

KARAKTERISASI CARBURIZING BAJA AISI 1020 MENGGUNAKAN LAJU ALIR GAS LPG PADA TEMPERATUR 700°C TERHADAP VARIASI MEDIA CARBURIZING

Abstrak

Baja merupakan logam yang banyak digunakan dalam berbagai macam bidang, terutama di dalam bidang perindustrian. Pengaplikasian baja sangatlah beraneka ragam tergantung kebutuhan serta sifat-sifat dari baja itu sendiri. Salah satu sifat baja yang penting ialah sifat mekanik.. Dari hasil proses carburizing dilakukan pengujian keausan agar tujuan mengetahui ketahanan aus dan pengujian kekerasan tujuan untuk mengetahui kekerasan spesimen pengujian SEM-EDX yang tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui Struktur dari mikro dan unsur kandungan pada spesimen Dari hasil penelitian dengan menggunakan baja AISI 1020 dilakukan proses carburizing dengan menggunakan variasi media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy yang memiliki nilai kekerasan rata-rata sebanyak 245,16 HV, kemudian media variasi alumina sebesar 317,64 HV dan media variasi arang kelapa+toner fotocopy baru 523,21 HV, maka media yang digunakan pada proses carburizing mempengaruhi nilai kekerasan pada baja AISI 1020. Pada proses perlakuan panas pada carburizing dengan menggunakan media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy yang memiliki nilai laju aus sebanyak 0,0046 mm³/menit ,media alumina memiliki nilai laju keausan sebanyak 0,0026 mm³/menit kemudian arang kelapa+toner fotocopy baru memiliki nilai laju keausan sebanyak 0,0009 mm³/menit media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy peningkatan karbon sebanyak 13.685%, kemudian variasi media alumina didapatkan kadar karbon sebesar 18.727% dan variasi media arang kelapa+toner fotocopy baru sebesar 21.011%.

Kata Kunci : Baja AISI 1020, Carburizing, Variasi Media

PENDAHULUAN

Baja merupakan logam yang banyak digunakan dalam berbagai macam bidang, terutama di dalam bidang perindustrian. Pengaplikasian baja sangatlah beraneka ragam tergantung kebutuhan serta sifat-sifat dari baja itu sendiri. Salah satu sifat baja yang penting ialah sifat mekanik. Sifat mekanik merupakan sifatsifat yang berkaitan dengan daya kelakuan (*behavior*) terhadap beban mekanik. Sifat mekanik terdiri dari banyak macam kekuatan yaitu kekuatan (*strength*), ketangguhan (*toughnes*), kekerasan (*hardness*), keuletan (*ductile*) dan dengan modulus elastisitas dan ketahanan aus.

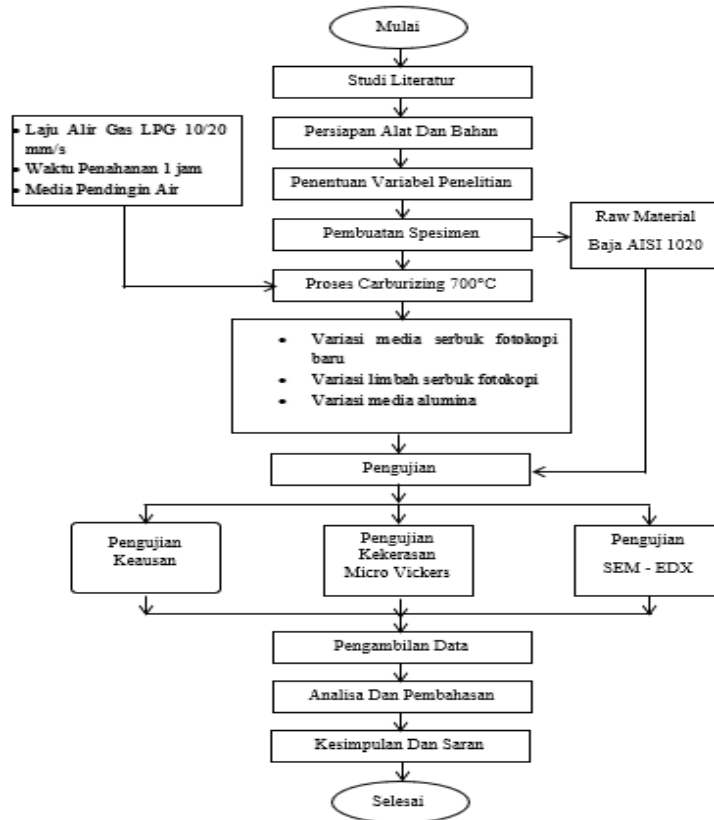
Baja Baja mempunyai karakterisasi dari yang paling lunak sampai yang paling keras, dari bahan baja berbagai bentuk struktur logam dapat dibuat. hal ini yang menyebabkan baja disebut material yang kaya dengan sifat-sifat, dimana unsur paduan

utamanya adalah karbon. Karbon merupakan unsur utama untuk menguatkan baja, sehingga baja harus mengandung karbon sampai kadar tertentu. Berdasarkan kandungan karbonnya, baja dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu: (1) baja karbon rendah ($C < 0,3\%$), (2) baja karbon sedang ($C 0,3-0,7\%$), (3) baja karbon tinggi ($0,7-1,7\%$) (Smallman dan Bishop, 1999).

Dalam penelitian (Malau dan Khasani, 2008) menyatakan bahwa penambahan barium karbonat sebesar 20% menghasilkan peningkatan dan kekerasan baja AISI 1020 yang paling tinggi. Penelitian sebelumnya yang dilakukan Suryanto (2005), menyatakan bahwa peningkatan suhu karburasi dengan arang kayu pada baja karbon rendah akan meningkatkan kedalaman efektif lapisan karburisasi, namun peningkatan suhu karburasi akan menurunkan laju keausan.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil proses perlakuan panas pada carburizing dengan temperatur 700°C dengan menggunakan variasi media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy, variasi media alumina dan variasi arang kelapa+toner fotocopy baru pada *fluidized bed furnace*, yang didapatkan nilai kekerasan yang tujuan untuk dapat mengetahui nilai kekerasan pada spesimen yang telah dilakukan proses carburizing Pengujian kekerasan ini digunakan alt uji *micro vickers* dengan beban sebesar 100 gf dan waktu penekanan 8 detik. Titik yang ditekan sebanyak 3 titik dengan jarak 15µm, 45µm, 75µm.

Data Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian Kekerasan dengan menggunakan metode pengujian *Micro Vickers* yang diperoleh Nilai kekerasan dengan

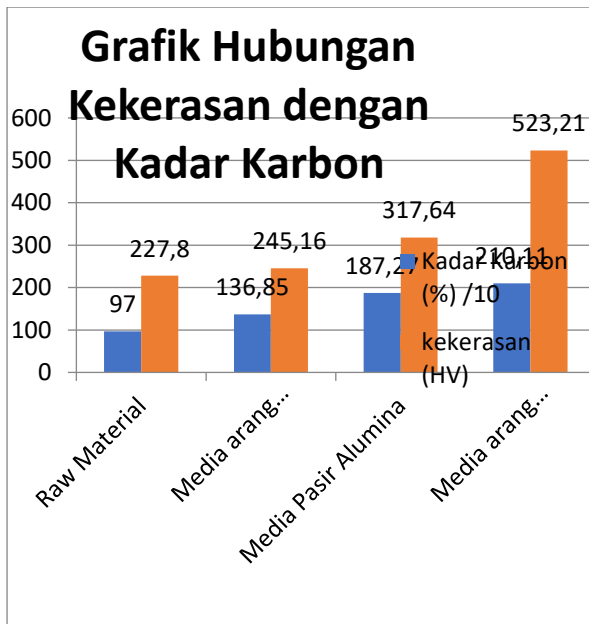
menggunakan media Arang Kelapa + limbah serbuk fotocopy seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.1 Spesimen 1 memiliki nilai kekerasan sebesar 237,7 HV Nilai kekerasan pada spesimen 2 didapatkan hasil nilai kekerasan sebesar 262,6 HV. Pada spesimen 3 didapatkan hasil nilai kekerasan sebesar 249,4 HV. Pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai kekerasan terendah ada pada spesimen 1 yaitu dengan nilai rata-rata kekerasan 234,2 HV sedangkan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen 2 dengan nilai kekerasan 251,9 HV. Maka berdasarkan hal tersebut ,hasil nilai rata-rata kekerasan pada spesimen dengan menggunakan variasi media Arang Kelapa + limbah serbuk fotocopy yang dapat dilihat pada grafik diperoleh nilai sebesar 245,16 HV mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan nilai kekerasan rata-rata pada raw material baja AISI 1020 227,8 HV.

Kemudian pengujian Kekerasan dengan menggunakan media Alumina yang dapat dilihat pada tabel 4.1. Spesimen 1 dengan nilai kekerasan sebesar 505,7 HV . Pada spesimen 2 dengan nilai kekerasan sebesar 264,3 HV, Spesimen 3 dengan nilai kekerasan sebesar 288,9 HV. Maka Berdasarkan pada Tabel 4.1 diatas didapatkan nilai rata-rata kekerasan terendah pada spesimen 2 dengan nilai rata-rata kekerasan 242,23 HV, Sedangkan nilai rata-rata kekerasan tertinggi pada spesimen 1 dengan nilai kekerasan sebesar 699,40 HV.berdasarkan hal tersebut,hasil nilai rata-rata kekerasan pada spesimen dengan menggunakan variasi media Alumina di peroleh nilai kekerasan rata-rata pada Grafik 4.1 sebesar 317,64 HV, mengalami peningkatan dibandingkan dengan raw material baja AISI 1020 sebesar 227,8 HV. Pengujian kekerasan dengan menggunakan media Arang Kelapa + Toner fotocopy baru yang dapat dilihat pada tabel 4.1. Maka spesimen 1 dengan nilai kekerasan sebesar 623,2 HV. Pada spesimen 2 di dapatkan nilai kekerasan sebesar 445,8 HV, Spesimen 3 yang didapatkan nilai kekerasan 843,7 HV, Maka nilai kekerasan pada spesimen 3

didapatkan nilai rata-rata sebesar 804,83 HV. Maka diperoleh hasil nilai kekerasan yang terendah didapatkan oleh spesimen 2 yang dihasilkan nilai rata-rata kekerasan sebesar 339,13 HV. Kemudian nilai kekarasan tertinggi pada spesimen 3 dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 804,83 HV.Maka berdasarkan hal tersebut nilai kekerasan yang ada pada spesimen dengan menggunakan media Arang Kelapa + Toner fotocopy baru dihasilkan nilai sebesar 523,21 HV maka mengalami peningkatan jika kita bandingkan dari hasil nilai kekerasan rata-rata dengan raw material baja AISI 1020 sebesar 227,8 HV.Jadi hasil dari keseluruhan data yang didapatkan nilai kekerasan Rata-rata pada Raw Material Baja AISI 1020, Pada spesimen media Arang Kelapa + Limbah Serbuk fotocopy,Spesimen dengan media Alumina dan spesimen dengan media Arang Kelapa + Toner Fotocopy Baru. Maka nilai kekerasan yang mengalami peningkatan kekerasan yang signifikan.

Data hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada table dibawah ini :

Variasi Media Karburizing	Spesimen	Titik Pengujian			Nilai Rata-rata (HV)
		Titik A	Titik B	Titik C	
Raw Material	1	218,5	240,5	227,8	227,8
Media Arang Kelapa+Limbah serbuk Fotocopy	1	230,3	237,7	234,6	234,2
	2	250,8	262,6	242,3	251,9
	3	245,1	253,6	249,4	249,36
Rata-rata					245,16
Media Pasir Alumina	1	475,6	505,7	314,6	699,40
	2	264,3	205,7	256,7	242,23
	3	288,9	288,9	258,7	278,73
Rata-rata					317,64
Media Arang Kelapa+Toner Fotocopy Baru	1	623,2	372,9	280,9	425,66
	2	320,5	445,8	251,1	339,13
	3	843,7	828	742,8	804,83
Rata-rata					523,21

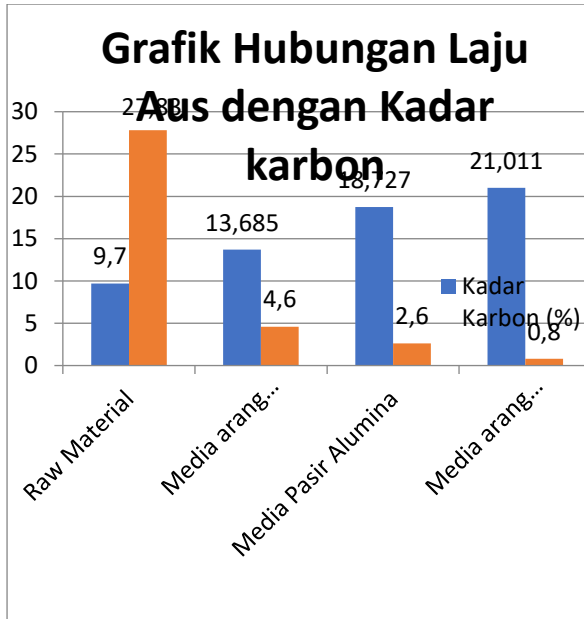


Data Hasil Pengujian Keausan

Dari proses carburizing dengan menggunakan suhu 700°C yang dilakukan pada alat *Fluized Bed Furnance* maka dilakukan analisa dengan cara melakukan pengujian keausan agar tujuan mengetahui ketahanan aus pada spesimen yang dilakukan menggunakan metode pengujian pin on disk dengan menggunakan beban 8 kg dan rasio putar sebesar 250 rpm.

dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Variasi Media Carburizing	Spesimen	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Berat yang Hilang (Gram)	Rata – Rata Berat yang Hilang (Gram)	Volome Keausan (mm ³)	Rata-rata Laju Aus keausan (mm ³)
Raw Material	1	201,01	199,34	1,67	1,67	212,198	0,02783
Media Arang Kelapa+Limbah Serbuk Fotocopy	1	200,74	200,36	0,38	0,280	48,84	0,0046
	2	200,30	200,17	0,13		16,70	
	3	200,46	200,13	0,33		42,41	
Media Pasir Alumina	1	192,74	192,45	0,29	0,160	37,27	0,0026
	2	195,06	194,93	0,13		16,70	
	3	199,56	199,50	0,06		7,71	
Media Arang Kelapa +Toner Fotocopy Baru	1	193,87	193,83	0,04	0,056	5,14	0,0008
	2	197,41	197,33	0,08		10,28	
	3	198,58	198,53	0,05		6,42	



Hasil dari pada pengujian keausan pin on disk yang dengan menggunakan beban pengujian sebesar 8 kg dengan menggunakan kecepatan 250 rpm dengan lama waktu yang digunakan dalam pengujian dilakukan selama 60 menit. Pada variasi media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy pada spesimen 1 berat awal 200,74 gram, setelah dilakukan pengujian keausan berat akhir pada spesimen 1 sebanyak 200,36 gram, Kemudian kehilangan berat setelah mengalami pengujian keausan adalah 0,38 gram, Pada spesimen 2 dengan berat awal sebesar 200,30 gram, Setelah mengalami pengujian keausan berat akhir dari spesimen 2 sebanyak 200,17 gram, Dan kehilangan berat yang dilakukan pada pengujian keausan adalah 0,13 gram, Berikut pada spesimen 3 yang berat awal sebesar 200,46 gram, Setelah dilakukan pengujian keausan berat akhir pada spesimen 3 200,13 gram, Maka kehilangan berat setelah megalami pengujian keausan adalah 0,33 gram. Jadi berdasarkan hal diatas,maka hasil nilai rata-rata kehilangan berat pada spesimen dengan menggunakan variasi media Arang Kelapa + Limbah Serbuk Fotocopy yang didapatkan nilai 0,280 gram,maka mengalami penurunan dibandingkan dari nilai kehilangan berat dari Raw Material Baja AISI 1020 yang sebesar 1,67

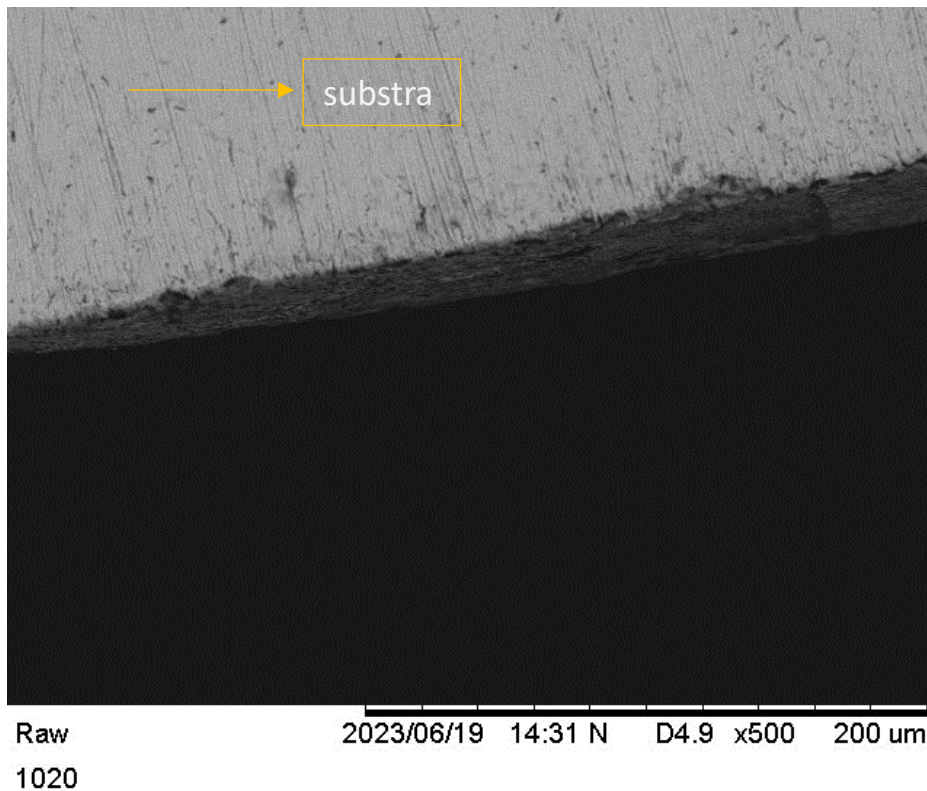
gram. Kemudian Variasi media alumina didapatkan hasil dari spesimen 1 dengan berat awal 192,74 gram, setelah dilakukan pengujian keausan berat akhir pada spesimen 1 sebanyak 192,45 gram, Kemudian kehilangan berat setelah mengalami pengujian keausan adalah 0,29 gram. Pada spesimen 2 dengan berat awal sebesar 195,06 gram, Setelah mengalami pengujian keausan berat akhir dari spesimen 2 sebanyak 194,93 gram, Dan kehilangan berat yang dilakukan pada pengujian keausan adalah 0,13 gram, Berikut pada spesimen 3 yang berat awal sebesar 199,56 gram , Setelah dilakukan pengujian keausan berat akhir pada spesimen 3 adalah 199,50 gram, Maka kehilangan berat setelah megalami pengujian keausan yaitu 0,06 gram. Jadi berdasarkan hal diatas, maka hasil nilai rata-rata kehilangan berat pada spesimen dengan menggunakan variasi media Alumina yang didapatkan nilai 0,160 gram, maka mengalami penurunan dibandingkan dari nilai kehilangan berat dari Raw Material Baja AISI 1020 yang sebesar 1,67 gram. Variasi media arang kelapa+toner fotocopy baru pada spesimen 1 dengan berat awal 193,87 gram, setelah dilakukan pengujian keausan berat akhir pada spesimen 1 sebanyak 193,83 gram, Kemudian kehilangan berat setelah mengalami pengujian keausan adalah 0,04 gram,spesimen 2 dengan berat awal sebesar 197,41 gram, Setelah mengalami pengujian keausan berat akhir dari spesimen 2 sebanyak 197,33 gram, Dan kehilangan berat yang dilakukan pada pengujian keausan adalah 0,08 gram. Berikut pada spesimen 3 yang berat awal sebesar 198,58 gram, Setelah dilakukan pengujian keausan berat akhir pada spesimen 3 adalah 198,53 gram, Maka kehilangan berat setelah megalami pengujian keausan yaitu 0,05 gram. Jadi berdasarkan hal diatas, maka hasil nilai rata-rata kehilangan berat pada spesimen dengan menggunakan variasi media Arang Kelapa + Toner fotocopy Baru yang didapatkan nilai 0,056 gram, maka mengalami penurunan dibandingkan dari nilai

kehilangan berat dari Raw Material Baja AISI 1020 yang sebesar 1,67 gram. Maka hasil dari keseluruhan data yang terdapat diatas didapatkan nilai keausan rata-rata terhadap Raw Material Baja AISI 1020, pada spesimen dengan media Arang Kelapa + Limbah Serbuk Fotocopy, Spesimen media Alumina, dan spesimen menggunakan media Arang Kelapa + Toner Fotocopy Baru Maka nilai keausan dari spesimen mengalami peningkatan akan ketahanan Aus.

Data Hasil Pengujian SEM-EDX

Pada proses carburizing dengan menggunakan suhu 700°C yang dilakukan dengan Fluized Bed Furnance akan dilakukan analisa dengan melakukan pengujian SEM-EDX yang tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui Struktur dari mikro dan unsur kandungan pada spesimen dengan melakukan metode pengujian SEM-EDX tempat melakukan pengujian di laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya, Hasil dari Pengujian SEM-EDX dapat dilihat sebagai berikut :

1. Hasil Pengujian SEM-EDX Raw Material Baja AISI 1020



Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	13.685	0.505	39.521
Oxygen	4.125	0.232	8.944
Silicon	0.795	0.077	0.982
Iron	81.394	0.525	50.553

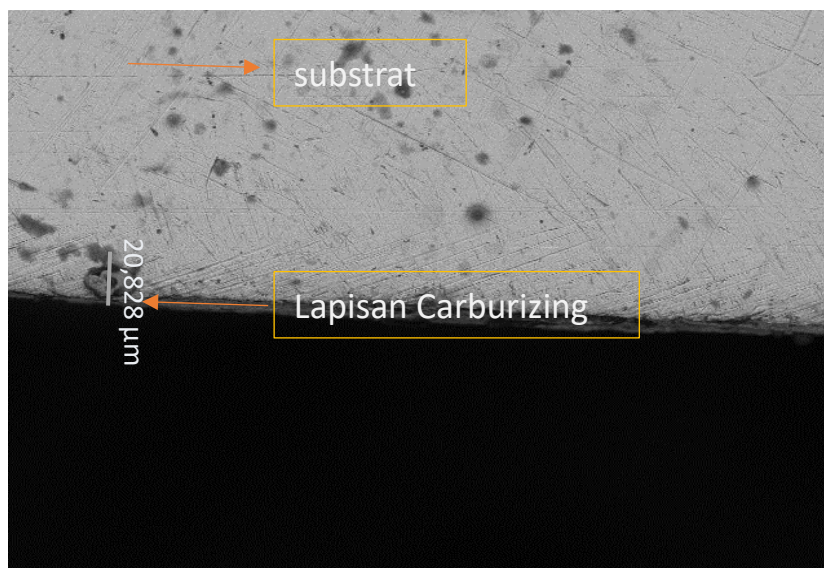
3. Hasil Pengujian SEM-EDX Media Alumina



Baja aisi
1020 Media Alumina

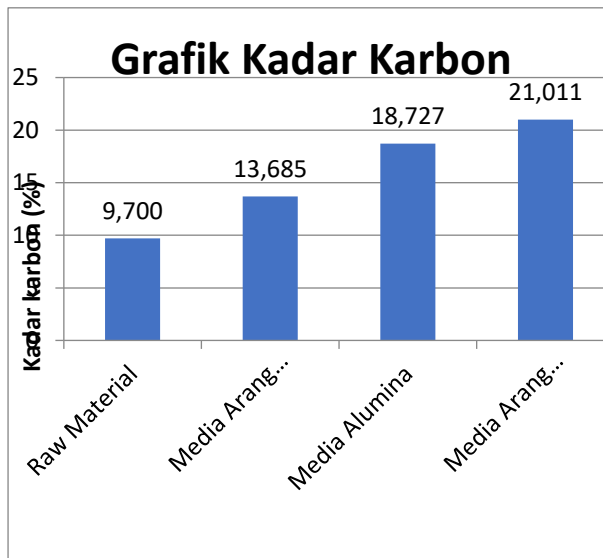
Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	18.727	0.277	39.014
Oxygen	20.968	0.213	32.793
Sodium	0.661	0.065	0.719
Magnesium	0.314	0.046	0.324
Aluminum	0.346	0.039	0.321
Silicon	0.826	0.040	0.736
Calcium	0.188	0.035	0.117
Manganese	0.326	0.071	0.149
Iron	57.644	0.275	25.828

4. Hasil Pengujian SEM-EDX Arang Kelapa + Toner Fotocopy Baru



Baja aisi
Serbuk FC baru
2023/06/07 14:53 N D5.1 x500 200 um

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	21.011	0.310	41.968
Oxygen	21.760	0.231	32.629
Sodium	0.446	0.070	0.466
Aluminum	0.186	0.040	0.165
Silicon	0.982	0.044	0.839
Calcium	0.243	0.039	0.146
Iron	55.372	0.296	23.787



Hasil pengujian SEM, Maka hasil Raw Material baja AISI 1020 yang dapat dilihat pada gambar 4.3, Hasil EDX yang dapat dilihat pada Tabel 4.3. Hasil pengamatan SEM pada Gambar 4.3 yang pada gambar tersebut menunjukkan pembesaran 500x, Hasil pengujian SEM EDX pada spesimen Raw Material yang memiliki komposisi karbon sebanyak 9.700% yang dapat dilihat pada tabel 4.3. Maka dengan perbandingan pada baja AISI 1020 Raw material dengan baja AISI 1020 yang telah mengalami proses carburizing ini dilakukan agar

mengetahui perbedaan struktur mikro dan unsur kandungan yang terdapat pada baja AISI 1020.

Hasil pemeriksaan dengan struktur mikro menggunakan alat uji SEM, Maka struktur mikro spesimen dengan menggunakan media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy dapat dilihat pada gambar 4.4, Dan hasil EDX yang dapat dilihat pada tabel 4.4. Jadi hasil pengamatan SEM pada gambar 4.4 tersebut yang menunjukkan pembesaran 500x kemudian menunjukkan ketebalan lapisan setelah dilakukan proses carburizing yang menggunakan media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy 14,953 μm , Dan hasil pengujian SEM-EDX dengan menggunakan variasi arang kelapa+limbah serbuk fotocopy yang memiliki komposisi karbon sebanyak 13,685% yang dapat dilihat pada tabel 4.4, Maka dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan karbon lebih banyak dari raw material, jadi hal ini menyebabkan spesimen dengan menggunakan media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy lebih memiliki nilai kekerasan dan ketahanan aus yang lebih baik jika di bandingkan raw material

Hasil pemeriksaan dengan struktur mikro menggunakan alat uji SEM, Maka struktur mikro

spesimen dengan menggunakan media Alumina dapat dilihat pada gambar 4.5, Dan hasil EDX yang dapat dilihat pada tabel 4.5. Jadi hasil pengamatan SEM pada gambar 4.5 tersebut yang menunjukkan pembesaran 500x kemudian menunjukkan ketebalan lapisan setelah dilakukan proses carburizing yang menggunakan media alumina 18,163 μm , Dan hasil pengujian SEM-EDX dengan menggunakan variasi media alumina yang memiliki komposisi karbon sebanyak 18,727% yang dapat dilihat pada tabel 4.5, Maka dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan karbon lebih banyak dari raw material, Jadi hal ini menyebabkan spesimen dengan menggunakan media alumina lebih memiliki nilai kekerasan dan ketahanan aus yang lebih baik jika di bandingkan raw material

Hasil pemeriksaan dengan struktur mikro menggunakan alat uji SEM, Maka struktur mikro

KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun saran yang diberikan dalam proses penelitian:

1. Dari hasil penelitian dengan menggunakan baja AISI 1020 dilakukan proses carburizing dengan menggunakan variasi media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy yang memiliki nilai kekerasan rata-rata sebanyak 245,16 HV, kemudian media variasi alumina sebesar 317,64 HV dan media variasi arang kelapa+toner fotocopy baru 523,21 HV, maka media yang digunakan pada proses carburizing mempengaruhi nilai kekerasan pada baja AISI 1020
2. Pada proses perlakuan panas pada proses carburizing dengan menggunakan media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy yang memiliki nilai laju aus sebanyak 0,0046 mm^3/menit dan volume keausan 35,989 mm^3/menit , media alumina memiliki nilai laju keausan sebanyak 0,0026 mm^3/menit

spesimen dengan menggunakan media arang kelapa+toner fotocopy baru dapat dilihat pada gambar 4.6, Dan hasil EDX yang dapat dilihat pada tabel 4.6. Jadi hasil pengamatan SEM pada gambar 4.6 tersebut yang menunjukkan pembesaran 500x kemudian menunjukkan ketebalan lapisan setelah dilakukan proses carburizing yang menggunakan media arang kelapa+toner fotocopy baru 20,828 μm , Dan hasil pengujian SEM-EDX dengan menggunakan variasi media arang kelapa+toner fotocopy baru yang memiliki komposisi karbon sebanyak 21,011% yang dapat dilihat pada tabel 4.6, Maka dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan karbon lebih banyak dari raw material, Jadi hal ini menyebabkan spesimen dengan menggunakan media arang kelapa+toner fotocopy baru lebih memiliki nilai kekerasan dan ketahanan aus yang lebih baik jika di bandingkan raw material.

kemudian nilai volume keausan sebanyak 20,565 mm^3/menit dan media arang kelapa+toner fotocopy baru memiliki nilai laju keausan sebanyak 0,0009 HV mm^3/menit volume keausan sebanyak 7,283 mm^3/menit .

3. Baja AISI 1020 yang dilakukan proses carburizing dengan menggunakan temperatur 700°C dengan variasi media arang kelapa+limbah serbuk fotocopy dihasilkan peningkatan karbon sebanyak 14,953%, kemudian variasi media alumina didapatkan kadar karbon sebesar 18,163% dan variasi media arang kelapa+toner fotocopy baru sebesar 20,88%.

Saran

1. Pada penelitian yang akan datang disarankan agar dalam penggunaan *fluidized bed furnace* perlu dilakukan kalibrasi ulang pada alat agar mendapatkan hasil yang maksimal dalam penelitian

2. Pada penelitian yang dilakukan menggunakan temperatur 700°C dan variasi pada media carburizing, untuk penelitian berikutnya agar digunakan variasi temperatur yang berbeda agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PRAYITNO, Dody, et al. Pengaruh Proses Pack Carburizing–Quenching Pada kekerasan Baja Aisi 1020. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 2022, 7.1: 45-52.
- [2] NASUTION, Muslih; NASUTION, Rini Halila. Analisa kekerasan dan struktur mikro baja aisi 1020 Terhadap perlakuan carburizing dengan Arang batok kelapa. *Buletin utama teknik*, 2020, 15.2: 165-173.
- [3] PUTRO WICAKSONO, Nugroho, et al. *ANALISA PROSES CARBURIZING DENGAN VARIASI WAKTU TAHAN 15, 30, 45, 60 TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON ST 60*. 2021. PhD Thesis. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [4] GATMIR, M. *ANALISA PENGARUH CARBURIZING TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA S45C*. 2020. PhD Thesis. 021008 Universitas Tridinanti Palembang.
- [5] APRIATUN, Apriatun; TAUFIKURAHMAN, Taufikurahman; SUNDARI, Ella. Analisa pengaruh waktu penahanan pada proses pack carburizing terhadap kekerasan baja karbon rendah ST 37. *MACHINERY: Jurnal Teknologi Terapan*.
- [6] HARY Y, YOSHRIZAL. *ANALISIS Pengerasan Permukaan Baja Karbon Rendah Dengan Metode Carburizing Dengan Waktu Taham 3 Jam, 4 Jam Dan 5 Jam*. 2010. PhD Thesis. Univerversitas Muhammadiyah Surakarta.
- [7] PATTIASINA, Nanse H., et al. Analisa keragaman nilai kekerasan baja ST-42 melalui proses karburasi menggunakan komposisi BaCO₃ dan carbon dengan variasi waktu penahanan. *Arika*, 2011.
- [8] DARI, ARANG TEMPURUNG KELAPA DI TINJAU; MICRO, STRUKTUR. PENGARUH WAKTU TAHAN PROSES PACK CARBURIZING PADA BAJA KARBON RENDAH DENGAN MENGGUNAKAN CALCIUM CARBONAT DAN. *Jurnal Teknik Mesin*, 2015, 5.1: 6-11
- [9] SUJANA, Wayan; WIDI, Komang Astana. Serbuk Alumina Sebagai Katalis Didalam Reaktor Fluidised Bed. *Jurnal Flywheel*, 2016, 7.1.
- [10] PERMANA, Tri Sugeru Gumilar; RUMENDI, Umen. Analisa Uji Keausan Material St 37 Hasil Carburizing Dan Hardening Dengan Menggunakan Mesin Uji Keausan Horizontal. *POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG*, 2014.
- [11] HAMZAH, Muhammad Sadat; IQBAL, Muhammad. Peningkatan ketahanan aus baja karbon rendah dengan metode carburizing. *SMARTek*, 2008, 6.3.
- [12] RAHARDJO, Teguh. PROSES NITRIDING UNTUK PENINGKATAN SIFAT MEKANIK PERMUKAAN MATERIALDIES. *Jurnal Flywheel*, 2008, 1.2: 49-60.
- [13] M SADAM, SAHARI. *ANALISA LAPISAN PACK CARBURIZING BADA BAJA ST-37 MENGGUNAKAN MEDIA ARANG CANGKANG KENARI DAN SERBUK POTOCOFY*. 2022. PhD Thesis. ITN MALANG