

KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020 PADA TEMPERATUR 900°C MENGGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOKOPI DAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP VARIASI LAJU ALIRAN GAS

Mohammad Bagus Setiawan¹, I Komang Astana Widi², Tito Arif Sutrisno³
Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia
Email: mbs17042000@gmail.com

ABSTRAK

Baja AISI 1020 merupakan baja karbon rendah dengan komposisi karbon 0,20-0,30%, Baja ini umumnya digunakan sebagai komponen Perindustrian seperti *gear sprocket* rantai, untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus dari bahan tersebut dapat dilakukan perlakuan panas dengan cara *Carburizing*, *Carburizing* adalah suatu bentuk proses memanaskan bahan sampai diatas suhu kritis, Digunakan suhu 900°C pada tungku untuk menyerahkan karbon dan dibiarkan selama 60 menit dan didinginkan dengan air. *Carburizing* dengan *Fluidized Bed Furnace* harus selalu dipantau agar pengoperasian dan penyuplaian gas berjalan dengan optimal. Pemilihan Variasi Laju Alir Gas yang cukup penting untuk menghasilkan bahan yang sesuai dengan kebutuhan dan keamanan proses *carburizing*. Variasi Laju Alir gas yang digunakan adalah 20 cm³/min, 40 cm³/min dan 60 cm³/min. Tujuan dari penelitian ini adalah meningkatkan nilai kekerasan, ketahanan aus dan meningkatkan kadar karbon pada Baja AISI 1020 dengan proses *Carburizing* suhu 900°C dengan metode pengujian kekerasan *microvickers*, keausan pin on disk dan SEM-EDX. Pemilihan Limbah serbuk fotokopi dan arang batok kelapa sebagai media *carburizing* karena media tersebut memiliki kandungan karbon. Nilai kekerasan rata-rata Raw Material adalah 227,8 HV sedangkan pada Spesimen Laju alir 60 cm³/min memiliki nilai kekerasan rata-rata 769,60 HV mengalami peningkatan nilai kekerasan. Nilai pengurangan berat pada Raw material sebesar 1,67 gram, Laju Aus 3,5366 mm³/menit, dan Volume Berat yang hilang 212,1982 mm³ sedangkan nilai rata-rata pengurangan berat pada Spesimen Laju Alir 60 cm³/min sebesar 0,0500 gram, Laju Aus 0,1059 mm³/menit, dan Volume berat yang hilang 6,3532 mm³ mengalami peningkatan ketahanan aus, dan pada pengujian SEM-EDX raw material memiliki komposisi karbon yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen Laju Alir 60 cm³/min yang memiliki lebih banyak komposisi karbon yang lebih banyak serta memiliki ketebalan lapisan 33,958 µm. Kesimpulan dari Penelitian ini adalah Laju Alir Gas mempengaruhi peningkatan kekerasan, ketahanan aus dan peningkatan karbon pada Baja AISI 1020 setelah proses *Carburizing* suhu 900°C dengan menggunakan *Fluidized bed furnace*.

Kata Kunci: Baja AISI 1020, *Carburizing*, Variasi Laju Alir Gas, Pengujian Kekerasan, Pengujian Keausan dan Pengujian SEM-EDX.

PENDAHULUAN

Baja AISI 1020 merupakan baja karbon rendah dengan komposisi karbon berkisar 0,20-0,30%. Baja ini umumnya digunakan di berbagai komponen perindustrian misalnya untuk komponen *gear Sprocket* rantai. Untuk dapat mendapatkan kekerasan dan ketahanan terhadap aus dari bahan tersebut dapat dilakukan melalui perlakuan panas dengan cara *carburizing* yang dilanjutkan dengan proses *quenching*.

Carburing dengan menggunakan tungku *fluidized bed furnace* harus diperhatikan suhu pengoperasian nya. Suhu operasi pada proses pada tungku *fluidized bed furnace* harus selalu terkontrol dengan seimbang, suhu maksimum operasi pada 1050°C dengan aliran massa gas yang disuplaikan sesuai dengan panduan operasi. Pada suhu yang tinggi aliran massa gas dikontrol dengan ukuan yang rendah agar tidak terjadi *over pressure*, jelaga yang terlalu besar dan hembusan aluminium oxide panas yang keluar dari lubang *outlet* yang berbahaya dan dapat menyebabkan kecelakaan kerja.

Limbah serbuk fotokopi atau biasa dikenal dengan serbuk toner merupakan bahan berbentuk serbuk yang digunakan dalam mesin fotokopi atau printer laser. Pada dasarnya toner terbuat dari bubuk karbon, namun karbon tersebut biasanya dicampur dengan beberapa bahan adiktif seperti styrene akrilat kopolimer, styrene kopolimer, styrene polimer, resin hidrokarbon atau bahan lain sehingga meningkatkan kualitas cetak dan daya rekat pada kertas. Toner yang memiliki ukuran yang lebih kecil akan menghasilkan cetakan yang lebih baik pula, karena hasilnya akan terlihat tajam.

Tempurung arang kelapa memiliki nilai kandungan karbon yang tinggi dan mudah didapat juga mempunyai harga yang sangat ekonomis. arang tempering kelapa memiliki kadar karbon sebesar 83,0% dan kadar abu sekitar 1,5%. Tempurung kelapa yang dijadikan arang dapat ditingkatkan nilai ekonomis nya dengan menjadikan karbon aktif.

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Fluidized Bed Furnace*

Fluidized-bed furnace adalah tungku berbentuk silinder atau persegi dan terdiri sebuah tungku panjang dari ruang dan reaksi ruang untuk penyediaan ledakan udara atau distribusi gas ke perapian. Perapian yang dirancang untuk menyediakan distribusi seragam ledakan di atas penampang seluruh ruang reaksi. Butiran padat tersuspensi dibuat dari udara atau gas yang mengalir membentuk grid di dalam *fluidized bed* di mana Interaksi antara Bahan berlangsung dalam bentuk padat dan gas. Alat penukar panas dipasang di zona *fluidized* untuk melakukan pemanasan dalam bed selama proses *eksotermik* (pembakaran) atau untuk memasok panas ke *fluidized bed* selama proses *endotermik* (pengurangan). di dalam *fluidized-bed furnace* gas dan bahan lebih efektif berinteraksi dan lebih seragam pada produk akhir, *fluidized bed furnace* juga membuat seintensive mungkin dan otomatisasi proses berlangsung di dalamnya. Proses yang dapat dilakukan di *fluidized bed furnace* adalah: *nitrocarburizing, carbonitriding, carburizing, nitriding, annealing, dan normalizing.*

B. Uji Kekerasan Micro Vickers

Menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (*specimen*) berupa bola baja ataupun kerucut intan piramid yang dilakukan dengan cara ditekan pada dasar permukaan material yang akan di uji.

C. Uji Keausan Pin On Disk

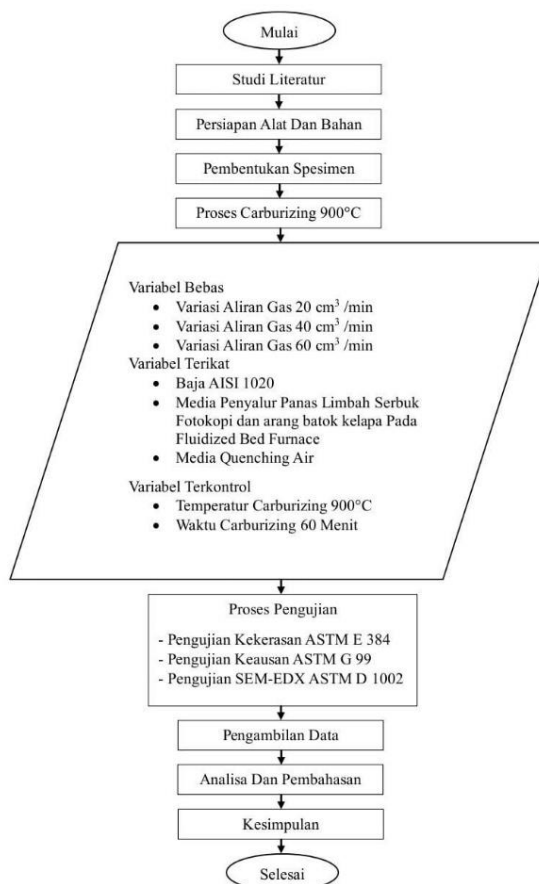
Pengujian Keausan dilakukan untuk mengetahui Laju Keausan Pada spesimen baja karbon rendah yang akan diuji.

D. Uji SEM-EDX

Pengujian SEM-EDX dilakukan untuk mengetahui Tampilan visual Permukaan hasil Carburizing serta pengujian EDX untuk mengetahui komposisi Kandungan Kadar Karbon.

METODE PENELITIAN

A. Diagram Alir



Gambar Diagram Alir Penelitian

KARAKTERISASI PROSES KARBURISASI BAJA AISI 1020 PADA TEMPERATUR 900°C MENGGUNAKAN LIMBAH SERBUK FOTOKOPI DAN ARANG BATOK KELAPA TERHADAP VARIASI LAJU ALIRAN GAS

Penelitian Menggunakan Mesin Fluidized Bed Furnace dengan perlakuan carburizing menggunakan media limbah serbuk fotokopi dengan arang batok kelapa yang dilakukan dengan variasi laju alir gas 20 cm³/min, 40 cm³/min dan 60 cm³/min, lama waktu carburizing selama 60 menit kemudian dilakukan quenching dengan media air selama 45 menit. Setelah menghasilkan eksperimen dilanjutkan dengan pengujian kekerasan micro vickers standard ASTM E 384 untuk mengetahui nilai kekerasan, Pengujian keausan pin on disk standard ASTM G 99 Untuk mengetahui laju keausan dan SEM-EDX standard ASTM D 1002 untuk mengetahui struktur mikro pada spesimen dan mengetahui komposisi kadar karbon.

B. 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 dan Proses Carburizing dilaksanakan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang, Pengujian dan Pengambilan data micro vickers dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan Politeknik Negeri Malang, Pengujian dan Pengambilan data pengujian Keausan dilaksanakan di Laboratorium Material Institut Teknologi Nasional Malang Dan Pengujian serta pengambilan data SEM-EDX dilaksanakan di Laboratorium Bio Sains Universitas Brawijaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data Dan Pembahasan Pengujian Kekerasan Micro Vickers

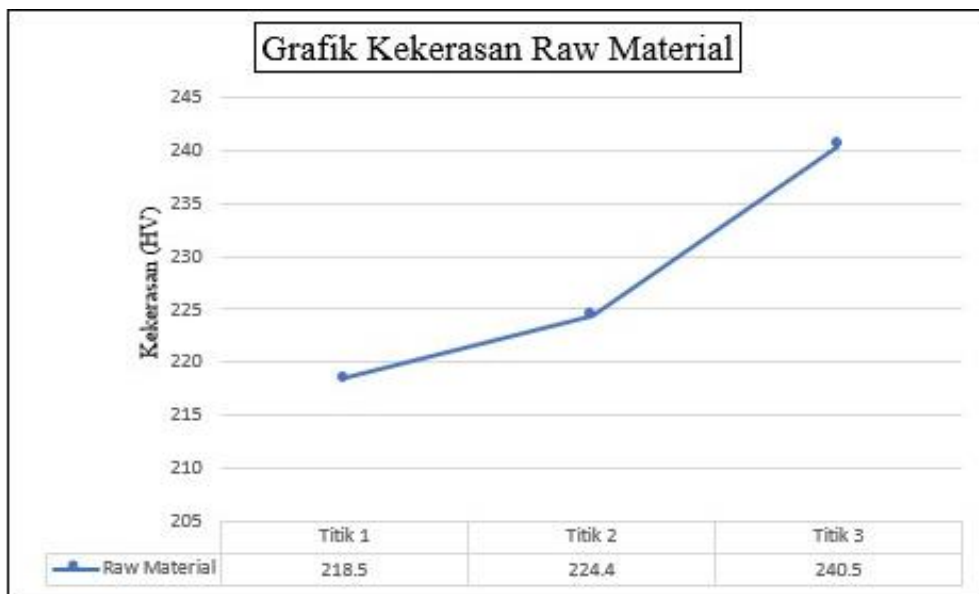
Berdasarkan hasil dari pengujian Micro Vickers Baja AISI 1020 setelah proses carburizing dengan media limbah serbuk fotokopi dan arang batok kelapa dengan variasi laju alir gas 20 cm³/min, 40 cm³/min dan 60 cm³/min, Maka diperoleh nilai kekerasan yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel Nilai Kekerasan Micro Vickers

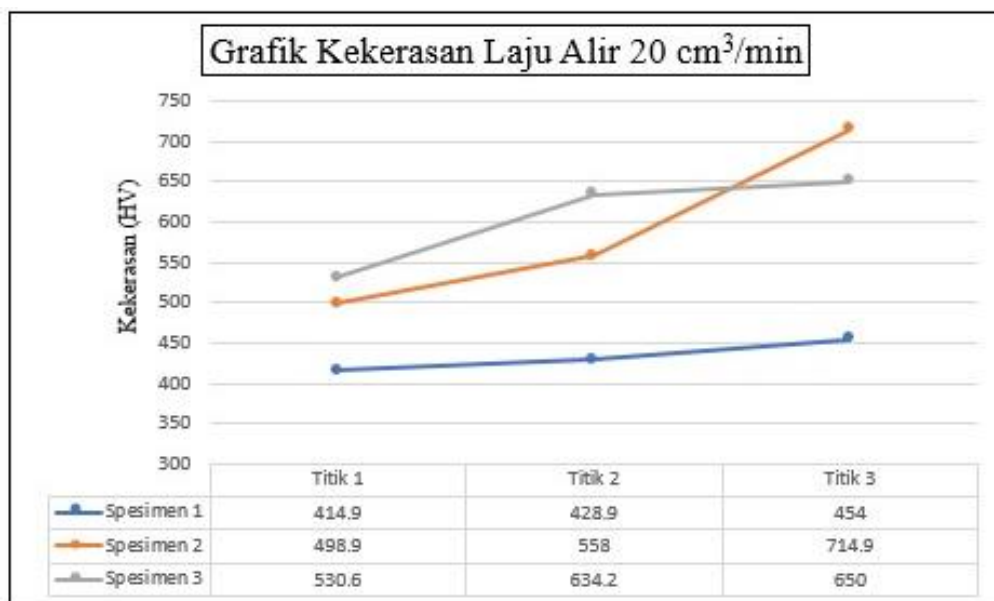
No	Kode Spesimen	Kekerasan (HV)			Nilai Rata-rata (HV)
		Titik 1	Titik 2	Titik 3	
1	Raw material Baja AISI 1020	218,5	2424,4	240,5	227,8
Laju Alir 20 cm³/min					
1	Spesimen 1	414,9	428,9	454	432,36
2	Spesimen 2	558	714,9	498,9	590,6
3	Spesimen 3	530,6	634,2	650	604,93
Nilai Rata-rata					542,63
Laju Alir 40 cm³/min					
1	Spesimen 4	594,2	662,4	705,3	653,96
2	Spesimen 5	675,4	683,2	732,1	696,9
3	Spesimen 6	605,5	758,1	781,4	715
Nilai Rata-rata					688,62
Laju Alir 60 cm³/min					
1	Spesimen 7	710,1	749,4	779,4	746,3
2	Spesimen 8	727,1	766,4	813,3	768,93
3	Spesimen 9	765,4	802,6	812,7	793,56
Nilai Rata-rata					769,60



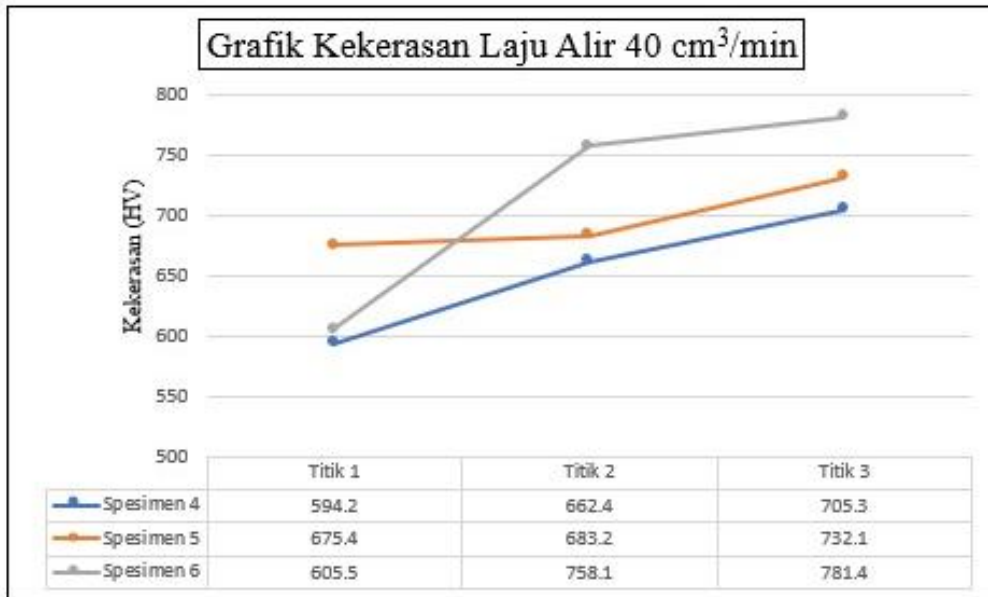
Gambar Spesimen Kekerasan Micro Vickers



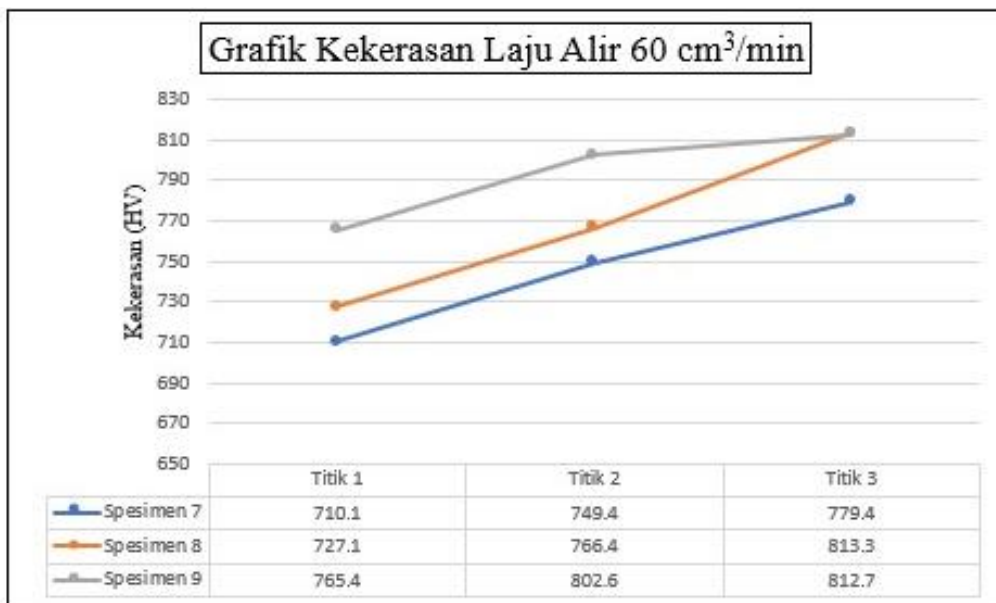
Grafik Kekerasan Raw Material



Grafik Kekerasan Laju Alir 20 cm³/min



Grafik Kekerasan Laju Alir 40 cm³/min



Grafik Kekerasan Laju Alir 60 cm³/min

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, Raw Material Baja AISI 1020 memiliki Kadar karbon 9.700% dan nilai kekerasan 227,8 HV, pada Laju Alir 20 cm³/min memiliki Kadar karbon 14,584% mengalami peningkatan kadar karbon sebesar 4,884% dari raw material, sehingga Laju alir 20 cm³/min memiliki nilai kekerasan 542,63 HV mengalami peningkatan kekerasan sebesar 314,83 HV dari Raw Material, Laju Alir 40 cm³/min memiliki Kadar karbon 22,831% mengalami peningkatan kadar karbon sebesar 8,247% dari Laju alir 20 cm³/min, sehingga Laju alir 40 cm³/min memiliki nilai kekerasan 688,62 HV mengalami peningkatan kekerasan sebesar 145,99 HV dari Laju Alir 20 cm³/min, Laju Alir 60 cm³/min memiliki Kadar karbon 23,442% mengalami peningkatan kadar karbon sebesar 0,611% dari Laju alir 40 cm³/min, sehingga Laju alir 60 cm³/min memiliki nilai kekerasan 769,6 HV mengalami peningkatan kekerasan sebesar 80,98 HV dari Laju Alir 40 cm³/min. Laju Alir 60 cm³/min memberikan nilai kekerasan tertinggi pada Baja AISI 1020 Setelah dilakukan proses Carburizing, Hal tersebut dikarenakan spesimen laju Alir 60 cm³/min memiliki kadar karbon tertinggi sebesar 23,442 % sehingga menyebabkan peningkatan nilai kekerasan dan didapatkan nilai kekerasan tertinggi pada spesimen laju alir 60 cm³/min sebesar 769,6 HV.

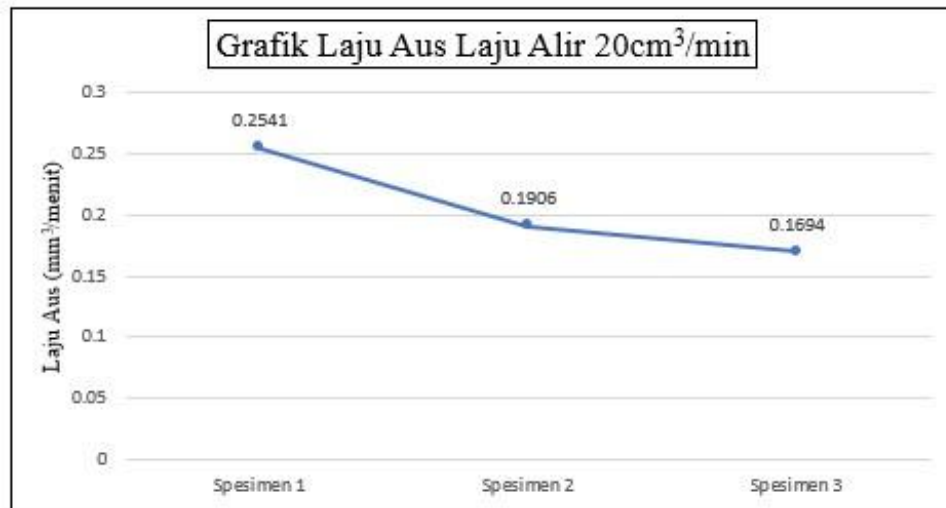
B. Pengolahan Data Dan Pembahasan Pengujian Keausan Pin On Disk

Tabel Nilai Keausan

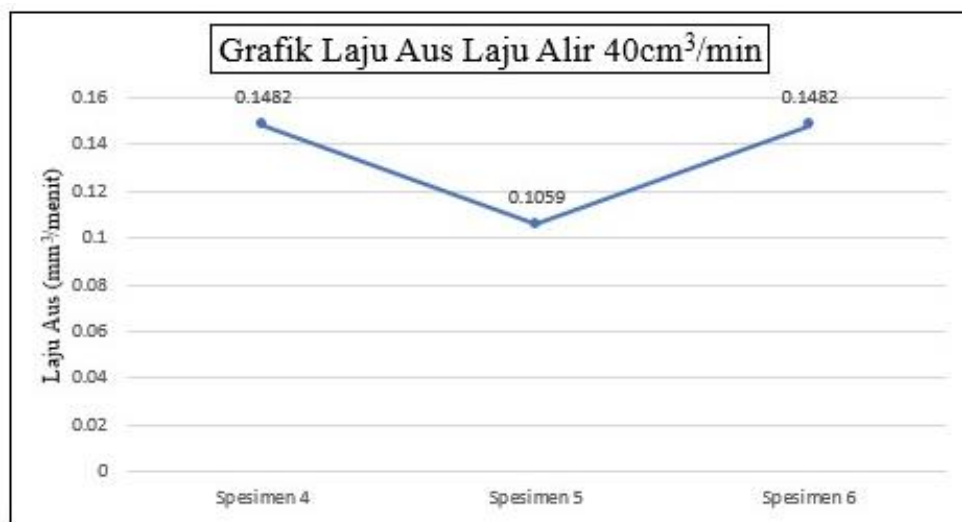
No	Kode Spesimen	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Berat Yang Hilang (gram)	Volume Berat Yang Hilang (mm ³)	Laju Aus (mm ³ /menit)
1	Raw Material Baja AISI 1020	201,01	199,34	1,67	212,1982	3,5366
Laju Alir 20 cm³/min						
1	Spesimen 1	200,56	200,44	0,12	15,2477	0,2541
2	Spesimen 2	194,73	194,64	0,09	11,4358	0,1906
3	Spesimen 3	199,11	199,03	0,08	10,1651	0,1694
Nilai Rata-rata				0,0967	12,2829	0,2047
Laju Alir 40 cm³/min						
1	Spesimen 4	198,4	198,33	0,07	8,8945	0,1482
2	Spesimen 5	200,71	200,66	0,05	6,3532	0,1059
3	Spesimen 6	193,86	193,79	0,07	8,8945	0,1482
Nilai Rata-rata				0,0633	8,0474	0,1341
Laju Alir 60 cm³/min						
1	Spesimen 7	196,85	196,81	0,04	5,0825	0,0847
2	Spesimen 8	199,79	199,74	0,05	6,3532	0,1059
3	Spesimen 9	195,08	195,02	0,06	7,6238	0,1271
Nilai Rata-rata				0,0500	6,3532	0,1059



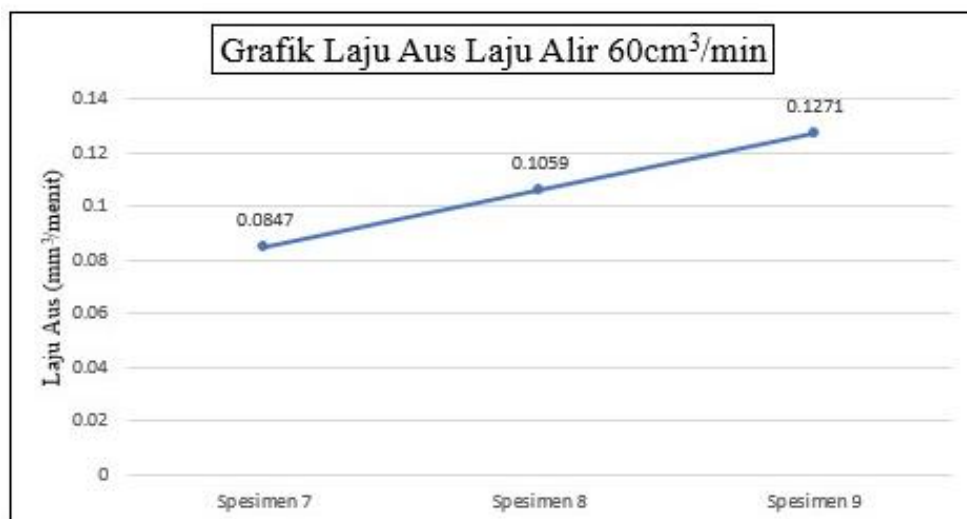
Gambar Spesimen Keausan Pin On Disk



Grafik Laju Aus Laju Alir 20 cm³/min



Grafik Laju Aus Laju Alir 40 cm³/min

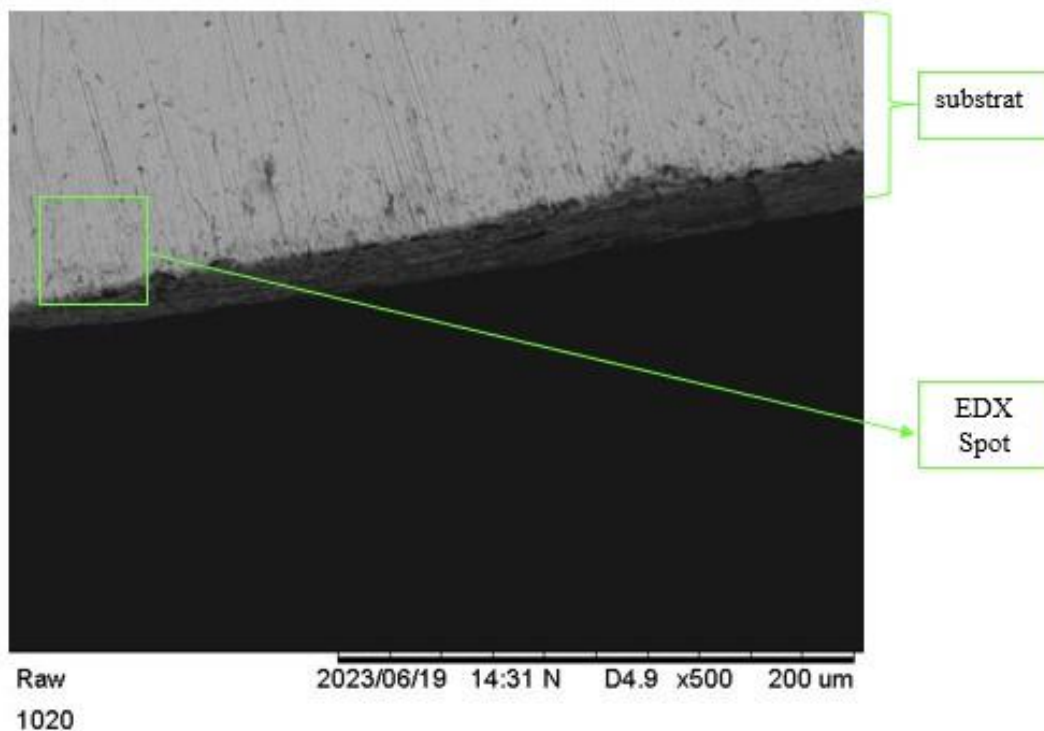


Grafik Laju Aus Laju Alir 60 cm³/min

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, Raw Material Baja AISI 1020 memiliki Kadar karbon 9.700% dan nilai Laju Aus 3,3566 mm³/menit, pada Laju Alir 20 cm³/min memiliki Kadar karbon 14,584% mengalami peningkatan kadar karbon sebesar 4,884% dari raw material, sehingga Laju alir 20 cm³/min memiliki nilai Laju Aus 0,2047 mm³/menit mengalami penurunan Laju Aus 3,1519 mm³/menit dari Raw Material, Laju Alir 40 cm³/min memiliki Kadar karbon 22,831% mengalami peningkatan kadar karbon sebesar 8,247% dari Laju alir 20 cm³/min, sehingga Laju alir 40 cm³/min memiliki nilai Laju Aus 0,1341 mm³/menit mengalami penurunan Laju Aus 0,0706 mm³/menit dari Laju Alir 20 cm³/min, Laju Alir 60 cm³/min memiliki Kadar karbon 23,442% mengalami peningkatan kadar karbon sebesar 0,611% dari Laju alir 40 cm³/min, sehingga Laju alir 60 cm³/min memiliki nilai Laju Aus 0,1059 mm³/menit mengalami penurunan Laju Aus 0,0282 mm³/menit dari Laju Alir 40 cm³/min.

C. Pengolahan Data Dan Pembahasan Pengujian SEM-EDX

1. SEM-EDX Raw Material

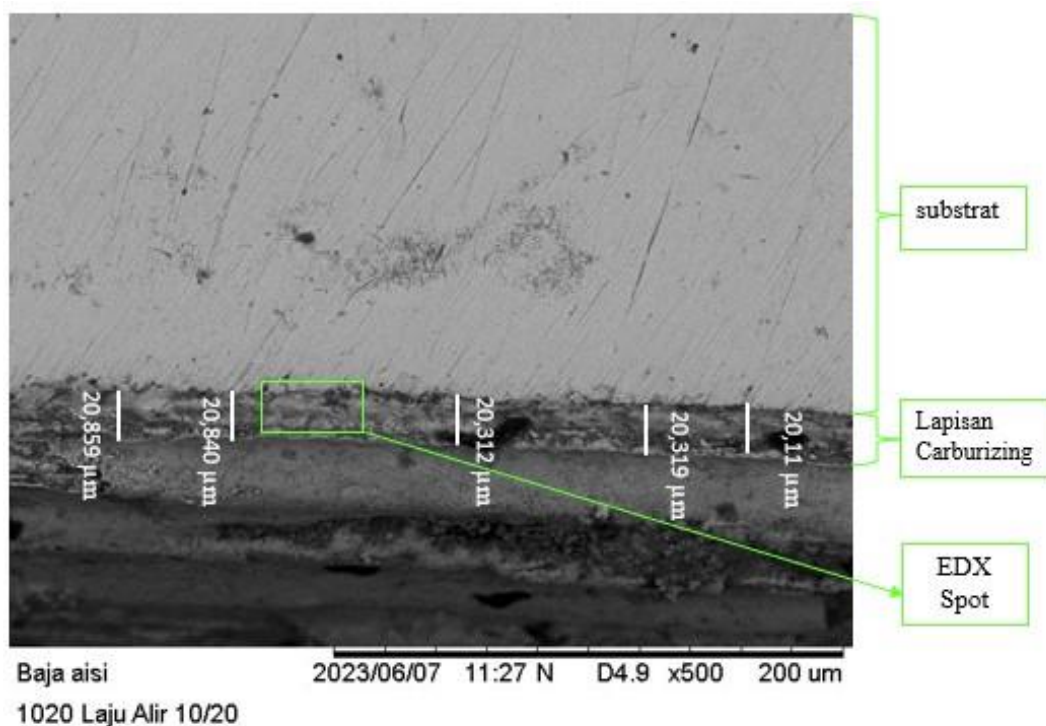


Gambar SEM Raw material Baja AISI 1020

Tabel Kandungan komposisi Raw Material Baja AISI 1020

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	9.700	0.536	30.522
Alumnum	0.197	0.079	0.276
Silicon	0.541	0.079	0.727
Iron	89.563	0.560	68.474

2. SEM-EDX Laju Alir 20 cm³/min

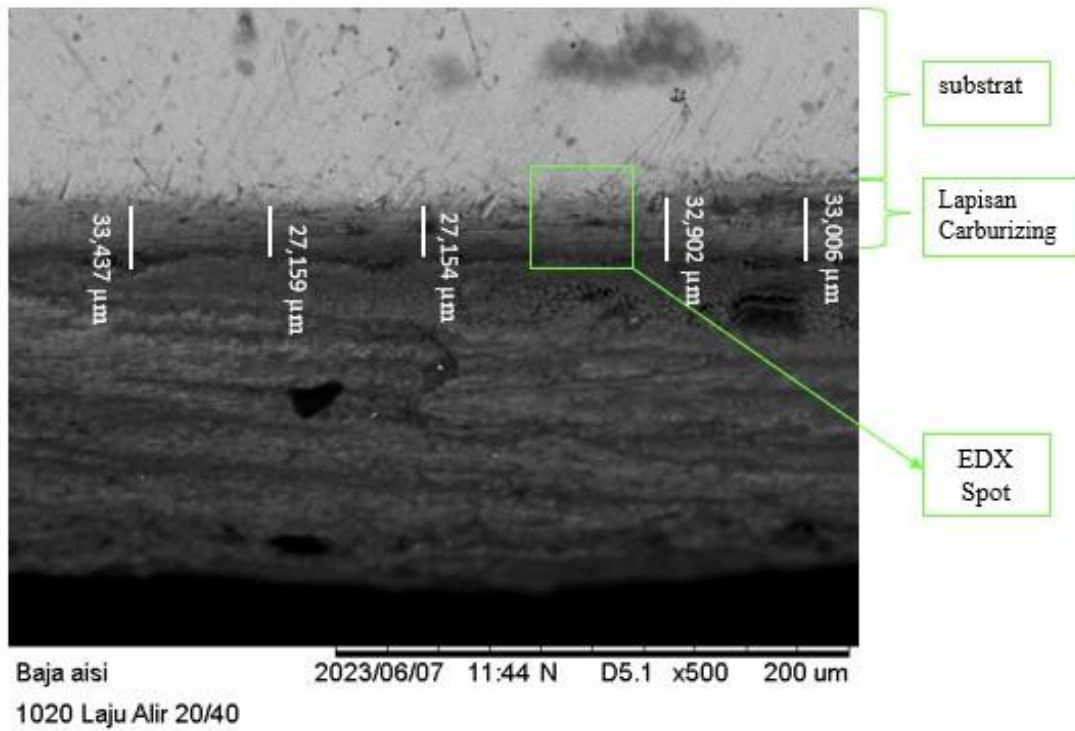


Gambar SEM Laju Alir 20 cm³/min

Tabel komposisi Laju Alir 20 cm³/min

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	14.584	1.211	35.805
Oxygen	15.422	0.303	28.425
Sodium	0.572	0.073	0.734
Silicon	0.747	0.046	0.785
Potassium	0.225	0.041	0.170
Calcium	0.264	0.044	0.194
Iron	62.572	0.917	33.039
Platinum	5.614	0.189	0.849

3. SEM-EDX Laju Alir 40 cm³/min

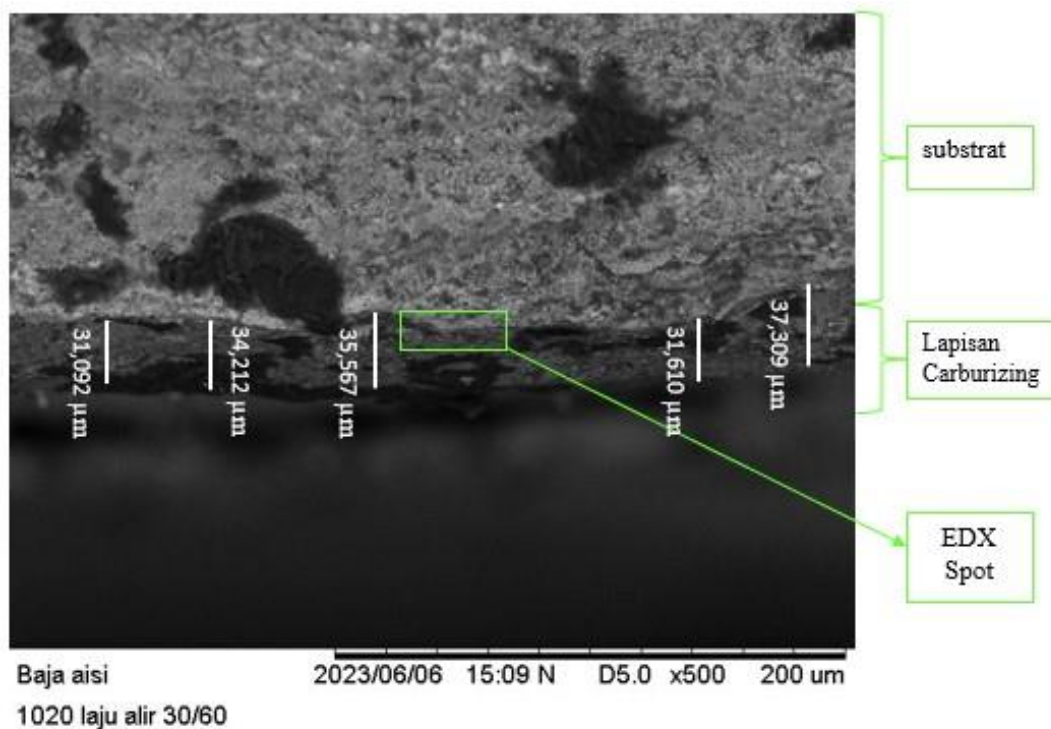


Gambar SEM Laju Alir 40 cm³/min

Tabel komposisi Laju Alir 40 cm³/min

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	22.831	1.110	46.402
Oxygen	16.741	0.317	25.545
Sodium	0.631	0.068	0.670
Magnesium	0.342	0.047	0.344
Aluminum	0.161	0.039	0.145
Silicon	1.719	0.053	1.494
Chlorine	0.267	0.038	0.184
Potassium	0.324	0.038	0.203
Calcium	0.613	0.043	0.374
Iron	56.371	0.833	24.641

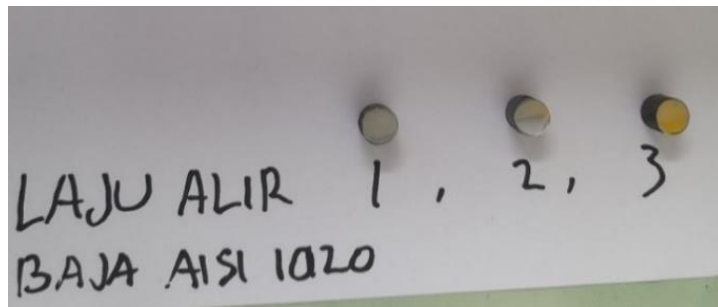
4. SEM-EDX Laju Alir 60 cm³/min



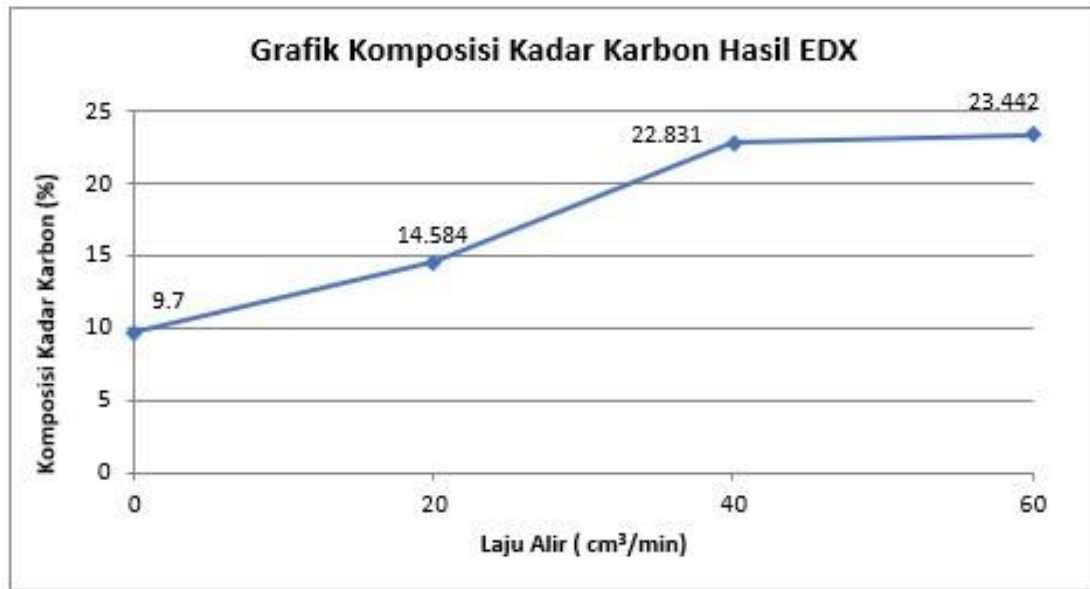
Gambar SEM Laju Alir 60 cm³/min

Tabel komposisi Laju Alir 60 cm³/min

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	23.442	1.123	48.531
Oxygen	14.177	0.291	22.033
Sodium	0.492	0.068	0.532
Magnesium	0.593	0.051	0.607
Silicon	1.983	0.058	1.756
Potassium	0.206	0.038	0.131
Calcium	0.535	0.043	0.332
Iron	58.572	0.879	26.079



Gambar Spesimen SEM-EDX



Grafik Komposisi Karbon Hasil EDX

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 Dan Ketahanan Aus pada baja AISI 1020 dengan bertambahnya komposisi kadar karbon dan ketebalan lapisan Setelah melalui proses carburizing. Raw Material memiliki kadar karbon setelah dilakukan pengujian EDX dengan komposisi karbon sebesar 9,700% , Laju alir 20 cm³/min setelah dilakukan pengujian EDX dengan komposisi karbon sebesar 14,584% mengalami peningkatan sebesar 4,884% dari raw material dan memiliki ketebalan lapisan sebesar 20,488 μm, Laju alir 40 cm³/min setelah dilakukan pengujian EDX dengan komposisi karbon sebesar 22,831% mengalami peningkatan sebesar 8,247% dari laju alir 20 cm³/min dan memiliki ketebalan lapisan sebesar 30,732 μm dan Laju alir 60 cm³/min setelah dilakukan pengujian EDX dengan komposisi karbon sebesar 23,442% mengalami peningkatan sebesar 0,611% dari laju alir 40 cm³/min dan memiliki ketebalan lapisan sebesar 33,958 μm. Dari seluruh data tersebut Laju Alir 60 cm³/min memiliki peningkatan kadar karbon tertinggi jika di dibandingkan dengan raw material mengalami peningkatan 13,742% dan memberikan nilai kekerasan serta ketahanan aus tertinggi pada Baja AISI 1020 Setelah dilakukan proses Carburizing dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 769,6 HV dan nilai Laju Aus rata-rata sebesar 0,1059 mm³/menit

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian kekerasan micro vickers menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai kekerasan. Raw Material Memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 227,8 HV dan pada spesimen Laju Alir 60 cm³/min memiliki nilai rata-rata kekerasan tertinggi sebesar 769,60 HV.
2. Pengujian Keausan pin on disk menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai Ketahanan Aus. Raw Material Memiliki nilai kehilangan berat sebesar 1,67 gram, nilai rata-rata Laju aus 3,5366 mm³/min serta nilai rata-rata Volume Berat yang hilang 212,1982 mm³ dan pada spesimen Laju Alir 60 cm³/min memiliki nilai rata-rata kehilangan berat paling sedikit sebesar 0,05 gram, nilai rata-rata Volume Berat yang hilang 6,3532 mm³ dan nilai rata-rata Laju aus 0,1059 mm³/min.

3. Pengujian SEM EDX pada Baja AISI 1020 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kadar karbon dan ketebalan lapisan pada Spesimen setelah melalui proses carburizing yang terlihat pada hasil pengujian EDX dan semakin tinggi laju alir yang digunakan pada proses carburizing memberikan ketebalan lapisan yang semakin besar dengan laju alir 60 cm³/min memiliki ketebalan lapisan sebesar 33,958 μm dan memiliki komposisi kadar karbon sebesar 23,442 %.

SARAN

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

1. Dapur yang digunakan berupa fluidized bed furnace perlu dikalibrasi ulang untuk mendapatkan hasil yang optimal dari penelitian heat treatment.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan menambah waktu penahanan (*holding time*) agar mendapatkan kekerasan dan ketahanan aus yang diinginkan dapat mencapai titik optimal sesuai dengan material dan dapur yang digunakan.
3. Perlu ketelitian dalam proses carburizing agar spesimen hasil carburizing lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nasution, M & Nasution, R, H. (2020). Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1020 Terhadap Perlakuan Carburizing Dengan Arang Batok Kelapa
- [2] Rizki, M, A, Dkk. (2022). Pengaruh Proses Pack Carburizing Dengan Variasi Temperatur Dan Karbon Aktif Terhadap Kekerasan Permukaan Baja AISI 1020
- [3] Rahardjo, T. (2008). Proses Nitriding Untuk Peningkatan Sifat Mekanik Permukaan Material Dies.
- [4] Sujana, W. & Widi, K, A. (2016). Serbuk Alumina Sebagai Katalis Didalam Reaktor Fluidised Bed.
- [5] Lesmanah, U, Dkk (2013). Optimasi Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Baja ST 50 Dengan Perlakuan Gas Carburizing Variasi Holding Time Untuk Peningkatan Mutu Baja Standar Uji ASTM A370
- [6] Dermawan, A, Dkk (2017). Pengaruh Temperatur Carburizing Pada Proses Pack Carburizing Terhadap Sifat – Sifat Mekanis Baja S 21 C
- [7] Purbuputro P, I, Dkk (2022). Analisis Pengaruh Proses Carburizing Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja ST 60 Dengan Variasi Bahan Karburasi Karbon Dengan Mesh 80
- [8] Purboputro P, I, Dkk. (2023). Analisa Proses Carburizing Dengan Variasi Waktu Tahan 15, 30, 45, 60 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Karbon ST 60
- [9] Rauf F, A, Dkk (2018) Uji Kekerasan Dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers Pada Berbagai Jenis Material Teknik
- [10] Cahyadi R, Dkk (2019) Analisis Laju Keausan baja SUJ2 Hasil Variasi Temperatur Tempering Untuk Aplikasi Ball Bearing
- [11] Gunawan S & Harton S, B (2015) Analisis Pengaruh Media Pack Carburizing Terhadap Keausan Dan Kekerasan Sprocket Sepeda Motor