

Analisa Kedalaman Pengerasan dan Struktur Mikro pada Baja AISI 4140 terhadap Variasi Waktu Temperatur Karburisasi dengan Pendinginan Asam Cuka

Ahmad Jabbar Ali Hamzah^{1,*}, I Komang Astana Widi¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Asam Cuka.
Baja AISI 4140
Carburizing.
Mikro Vickers.
SEM-EDX.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh proses karburizing pada baja AISI 4140 dengan variasi suhu karburizing pada 700°C, 800°C, dan 900°C menggunakan pendingin collant. Metode karburizing dilakukan untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja dengan memperkaya karbon pada lapisan permukaan. Proses pendinginan dengan menggunakan asam cuka dipilih untuk meningkatkan kekerasan sehingga permukaan logam menjadi tahan aus. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menemukan kedalaman pengerasan, tebal lapisan dan juga komposisi yang terkandung pada lapisan yang terbentuk dari proses peningkatan temperatur karburasi. Maka dari itu dilakukan tiga pengujian berupa pengujian Struktur Mikro untuk mengamati ketebalan dari spesimen dan struktur spesimen dari permukaan/tepi hingga menemukan kekerasan asli dari material tanpa perlakuan kemudian dilakukan pengujian Mikro Vickers dilakukan untuk mendapatkan hasil dari kedalaman pengerasan yang terbentuk dari proses peningkatan temperatur karburasi dengan satuan mm atau μm , dan terakhir pengujian SEM-EDX untuk mengetahui komposisi yang terjadi pada saat proses karburasi. Melalui pengujian SEM-EDX dapat diketahui komposisi yang tercipta setelah dilakukan karburising. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pengaruh suhu karburizing terhadap sifat-sifat mekanis baja AISI 4140 dengan menggunakan pendinginan asam cuka. Temuan ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan proses karburizing yang lebih efektif dalam meningkatkan performa mekanis baja dalam berbagai aplikasi teknik

* Ahmad Jabbar Ali Hamzah (email: jabarahmad431@gmail.com)

Diterima:

Disetujui:

Dipublikasikan:

1 Pendahuluan

Proses karburisasi adalah metode perlakuan panas di mana karbon diperkaya pada permukaan baja untuk meningkatkan kekerasan permukaan. Selama proses karburisasi, baja di panaskan pada suhu tertentu dan kemudian terpapar pada gas yang kaya akan karbon, seperti gas metana atau gas propana. Karbon dari gas ini kemudian di serap ke dalam permukaan baja untuk membentuk lapisan. [1]

Dalam penelitian kali ini, ialah untuk menemukan hasil dari perubahan kenaikan temperatur dari temperatur *carburizing* 700°C, 800°C dan 900°C serta menggunakan media pendinginan larutan kimia berupa asam cuka. Dari jurnal yang telah diambil untuk dijadikan referensi masih belum banyak mengenai *surface hardening* dengan media pendingin asam cuka yang dilakukan pada bahan yang berupa baja paduan rendah AISI 4140. [2]

Tentang penelitian *heat treatment* menggunakan media pendingin asam cuka. Menurut penelitian tersebut pengaruh media pendingin berupa asam cuka ini berpengaruh pada kekerasan baja yang bertambah. Maka dari

itu, penyusun kali ini menggunakan media asam cuka sebagai pilihan media pendinginan untuk proses *carburizing* pada baja AISI 4140 ini. Yausi Rian Firdaus (2020) [3]

Untuk mengetahui bagaimana hasil dari *carburizing* dengan media pendingin asam cuka tersebut perlu dilakukan pengujian berupa uji Struktur mikro, pengujian kedalaman pengerasan dan uji *SEM-EDS*. Dari kedua pengujian diatas akan didapat gambar ataupun data untuk mengetahui apakah ada fasa yang terbentuk dan juga mengetahui berapa nilai karbon yang masuk pada material utama. Yang selanjutnya dari gambar tersebut kita bisa mengetahui data dan dapat dibahas untuk menyelesaikan penelitian dalam skripsi ini. [4]

2 Metode Penelitian

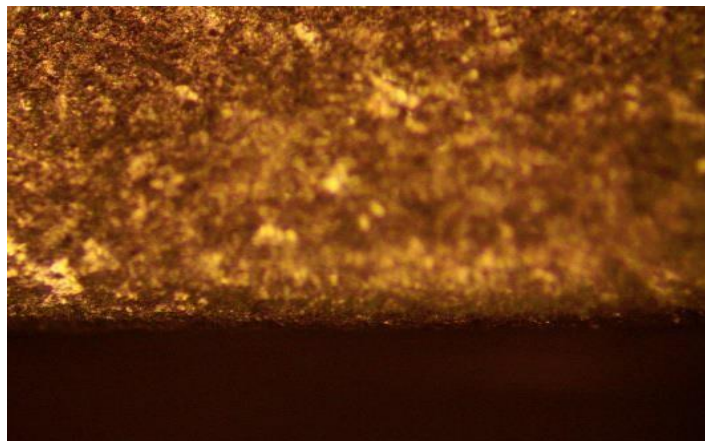
Penelitian Yang di lakukan meliputi pengujian struktur mikro yang bertujuan untuk melihat, menganalisa struktur dan juga kandungan yang ada pada baja AISI 4140 penelitian ini di lakukan di Universitas Merdeka Malang penelitian lainya yakni uji Vickers, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan dan kedalaman pengerasan dari material yang sudah di lakukan karburising dengan pemanasan 700°C, 800°C dan 900°C menggunakan pendinginan asam cuka yang di kerjakan di laboratorium material Institut Teknologi Nasional Malang Dan yang terakhir yakni pengujian SEM EDX yang di lakukan di Universitas Merdeka Malang, pengujian ini di lakukan untuk mengetahui kandungan atau komposisi yang ada pada material baja AISI 4140 setelah di lakukanya proses karburising.

Sebelum di lakukan proses pengujian penelitian ini di mulai dengan mencari informasi terkait penelitian dengan mempelajari dari penelitian sebelumnya, jurnal, dan skripsi yang terkait agar penelitian terdapat dasarnya menjadi patokan agar berjalan dengan baik dan tidak terjadi kesalahan pada prosesnya.

3 Hasil dan Pembahasan

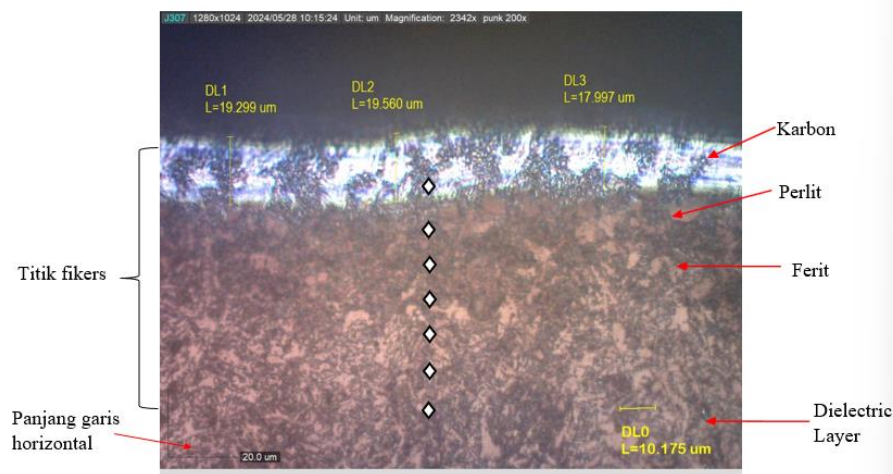
3.1 Uji Struktur Mikro

Tujuan di lakukanya pengujian struktur mikro untuk mengetahui ketebalan dari karbon juga struktur dari karbon baja AISI 4140 pada proses karburising dengan pendinginan asam cuka selanjutnya ini bertujuan untuk mengetahui seberapa keras baja AISI 4140 setelah di lakukan proses karburising dan pengujian yang terakhir di lakukan pengujian SEM EDX untuk mengetahui struktur dari kandungan baja AISI 4140.



Gambar 1. Sampel Raw Material Baja AISI 4140

Pada gambar di bawa baja aisi 4140 dengan temperature 700°C menggunakan pendingin asam cuka dengan penahanan 3 jam saat di lakukan karburisasi, terjadi penambahan ketebalan struktur baja aisi 4140.

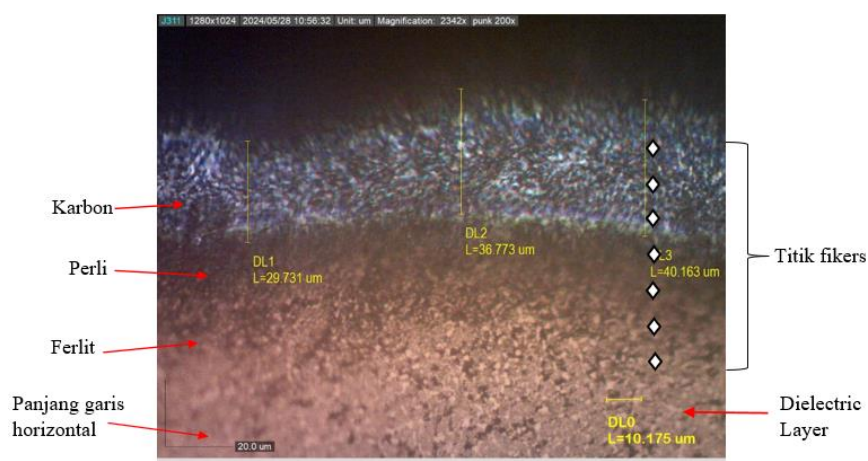


Gambar 2. Sampel Spesimen 700°C

Tabel 1. Lapisan karbon baja AISI 4140 700 °C

Kode Spesimen	Nama	Tebal Lapisan (μm)
AISI 4140 Temperatur 700°C pendingin asam cuka dengan penahanan 3 Jam	<u>Dielectric Layer 1</u>	19.299
	<u>Dielectric Layer 2</u>	19.560
	<u>Dielectric Layer 3</u>	17.997

Ketebalan lapisan garis ke 1 19.299, garis ke 2 19.560 dan pada garis ke 3 17.997 dalam satuan mikron (μm). gambar uji struktur mikro pada specimen yang telah di lakukan proses karburising dengan pemanasan 700°C selama 3 jam. Proses karburising pada suhu 700°C telah mempengaruhi struktur dari specimen tersebut bisa di lihat dengan peningkatan kandungan karbon di permukaanya yang hasilnya adalah lapisan dari permukaan yang lebih keras dari raw material dan juga tahan aus, sementara pada bagian dalam material relative berubah dan ferit juga perlit terjadi akibat dari proses pendinginan yang memainkan peran penting dalam menentukan sifat mekanik dari material yang telah di lakukan proses karburising.

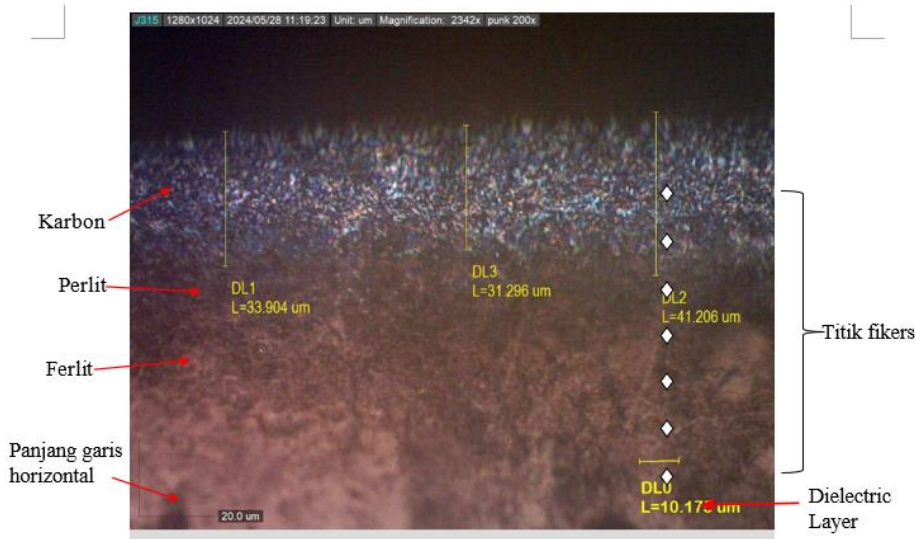


Gambar 3. Sampel Spesimen 800°C

Tabel 2. Lapisan Karbon Baja AISI 4140 800°C

Kode Spesimen	Nama	Tebal Lapisan (μm)
AISI 4140 Temperatur 800°C pendingin asam cuka dengan penahanan 6 Jam	Dielectric Layer 1	29.731
	Dielectric Layer 2	36.773
	Dielectric Layer 3	40.163

Gambar 2 yang tertera diatas menunjukkan bahwa material baja AISI 4140 dengan temperatur 800°C menggunakan pembesaran 200x dengan variasi gas dan pendinginan asam cuka juga penahanan karburisasi 3 jam terjadi pembentukan lapisan karbon dengan ketebalan pada garis ke 1 yakni 29.731 garis ke 2 36.773 garis ke 3 40.163 dalam satuan mikron (μm). Proses karburising pada suhu 800°C telah mempengaruhi struktur dari specimen tersebut hingga terjadinya difusi karbon ke dalam permukaan baja.



Gambar 4. Sampel Spesimen 900°C

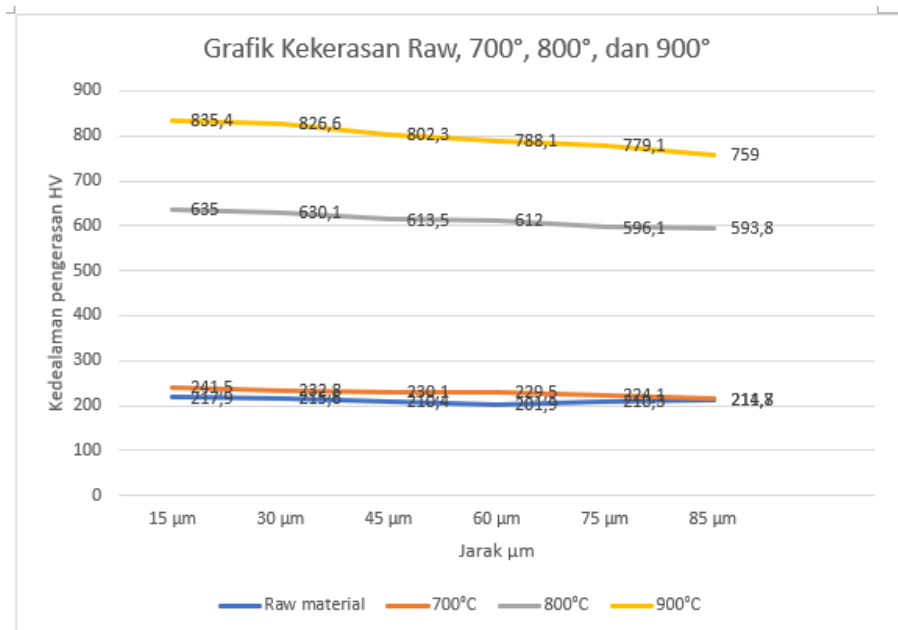
Tabel 3. Lapisan Karbon Baja AISI 4140 900°C

Kode Spesimen	Nama	Tebal Lapisan (μm)
AISI 4140 Temperatur 900°C pendingin asam cuka dengan penahanan 3 Jam	Dielectric Layer 1	33.904
	Dielectric Layer 2	31.296
	Dielectric Layer 3	41.206

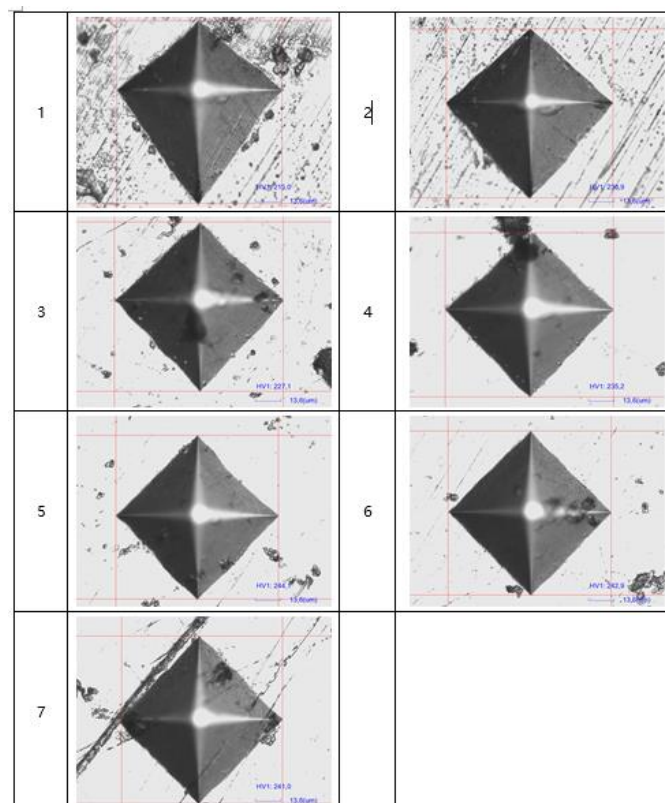
Pada gambar dan tabel di atas menunjukkan material Baja AISI 4140 dengan temperatur 900° pada variasi gas alir penahanan 9 jam dan pendinginan asam cuka. Di ketahui bahwa ketebalan yang di dapat pada saat proses karburising di ketebalan garis ke 1 33.904 garis ke 2 31.296 dan garis ke 3 41.206 dalam satuan mikron (μm). Dari hasil pengujian struktur mikro pada baja aisi 4140 menggunakan pendinginan asam cuka dengan temperature pada proses carburizing 700°C, 800 °C, dan 900 °C menunjukkan ketebalan struktur yang di

hasilkan yakni ketebalan 19.560 μm pada temperature 700°C, ketebalan 40.163 μm pada temperature 800°C dan ketebalan 41.206 μm pada temperature 900°C. Ini terjadi karena saat pendinginan banyak pertumbuhan butiran yang lebih besar dalam struktur mikro juga transformasi fasa yang lebih besar, lebih tebal dan temperature tinggi energi kinetik atom-atom meningkat sehingga memungkinkan terjadinya proses kristalisasi dan pertumbuhan butiran yang lebih cepat dalam meingkatkan lapisan.

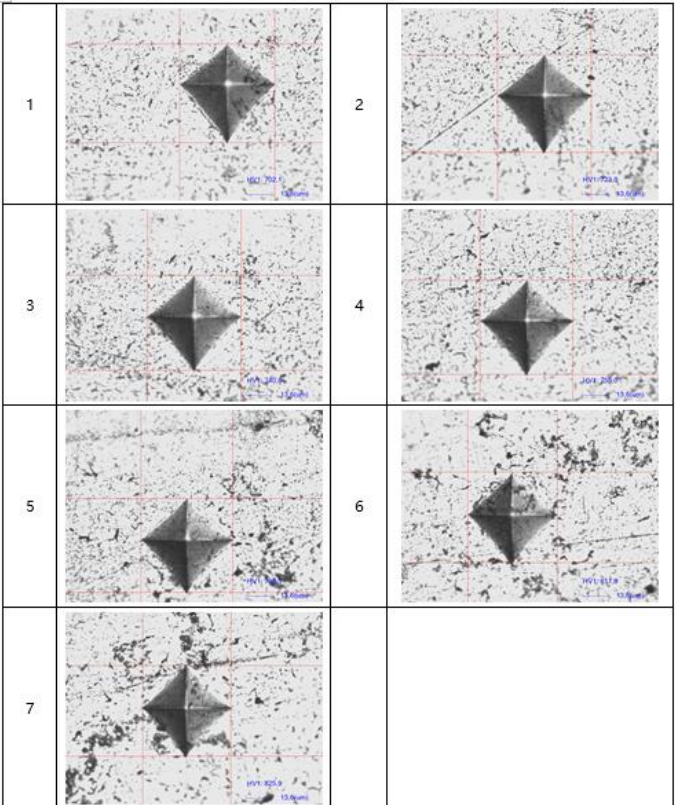
3.2 Uji Kedalaman Kekerassan Vickers



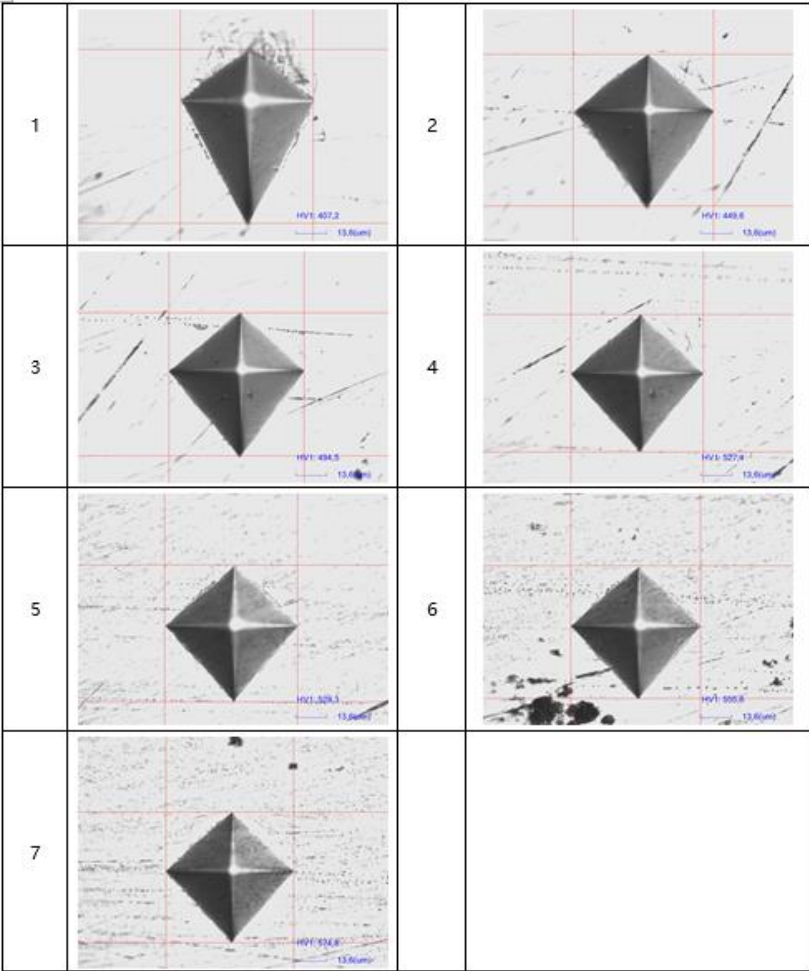
Gambar 5. Hubungan Jarak dengan Kekerassan pada Semua Spesimen



Gambar 6. Titik Uji Vickers 700°C



Gambar 8. Titik Uji Vickers 800°C

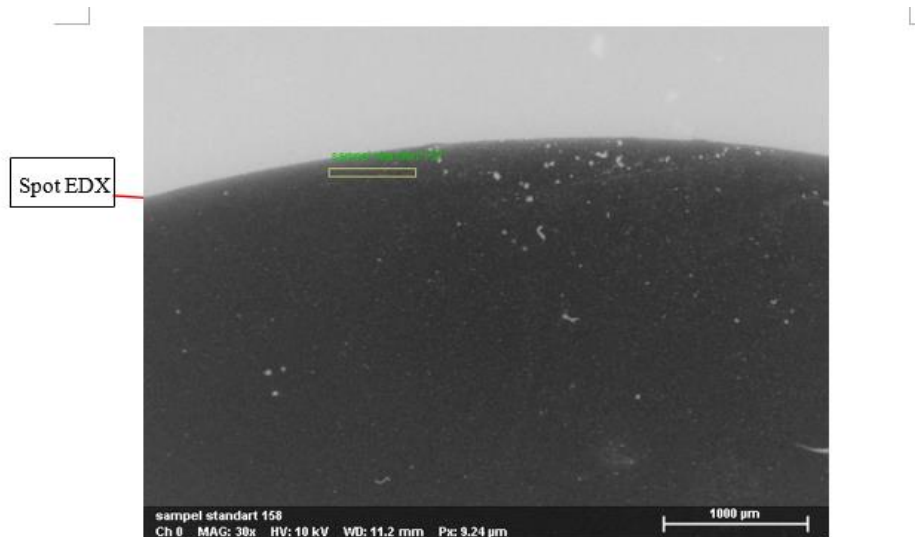


Gambar 9. Titik Uji Vickers 900°C

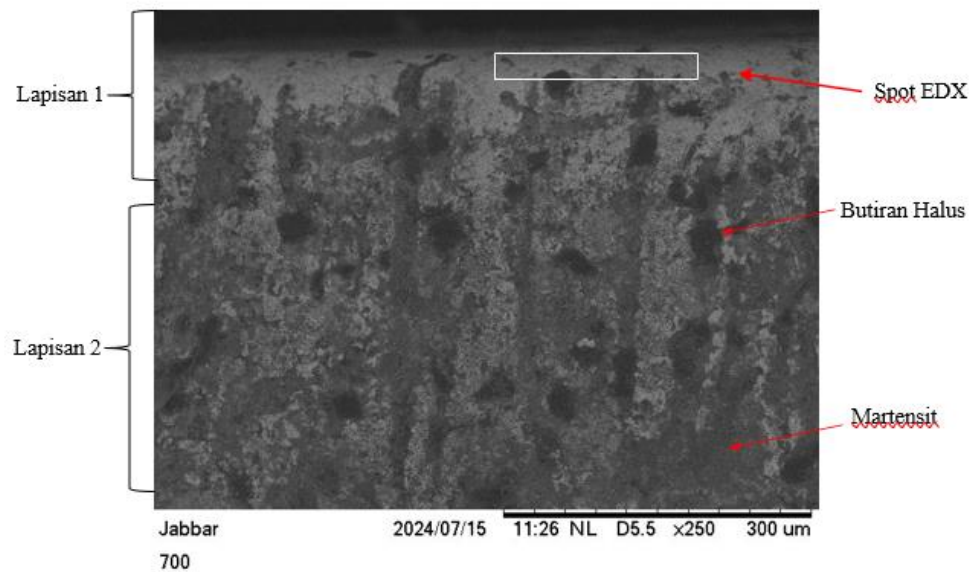
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa terdapat perubahan yang cukup signifikan pada material tanpa perlakuan dengan material yang diberi perlakuan, terutama pada perlakuan karburasi pada temperature 800°C dengan penahanan 6 jam dan 900°C dengan penahanan 9 jam.

Pada spesimen baja paduan rendah AISI 4140 yang tidak diproses, didapatkan nilai kekerasan tertinggi sebesar 435.6 HV. Hal ini sangat berbanding lurus dengan teori dan juga penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Panggih Dwi Raharjo dkk (2016) yang menunjukkan kekerasan awal pada baja AISI 4140 antara 200-500 HV dengan data hasil pengujian dan titik pada setiap spesimenya berjumlah 6 titik dengan jarak 15, 30, 45, 60, 75, 85 μm . Pada suhu 700°C karbon berdifusi terbatas ke dalam struktur baja menghasilkan kekerasan tertinggi pada baja yakni 241.5HV dan menurun pada kedalaman 85 μm dengan nilai 214.7HV. Pada garis abu-abu suhu 800°C karbon berdifusi lebih besar di banding dengan 700°C yang menghasilkan kekerasan tinggi di permukaan sebesar 635.0HV tetapi kekerasan menurun secara bertahap sampai dengan kedalaman 85 μm dengan nilai 593.8HV sedangkan pada garis kuning dengan suhu 900°C karbon yang berdifusi lebih dalam dan merata sehingga menghasilkan kekerasan pada material lebih tinggi dengan nilai 835.4HV tetapi menurun hingga 759.0HV pada kedalaman 85 μm hal ini menunjukkan karbon berdifusi optimal akan tetapi seiring dengan penurunan kekerasan yang terjadi di sebabkan karena sifat alami dari difusi yang menurun seiring dengan kedalam kekerasanya.

3.3 Uji SEM EDX



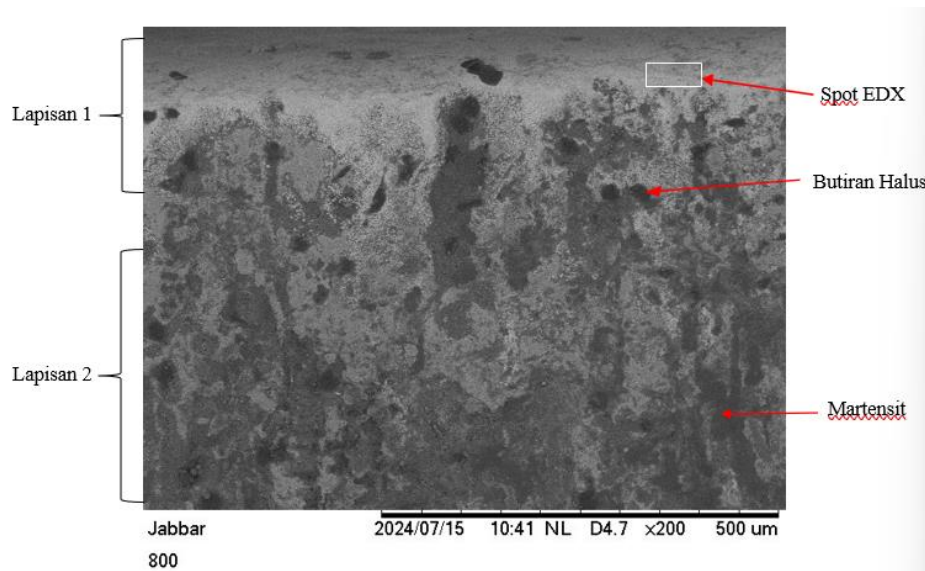
Gambar 10. Sampel Raw Material



Gambar 11. Sampel SEM EDX 700°C

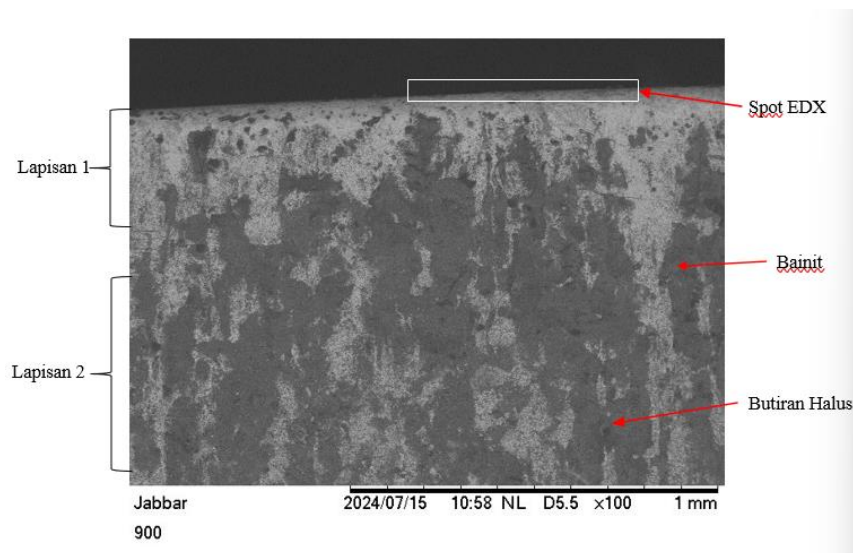
Pada gambar 4.12 menunjukkan kandungan sampel yang diambil untuk mengetahui komposisi yang terkandung pada baja AISI 4140 dengan proses karburasi 700°C dengan waktu penahanan selama 3 jam.

Gambar di atas merupakan jumlah komposisi pada spesimen yang sudah di karburasi dengan temperatur 700°C dengan penahanan selama 3 jam. Didapatkan jumlah kandungan massa karbon sebesar 0.570 % dan memiliki atom sebesar 40.897%.



Gambar 12. Sampel SEM EDX 800°C

Gambar di atas menunjukkan sampel yang diambil untuk mengetahui komposisi yang terkandung pada baja AISI 4140 dengan proses karburasi 800°C dengan waktu penahanan selama 6 jam. pengujian SEM EDX setelah di lakukanya proses karburising 800°C mendapatkan carbon sebesar 0.593% pengujian ini bertujuan tujuan untuk mengatahui unsur kandungan dari material tersebut gambar di ambil pada pembesaran X200 dengan skala gambar 500µm untuk menunjukan jarak yang lebih besar agar bisa memperlihatkan permukaan juga struktur yang lebih jelas.



Gambar 13. Sampel SEM EDX 900°C

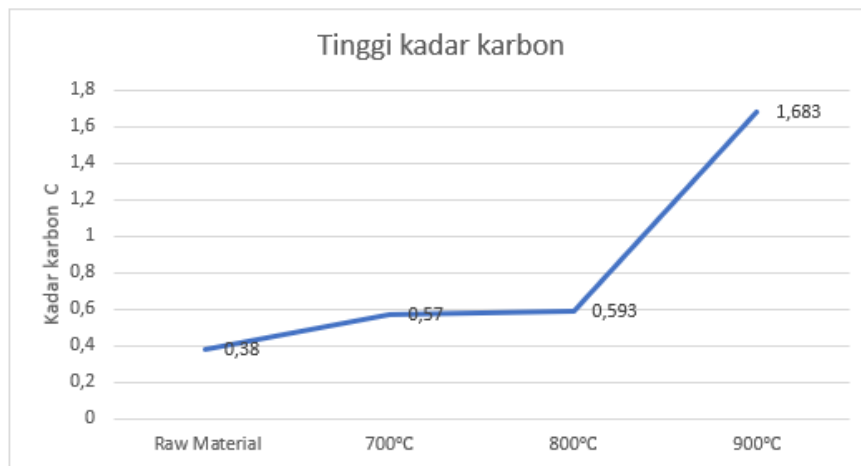
Gambar di atas menunjukkan sampel yang diambil untuk mengetahui komposisi yang terkandung pada baja AISI 4140 dengan proses karburasi 900°C dengan waktu penahanan selama 9 jam. jumlah komposisi pada spesimen yang sudah di karburasi dengan temperatur 900°C dengan penahanan selama 9 jam. Didapatkan jumlah kandungan karbon sebesar 1.660 %.

Pada data grafik di bawah didapat hasil uji SEM EDX pada raw menunjukkan hasil 0.38% karbon pada temperature 700°C mendapatkan hasil 0.570% karbon pada temperatur 800°C mendapatkan hasil 0.539% karbon dan pada hasil 900°C mendapatkan hasil 1.660% karbon. Setaip kenaikan temperatur terjadi kenaikan karbon di setiap specimen, ini terjadi di sebabkan baja mengalami karburisasi yang akan berdifusi ke permukaan baja dan meningkatkan kandungan karbon di permukaan.

Hal ini menunjukan pada proses karburisasi denga temperatur 900°C mendapatkan jawaban bahwa di temperature tersebut terbentuk lapisan dan dikatakan sangat optimal karena menurut B.H Amstead 1979 mengatakan bahwa ”proes karburisasi media gas di gunakan untuk memperoleh lapisan antara 0.1-0.75mm” dan lapisan terbentuk sebesar 1.683µm.

Tabel 4. Komposisi dari Raw Material, 700°C, 800°C, dan 900°C

Unsur	Perlakuan			
	Tanpa Perlakuan	700°C	800°C	900°C
Fe	98.28 %	0.643%	0.665 %	1.683 %
C	0.38 %	0.570 %	0.593 %	1.660 %
Cr	-	0.128 %	0.114 %	-
Al	-	0.080 %	0.088 %	-
Si	-	0.075 %	0.078 %	-
O	-	0.482 %	0.472 %	1.660 %



Gambar 14. Tinggi kadar karbon

4 KESIMPULAN

- 1 Di simpulkan dari hasil pengujian struktur mikro pada baja AISI 4140 menggunakan pendinginan asam cuka dengan temperature 700°C, 800°C dan 900°C. hasil yang di dapat dari setiap ketebalan yakni 19.560µm pada temperature 700°C, ketebalan 40.163µm pada temperature 800°C, ketebalan 41.206 pada temperature 900°C. Ini terjadi karena saat pendinginan banyak pertumbuhan butiran yang lebih besar dalam struktur mikro juga tranformasi fasa yang lebih besar, lebih tebal dan temperatur tinggi energi kinetik atom-atom meningkat sehingga memungkinkan terjadinya proses kristalisasi dan pertumbuhan butiran yang lebih cepat dalam meningkatkan lapisan.
- 2 Proses gas *carburizing* menggunakan metode *pack carburizing* dengan peningkatan temperatur dan *holding time* berpengaruh terhadap pengerasan baja AISI 4140, dimana nilai pengerasan yang tertinggi dari penelitian ini adalah 900°C *holding time* 9 jam sebesar 835.4HV , 800°C

holding time 6 jam sebesar 635.0HV, dan 700°C *holding time* 3 jam sebesar 241.5HV pada pengambilan titik 15µm karena semakin tinggi suhu karburisasi semakin tinggi nilai kekerasannya dan akan menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman.

- 3 Pada data grafik diatas didapat hasil uji SEM EDX pada raw menunjukkan hasil 0.38% karbon pada temperature 700°C mendapatkan hasil 0.570% karbon pada temperatur 800°C mendapatkan hasil 0.539% karbon dan pada hasil 900°C mendapatkan hasil 1.660% karbon ini terjadi di sebabkan baja mengalami karburisasi yang akan berdifusi ke permukaan baja dan meningkatkan kandungan karbon di permukaan.

5 Referensi

- Retrieved from <http://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/mechanika/article/viewFile/136/129> Isworo, H., & Sumantri, D. (2020). Pengaruh Holding Time Dan Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja St41 Pada Proses Carburizing Arang Tempurung Kelapa. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 157–166. <https://doi.org/10.34128/je.v7i2.124>
- Chiavari, C., Bernardi, E., Balijepalli, S. K., Kaciulis, S., Ceschini, L., & Martini, C. (2014). Influence of low-temperature carburising on metal release from AISI316L austenitic stainless steel in acetic acid. *Journal of Food Engineering*, 137, 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.03.030>
- Akbar, A., Firdaus, R., & Mulyadi, M. (2019). The influence of acid and base solutions on the quenching process against the hardness of ST37 steel. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/4/044065>
- Rasid, M. (2020). Innovation Utilization of Nitridation Method in Improving Hardness and Corrosion Resistance of Blacksmiths Crafts. *Journal of Physics: Conference Series*, 1500(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1500/1/012037>
- Septianto, B. A., & Setiyorini, Y. (2013). Pengaruh Media Pendingin pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Friction Wedge AISI 1340. *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), F342–F347. <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/3846%0Ahttp://ejurnal.its.ac.id>
- Sari, N. H. (2017). Perlakuan Panas Pada Baja Karbon: Efek Media Pendinginan Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(4), 263. <https://doi.org/10.22441/jtm.v6i4.2091>
- Gunawan, E. (2017). Analisa Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Rendah (St41) Dengan Metode Pack Carbirizing. *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(2), 117. <https://doi.org/10.51804/tesj.v1i2.133.117-124>

Abidah, A. F., & Drastiawati, N. S. (n.d.). Analisis SS400 Hasil Carburizing Media Arang Tempurung Kelapa-BaCO₃ dengan Variasi Temperatur Pemanasan dan Holding Time Ditinjau dari Pengujian Kekerasan dan Struktur Mikro ANALISIS SS400 HASIL CARBURIZING MEDIA ARANG TEMPURUNG KELAPA-BaCO₃ DENGAN VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN DAN HOLDING TIME DITINJAU DARI PENGUJIAN KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO.