grafik 13 di bawah yang merupakan grafik ketebalan lapisan hasil karburisasi.



Gambar 13 Grafik Ketebalan Lapisan Hasil Karburisasi

Pada grafik ditunjukkan bahwa pada laju aliran 20 cm³/min terdapat lapisan hasil karburisasi dengan ketebalan 24,957 µm, pada laju aliran 40 cm³/min terdapat lapisan hasil karburisasi dengan ketebalan 37,856 µm, dan pada laju aliran 60 cm³/min terdapat lapisan hasil karburisasi dengan ketebalan 45,627 µm. Sehingga nampak bahwa peningkatan kadar karbon dan lapisan hasil karburisasi ini searah dengan meningkatnya laju alir yang dipakai pada *Fluidized Bed Furnance*.

Pada data pengujian EDX, nampak bahwa terjadi penurunan nilai iron yang ditunjukkan oleh data weight %, hal ini disebabkan oleh terjadinya peningkatan nilai dari unsur-unsur lain pada area yang diuji yang menyebabkan penurunan nilai iron dengan total weight % yang tidak berubah. Pada data juga ditunjukkan nilai weight % σ dan atomic % dengan weight % σ (sigma) menunjukkan penyimpangan nilai weight % dan atomic % menunjukkan nilai konsentrasi atom pada area yang diuji.

Dari hasil penelitian ini, peningkatan kadar karbon dan lapisan hasil karburisasi yang searah dengan meningkatnya laju alir gas yang dipakai menunjukkan bahwa gas LPG yang digunakan dalam proses ini memiliki peran sebagai gas pembentuk karbon yang bereaksi dengan Unsur Fe dan N, yang juga mempengaruhi peningkatan nilai kekerasan serta penurunan nilai laju aus spesimen. Berdasarkan hal tersebut dengan proses karburisasi menggunakan media campuran arang batok kelapa dan limbah serbuk fotokopi yang kemudian di berikan variasi laju alir gas mampu meningkatkan nilai kekerasan dan ketahanan aus pada baja AISI 1050 dengan bertambahnya komposisi kadar karbon dan ketebalan lapisan setelah melalui proses carburizing.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik garis kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses karburisasi menggunakan media campuran arang batok kelapa dan limbah serbuk fotokopi dengan diberi variasi laju alir gas mampu meningkatkan nilai kekerasan dan ketahanan aus pada baja AISI 1050 seiring bertambahnya komposisi kadar karbon dan ketebalan lapisan
2. Proses karburisasi pada laju aliran 60 cm³/min memberikan hasil yang paling signifikan dalam meningkatkan kekerasan dan kadar karbon jika dibandingkan dengan kondisi awal raw material, laju aliran 20 cm³/min, dan laju aliran 40 cm³/min. Dimana nilai kekerasan material pada laju aliran 60 cm³/min sebesar 736,88 HV serta kadar karbon material sebesar 19,305%
3. Proses karburisasi pada laju aliran 60 cm³/min memberikan hasil yang paling signifikan dalam menurunkan nilai laju aus dan meningkatkan kadar karbon jika dibandingkan dengan kondisi awal raw material, laju aliran 20 cm³/min, dan laju aliran 40 cm³/min. Dimana nilai laju aus material pada laju aliran 60 cm³/min sebesar 0,0017 mm³/menit serta kadar karbon material sebesar 19,305%.
4. Proses karburisasi pada laju aliran 60 cm³/min memberikan hasil yang paling signifikan dalam meningkatkan kadar karbon dan ketebalan lapisan hasil karburisasi jika dibandingkan dengan kondisi awal raw material, laju aliran 20 cm³/min, dan laju aliran 40 cm³/min. Dimana kadar karbon material pada laju aliran 60 cm³/min sebesar 19,305% serta ketebalan 45,627 µm

SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian serta pengujian diantaranya :

1. Diperlukan kalibrasi ulang pada dapur yang digunakan berupa *fluidized bed furnace* untuk mendapatkan hasil yang optimal dari penelitian *heat treatment*.

2. Pada penelitian yang akan datang disarankan untuk melakukan variasi penggunaan media *carburizing* pada variasi laju aliran yang telah digunakan pada penelitian kali ini.
3. Perlu dilakukan pengecekan tekanan gas dan panel suhu secara berkala selama proses *carburizing* untuk menurunkan potensi terjadinya ledakan akibat tekanan gas yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Riadi, Muchlisin. (2019). Pengertian, Unsur, Jenis dan Pembentukan Baja. Diakses pada 3/29/2023, dari <https://www.kajianpustaka.com/2019/12/pengertian-unsur-jenis-dan-pembentukan-baja.html>
- [2] Sujana, & Widi. (2016). Serbuk Alumina Sebagai Katalis Didalam Reaktor Fluidised Bed. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*.
- [3] Wahyudi, S. (2022) Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Malang, Analisa Proses Surface Hardening Dengan Metode Carburizing Terhadap Kekerasan, Kedalaman Kekerasan, Dan Komposisi Baja ASTM A36
- [4] Nasution, M., & Nasution, R.H (2020) Universitas Islam Sumatera Utara, Analisa Kekerasan dan Struktur Mikro Baja AISI 1020 Terhadap Perlakuan Carburizing dengan Arang Batok Kelapa
- [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] Cahyadi, R., Oktadinata, H., & Sadiana, R. (2020). Analisis Laju Keausan Baja S235 Hasil Variasi Temperatur Tempering Untuk Aplikasi Ball Bearing. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2), 79–86.
- [7] Hamzah M.S., & Iqbal, M. (2008) Universitas Tadulako. Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah Dengan Metode Carburizing. *Jurnal SMARTek*, Vol. 6, No. 3, 169 – 175.
- [8] Syafa'at, I. (2008) Universitas Wahid Hasyim Semarang. Tribologi, Daerah Pelumasan Dan Keausan. *Momentum*, Vol. 4, No. 2, 21 – 26.
- [9] Rahardjo, T. (2008) Institut Teknologi Nasional Malang. Proses Nitriding Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Permukaan Material Dies. *Jurnal Flywheel*, Volume 1, Nomor 2
- [10] Fakhruddin, F. (2021) Institut Teknologi Nasional Malang. Analisa Pengaruh Penahanan Awal Pada Variasi Temperatur Perlakuan Panas Carburizing Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1050.
- [11] Wang et al (2020). Mechanism of the Microstructural Evolution of 18Cr2Ni4W Steel during Vacuum Low-Pressure Carburizing Heat Treatment and Its Effect on Case Hardness. *Materials*. 13. 2352. 10.3390/ma13102352.
- [12] Rahmanto, H.E., Wahono, & Basuki (2022) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Keefektifan Penggunaan Cangkang Keong Mas sebagai Media Karburiser pada Baja SCM 415 Ditinjau dari Penambahan Kadar Carbon dan Ketebalan Karburasi