



Pengujian Kekerasan Baja Karbon Rendah melalui Metode *Pack Carburising*

Low Carbon Steel Hardness Testing through the Pack Carburising Method

Julian¹, Fider Lumban batu^{2*}

¹Universitas Alwashliyah Medan

²Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia

*Corresponding Author**: fiderlbatu@gmail.com

Abstrak.

Jika diperhatikan, segala kebutuhan manusia tidak lepas dari unsur logam. Kerena hampir semua alat yang digunakan manusia terbuat dari unsur logam. Sehingga logam mempunyai peranan aktif dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi dijamin sekarang. Karena banyaknya permintaan yang bermacam – macam maka diadakan pemilihan bahan. Pemilihan bahan tersebut dapat dipersempit sesuai dengan kegunaannya. Seperti misalnya pada baja karbon. Baja karbon mendapat prioritas yang utama untuk dipertimbangkan. Karena baja karbon mudah diperoleh, mudah dibentuk atau sifat permesinannya baik dan harganya relatif murah. Karena baja karbon mendapat prioritas utama maka dituntut untuk memodifikasi atau memperbaiki sifatnya seperti kekerasan, kekerasan pada permukaan, tahan aus akibat gesekan. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimen. Yaitu dengan malakukan modifikasi baja dan dilakukan pengujian hingga diperoleh sifat logam sesuai yang diinginkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan penahanan waktu pemanasan terhadap difusi karbon dan kekerasannya, media pendinginan terhadap kekerasan dan sejauhmana kekerasan permukaan dapat dicapai dengan proses karburasi pada material baja karbon rendah.

Kata Kunci : Kekerasan; Baja Karbon; Metode; *Pack Carburising*.

Abstract

If you pay attention, all human needs cannot be separated from the metal element. Because almost all the tools used by humans are made of metal elements. So that metal has an active role in human life and supports today's technology. Due to the large number of various requests, a material selection was held. The selection of these materials can be narrowed according to their use. Like for example in carbon steel. Carbon steel gets top priority for consideration. Because carbon steel is easy to obtain, easy to form or good machining properties and the price is relatively cheap. Because carbon steel gets top priority, it is required to modify or improve its properties such as hardness, surface hardness, wear resistance due to friction. The research method used is the experimental method. Namely by modifying the steel and testing it until the metal properties are obtained according to what is cooled. The purpose of this study was to determine the relationship between heating time holding on carbon diffusion and its hardness, cooling media on hardness and how far surface hardness can be achieved by carburizing process on low carbon steel materials.

Keywords: *Violence; Carbon Steel; Method; Pack Carburizing.*

PENDAHULUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan penahanan waktu pemanasan terhadap difusi karbon dan kekerasannya, media pendinginan terhadap kekerasan dan sejauhmana kekerasan permukaan dapat dicapai dengan proses karburasi pada material baja karbon rendah.

Perlakuan panas didefinisikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu, yang dimaksud memperoleh sifat - sifat tertentu. Langkah pertama pada setiap proses laku panas adalah memanaskan logam bersama campurannya sampai temperatur tertentu, lalu menahan beberapa saat pada temperatur itu kemudian didinginkan langsung. Selama proses ini akan terjadi beberapa perubahan struktur mikro, dimana perubahan ini akan menyebabkan terjadinya perubahan sifat dari logam tersebut.

Pengerasan permukaan coran disebut juga case hardening, dapat juga dikatakan sebagai suatu proses laku panas yang diterapkan pada suatu logam agar memperoleh sifat - sifat tertentu. Dalam hal ini hanya pengerasan permukaannya saja. Dengan demikian lapisan permukaan mempunyai kekerasan yang tinggi, sedangkan bagian yang dalam tetap seperti semula, yaitu dengan kekerasan rendah tetapi keuletan atau ketangguhannya tinggi.

Karburasi atau Carburizing adalah proses perlakuan thermokimia, umumnya diterapkan pada jenis baja yang mudah dikeraskan. Dengan demikian agar baja tersebut dapat dikeraskan permukaannya. Komposisi karbon pada baja harus berkisar antara 0,3 sampai 0,9 % karbon. Bila lebih dari 0,9 % harus dihindarkan karena dapat menimbulkan pengelupasan dan bahkan keretakan.

Proses karburasi ini biasanya dilakukan pada baja karbon rendah yang mempunyai sifat lunak dan keuletan tinggi. Tujuan dari proses karburasi adalah untuk meningkatkan ketahanan aus dengan jalan mempertinggi kekerasan permukaan baja karbon dan meningkatkan karakteristik fatik dari baja karbon tersebut. Manfaat yang patut dipertimbangkan dalam penerapan proses karburasi adalah bahwa proses karburasi akan menghasilkan deformasi yang sangat kecil dibandingkan pada proses pengerasan yang diperoleh melalui pendinginan (quenching).

Mengeraskan permukaan dengan menggunakan cara karburasi adalah cara pengerasan yang paling tua dan ekonomis. Karena pada proses pengerasan ini hanya merubah komposisi kima dari baja karbon tersebut. Baja karbon rendah tidak dapat langsung dikeraskan karena kadar karbon dari baja terlalu rendah. Agar dapat dikeraskan maka kadar karbonnya harus ditambah. Pemambahan kadar karbon dilakukan dengan mendifusikan karbon melalui permukaan baja sehingga permukaan baja mengandung cukup karbon untuk dikeraskan dengan pendinginan (quenching).

METODE PENELITIAN

Menurut Sugiyono (2010:72) metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai, "Metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan." Selanjutnya dijelaskan oleh Arikunto (2007:207), bahwa "penelitian eksperimen merupakan penelitian yang dimaksudkan untuk

mengetahui ada tidaknya akibat dari “sesuatu” yang dikenakan pada subjek selidik”. Dengan kata lain penelitian eksperimen mencoba meneliti ada tidaknya hubungan sebab akibat. Pada penelitian ini tahapan yang dilakukan adalah:

- 1) Menentukan masalah
- 2) Merumuskan dan mengidentifikasi masalah sebagai langkah awal penelitian
- 3) Menentukan tujuan penelitian
- 4) Merumuskan hipotesis berdasarkan masalah yang telah dirumuskan
- 5) Memberikan batasan penelitian dengan tujuan agar pelaksanaan penelitian tidak terlalu luas
- 6) Merumuskan kerangka teori untuk memudahkan mencari sumber-sumber kepustakaan yang berhubungan dengan penelitian.
- 7) Pengambilan data dan menganalisis secara ilmiah
- 8) Pengambilan kesimpulan
- 9) Menyusun laporan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengujian ini pengambilan data kekerasan dilakukan pada:

- 1) Permukaan dan penampang benda uji sebelum dilakukan case hardening (perlakuan panas).
- 2) Pada permukaan dan penampang benda uji setelah mengalami proses perlakuan panas (case hardening) dengan metode pack carburising.

Pengujian kekerasan pada permukaan spesimen dilakukan secara acak pada permukaan. Sedangkan pada pengujian pada penampang dilakukan indentasi secara diagonal dengan jarak yang teratur dari permukaan.

Sebelum dilakukan proses perlakuan panas benda uji dilakukan pengujian kekerasan terlebih dahulu dengan :

Pengujian kekerasan : HV
Beban : 30 kg
Lama pembebanan : 15 detik
Penetrator : Intan (diamond)

Pengujian dilakukan terhadap salah satu benda uji dan kekerasan antara benda uji satu dengan lainnya sebelum pengujian dianggap sama.

Tabel 1
Data Hasil Pengujian Vickers
Sebelum Proses Perlakuan Panas

	No.	Nilai Diagonal (d) pada Pengujian Vickers
Permukaan Benda Uji	1	0,692
	2	0,667
	3	0,770
	4	0,645
	5	0,723
Penampang Benda Uji	1	0,679
	2	0,766
	3	0,710
	4	0,751
	5	0,709

Tabel 2
Data Hasil Pengujian Vickers Setelah Proses Perlakuan Panas
Dengan Penahan Waktu 15 menit

	No.	Nilai Diagonal (d) pada Pengujian Vickers	
		A1	A2
Permukaan Benda Uji	1	0,519	0,501
	2	0,501	0,501
	3	0,520	0,519
	4	0,490	0,504
	5	0,501	0,504
Penampang Benda Uji	1	0,607	0,599
	2	0,607	0,614
	3	0,619	0,599
	4	0,619	0,599
	5	0,619	0,599

Tabel 3
Data Hasil Pengujian Vickers Setelah Proses Perlakuan Panas
Dengan Penahan Waktu 30 menit

No.	Nilai Diagonal (d)
-----	--------------------

		pada Pengujian Vickers	
		B1	B2
Permukaan Benda Uji	1	0,491	0,474
	2	0,474	0,474
	3	0,474	0,463
	4	0,453	0,463
	5	0,453	0,491
Penampang Benda Uji	1	0,580	0,574
	2	0,604	0,601
	3	0,604	0,601
	4	0,604	0,601
	5	0,608	0,601

Tabel 4
Data Hasil Pengujian Vickers Setelah Proses Perlakuan Panas
Dengan Penahan Waktu 50 menit

		Nilai Diagonal (d) pada Pengujian Vickers	
		C1	C2
Permukaan Benda Uji	1	0,465	0,458
	2	0,449	0,436
	3	0,427	0,450
	4	0,449	0,458
	5	0,449	0,458
Penampang Benda Uji	1	0,579	0,573
	2	0,579	0,573
	3	0,579	0,573
	4	0,574	0,576
	5	0,574	0,576

Setelah diketahui diagonal (d) dari pengujian Vickers maka dapat diketahui nilai HV.

Tabel 5
Data Kekerasan Sebelum Proses Perlakuan Panas

	No.	Nilai Kekerasan (HV)	Kekerasan Rata - rata (HV)
Permukaan Benda Uji	1	114 , 76	114 , 67
	2	125 , 16	
	3	93 , 80	
	4	133 , 45	
	5	106 , 20	
Penampang Benda Uji	1	120 , 56	106 , 88
	2	94 , 80	
	3	110 , 14	
	4	98 , 46	
	5	110 , 45	

Setelah proses perlakuan permukaan selesai, maka dilakukan pengujian kekerasan pada benda uji dengan menggunakan pengujian kekerasan yang sama. Data - data kekerasan benda uji setelah mengalami perlakuan panas adalah sebagai berikut :

Tabel 6
Data Kekerasan Setelah Proses Perlakuan Panas
Dengan Penahan Waktu 15 menit

	No.	Nilai Kekerasan (HV)	
		A1	A2
Permukaan Benda Uji	1	220 , 84	221 , 70
	2	221 , 70	221 , 70
	3	205 , 53	206 , 56
	4	231 , 56	218 , 84
	5	221 , 70	218 , 84
Rata - Rata		220 , 27	217 , 53
Penampang Benda Uji	1	150 , 73	154 , 91
	2	150 , 73	147 , 42
	3	145 , 20	154 , 91
	4	145 , 20	154 , 91
	5	145 , 20	154 , 91

Rata - Rata	147 , 41	153 , 41
-------------	----------	----------

Tabel 7
Data Kekerasan Setelah Proses Perlakuan Panas
Dengan Penahan Waktu 30 menit

	No.	Nilai Kekerasan (HV)	
		B1	B2
Permukaan Benda Uji	1	230 , 53	247 , 37
	2	247 , 37	247 , 37
	3	247 , 37	258 , 68
	4	270 , 54	258 , 68
	5	270 , 54	230 , 54
Rata - Rata		253 , 27	248 , 53
Penampang Benda Uji	1	165 , 26	168 , 65
	2	152 , 30	154 , 26
	3	152 , 30	154 , 26
	4	152 , 30	154 , 26
	5	150 , 53	154 , 26
Rata - Rata		154 , 54	157 , 14

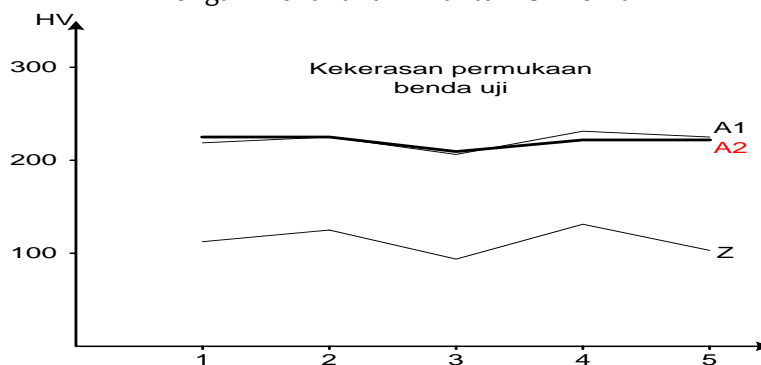
Tabel 8
Data Kekerasan Setelah Proses Perlakuan Panas
Dengan Penahan Waktu 50 menit

	No.	Nilai Kekerasan (HV)	
		C1	C2
Permukaan Benda Uji	1	256 , 92	264 , 56
	2	274 , 79	292 , 53
	3	304 , 52	274 , 45
	4	274 , 79	264 , 56
	5	274 , 79	264 , 56
Rata - Rata		277 , 16	272 , 13

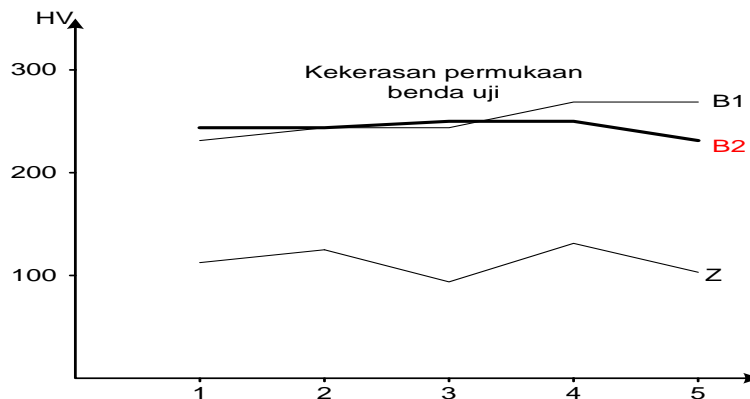
Penampang Benda Uji	1	165,59	168,86
	2	165,59	168,86
	3	165,59	168,86
	4	168,83	167,56
	5	165,59	168,86
Rata - Rata		166,19	168,60

Dari data - data tersebut diatas dapat diketahui bahwa pendinginan benda uji satu dengan yang lainnya berbeda kekerasannya (dalam waktu tahan yang sama). Dan penahanan waktu yang lebih lama maka didapat difusi karbon yang paling besar nilainya dan juga kekerasannya paling tinggi. Untuk lebih jelasnya maka data - data tersebut disajikan dalam bentuk grafik.

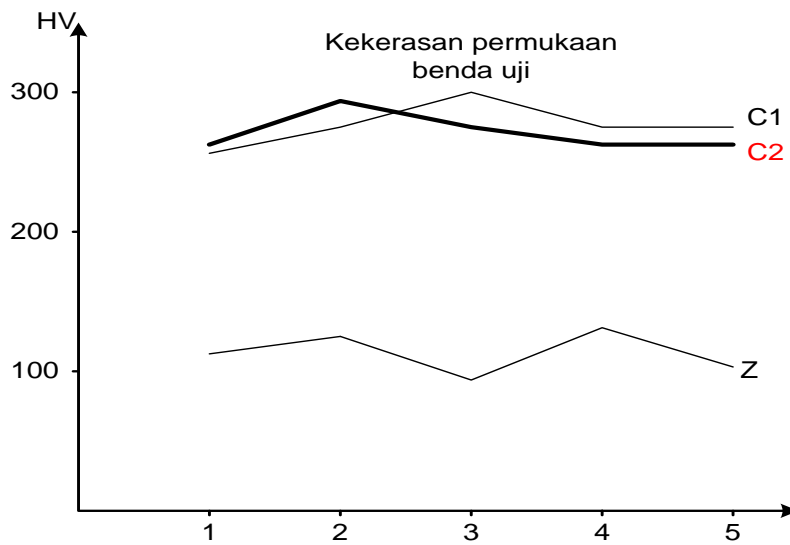
Grafik 1
Data Kekerasan Setelah Proses Perlakuan Panas
Dengan Penahanan Waktu 15 menit



Grafik 2
Data kekerasan Setelah Proses Perlakuan Panas
Dengan Penahanan Waktu 30 menit



Grafuk 3
Data Kekerasan Setelah Proses Perlakuan Panas
Dengan Penahanan Waktu 50 menit



Difusi Karbon

Hasil Pengukuran Ketebalan Difusi Karbon

Pengukuran ketebalan difusi karbon dilakukan dgn menggunakan mikroskop dr alat uji micro hardness tester. Dan mikroskop tsb terlihat seberapa dlm hasil penyebaran atau peresapan karbon terhadap benda uji. Dan data hasil pengukuran difusi tersebut adalah sebagai berikut :

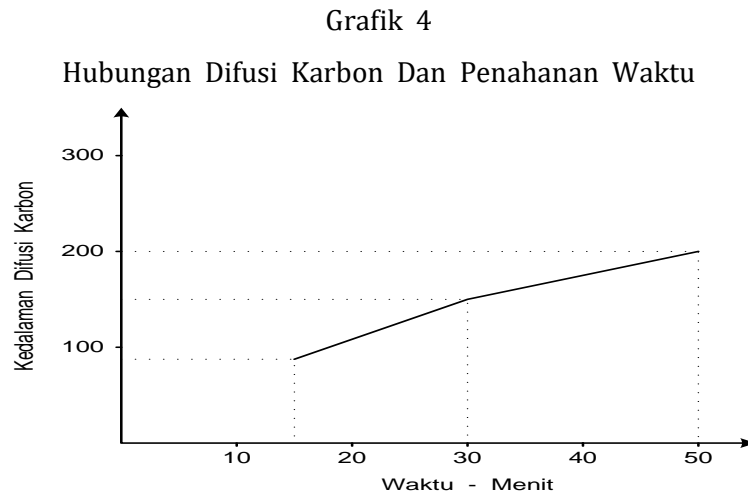
Tabel 9
Ketebalan Difusi Karbon

No	Kode	Tepi 1 (μ_m)	Tepi 2 (μ_m)	Rata - rata
1	A1	90	95	92,5
2	A2	92	95	93,5
3	B1	158	160	159,0
4	B2	160	165	162,5
5	C1	200	202	201,0
6	C2	195	198	196,5

Keterangan : 1 μ_m = 1 / 1000 mm

Dari data difusi karbon tersebut dapat diketahui bahwa waktu penahanan merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap difusi karbon terhadap benda uji. Karena dengan semakin lamanya penahanan waktu maka semakin banyak proses penyerapan karbon yang terjadi.

Hubungan dari difusi karbon dan penahanan waktu dari data – data diatas dapat dilihat dari grafik dibawah ini.

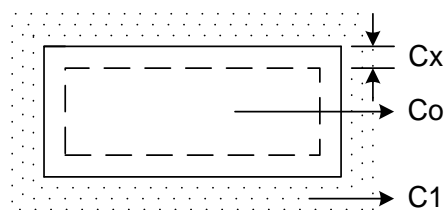


Perhitungan Kadar Karbon Hasil Difusi

Kadar karbon hasil difusi pada batas maksimum difusi karbon dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$C_x - C_0 = (C_1 - C_0) \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{(Dt)}} \right) \right]$$

- dimana
- C_x = kadar karbon material pada kedalaman x
 - C_0 = kadar karbon spesimen
 - C_1 = kadar karbon permukaan spesimen
 - x = kedalaman difusi karbon (cm)
 - D = koefisien difusi karbon (cm²/s)
 - t = waktu (holding time) (s)
 - erf = fungsi error (error function) (tabel)



Gambar 5
Bagian Difusi Karbon

harga koefisien difusi dicari dengan cara :

$$D = D_0 \exp \left[- \frac{Q}{RT} \right]$$

Dimana : D_0 = faktor frekuensi (cm^2/s) (tabel)
 Q = energi aktivasi (cal/mol/K) (tabel)
 T = temperatur pemanasan ($^{\circ}\text{K}$)
 R = konstanta gas ($1,987 \text{ cal/mol}$)

Karena temperatur pemanasan ketiga proses adalah sama yaitu 875°C , maka harga koefisien difusi karbon adalah sama :

$$D_0 = 0,21 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$Q = 33,800 \text{ cal/mol/K}$$

$$T = 875^{\circ}\text{C} + 273^{\circ}\text{K} = 1148^{\circ}\text{K}$$

Sehingga ;

$$D = 0,21 \text{ cm}^2/\text{s} \cdot \exp \left[- \frac{33,800 \text{ cal/mol/K}}{1,987 \text{ cal/mol} + 1148^{\circ}\text{K}} \right] D = 0,21 \text{ cm}^2/\text{s} \cdot \exp [-14,8]$$

$$D = 0,21 \text{ cm}^2/\text{s} \cdot 3,74 \cdot 10^7$$

$$D = 7,85 \cdot 10^8 \text{ cm}^2/\text{s}$$

Tabel 10

Diffusing Element	Diffusing Through	$D_0 \text{ cm}^2/\text{s}$	$Q \text{ cal/mol}$
Carbon	α - iron	0,0079	18.100
Carbon	γ - iron	0,21	33.800
Nickel	γ - iron	0,5	66.000
Manganese	γ - iron	0,35	67.000
Chromium	α - iron	30.000	82.000
Chromium	γ - iron	18.000	97.000

Sumber : Steel and it's Heatreatment, Karl - Erik Thelning halaman 25

Tabel 11

y	erf (y)	y	erf (y)
0	0,000	0,8	0,742
0,1	0,112	0,9	0,797
0,2	0,223	1,0	0,843
0,3	0,329	1,2	0,910
0,4	0,428	1,4	0,952
0,5	0,521	1,6	0,976
0,6	0,604	2,0	0,995
0,7	0,678	2,4	0,999

Sumber : Steel and it's Heatreatment, Karl - Erik Thelning halaman 26

a. Benda Uji kode A1 dan A2

Diketahui : x (rata - rata) = 93 μm = 9,3 $\cdot 10^{-3}$ cm
t = 15 menit = 900 detik (s)
Co = 0,07 %C ; C₁ = 0,8 %C

Ditanya : C_x ?

$$\text{Jawab : } C_x - C_0 = C_1 - C_0 \left[1 - \text{erf} \left(\frac{9,3 \cdot 10^{-3}}{2 \sqrt{7,85 \cdot 10^{-8} \cdot 1200}} \right) \right]$$

$$C_x - 0,07 = 0,8 - 0,07 (1 - \text{erf } 0,48)$$

Harga erf diperoleh dari interpolasi tabel 4 - 7 pada harga y = 0,48 , sehingga didapat erf (y) = 0,500

Sehingga :

$$C_x = [0,73 \cdot (1 - 0,500)] + 0,07$$

$$C_x = 0,365 + 0,07$$

$$C_x = 0,44 \% \text{ C}$$

b. Benda Uji kode B1 dan B2

Diketahui : x (rata - rata) = 160,75 μm = 1,6075 $\cdot 10^{-2}$ cm
t = 30 menit = 1800 detik (s)
Co = 0,07 %C ; C₁ = 0,8 %C

Ditanya : C_x ?

Jawab :

$$C_x - C_0 = C_1 - C_0 \left[1 - \text{erf} \left(\frac{1,6075 \cdot 10^{-2}}{2 \sqrt{7,85 \cdot 10^{-8} \cdot 1800}} \right) \right]$$

$$C_x - 0,07 = 0,8 - 0,07 (1 - \text{erf } 0,68)$$

Harga erf diperoleh dari interpolasi tabel 4 - 7 pada harga $y = 0,68$, sehingga didapat erf (y) = 0,659

Sehingga :

$$C_x = [0,73 \cdot (1 - 0,659)] + 0,07$$

$$C_x = 0,249 + 0,07$$

$$C_x = 0,32 \% C$$

c. Benda Uji kode C1 dan C2

Diketahui : x (rata - rata) = 198,75 $\mu_m = 1,9875 \cdot 10^{-2}$ cm

$t = 50$ menit = 3000 detik (s)

$C_0 = 0,07 \% C$; $C_1 = 0,8 \% C$

Ditanya : C_x ?

Jawab :

$$C_x - C_0 = C_1 - C_0 \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{1,9875 \cdot 10^{-2}}{2 \sqrt{7,85 \cdot 10^{-8} \cdot 3000}} \right) \right]$$

$$C_x - 0,07 = 0,8 - 0,07 (1 - \operatorname{erf} 0,65)$$

Harga erf diperoleh dari interpolasi tabel 4 - 7 pada harga $y = 0,65$, sehingga didapat erf (y) = 0,630

Sehingga :

$$C_x = [0,73 \cdot (1 - 0,630)] + 0,07$$

$$C_x = 0,2701 + 0,07$$

$$C_x = 0,34 \% C$$

Hubungan difusi karbon terhadap penahanan waktu dan kekerasan adalah dengan lamanya penahanan waktu (holding time) maka kadar karbon yang masuk kedalam benda uji akan bertambah banyak, sehingga selain semakin dalam peresapan karbon, kadar karbon pada bagian permukaan hingga batas difusi berbeda. Jadi spesimen dengan kode C, mempunyai kadar karbon lebih besar terhadap benda uji dengan kode 1. untuk lebih jelas lihat tabel dibawah ini :

Tabel 12

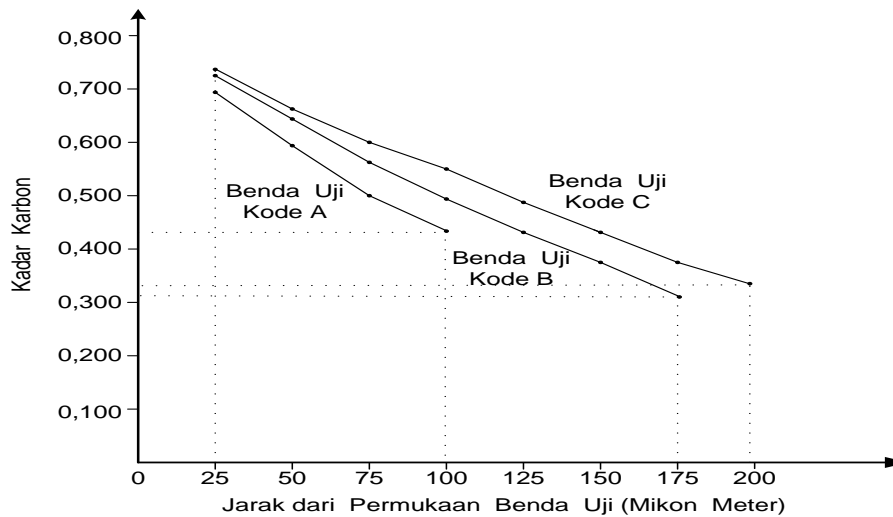
Kadar Karbon Pada Benda Uji

Jarak dari Permukaan (μ_m)	Kadar Karbon (%C)		
	Benda Uji Kode A	Benda Uji Kode B	Benda Uji Kode C
25	0,694	0,726	0,740
50	0,598	0,645	0,669

75	0,503	0,576	0,606
93	0,435	-	-
100	-	0,494	0,545
125	-	0,433	0,481
150	-	0,371	0,433
160,75	-	0,319	-
175	-	-	0,377
198,75	-	-	0,340

Grafik 4

Hubungan Ketebalan Difusi Karbon dan Kadar Karbon



KESIMPULAN

Setelah memperoleh data - data hasil pengujian kekerasan pada proses pengerasan permukaan maka dapat disimpulkan bahwa :

- Semakin lama waktu penahan (Holding Time) maka semakin tebal difusi karbon pada benda uji dan dengan adanya penambahan unsur karbon pada permukaan maka kekerasan permukaan benda uji bertambah keras. Hal tersebut dapat diketahui dengan melihat hasil perhitungan kadar karbon pada benda uji. Kadar karbon yang tinggi membuat permukaan benda uji semakin keras dan getas.
- Dengan pendinginan langsung dapat mempengaruhi kekerasan permukaan benda uji, hal tersebut dapat diketahui dengan melihat hasil hasil kekerasan benda uji. Pada proses pengerasan suatu material akan diperoleh hasil yang maksimal bila dicapai struktur martensit. Dan struktur martensit ini hanya dapat dicapai dari

fase austenit yang didinginkan dengan cepat. Dengan pendinginan yang cepat dari temperatur austenit nk diperoleh bentuk kristal BCC yang tergeser menjadi BCT akibat perbedaan temperatur yang tinggi pada materil.

DAFTAR PUSTAKA

- Elazhari, E., Tampubolon, K., Barham, B., & Parinduri, R. Y. (2021). Pengaruh Motivasi dan Gaya Kepemimpinan Kepala Sekolah Terhadap Kinerja Guru di SMP Negeri 2 Tanjung Balai. *AFoSJ-LAS (All Fields of Science Journal Liaison Academia and Society)*, 1(1), 1-12.
- Elazhari, E., Tampubolon, K., Siregar, B., Parinduri, R. Y., & Prayoga, B. I. (2022). ZOMBIE COMPANIES IN THE CONTEXT OF STATE-OWNED ENTERPRISES IN INDONESIA. *International Journal of Artificial Intelligence Research*, 6(1.1).
- Irawan, S., & Tampubolon, K. (2021). Pengaruh Unsur Fe dan Penambahan Grain Refiner Al-5TiB Terhadap Morfologi Fasa Intermetalik dan Sifat Mekanis Pada Paduan Zamak 3. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, 5(2), 96-114.
- Parinduri, R. Y., Tampubolon, K., & Siregar, B. (2023). THE INFLUENCE OF EDUCATIONAL ADMINISTRATION ON TEACHER PERFORMANCE AT SMA NEGERI 1 SERBAJADI, SERBAJADI DISTRICT, DELI SERDANG REGENCY. *International Journal of Educational Review, Law And Social Sciences (IJERLAS)*, 3(1), 235-248.
- Roswirman Roswirman, ELAZHARI, Khairuddin Tampubolon(2021) Pengaruh Implementasi Manajemen Mutu Terpadu dan Disiplin Kerja Terhadap Kinerja Guru pada Era New Normal di SMK Swasta PAB 2 Helvetia; *AFoSJ-LAS (All Fields of Science J-LAS)*,V.1,no.4(hal.316-333).
- Tampubolon, K., & Sibuea, N. (2022). Peran Perilaku Guru dalam Menciptakan Disiplin Siswa. *AFoSJ-LAS (All Fields of Science Journal Liaison Academia and Society)*, 2(4), 1-7.
- Tampubolon, K., Elazhari, E., & Batu, F. L. (2021). Analisis dan Penerapan Tiga Elemen Sistem Pembelajaran pada Era Industri 4.0 di Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia. *All Fields of Science Journal Liaison Academia and Society*, 1(2), 153-163.
- Tampubolon, K., Karim, A., Batu, F. L., Siregar, B., & Saleh, K. (2022). Sosialisasi Protokol Kesehatan dalam Upaya Tindakan Preventif di Lokasi Wisata Theme Park Pantai Cermin. *J-LAS (Journal Liaison Academia and Society)*, 2(2), 1-8.
- Tampubolon, K., & Sibuea, N. (2023). THE INFLUENCE OF SUPERVISORY WORK MOTIVATION AND COMPETENCE ON THE PERFORMANCE OF SCHOOL SUPERINTENDENTS IN PADANGSIDIMPUAN CITY EDUCATION OFFICE. *International Journal of Educational Review, Law And Social Sciences (IJERLAS)*, 3(1), 249-261. Pendidikan Agama Islam Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Smp. *Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 13(2), 191-200.