

PENGARUH TEMPERATUR, *HOLDING TIME* PROSES *PACK CARBURIZING* BAJA KARBON TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK

Mohammad Nurhilal
Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap, Jl Dr. Soetomo No.1
Sidakaya Cilacap 53212 Telp. (0282) 533329 Faksimile (0282) 537992
najiwaa@yahoo.com

ABSTRACT

Steel is a material that has an important role in the industrial world. Steel is often used as raw materials for making the machine components and construction materials. To obtain the type of material that has the desired characteristics can be done by the back treatment towards the materials with the directed technique. One of the way to change the characteristics of carbon steel is by pack carburizing method. This study has the objective to determine the price of tensile strength, hardness, microstructure analysis on pack carburizing process of temperature variation and holding time, and analysis of carbon steel composition on base materials. This study method is experiment through the test of carbon steel laboratory with pack carburizing method of temperature variation and holding time toward physical and mechanical characteristics. The result of tensile strength test of the base material is 1,212 kN / mm², while the biggest tensile strength at temperature on 875 °C at holding time of 10 minutes is 8,27 kN / mm². The hardness test of base material is 2,842 HV, while the biggest hardness price at temperature variation on 875 °C at holding time of 10 minutes is 9,672 HV. The microstructure test on the base material is ferrit, perlite, and martensite, while the material microstructure after the pack carburizing process is almost similar the base materials, i.e., peralite, and martensite. The composition test is high carbon steel material.

Keywords: *pack carburizing, temperature, holding time, characteristics mechanical and physical.*

INTISARI

Baja merupakan suatu material yang mempunyai peranan penting dalam dunia industri. Baja sering kali digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komponen mesin maupun bahan konstruksi. Untuk mendapatkan jenis material yang memiliki sifat-sifat yang dikehendaki dapat dilakukan dengan perlakuan kembali terhadap material dengan teknik yang terarah. Salah satu cara untuk mengubah sifat dari baja karbon adalah dengan metode *pack carburizing*. Penelitian ini memiliki tujuan menentukan harga kekuatan tarik, kekerasan, analisa struktur mikro pada proses *pack carburizing* variasi temperatur dan *holding time*, dan analisa komposisi baja karbon pada material dasar. Metode penelitian ini adalah eksperimen melalui pengujian laboratorium baja karbon dengan metode *pack carburizing* variasi temperatur dan *holding time* terhadap sifat fisik dan mekanik. Hasil pengujian kuat tarik material dasar sebesar 1,212 kN/mm², sedangkan harga kuat tarik terbesar pada variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 10 menit yaitu sebesar 8,27 kN/mm². Hasil uji kekerasan material dasar sebesar 2,842 HV, sedangkan harga kekerasan terbesar pada variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 10 menit yaitu sebesar 9,672 HV. Hasil uji struktur mikro terhadap material dasar adalah *ferrit*, *perlite*, dan *martensite*, sedangkan struktur mikro material setelah proses *pack carburizing* semua sama yaitu *peralite* dan *martensite*. Hasil uji komposisi terhadap material dasar yaitu material baja karbon tinggi.

Kata kunci: *pack carburizing, temperatur, holding time, sifat fisis dan mekanis.*

1. PENDAHULUAN

Baja merupakan suatu material yang mempunyai peranan penting dalam dunia industri. Baja sering kali digunakan sebagai bahan dasar pembuatan komponen mesin maupun bahan konstruksi. Dengan banyaknya jenis baja yang ada di pasaran mengakibatkan

perlunya melakukan pemilihan baja yang memiliki efisiensi dan efektivitas yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan keinginan. Hal ini pula yang mendorong industri-industri logam untuk terus melakukan pengembangan dalam meningkatkan mutu dan produksi untuk

memenuhi kebutuhan masyarakat dalam bidang konstruksi maupun pemesinan. Dalam aplikasi pemakaian di bidang konstruksi, baja karbon sering digunakan dalam bidang bangunan. Sedangkan dalam bidang pemesinan baja karbon sering digunakan sebagai bahan untuk pembuatan komponen roda gigi, poros dan yang lainnya.

Dalam banyak aplikasi pemakaian, seringkali sifat keuletan atau ketangguhan sangat diperlukan, di samping itu juga sifat ketahanan ausnya. Dalam permasalahan ini diperlukan proses pengaturan pengerasan melalui perlakuan panas pada baja dengan maksud mendapatkan peningkatan kekerasan pada daerah tertentu, ketahanan aus, dan daerah inti yang ulet dan tangguh.

Salah satu cara untuk mendapatkan peningkatan kekerasan bagian permukaan pada baja adalah melalui proses penambahan unsur karbon yang dipanaskan pada temperatur antara (850 – 1000 °C) dan ditahan pada temperatur tersebut selama waktu tertentu. Proses ini akan mengakibatkan karbon akan terdifusi ke dalam baja pada ketebalan tertentu. Dengan adanya perubahan sifat dari baja khususnya baja karbon yang dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas maka sangatlah tepat jika adanya suatu penelitian yang bertujuan untuk menganalisa hasil dari proses perlakuan panas baja karbon untuk diketahui sifat fisis dan mekanisnya.

Penelitian ini akan membahas tentang pengaruh temperatur dan *holding time* pada proses *pack carburizing* baja karbon terhadap sifat fisik dan mekanis. Perlakuan perubahan temperatur dan *holding time* yang berbeda-beda berguna dalam penentuan sifat dari material yang dikehendaki.

Penelitian ini memiliki tujuan, antara lain :

1. Menentukan harga kekuatan tarik baja karbon pada proses *pack carburizing* variasi temperatur dan *holding time*.
2. Menentukan harga kekerasan baja karbon pada proses *pack carburizing* variasi temperatur dan *holding time*.
3. Menentukan hasil pengamatan analisa struktur mikro baja karbon pada proses *pack carburizing* variasi temperatur dan *holding time*.
4. Mendapatkan hasil analisa komposisi kimia dari material dasar.

Kajian tentang perlakuan panas baja karbon metode *pack carburizing* di antaranya oleh Alfani, (2016) meneliti tentang ketahanan aus baja ST 41 pada proses *pack carburizing* dengan memvariasikan temperatur proses. Kemudian Sudiro, (2013) juga meneliti tentang

tingkat kekerasan dan keausan baja karbon rendah pada proses *pack carburizing* dengan media arang, dimana dalam penelitian tersebut dengan memvariasikan *holding* (Penahanan Suhu). Selanjutnya Setiamarga, Kurniawati, dan Rumendi, (2006) meneliti sprocket sepeda motor dengan material baja karbon rendah pada proses *pack carburizing*. Dari beberapa penelitian tersebut di atas mengindikasikan bahwa penelitian tentang perlakuan panas terhadap baja karbon khususnya metode pengerasan terus dikembangkan agar diketahui karakteristik-karakteristik baik fisik dan mekanik yang baru

Baja dapat didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, di mana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya. Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1 – 2,0 %. Unsur karbon adalah unsur campuran yang amat penting dalam pembentukan baja, jumlah persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang amat besar terhadap sifatnya. Di samping itu, baja juga mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi. Unsur paduan yang bercampur di dalam lapisan baja, untuk membuat baja bereaksi terhadap pengerjaan panas atau menghasilkan sifat-sifat yang khusus. Tujuan utama penambahan unsur campuran lain ke dalam baja adalah untuk mengubah pengaruh dari unsur karbon. Apabila dibandingkan dengan kandungan karbonnya maka dibutuhkan sejumlah besar unsur campuran lain untuk menghasilkan sifat yang dikehendaki pada baja (Surdia dan Saito, 1992).

Baja karbon adalah paduan antara Fe dan C dengan kadar C sampai 2,14%. Sifat-sifat mekanik baja karbon tergantung dari kadar C yang dikandungnya. Setiap baja termasuk baja karbon sebenarnya adalah paduan multi komponen yang disamping Fe selalu mengandung unsur-unsur lain seperti Mn, Si, S, P, N, H, yang dapat mempengaruhi sifat-sifatnya (Vlack, dan Djafrie, 1992).

Dalam praktek penggunaannya, baja dapat dikelompokkan menurut kepentingan yang berbeda-beda. Berdasarkan komposisi kimianya, baja dikelompokkan menjadi tiga, yaitu meliputi:

a. Baja karbon rendah

Baja ini disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%. Baja ini dapat dijadikan untuk komponen mur, baut, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas

silinder, dan penggunaan yang hampir sama.

Penggilingan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan dalam keadaan panas. Hal itu dapat ditandai dengan melihat lapisan oksida besinya di bagian permukaan yang berwarna hitam. Baja juga dapat dikerjakan dengan pengerjaan dingin dengan cara merendam atau mencelupkan baja ke dalam larutan asam yang berguna untuk mengeluarkan lapisan oksidanya. Setelah itu, baja diangkat dan digiling sampai ukuran yang dikehendaki, selanjutnya didinginkan. Proses ini menghasilkan baja yang lebih licin, sehingga lebih baik sifatnya dan bagus untuk dibuat mesin perkakas.

b. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3 - 0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Proses pengerjaan panas menaikkan kekuatan baja dengan cara digiling. Baja karbon sedang digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros bubungan, poros engkol, sekrup sungkup, dan alat angkat presisi.

c. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi yang mengandung karbon 0,6 - 1,5%, dibuat dengan cara digiling panas. Pembentukan baja ini dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, misalnya batang bor dan batang datar. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat tangan seperti palu, obeng, tang, dan kunci mur, baja pelat, pegas kumparan, dan sejumlah peralatan pertanian.

Perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan material yang terkontrol dengan maksud merubah sifat fisik untuk tujuan tertentu. Secara umum proses perlakuan panas adalah sebagai berikut:

- a. Pemanasan material sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu pula.
- b. Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata
- c. Pendinginan dengan media pendingin (air, oli atau udara)

Ketiga hal diatas tergantung dari material yang akan di *heat treatment* dan sifat-sifat akhir yang diinginkan. Melalui perlakuan panas yang tepat tegangan dalam dapat dihilangkan,

besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia logam harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon(C) dapat mengakibatkan perubahan sifat fisis (Smallman, dan Bhisop, R.J, 1976).

Pemakaian material baja tidak sepenuhnya dapat langsung digunakan sebagai bahan untuk pembuatan komponen, khususnya di bidang pemesian, akan tetapi material tersebut seringkali diperlukan sifat-sifat yang khusus, seperti keras, permukaan yang tahan terhadap aus, bagian inti atau dalam material tersebut tetap lunak dan ulet. Adanya pengkombinasian sifat yang dipersyaratkan material tersebut memerlukan teknik untuk memperlakukan kembali material kembali dengan jalan menambahkan unsur yang dibutuhkan agar dihasilkan sifat yang dikehendaki. Salah satu cara perlakuan material yang sering dilakukan adalah *carburizing*. *Carburizing* adalah proses menambahkan karbon ke permukaan benda, dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja (Suherman, 1998: 147).

Selama proses *carbuziing*, karbon terurai menjadi CO dan selanjutnya terurai menjadi karbon aktif yang dapat berdifusi masuk ke dalam material dan menaikkan kadar karbon pada permukaan material. Berdasarkan bentuk fisik media karburisasi dikenal dengan tiga cara karburisasi yaitu:

A. Pack Carburizing (Karburisasi Padat)

Karburising padat adalah proses karburisasi pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari bubuk arang. Bahan karburisasi ini biasanya adalah arang tempurung kelapa, arang kokas, arang kayu, arang kulit atau arang tulang. Benda kerja yang akan dikarburising dimasukkan ke dalam kotak karburisasi yang sebelumnya sudah diisi media karburisasi. Selanjutnya benda kerja ditimbuni dengan bahan karburisasi dan benda kerja lain diletakkan diatasnya demikian selanjutnya (Suherman, 1998: 150).

Kandungan karbon dari setiap jenis bahan yang digunakan sebagai karbon adalah berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon dalam unsur bahan karbon tersebut, maka penetrasi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula. Pada proses *pack carburizing*, bahan karbonat

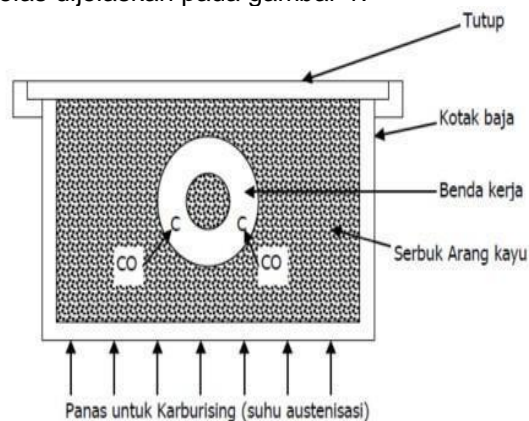
(*activator*) ditambahkan pada arang untuk mempercepat proses karburisasi. Bahan *activator* yang sering digunakan adalah barium karbonat ($BaCO_3$) dan soda abu ($NaCO_3$) yang ditambahkan bersama-sama dalam 10 – 40 % dari berat arang (Lakhtin, 1975: 255). Akan tetapi ada pendapat lain yang menyatakan bahwa tanpa *activator* juga dapat terjadi karburisasi, karena temperatur yang tinggi ini mula-mula karbon teroksidir oleh oksigen dari udara yang terperangkap dalam kotak menjadi CO_2 (Suherman, 1998: 149).

Reaksi yang terjadi adalah
 $CO_2 + C \text{ (arang)} \rightarrow 2CO$

Dengan temperatur yang semakin tinggi kesetimbangan reaksi makin cenderung ke kanan makin banyak CO.

$2CO \rightarrow CO_2 + C \text{ (larut ke dalam baja)}$

Proses *pack carburizing* ini secara lebih jelas dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi proses *pack carburizing*

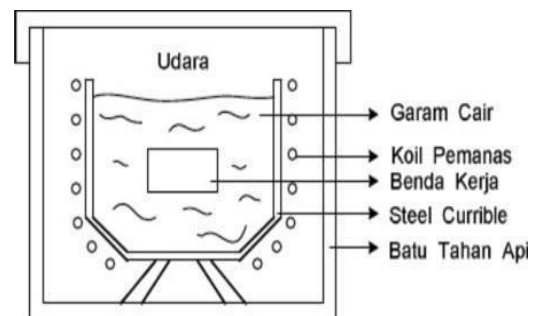
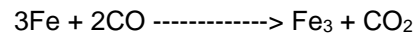
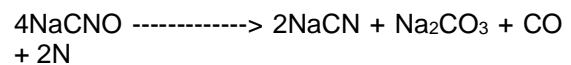
Reaksi kimia di atas dapat di kelaskan bahwa karbon yang terbentuk merupakan atom karbon (*carbon nascent*) yang aktif berdifusi masuk ke dalam fase austenit dari baja ketika baja dipanaskan. Besarnya kadar karbon yang terlarut dalam baja pada saat baja dalam larutan pada gamma fase austenit selama karburisasi adalah maksimal 2 %. Kotak karburisasi yang dipanaskan harus dalam keadaan tertutup rapat, hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya reaksi antara media karburisasi dengan udara luar. Salah satu cara yang untuk menghindari masalah tersebut adalah dengan memberikan lapisan tanah liat (*clay*) antara tutup dengan kotak karburisasi. Menurut Suherman (1998: 150) bahwa “kotak karburisasi dipanaskan dalam dapur sampai temperatur 825 – 925 °C dengan

segera permukaan benda kerja akan menyerap karbon sehingga dipermukaan akan terbentuk lapisan berkadar karbon tinggi sampai 1,2 %”. Menurut Amstead (1979: 152) bahwa “proses karburisasi padat banyak diterapkan untuk memperoleh lapisan yang tebal antara 0,75 – 4 mm.

B. Liquid Carburizing (Karburisasi Cair)

Carburizing proses cair adalah proses pengerasan baja dengan cara mencelupkan baja yang telah ditempatkan pada keranjang kawat ke dalam campuran garam *cianida*, *kalsium cianida* (KCN), atau *natrium cianida* (NaCN). Gambar 2 menjelaskan ilustrasi proses *liquid carburizing*.

reaksi-reaksi yang terjadi selama proses *liquid carburizing* adalah :



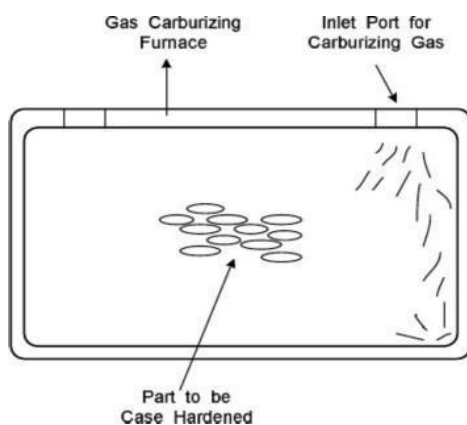
Gambar 2. Ilustrasi proses *liquid carburizing*

Proses karburisasi ini selain terserapnya karbon, nitrogen juga ikut terserap. Bahwa karburisasi cair hampir sama dengan *cyaniding*, yang menyerap nitrogen dan karbon. Bedanya terletak pada tingkat perbandingan banyaknya karbon dan nitrogen yang terserap. Pada karburisasi cair penyerapan karbon lebih dominan. Banyaknya karbon dan nitrogen yang terserap ini tergantung pada kadar cianida dalam *salt bath* dan temperatur kerjanya. *Salt bath* untuk karburisasi cair biasanya mengandung 40 – 50 % garam cianida. Temperatur yang digunakan adalah 900 °C selama 5 menit, kedalaman penetrasi karbon yang dicapai antara 0,1 – 0,25 mm dari permukaan baja. Kadar karbon yang dikarburisasi akan naik dengan semakin tingginya temperatur dan makin lamanya waktu karburisasi. Bila kadar karbon dipermukaan terlalu tinggi maka kekerasan tidak begitu tinggi, karena itu baja yang akan di

quenching langsung setelah pemanasan untuk karburisasi hendaknya dipakai temperatur yang tidak begitu tinggi. Selama pemakaian konsentrasi cianida dalam salt bath dapat berubah sehingga tentu saja sifat salt bath dapat berubah, karena itu kondisi salt bath harus secara rutin diperiksa. Apabila terdapat perubahan yang berarti, harus dilakukan penambahan garam baru untuk menjaga konsentrasi tetap sebagaimana semula. Semua *cianida* adalah senyawa yang sangat beracun, karena itu pemakaiannya harus sangat hati-hati. Demikian pula pada saat membuang sisa-sisa cairan yang akan terkena garam *cianida* tersebut harus benar-benar mengikuti petunjuk dari pihak berwenang

C. Gas Carburizing (Karburisasi Media Gas)

Proses pengerasan ini dilakukan dengan cara memanaskan baja dalam dapur dengan atmosfer yang banyak mengandung gas CO dan gas hidro karbon yang mudah berdifusi pada temperatur karburisasi 900 – 950 °C selama 3 jam. Gas-gas pada temperatur karburisasi itu akan bereaksi menghasilkan karbon aktif yang nantinya berdifusi ke dalam permukaan baja. Pada proses ini lapisan *hypereutectoid* yang menghalangi pemasukan karbon dapat dihilangkan dengan memberikan *diffusion period*, yaitu dengan menghentikan pengaliran gas tetapi tetap mempertahankan temperatur pemanasan. Dengan demikian karbon akan berdifusi lebih ke dalam dan kadar karbon pada permukaan akan semakin naik. Secara jelas proses *gas carburizing* di ilustrasikan dalam gambar 3.



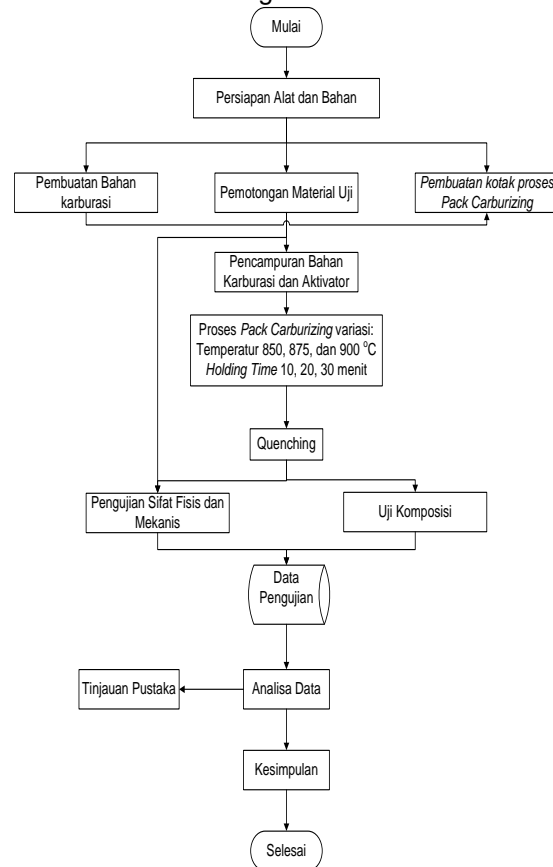
Gambar 3. Ilustrasi proses *gas carburizing* *Carburizing* dalam media gas lebih menguntungkan dibanding dengan *carburizing* Tabel 1. Hasil pengukuran dan pengujian tarik spesimen uji *pack carburizing* (variasi temperatur dan *holding time*) dan tanpa *pack carburizing*

jenis lain karena permukaan benda kerja tetap bersih, hasil lebih banyak dan kandungan karbon pada lapisan permukaan dalam dikontrol lebih teliti. Menurut Amstead (1979: 153) mengatakan bahwa “proses karburisasi media gas digunakan untuk memperoleh lapisan tipis antara 0,1 – 0,75 mm”.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini mengikuti alur tahapan-tahapan seperti di uraikan dalam gambar 4.

Gambar 4. Diagram Alir Penelitian



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat mekanik pada penelitian ini terbagi dalam 2 pengujian, yaitu : pengujian tarik dan pengujian kekerasan. Hasil pengujian kuat tarik dan kekerasan

spesimen uji dengan proses *pack carburizing* memvariasikan temperatur (850, 875, 900 °C) dan *holding time* (10, 20, 30 menit). Data hasil pengujian tarik dari spesimen uji seperti ditunjukkan dalam tabel 1 dan tabel 2.

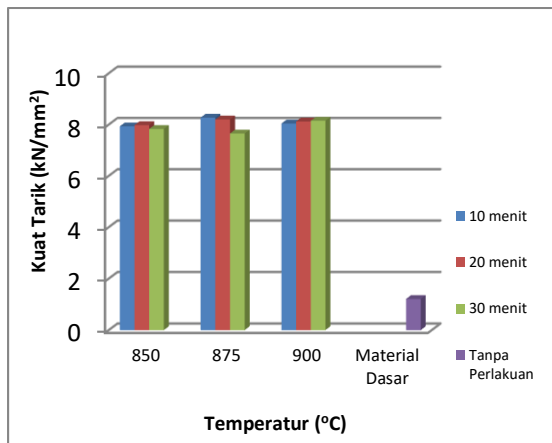
Spesimen		D ₀ (mm ²)	Gaya Tarik (kN)	Kuat Tarik (kN/mm ²)
Temperatur (°C)	Holding Time (menit)			
850	10	12,51	974,90	7,93
	20	12,55	986,58	7,98
	30	12,61	977,67	7,83
875	10	12,54	1021,56	8,27
	20	12,37	985,32	8,20
	30	12,55	945,89	7,65
900	10	12,54	992,42	8,04
	20	12,48	992,94	8,12
	30	12,46	993,13	8,15
Material dasar (<i>pack carburizing</i>)		12,50	165,8	1,212

Tabel 2 Kekerasan spesimen uji dengan *pack carburizing* (variasi temperatur dan *holding time*) dan tanpa *pack carburizing*

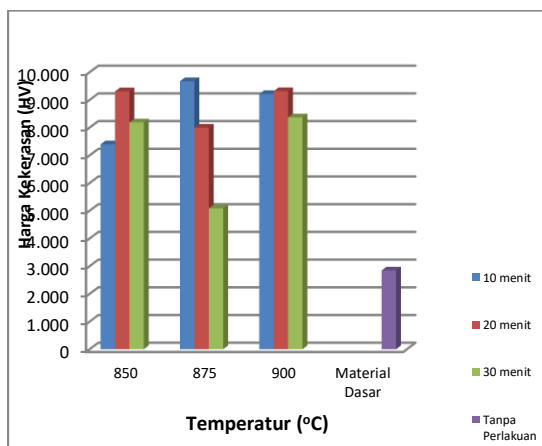
Spesimen		Nilai Kekerasan (HV)	Kekerasan Rata-rata (HV)
Temperatur (°C)	Holding Time (menit)		
850	10	7,235	7,394
		7,474	
		7,474	
	20	9,193	9,308
		9,537	
		9,193	
	30	8,267	8,184
		8,560	
		7,725	
875	10	9,193	9,672
		10,285	
		9,537	
	20	8,267	7,994
		7,989	
		7,725	
	30	5,365	5,084
		4,944	
		4,944	
900	10	8,560	9,211
		9,537	
		9,537	
	20	8,868	9,314
		9,537	
		9,900	
	30	8,267	8,365
		8,560	
		8,267	
Material dasar (tanpa <i>carburizing</i>)		2,475	2,842
		3,215	
		2,837	

Hasil uji kekuatan tarik dan kekerasan tertinggi di dapat pada temperatur 875 °C dan *holding time* 10 menit, sedangkan kekuatan tarik terendah pada temperatur 875 °C dan

holding time 30 menit. Hasil pengujian kekuatan tarik dan kekerasan ini di jelaskan dalam gambar 5 dan 6.

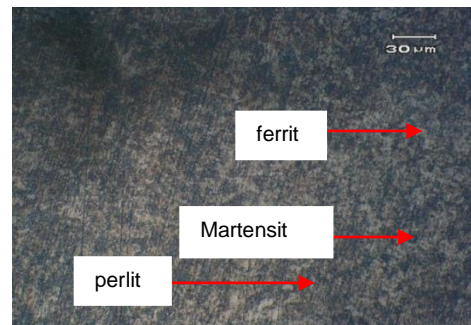


Gambar 5. Kuat Tarik material uji dengan *pack carburizing* (variasi Temperatur dengan *holding time*) dan tanpa *pack carburizing*

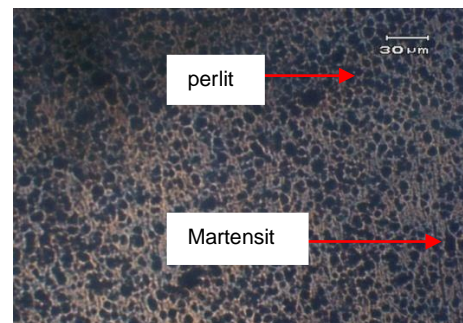


Gambar 6. Kekerasan spesimen uji dengan *pack carburizing* (variasi temperatur dengan *holding time*) dan tanpa *pack carburizing*

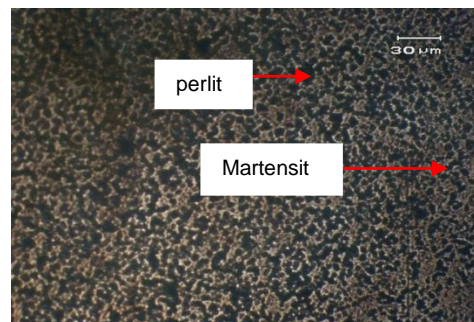
Pengujian struktur mikro pada semua spesimen uji dengan memakai mikroskop optik dibatasi pada perbesaran 100×. Hasil analisis struktur mikro proses *pack carburizing* mendapatkan struktur mikro yang sama pada variasi semua temperatur dan *holding time*, yaitu perlit dan martensit. Sedangkan material dasar memiliki struktur mikro ferrit, perlit, dan martensit. Hasil pengujian ini secara jelas seperti di tunjukan dalam gambar 7 sampai dengan 16.



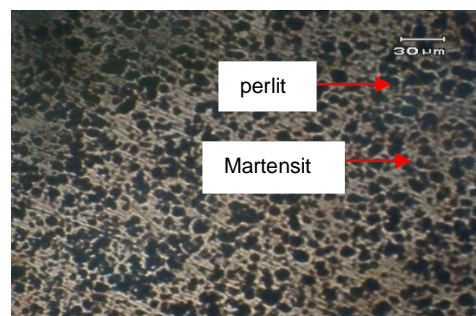
Gambar 7. Struktur mikro material dasar pembesaran 100×



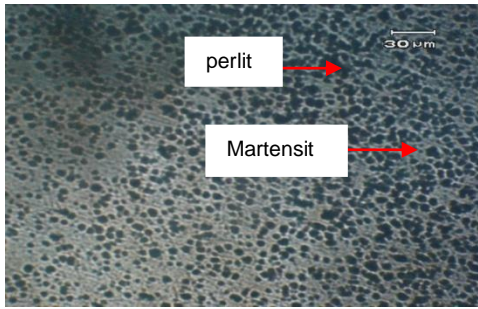
Gambar 8. Struktur mikro spesimen variasi temperatur 850 °C pada *holding time* 10 menit pembesaran 100×



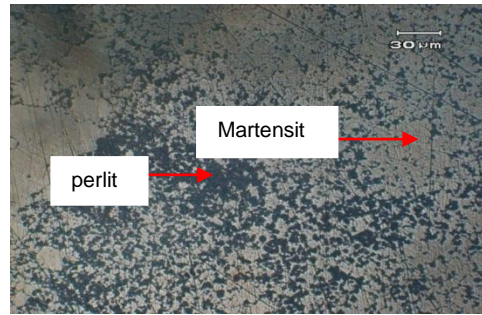
Gambar 9. Struktur mikro spesimen variasi temperatur 850 °C pada *holding time* 20 menit pembesaran 100×



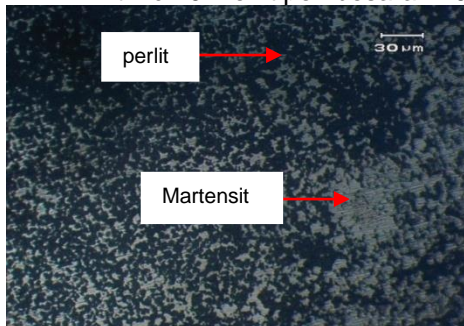
Gambar 10. Struktur mikro spesimen variasi temperatur 850 °C pada *holding time* 30 menit pembesaran 100×



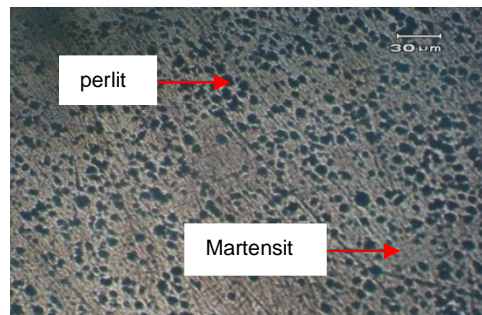
Gambar 11 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 10 menit pembesaran 100×



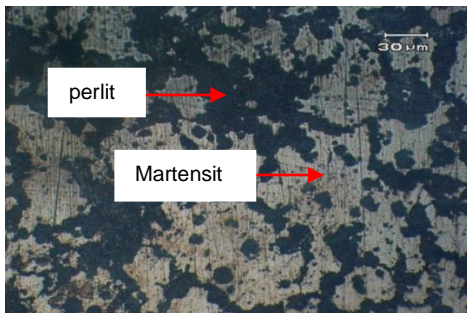
Gambar 15 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 900 °C pada *holding time* 20 menit pembesaran 100×



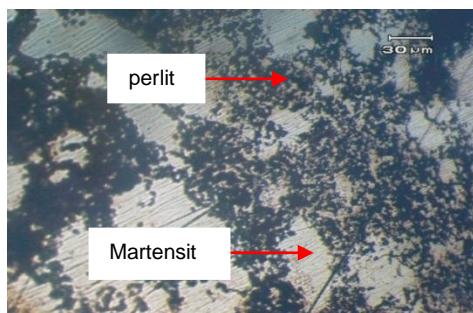
Gambar 12 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 20 menit pembesaran 100×



Gambar 16 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 900 °C pada *holding time* 30 menit pembesaran 100×



Gambar 13 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 30 menit pembesaran 100×



Gambar 14 Struktur mikro spesimen variasi temperatur 900 °C pada *holding time* 10 menit pembesaran 100×

Hasil uji komposisi terhadap material dasar (tanpa *pack carburizing*) dari baja karbon di dapat unsur-unsur dalam kandungan spesimen uji adalah seperti ditunjukkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji komposisi material dasar

No.	Unsur	%
1.	C	1.0048
2.	Si	0.2981
3.	S	0.0133
4.	P	0.0149
5.	M	0.2214
6.	Ni	0.0431
7.	Cr	0.0423
8.	Mo	0.0222
9.	Cu	0.1003
10.	W	0.0056
11.	Ti	0.0042
12.	Sn	0.0064
13.	Al	0.0261
14.	Pb	0.0029
15.	Ca	0.0058
16.	Zn	0.0058
17.	Fe	98.18

Hasil uji tarik spesimen uji yang tanpa perlakuan (tanpa *pack carburizing*) didapat kuat tarik sebesar 1,212 kN/mm², hasil ini menunjukkan harga kuat tarik dari material tersebut lebih kecil di bandingkan dengan spesimen uji dengan perlakuan, dengan hasil ini, proses *pack carburizing* dapat meningkatkan kekuatan tarik material baja karbon. Harga kuat tarik spesimen uji pada variasi temperatur 875 °C dengan *holding time* 10 menit menunjukkan hasil yang paling tinggi yaitu sebesar 8,27 kN/mm², walaupun dari hasil kuat tarik spesimen uji dari masing-masing variasi temperatur dan *holding time* menunjukan harga kuat tarik yang bervariasi akan tetapi secara umum proses *pack carburizing* meningkatkan harga kuat tarik spesimen uji. Hasil pengujian kekuatan tarik ini memberi gambaran yang sama dengan penelitian Zuchry (2011), kekuatan tarik baja karbon didapat pada temperatur yang lebih rendah yaitu 900 °C dari pada temperatur 950 °C, meskipun pada variasi lama waktu penahanan mendapatkan data yang berbeda, dimana lama waktu penahanan dapat menaikkan harga kekuatan tarik baja karbon.

Pengujian kekerasan dilakukan terhadap semua spesimen, baik yang di *carburizing* maupun yang tanpa *pack carburizing*. Metode pengujian menggunakan *vickers hardness*. Kekerasan rata-rata spesimen uji yang tanpa *pack carburizing* sebesar 2,842 HV. Nilai kekerasan ini masih jauh di bawah nilai kekerasan spesimen uji yang di *pack carburizing*. Harga kekerasan hampir mengalami peningkatan pada semua spesimen uji yang di *pack carburizing*, kekerasan paling tinggi adalah pada variasi temperatur 875 °C dengan *holding time* 10 menit yaitu sebesar 9,672 HV. Hasil ini menggambarkan kondisi yang tidak lazim, dimana pada variasi pengujian yang sama menghasilkan data pengujian yang tertinggi pada keduanya, antara kekuatan tarik dan kekerasan. Hasil ini dimungkinkan pada variasi ini karbon dapat terdifusi merata pada ke struktur baja, sehingga harga kekerasannya cenderung paling tinggi. Sudiro, (2013) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa temperatur pemanasan memberikan pengaruh terhadap harga kekerasan baja karbon rendah, di mana semakin tinggi temperatur pemanasan maka semakin tinggi pula harga kekerasannya.

Struktur mikro hasil pengamatan dari material dasar adalah ferrit, perlit, dan martensit. Sedangkan struktur mikro setelah *pack carburizing* adalah perlit dan martensit. Fasa perlit terbentuk dari campuran ferrit dan

sementit. Sedangkan fasa martensit ini terbentuk karena faktor kecepatan pendinginan, ini dapat dilihat sangat jelas pada diagram CTT (Smith, 19996).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kekuatan tarik tertinggi di dapat pada variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 10 menit yaitu sebesar 8,27 kN/mm². Sedangkan harga kuat tarik spesimen uji tanpa *pack carburizing* sebesar 1,212 kN/mm².
2. Harga kekerasan spesimen uji pada variasi temperatur 875 °C pada *holding time* 10 menit paling tinggi yaitu sebesar 9,672 HV. Sedangkan kekerasan spesimen uji tanpa *pack carburizing* sebesar 2,842 HV.
3. Hasil pengamatan struktur mikro di dapat untuk material dasar (tanpa *pack carburizing*) terdapat tiga fasa, yaitu *ferrite*, *perlite*, dan *martensite*. Sedangkan pada spesimen uji yang di *pack carburizing* untuk semua variasi temperatur (850, 875, dan 900 °C) pada semua *holding time* (10, 20, dan 30 menit) terdapat tiga fasa yaitu *perlite*, *martensite*, dan *bainite*.
4. Hasil uji komposisi di dapat bahwa material dasar sebagai spesimen uji dalam penelitian ini adalah baja karbon tinggi.

B. Saran

- Saran hasil penelitian ini antara lain
1. Untuk menguji material, khususnya mengenai logam yang berstandar hendaknya perlu ada data yang menyertakan tentang spesifikasi dari material tersebut.
 2. Untuk menguji kuat tarik material yang lebih keras, hendaknya spesimen uji tarik perlu dipertimbangkan ukuran standarnya, agar dapat menyesuaikan beban dalam mesin uji tarik.
 3. Penelitian tentang perlakuan panas dengan metode *pack carburizing* ini masih layak untuk dilanjutkan, agar dihasilkan sifat fisis dan mekanis yang lebih jelas maka variasi parameter *holding time* hendaknya lebih lama lagi (1, 2, 3 jam).

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PPPM Politeknik Negeri Cilacap yang telah menjembati dalam pembiayaan

penelitian, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan sampai dengan penyusunan laporan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfani W. (2016). *Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pack Carburizing Terhadap Ketahanan Aus Baja ST 41*. Skripsi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
- Amstead B. H. (1979). *Manufacturing Processes*. Jhon wiley & Sons, New York.
- Lakhtin Y. (1975). *Engineering physical metallurgy, (Second edition)*. Foreign Language Publishing House. Moscow.
- Zuchry. M. (2011). *Pengaruh Suhu Karburasi dan Waktu tahan Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon dengan Variasi Media Pendingin*. Jurnal SMARTek. Vol.9. No.2.Hal. 122-127.
- Setiamarga, B.H., Kurniawati, N., dan Rumendi, U. (2006). *Pack Carburizing Pada Sprocket Sepeda Motor dengan Material Baja Karbon Rendah*. Jurnal Teknik Mesin. Vol 21. No.1.
- Smallman, R. E., dan Bhihop, R.J, (1976), "Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material", Alih Bahas Djaprie, S, Erlangga. Jakarta.
- Smith, W.F. (1996). *Principles of Material Science and Engineering, 3rd Edition*, McGraw-Hill Inc., New York.
- Sudiro. (2013). *Studi Pengaruh Carburizing Baja Karbon Rendah Dengan Media Arang dan Varesasi Holding (Penahanan Suhu) Terhadap Tingkat Kekerasan dan Keausan*. Jurnal AUTINDO Politeknik Indonusa Surakarta. Vol. 1, No. 1.
- Surdia, T. dan Saito. S. (992). *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita. Jakarta.
- Vlack V. dan Djafrie. S. (1992). *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- Wahid Suherman. (1998). *Pengetahuan Bahan*. ITS, Surabaya.