

Analisa Variasi Laju Aliran Gas Memanfaatkan Limbah pada Temperatur Proses Karburasi 700°C terhadap Struktur Mikro dan Kedalaman Pengerasan Baja AISI 1050

Niko Wardanae^{1,*}, I Komang Astana Widi¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Insititut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Baja AISI 1050
Carburizing
Limbah
Kandungan Karbon

ABSTRAK

Carburizing merupakan proses pengerasan permukaan dengan memanaskan logam (baja) di atas suhu 850°C dalam lingkup yang mengandung karbon. Pada penelitian ini media karburasi yang digunakan ialah limbah serbuk fotocopy dan arang bathok kelapa dengan menggunakan material baja AISI 1050 dan menggunakan dapur *fluidized bed furnace*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan media limbah pada proses karburasi terhadap karakteristik baja AISI 1050. Karakteristik yang diteliti meliputi kedalaman kekerasan baja, ketebalan lapisan karbon, serta kandungan karbon dan besi pada permukaan baja. Variasi laju aliran gas juga dipertimbangkan dalam penelitian ini. Hasil Penelitian ini pengaruh media limbah pada proses *carburizing* meningkatkan kedalaman lapisan kekerasan permukaan baja AISI 1050 variasi laju alir gas 60 cm³ lebih tebal dengan diperoleh 44,609 µm dibandingkan laju alir gas 40 cm³ 34,426 µm, dan laju alir gas 20 cm³ 14,605 µm. Pengujian mikrovipers rata-rata tingkat pengerasan 209,72 pada variasi laju alir gas 20 cm³, 232,02 pada variasi laju alir gas 40 cm³, 834,52 pada laju alir gas 60 cm³. Pengujian SEM-EDX dengan menentukan komposisi tinggi kadar karbon dalam bentuk persentase. spot yang telah di ambil memiliki lapisan karbon yang cukup tinggi pada variasi laju Alir 60 cm³/min dengan perbesaran 300X. sehingga komposisi tinggi kadar karbon sebesar 0,90%

Niko Wardanae (email: nikowardanae14@gmail.com)

Diterima: 27 September 2024

Disetujui: 14 Agustus 2025

Dipublikasikan: 11 November 2025

1 Pendahuluan

Karburasi padat merupakan suatu proses perlakuan termokimia melalui cara melarutkan karbon pada permukaan baja yang berkisar 0,3% - 0,9% pada suhu austenit kemudian dipertahankan beberapa waktu pada suhu yang sama dilanjutkan proses quenching menggunakan air, oli, udara maupun larutan garam. Penelitian ini menguji kualitas kekerasan Baja AISI 1050 sebelum dan sesudah proses karburasi padat menggunakan 80% arang tempurung kelapa sebagai karbon dan 20% cangkang telur sebagai katali, dengan waktu penahanan 60, dan 90 menit menggunakan media quenching oli dan air garam. Hasil yang diperoleh menunjukkan peningkatan nilai kekerasan tertinggi pada waktu penahanan 90 menit menggunakan quenching air [1].

Proses karburasi dengan media campuran arang batok kelapa dan gas (metana, propana) meningkatkan kekerasan dengan bertambahnya kandungan karbon pada permukaan sampel. Faktor-faktor seperti waktu, waktu pemrosesan, dan suhu mempengaruhi ketebalan lapisan karbon [2]. Berfungsi sebagai katalisator untuk berbagai reaksi, seperti dehidrogenasi alkohol, dehidrasi dan pemecahan hidrokarbon oleh berbagai serbuk alumina. Selain itu, alumina juga digunakan untuk membuat suku cadang / komponen yang tahan terhadap suhu tinggi [3]

Dalam proses karburisasi, serbuk fotocopy dan arang batok kelapa digunakan sebagai media karburisasi dalam proses karburisasi baja AISI 1050 pada temperatur 700°C. Kedua bahan ini memiliki fungsi yang sama, yaitu meningkatkan efektivitas proses karburisasi dengan cara meningkatkan difusi karbon ke dalam baja dan meningkatkan luas permukaan kontak antara serbuk dengan baja. Selain itu, penggunaan media ini juga membantu mengurangi jumlah limbah yang masuk ke tempat pembuangan akhir, memberikan solusi daur ulang yang berkelanjutan, dan mengurangi biaya produksi [4]

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh media limbah pada proses *carburizing* terhadap kedalaman kekerasan, tingkat ketebalan, kandungan karbon dan besi setelah uji SEM-EDX pada baja AISI 1050 dengan variasi laju alir gas 20, 40, dan 60 cm³/min.

2 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada temperatur proses tetap sebesar 700°C dengan menggunakan media karburasi berbahan dasar limbah organik yang telah dikarbonasi, seperti tempurung kelapa atau serbuk kayu. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah laju aliran gas yang divariasikan menjadi 20, 40, dan 60 cm³/min, sedangkan variabel terikat meliputi kedalaman kekerasan, ketebalan lapisan difusi, serta kandungan unsur karbon dan besi setelah proses karburasi.

Spesimen uji berupa baja AISI 1050 disiapkan dalam bentuk pelat atau silinder kecil dengan ukuran tertentu, kemudian dibersihkan permukaannya sebelum proses karburasi. Proses karburasi dilakukan dalam tungku (furnace) pada temperatur 700°C selama waktu pemanasan yang konstan sambil dialiri gas pembawa melalui sistem *flowmeter* sesuai variasi laju yang telah ditentukan. Setelah proses karburasi selesai, spesimen segera mengalami proses pendinginan cepat (*quenching*) untuk mengunci hasil difusi karbon pada permukaan baja.

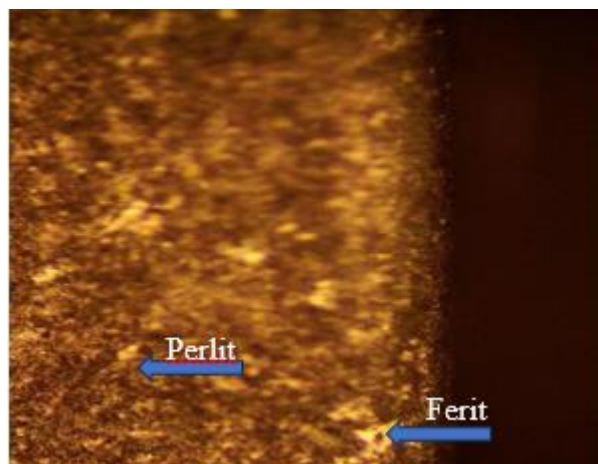
Tahap selanjutnya adalah pengujian terhadap spesimen hasil perlakuan. Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui kedalaman dan distribusi kekerasan pada permukaan hingga ke inti baja. Pengamatan struktur mikro dilakukan melalui preparasi metalografi yang dilanjutkan dengan pengamatan menggunakan mikroskop optik dan Scanning Electron Microscope (SEM). Selain itu, analisis kandungan unsur karbon dan besi dilakukan menggunakan metode *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) yang terintegrasi dalam SEM.

Data hasil uji kekerasan, pengamatan struktur mikro, serta analisis SEM-EDX kemudian dianalisis secara komparatif antar setiap variasi laju aliran gas. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh signifikan dari variasi laju alir terhadap kedalaman lapisan keras, perubahan struktur mikro, serta kandungan kimia di zona permukaan dan zona difusi baja AISI 1050 yang telah mengalami proses karburasi dengan media berbasis limbah.

3 Hasil dan Pembahasan

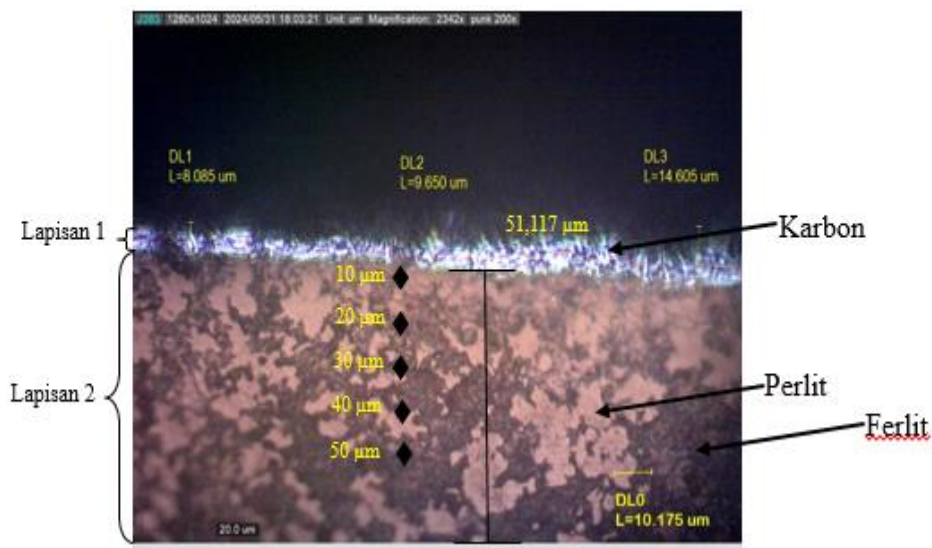
Setelah melakukan pengujian maka didapatkan data-data hasil pengujian proses perlakuan panas *carburizing* variasi laju aliran dengan memanfaatkan limbah serbuk fotocopy dan arang batok kelapa terhadap mikro struktur, kekerasan mikrovickers, SEM-EDX pada baja AISI 1050. Mendapatkan nilai-nilai ketebalan lapisan karbon, kekerasan *microvickers*, persentase karbon dan besi lalu di analisa dan di bahas setelah melakukan proses penelitian *carburizing*. Sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut :

3.1 Data Hasil Pengujian Mikro Struktur



Gambar 1. Mikro Struktur baja AISI 1050 sebelum perlakuan panas karburisasi

Gambar di atas menunjukkan material Baja AISI 1050 tanpa perlakuan menggunakan mikroskopik optik dengan pembesaran 500x



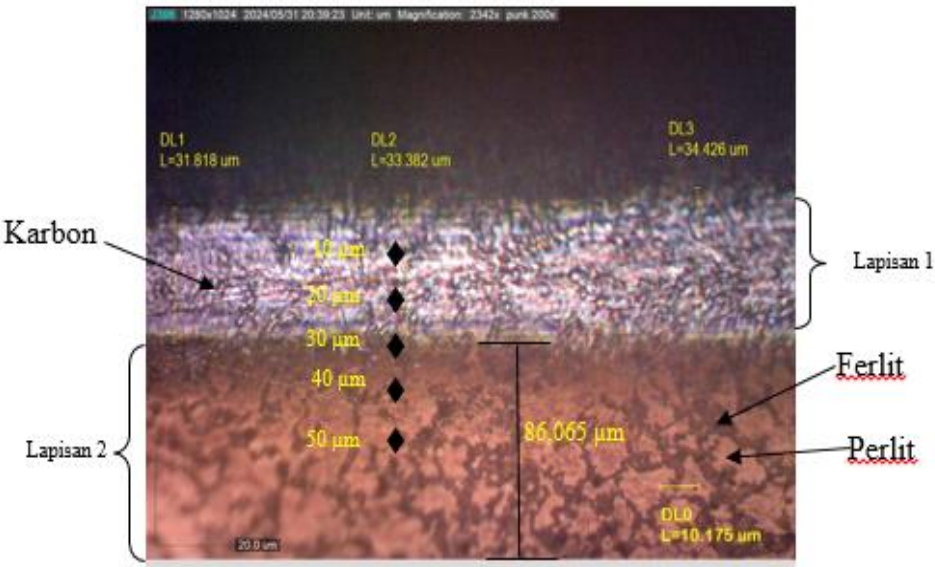
Gambar 2. Ketebalan lapisan baja AISI 1050 hasil proses karburisasi dengan menggunakan laju aliran gas 20 cm³/min

Gambar 2 menunjukkan material Baja AISI 1050 temperatur 700°C dengan variasi Laju Aliran Gas penahanan 1 jam dilakukan perlakuan panas karburisasi dengan perbesaran 200X terjadi penambahan lapisan karbon pada garis ke 1 Tebal lapisan 8.085. garis ke 2 Tebal lapisan 9.650, garis ke 3 Tebal lapisan 14.605, dalam satuan mikron (μm).

Tabel 1. Ketebalan lapisan karbon baja AISI 1050 pada temperatur 700°C dengan menggunakan laju aliran gas 20 cm³/min

KODE SPESIMEN	NAMA	TEBAL LAPISAN 1
AISI 1050	DL1	8.085
Temperatur 700°C Laju	DL2	9.650
Aliran Gas	DL3	14.605

Dari analisa ketebalan lapisan karbon pada Tabel 4.1 ini, peneliti akan mencoba menguji lebih lanjut pada baris ketiga dengan lapisan karbon tertinggi, yaitu 14.605 μm, untuk melihat seberapa dalam distribusi pengerasan yang terjadi melalui uji mikrovikers.



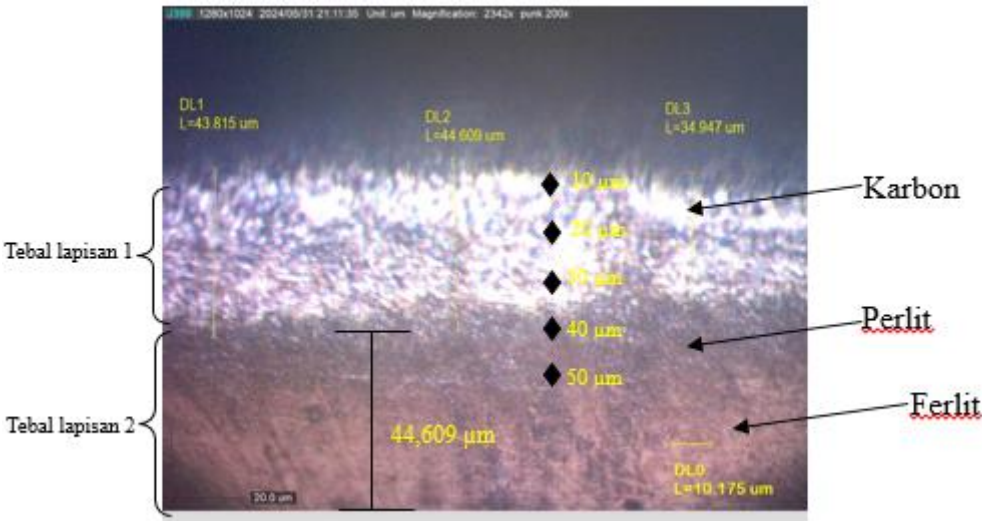
Gambar 3. Ketebalan lapisan baja AISI 1050 hasil proses karburisasi dengan menggunakan laju aliran gas 40 cm³/min

Gambar 3 menunjukkan material Baja AISI 1050 temperatur 700°C dengan variasi Laju Aliran Gas penahanan 1 jam dilakukan perlakuan panas karburisasi dengan perbesaran 200X terjadi penambahan lapisan karbon pada garis ke 1 Tebal lapisan 31.818 . garis ke 2 Tebal lapisan 33.382, garis ke 3 Tebal lapisan 34.426, dalam satuan mikron (μm).

Tabel 2. Ketebalan lapisan karbon baja AISI 1050 pada temperatur 700°C dengan menggunakan laju aliran gas 40 cm³/min

KODE SPESIMEN	NAMA	TEBAL LAPISAN
AISI 1050 Temperatur 700°C Laju Aliran Gas	Lapisan 1	31.818
	Lapisan 2	33.382
	Lapisan 3	34.426

Dari analisa ketebalan lapisan karbon pada Tabel 2 ini, peneliti akan mencoba menguji lebih lanjut pada baris ketiga dengan lapisan karbon tertinggi, yaitu 34.426 μm, untuk melihat seberapa dalam distribusi pengerasan yang terjadi melalui uji mikrovikers.



Gambar 4. Ketebalan lapisan baja AISI 1050 hasil proses karburisasi dengan menggunakan laju aliran gas 60 cm³/min

Gambar 4 menunjukkan material Baja AISI 1050 temperatur 700°C dengan variasi Laju Aliran Gas penahanan 1 jam dilakukan perlakuan panas karburisasi dengan perbesaran 200X terjadi penambahan lapisan karbon pada garis ke 1 Tebal lapisan 43.815 . garis ke 2 Tebal lapisan 44.609, garis ke 3 Tebal lapisan 34.947, dalam satuan mikron (μm).

Tabel 3. Ketebalan lapisan karbon baja AISI 1050 pada temperatur 700°C dengan menggunakan laju aliran gas 60 cm^3/min

KODE SPESIMEN	NAMA	TEBAL LAPISAN
AISI 1050 Temperatur 700°C Laju Aliran Gas	Lapisan 1	43.815
	Lapisan 2	44.609
	Lapisan 3	34.947

Dari analisa ketebalan lapisan karbon pada Tabel 4.3 ini, peneliti akan mencoba menguji lebih lanjut pada baris kedua dengan lapisan karbon tertinggi, yaitu 44.609 μm , untuk melihat seberapa dalam distribusi pengerasan yang terjadi melalui uji mikrovikers.



Gambar 5. Grafik Lapisan Karbon Tertinggi

Dari grafik pada Gambar dapat disimpulkan bahwa serbuk fotokopi yang dicampur dengan arang tempurung kelapa tebal dan serbuk fotokopi sangat halus dan seragam, memungkinkan distribusi partikel yang baik pada lapisan karbon yang masuk, dan partikel-partikel halus ini meningkatkan kontak permukaan antara sumber karbon dengan permukaan baja, sehingga meningkatkan efisiensi difusi karbon. Dalam hal reaktivitas kimiawi, serbuk fotokopi mungkin mengandung aditif seperti polimer atau resin Yang, yang dapat terurai saat dipanaskan untuk menghasilkan gas karbon reaktif. Gas ini dapat meningkatkan laju kerahalisasi dengan menyediakan gas karbon yang dapat dengan mudah berdifusi ke dalam baja.

Campuran serbuk copy dan arang kelapa-hatok menggabungkan keunggulan kandungan karbon yang tinggi, distribusi partikel yang halus, dan reaktivitas kimiawi yang tinggi, sehingga menghasilkan lapisan karbon yang lebih tebal pada hamparan dibandingkan dengan campuran lain yang diuji dalam eksperimen.

Menurut [5] Campuran serbuk copy dan arang kelapa-hatok menggabungkan keunggulan kandungan karbon yang tinggi, distribusi partikel yang halus, dan reaktivitas kimiawi yang tinggi, sehingga menghasilkan lapisan karbon yang lebih tebal pada hamparan dibandingkan dengan campuran lain yang diuji dalam eksperimen

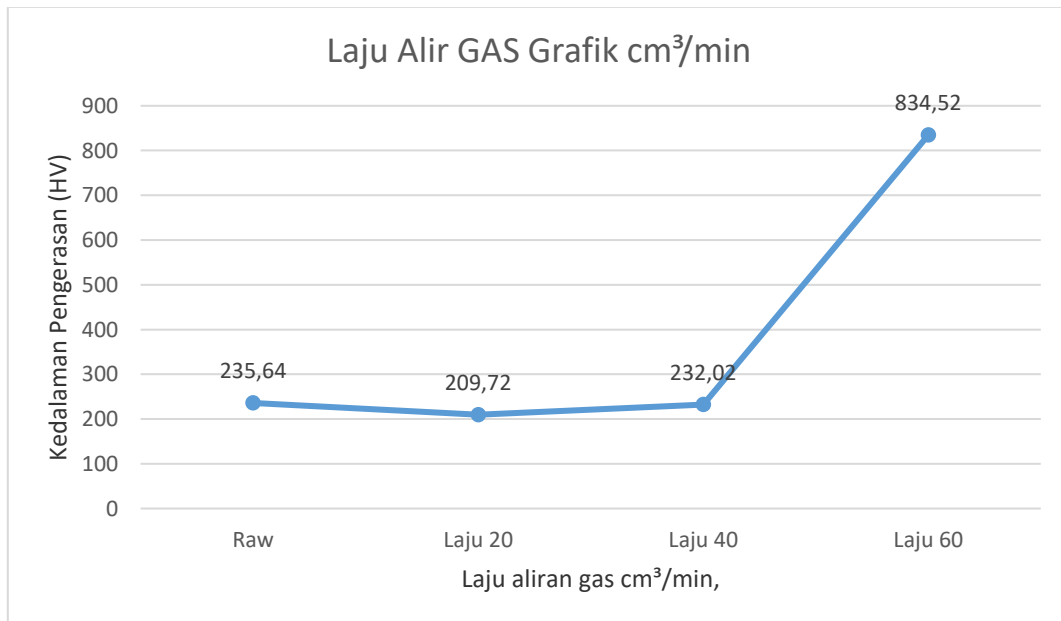
pada Gambar, dapat disimpulkan bahwa serbuk fotokopi yang dicampur dengan arang tempurung kelapa tebal dan serbuk fotokopi sangat halus dan seragam, memungkinkan distribusi partikel yang baik pada lapisan karbon yang masuk, dan partikel-partikel halus ini meningkatkan kontak permukaan antara sumber karbon dengan permukaan baja, sehingga meningkatkan efisiensi difusi karbon. Dalam hal reaktivitas kimiawi, serbuk fotokopi mungkin mengandung aditif seperti polimer atau resin Yang, yang dapat terurai saat dipanaskan untuk menghasilkan gas karbon reaktif. Gas ini dapat meningkatkan laju kerhalisasi dengan menyediakan gas karbon yang dapat dengan mudah berdifusi ke dalam baja

3.2 Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikrovickers

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Kekerasan *Mikrovickers*

Kode Spesimen	Jarak (μm)	Distribusi Kekerasan (HV)
AISI 1050 Tanpa Pelakuan (<i>Base Material</i>)	10 μm	319,0
	20 μm	202,7
	30 μm	222,1
	40 μm	202,4
	50 μm	232,4
	Nilai rata-rata	235,64
AISI 1050 Dengan laju aliran 20	10 μm	220,8
	20 μm	209,5
	30 μm	206,5
	40 μm	207,7
	50 μm	204,1
	Nilai rata-rata	209,72
AISI 1050 Dengan Laju Airian 40	10 μm	229,2
	20 μm	216,6
	30 μm	226,2
	40 μm	263,0
	50 μm	225,1
	Nilai rata-rata	232,02
AISI 1050 Dengan Laju Airian 60	10 μm	793,7
	20 μm	835,4
	30 μm	837,8
	40 μm	872,7
	50 μm	833,0
	Nilai rata-rata	834,52

Dari hasil pengujian distribusi kekerasan Raw material didapati hasil distribusi kekerasan pada titik ke-1 sebesar 793,7 HV, titik ke-2 sebesar 835,4 HV, titik ke-3 sebesar 837,8 HV, titik ke-4 sebesar 872,7 HV, pada titik ke-5 sebesar 833,0 HV Hasil rata-rata yang didapat adalah sebesar 834,52 HV.

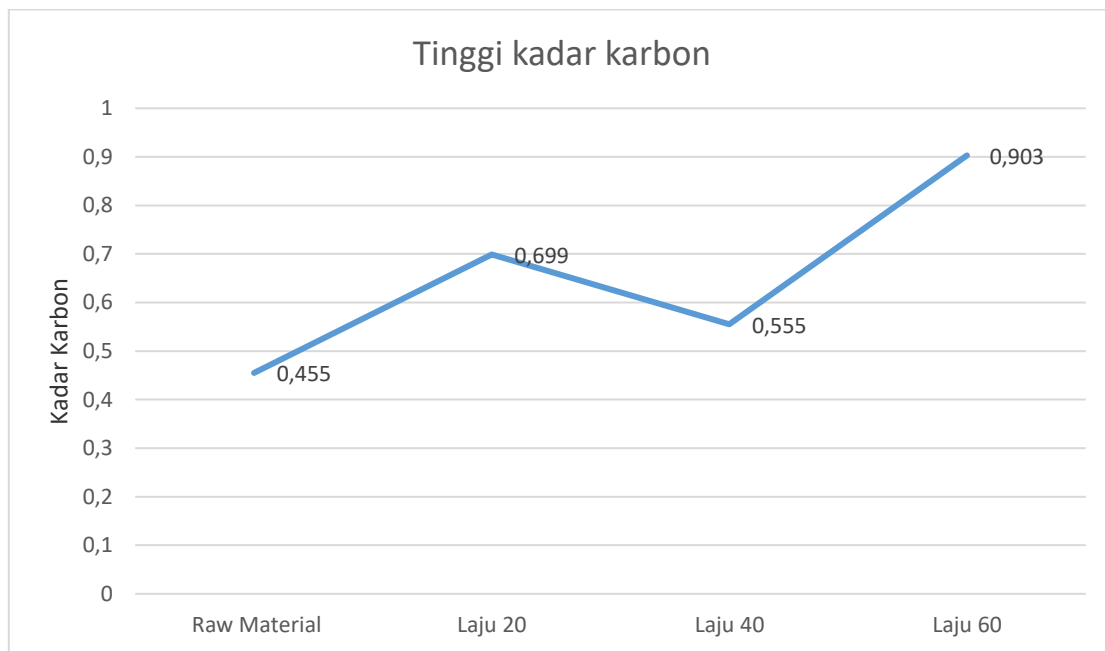


Gambar 6. Grafik Kedalaman Kekerasan

Pada tabel 4. yaitu pada spesimen baja paduan rendah AISI 1050 yang tidak diproses, didapatkan nilai rata-rata kekerasan sebesar 235,64 HV. hal itu dapat diketahui dengan data hasil pengujian dan titik pada setiap spesimenya berjumlah 5 titik dengan jarak 10,20,30,40,50 μm , pada hasil specimen ke dua dengan rata-rata 209,72HV dari rata-rata spesimen raw dan laju aliran gas 20 mengalami penurunan sebesar 1,125% di karenakan proses karburisasi belum maksimal, dan pada spesimen ketiga dengan hasil rata-rata 232,02HV mengalami sedikit kenaikan sebesar 1,105% dan untuk spesimen keempat mendapatkan rata-rata 834,52HV mengalami peningkatan signifikan sebesar 3,6% dikarenakan proses karburisasi sudah maksimal, peningkatan kekerasan yang bertahap yang di sebabkan oleh peningkatan panas pada saat proses perlakuan, peningkatan temperatur dan media pendingin yang berupa air sangat berpengaruh terhadap kekerasan difusi karbon yang dihasilkan bahwa laju aliran gas memberikan pengaruh terhadap harga kekerasan baja karbon rendah, di mana semakin tinggi laju aliran gas maka semakin tinggi pula harga kekerasannya.

Dalam sebuah penelitian yang dilakukan oleh [6] kekerasan awal raw adalah 220HV. Setelah karburasi pada suhu 920 ° C selama 5 Jam, kekerasan permukaan meningkat menjadi 680HV, atau sekitar 209% dari bahan baku. Di sisi lain, penelitian yang dilakukan oleh [7] menggunakan bahan baku dengan kekerasan awal 210HV. Proses karburasi pada suhu 930 ° C selama 5 Jam menghasilkan kekerasan permukaan 840HV, atau peningkatan sekitar 300% dari raw material

3.3 Data Hasil Pengujian SEM-EDX



Gambar 7. Grafik perbandingan kadar karbon

Dari grafik peneliti dapat menganalisa kadar karbon Raw Material sebesar 0,455%, setelah mengalami proses karburisasi pada variasi laju alir gas 20 cm³/min terjadi peningkatan 1,53% menjadi 0,699% karena jumlah gas karbon yang masuk ke dalam permukaan material meningkatkan kadar karbon, pada variasi laju Alir 40 cm³/min terjadi penurunan karbon sebesar 1,25% menjadi 0,555 karena difusi karbon yang lebih cepat tetapi tidak secara proposional meningkatkan kadar karbon, kemudian terjadi peningkatan karbon lagi sebesar 1,62% menjadi 0,903 pada laju Alir 60 cm³/min karena laju alir gas paling tinggi ini karbon dapat terdifusikan dengan cepat ini dapat meningkatkan kadar karbon secara signifikan karena gas karbon dapat berdifusi secara intensif ke dalam material, Sehingga dari data hasil penelitian menunjukkan hasil SEM-EDX baja AISI 1050 setelah diberi perlakuan pengerasan permukaan berupa metode karburisasi unsur karbon mengalami kenaikan dan penurunan. Dengan menggunakan laju alir gas yang tinggi, distribusi karbon dalam logam lebih merata, menghasilkan kekerasan permukaan logam yang lebih konsisten. Namun, laju alir gas yang rendah dapat menyebabkan distribusi karbon yang tidak merata, menghasilkan kekerasan yang tidak konsisten pada permukaan logam.

Pada penelitian [8] pengaruh aliran gas terhadap proses karbonisasi baja ditemukan titik optimum sebesar 45 cm³/menit. Ada sedikit perbedaan dalam nilai persentase kenaikan, tetapi yang serupa menunjukkan bahwa ada titik aliran gas yang optimal di mana proses karburasi dapat berjalan paling efektif.

4 Kesimpulan

Dari proses serangkaian penelitian yang telah dilakukan terhadap uji baja AISI 1050 dengan laju alir gas 20 cm³/min, 40 cm³/min, dan 60 cm³/min pada temperature 700°C dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh media limbah pada proses *carburizing* meningkatkan ketebalan lapisan yang terkarburisasi bahwa dengan variasi laju alir gas 60 cm³ lebih tebal dengan diperoleh 44,609 µm dibandingkan laju alir gas 40 cm³/min 34,426 µm, dan laju alir gas 20 cm³/min 14,605 µm.
2. Pengaruh media limbah pada proses *carburizing* meningkatkan kedalaman lapisan kekerasan permukaan baja AISI 1050 209,72 pada variasi laju alir gas 20 cm³/min, 232,02 pada variasi laju alir gas 40 cm³/min, 834,52 pada laju alir gas 60 cm³/min.
3. Pengaruh media limbah pada proses *carburizing* terhadap kandungan karbon dan besi pada baja AISI 1050 memiliki lapisan karbon yang cukup tinggi pada variasi laju Alir 60 cm³/min dengan perbesaran 300X sehingga komposisi tinggi kadar karbon sebesar 0,90% dan besi 0,701%

5 Referensi

- [1] Fahreza, M. I., Fakhriza, F., & Hamdani, H. (2017). Analisa pengaruh waktu penahanan terhadap nilai kekerasan baja AISI 1050 dengan metode pack carburizing. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 1(1), 52-56.
- [2] Amanto, H., & Daryanto. (2003). *Ilmu Bahan*. Jakarta : Bumi Aksara.
- [3] Ismunandar. (2004). *Padatan Oksida Logam: Struktur, Sintesis dan Sifat-Sifatnya*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [4] Mujiyono, & Sumowidagdo, A. L. (2008). Meningkatkan Efektifitas Karburisasi Padat pada Baja Karbon Rendah dengan Optimasi Ukuran Serbuk Arang Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 8–14. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/16991>
- [5] Nugroho, A., Ginting, N. S. B., & Syakur, A. (2018). Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi DC dengan Metode Cockcroft-Walton Tipe Fullwave. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 7(2), 442–448.
- [6] Widharto, D. (2014). Pengaruh Pemberian Ekstrak Meniran (*Phyllanthus Niruri* L) Dengan Pelarut Air Terhadap Tanggap Kebal Ayam Arab Fase Laying Pasca Vaksinasi Newcastle Disease (Nd). *Majalah Ilmiah*, 19(2), 1382–1391.
- [7] Sunardi, J., Widodo, A., & Subagio, B. (2021). Effect of gas flow rate on the carburizing process of steel. *Materials Science and Engineering: A*, 805, 140713.
- [8] Nurhilal, Mohammad. "Pengaruh Temperatur, Holding Time Proses Pack Carburizing Baja Karbon Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik." *Jurnal Teknologi* 10.2 (2017): 153-162.
- [9] Frans P. Sappu, and Arwanto MA Lakat. "Uji Kekerasan dengan Menggunakan Alat Microhardness Vickers pada Berbagai Jenis Material Teknik." *Jurnal Tekno Mesin* 5.1 (2018).
- [10] Arifandi, R., & Pohan, G. A. (2021). Pengaruh Media Arang Kayu Bakau Mangrove Dan Arang Kayu Asam Pada Proses Perlakuan Carburizing Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon ST-37. *JURNAL FLYWHEEL*, 12(2), 30-37..
- [11] Fatih, Abduh Muhammad. Pengaruh Variasi Suhu Tempering Yang Diikuti Proses Peening Dan Dichelup Pada Campuran Air Dan Garam Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Pada Baja SM490 Yang Digunakan Pada Underframe Kereta Api. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.