

**PENGARUH KETEBALAN MEDIA KARBURASI PADA
PROSES *PACK CARBURIZING* TERHADAP NILAI
KEKERASAN BAJA KARBON RENDAH**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Oleh :

AZIZ CAHYO YULLYE ANTORO
NIM. I1403018

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2009**

PENGARUH KETEBALAN MEDIA KARBURASI PADA
PROSES *PACK CARBURIZING* TERHADAP NILAI
KEKERASAN BAJA KARBON RENDAH

Disusun oleh

Aziz Cahyo Yullye Antoro
NIM. I1403018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Bambang Kusharjanta, S.T.M.T.
NIP. 19691116 1997 02 1001

Eko Surojo, S.T.M.T.
NIP. 19690411 2000 03 1006

Telah dipertahankan dihadapan Tim Dosen Penguji pada hari Rabu, tanggal
11 November 2009.

1. Wahyu Purwo Rahardjo, S.T.M.T.
NIP. 19720229 2000 12 1001
2. Ir. Wijang Wisnu Raharjo, M.T.
NIP. 19681004 1999 03 1002
3. Muh. Nizam, S.T.M.T.Dr.
NIP. 19700720 1999 03 1001

Mengetahui,

a.n. Ketua
Sekretasis Jurusan Teknik Mesin

Koordinator Tugas Akhir

Ir. Wijang Wisnu Raharjo, M.T.
NIP. 19681004 1999 03 1002

Syamsul Hadi, S.T.M.T.
NIP. 19710615 1998 02 1002

MOTO

Menjalankan amanah Allah S.W.T.dengan baik dan semaksimal mungkin.

Sedangkan

Aku hanyalah sebuah “sendok” yang digunakan oleh “seorang Ibu” untuk “menyuapi” anak-anaknya.

PERSEMBAHAN

Karya sederhana ini ku persembahkan untuk:

Allah S.W.T. atas diperkenankanya hamba mencari ilmu sampai strata satu.

Bapak & Ibu'ku yang dengan bersusah payah membekali ilmu putra-putrinya.

Mbak Yenni n' keluarga dan Adikku tersayang Dian, Fendi. “Pangapuntenipun mbok bilih kulo kuliahe radhi dangu”.

Semua “Guruku” atas keikhlasan mentransfer ilmunya.

Pecinta Ilmu yang menggunakan naskah ini sebagai referensinya.

**PENGARUH KETEBALAN MEDIA KARBURASI PADA PROSES
PACK CARBURIZING TERHADAP NILAI KEKERASAN
BAJA KARBON RENDAH**

Aziz Cahyo Y.A.

Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketebalan media karburasi pada proses *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan baja karbon rendah. Proses karburasi merupakan salah satu proses pengerasan permukaan pada logam yang bertujuan untuk mendapatkan sifat keras pada permukaan dan sifat ulet pada bagian tengah logam.

Pada penelitian ini *pack carburizing* dilakukan pada temperatur 980°C dengan waktu karburasi selama 2 jam. Media karburasi menggunakan 80% serbuk arang tempurung kelapa dan 20% BaCO_3 dimana prosentase dalam berat. Penelitian ini menggunakan 2 parameter percobaan yaitu ketebalan media karburasi dengan dinding kontainer sebesar 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, dan banyaknya jumlah spesimen uji dalam sebuah kontainer yaitu sebanyak 2, 3, dan 4 buah spesimen. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan mikro vikers dan pengamatan struktur mikro.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan media karburasi berpengaruh pada peningkatan kekerasan permukaan dan kedalaman pengerasan baja karbon rendah. Dimana semakin tebal media karburasi maka nilai kekerasan permukaan dan kedalaman pengerasan semakin tinggi. Berdasarkan standar ISO No. 2639-1973 nilai kekerasan minimum proses *pack carburizing* sebesar 550 HV dari hasil percobaan menunjukkan bahwa semua parameter percobaan dapat mencapai standar yang diinginkan. Nilai kekerasan tertinggi pada ketebalan 20 mm sebesar 848 HV dengan kedalaman pengerasan pada 0.53 mm sedangkan nilai kekerasan terendah pada ketebalan 5 mm sebesar 636 HV dengan kedalaman pengerasan pada 0.23 mm. Dari variasi jumlah spesimen uji diketahui bahwa selisih nilai kekerasan dan kedalaman pengerasan berkurang sebesar 3% dengan bertambahnya jumlah spesimen. Pada jumlah dua spesimen nilai kekerasan sebesar 995 HV dengan kedalaman pengerasan 0.98 mm, jumlah tiga spesimen nilai kekerasan sebesar 983 HV dengan kedalaman pengerasan 0.94 mm dan pada jumlah empat spesimen nilai kekerasan sebesar 936 HV dengan kedalaman pengerasan 0.86 mm. Sedangkan hasil pengamatan struktur mikro terlihat fasa martensit di bagian permukaan spesimen setelah proses karburasi

Kata kunci: pengerasan permukaan, *pack carburizing*, ketebalan media karburasi.

**THE INFLUENCE OF THICKNESS CARBURIZING MEDIA
AT PACK CARBURIZING PROCESS ON THE HARDNESS
OF LOW CARBON STEEL**

Aziz Cahyo Y.A.

Abstract

This research has investigated the influence of thickness carburizing media at pack carburizing process on the hardness of low carbon steel. Carburizing is one of the surface hardening process of metal this aim of process to get a hardness in surface and ductile in middle of metal.

This research of pack carburizing has done at temperature 980⁰ C with holding time during 2 hours. It Used 80% of coconut charcoal and 20% BaCO₃ for medium of carburizing where percentage in mass. This research used two attempt parameter such as thickness carburizing media with the container wall of equal to 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, and to the numerous of amount specimen test in a container which is counted 2, 3, and 4 specimen. The specimen was tested for vickers micro hardness test and micro structure analysis.

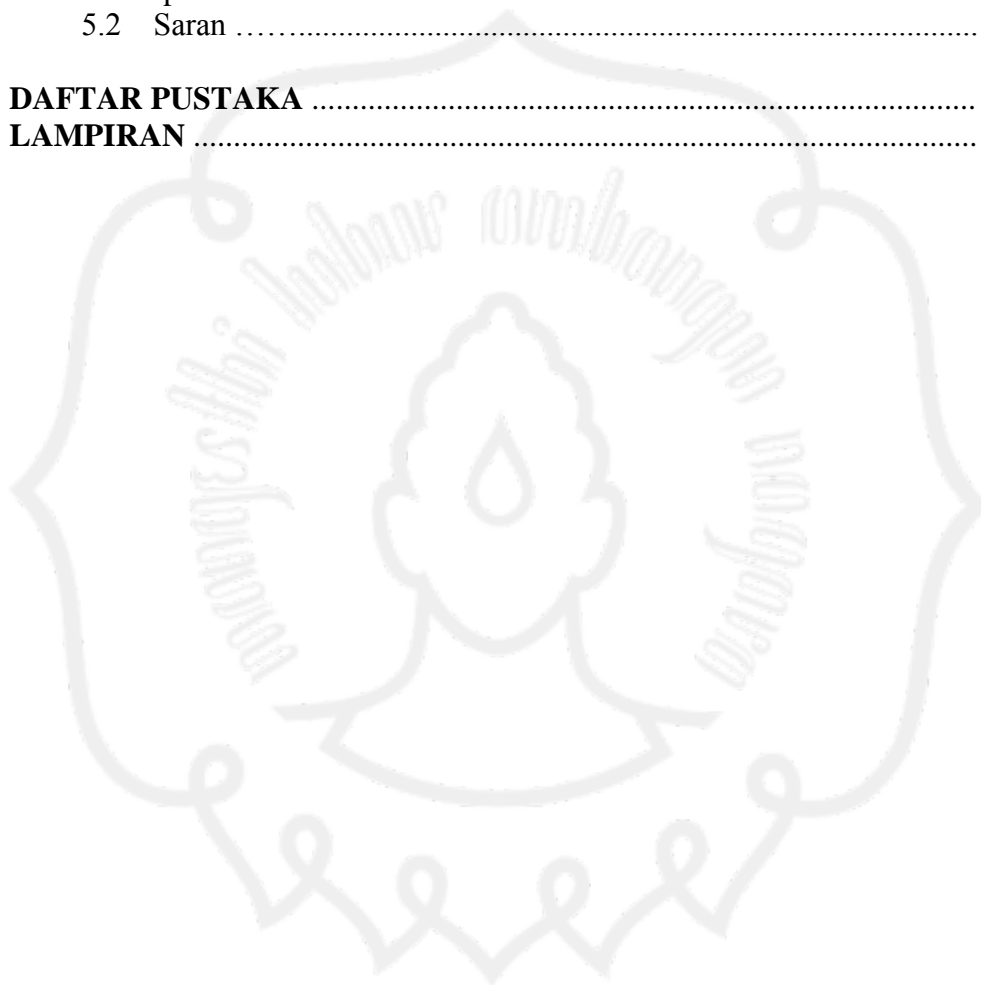
The result showed the thickness carburizing media influence of increases the surface hardness and effective case depth of low carbon steel. Where the surface hardness and effective case depth increase along with increase of thickness carburizing media. From ISO standard No. 2639-1973 minimum value of pack carburizing process is 550 HV. The research showed to all parameter have standard of pack carburizing. The highest hardness is 848 HVN in 20 mm of thickness with effective case depth at 0.53 mm and the lowest hardness is 636 HV in 5 mm of thickness with effective case depth at 0.23 mm. From variation of amount specimen test showed that difference value of surface hardness and effective cased depth are less than 3% with increasing of amount specimen. That is of amount two specimen hardness value equal to 995 HV at 0.98 mm, sum up three specimen hardness value equal to 983 HV at 0.94 mm and sum up four specimen hardness value equal to 936 HV at 0.86 mm. The result of micro structural examination reveal the martensite phase in the edge of specimen after carburizing process.

Key words : surface hardening, pack carburizing, thickness carburizing media..

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Abstrak	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Rumus	viii
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan & Manfaat Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Kajian Teoritis	5
2.2.1 Baja karbon	5
2.2.2 Proses karburasi pada baja	7
2.2.3 <i>Pack carburizing</i>	8
2.2.4 Difusi pada baja	9
2.2.5 Pengaruh kadar karbon pada baja	10
2.2.6 Kekerasan	11
2.2.7 Pendinginan cepat (<i>quenching</i>)	12
2.3 Hipotesa	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	14
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.3 Alat Penelitian	15
3.3.1 Mesin <i>crushing</i> dan neraca pegas	15
3.3.2 <i>Furnace</i>	15
3.3.3 Kontainer	16
3.3.4 Pemegang spesimen	16
3.3.5 Mesin bubut dan mesin amplas	16
3.3.6 Mikroskop <i>metallurgy</i> dan alat uji kekerasan mikro <i>Vickers</i>	17
3.4 Bahan Penelitian	17
3.4.1 Media karburasi	17
3.4.2 Spesimen uji	17
3.5 Penempatan Spesimen	18
3.6 Proses Karburasi	18
3.7 Pengambilan Data Uji Keras dan Struktur Mikro	19
3.8 Teknik Analisa Data	20

3.8.1 Penentuan nilai kekerasan mikro <i>vickers</i>	20
3.8.2 Pengamatan struktur mikro	21
BAB IV DATA DAN ANALISA	
4.1 Bahan yang Diteliti	22
4.2 Pengaruh Ketebalan Media Karburasi	23
4.3 Pengaruh Jumlah Spesimen Uji	26
BAB V PENUTUP	
5.1	Kes
impulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	31



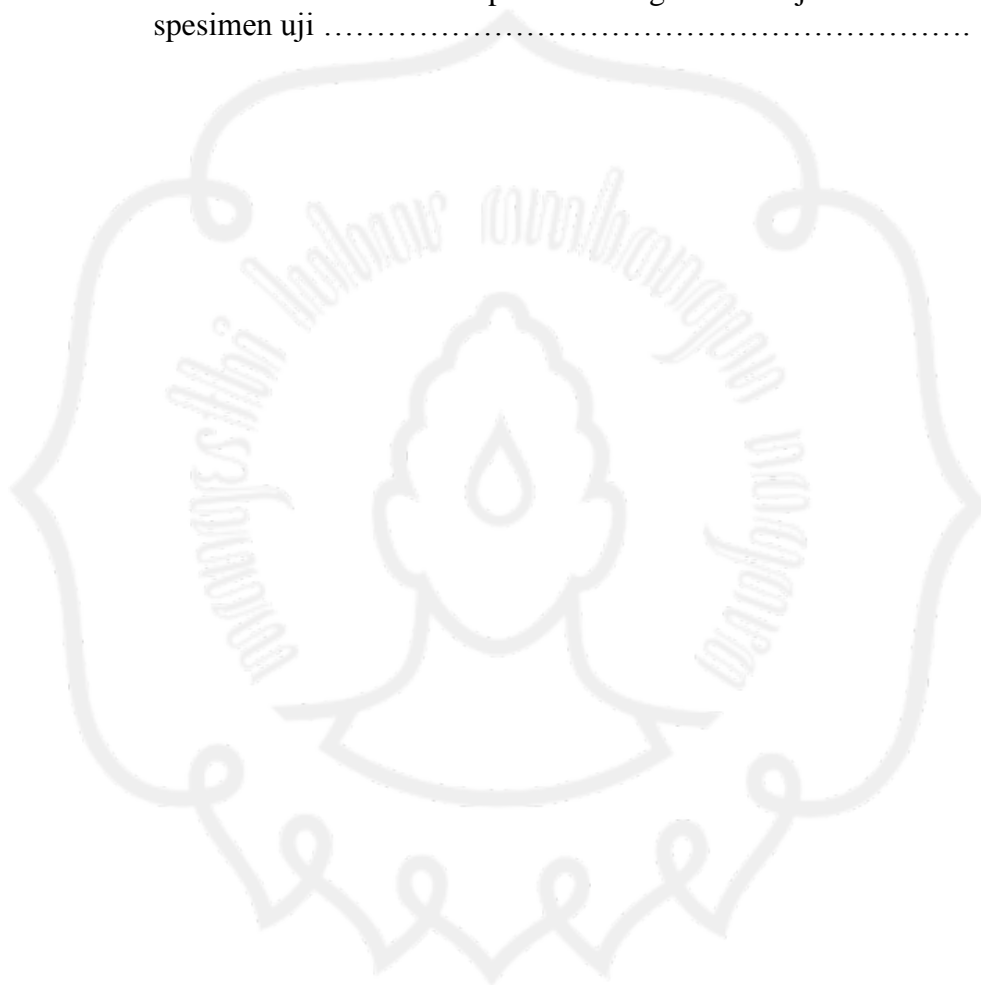
DAFTAR RUMUS

	Halaman
Rumus 2.1 Reaksi pembentukan gas CO	11
Rumus 2.2 Reaksi penguraian gas CO	11
Rumus 2.3 Reaksi penguraian BaCO ₃	12
Rumus 2.2 Reaksi penguraian gas CO	12
Rumus 3.1 Perhitungan kekerasan rata-rata	21



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Komposisi kimia bahan yang diteliti	22
Tabel 4.2 Nilai kekerasan rata-rata spesimen sebelum proses karburasi ...	22
Tabel 4.3 Nilai kekerasan rata-rata spesimen dengan ketebalan media karburasi dengan dinding kontainer	23
Tabel 4.4 Nilai kekerasan rata-rata spesimen dengan variasi jumlah spesimen uji	26



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Diagram fasa baja karbon..... 7
Gambar 2.2	Diagram proses pendinginan fasa austenit 8
Gambar 2.3	Diagram CCT 9
Gambar 2.4	Proses terjadinya difusi 10
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian 14
Gambar 3.2	Mesin <i>crushing</i> dan neraca pegas 15
Gambar 3.3	<i>Furnace</i> 15
Gambar 3.4	Kontainer (Wadah) 16
Gambar 3.5	Pemegang spesimen 16
Gambar 3.6	Mesin bubut dan mesin amplas 16
Gambar 3.7	Benda kerja 18
Gambar 3.8	Ilustrasi percobaan 20
Gambar 3.9	Benda kerja 18
Gambar 3.10	Ilustrasi percobaan 19
Gambar 3.11	Ilustrasi tempat pengujian 20
Gambar 4.1	Struktur mikro sebelum proses karburasi 23
Gambar 4.2	Grafik kedalaman pengerasan dengan variasi ketebalan media karburasi 24
Gambar 4.3	Struktur mikro ketebalan media karburasi 25
Gambar 4.4	Grafik kedalaman pengerasan spesimen karburasi dengan variasi jumlah spesimen uji..... 27
Gambar 4.5	Struktur mikro variasi jumlah spesimen uji 28

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pack carburizing merupakan salah satu bagian dari proses perlakuan panas dengan cara mendifusikan atom karbon pada permukaan logam, dimana logam dasar tersebut mempunyai kandungan karbon dalam jumlah kecil. Pada proses karburasi sumber karbon yang digunakan berasal dari media padat antara lain dari arang kayu, arang tempurung kelapa, dan arang sekam padi. Di sekitar kita bahan-bahan tersebut sangat mudah untuk didapatkan. Berdasarkan penelitian bahan yang baik untuk digunakan sebagai media karburasi menggunakan arang dari tempurung kelapa, walaupun perbedaan nilai kekerasannya tidak terlalu signifikan dengan media arang kayu (Eko J.A., 2006).

Pada proses *pack carburizing* arang sebagai media karburasi sangat lambat dalam pembentukan gas CO sehingga dalam prakteknya digunakan sebuah katalisator atau *energizer* berupa bahan kimia seperti BaCO_3 , BaCl , Na_2CO_3 , $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$. Dari penelitian yang dilakukan tanpa penambahan bahan kimia diperoleh nilai kekerasan yang kurang dari nilai kekerasan fasa martensit sebesar 450 HV. Hasil penelitian hanya diperoleh kekerasan dibawah fasa martensit yaitu berupa fasa ferit dan fasa perlit yang nilai kekerasannya kurang dari 450 HV. (Masyrukan, 2006). Dimana fasa martensit merupakan salah satu fasa pada baja karbon yang memiliki nilai kekerasan tertinggi dibandingkan fasa yang lain.

Dalam praktek *pack carburizing* katalisator atau *energizer* yang sering digunakan adalah BaCO_3 , $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$. Dari penelitian yang dilakukan menggunakan 60% serbuk arang tempurung kelapa dan 40% BaCO_3 dengan waktu penahanan selama 1 jam didapatkan hasil kekerasan meningkat menjadi 689 HV dari kekerasan awal sebesar 99 HV dari material awal sebelum dilakukan proses karburasi (Eko J.A., 2006)

Berdasarkan uraian diatas maka akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh ketebalan media karburasi dalam sebuah kontainer dengan menggunakan media karburasi berupa campuran 80% serbuk arang tempurung

kelapa dan 20% BaCO₃ dengan waktu penahanan selama 2 jam. Hal ini disebabkan pada harga arang tempurung kelapa yang lebih murah dari pada bahan kimia BaCO₃ sehingga proses karburasi akan lebih ekonomis.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu “Bagaimanakah pengaruh ketebalan media karburasi pada proses *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan baja karbon rendah.”

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Media karburasi menggunakan serbuk arang tempurung kelapa dan bahan kimia BaCO₃ dengan komposisi 80% serbuk arang dan 20% bahan kimia aktif dimana prosentase dalam berat.
2. Penggunaan temperatur pemanasan 980⁰ C dengan waktu karburasi selama 2 (dua) jam.
3. Penelitian menggunakan 2 parameter yaitu:
 - a. Ketebalan media karburasi/arang dengan dinding kontainer yaitu sebesar 5 mm, 10 mm, 15 mm, dan 20 mm.
 - b. Jumlah spesimen uji dalam kontainer/wadah sebanyak 2, 3, dan 4 buah spesimen, dengan ketebalan media karburasi/arang maksimum hasil percobaan parameter a.
4. Pengujian yang dilakukan adalah uji keras mikro *vickers* dan foto mikro.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh ketebalan media karburasi terhadap nilai kekerasan permukaan baja karbon rendah.
2. Apakah dengan menggunakan media karburasi berupa campuran 80% serbuk arang tempurung kelapa dan 20% BaCO₃ dengan waktu penahanan selama 2 jam dapat mencapai standar dari proses *pack carburizing*.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk memperkaya khasanah pengembangan ilmu pengetahuan dalam bidang pengerasan logam, sehingga dapat diaplikasikan dalam dunia industri. Penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan acuan bagi penelitian selanjutnya, khususnya proses pengerasan logam dengan metode *pack carburizing*, dan dapat diaplikasikan untuk praktikum pengerasan material dalam skala laboratorium.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang tinjauan secara keseluruhan teori-teori yang digunakan untuk pembahasan dan pemecahan masalah yang diteliti.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Memberikan gambaran secara terstruktur penjelasan masalah secara tahap demi tahap mengenai proses pelaksanaan penelitian dan menjelaskan setiap tahapnya dalam penyelesaian tugas akhir.

BAB IV DATA DAN ANALISA

Berisi tentang data yang diperoleh dan pengolahan data untuk pemecahan masalah yang diteliti serta hasil analisa yang dilakukan terhadap pengolahan data tersebut.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari pelaksanaan penelitian beserta saran-saran yang berguna untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Eko J.A (2006) melakukan penelitian mengenai pengaruh media karburasi dan bahan kimia aktif terhadap kekerasan cangkul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media karburasi yang menghasilkan kekerasan yang lebih baik adalah dengan menggunakan arang tempurung kelapa. Sedangkan bahan kimia aktif yang menghasilkan nilai kekerasan tertinggi adalah BaCO_3 . Akan tetapi pengaruh variasi media karburasi dan bahan kimia aktif pada proses karburasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dari penelitian ini juga diperoleh proses pemanasan dan *quenching* yang dilakukan pada *raw material* tidak meningkatkan nilai kekerasannya.

Masyrukan (2006) melakukan penelitian dengan menambahkan kandungan unsur karbon ke dalam permukaan baja. Sumber karbon diperoleh dari arang kayu jati yang telah ditumbuk halus. Temperatur yang digunakan selama proses pengarbonan adalah 900°C , dengan variasi waktu penahanan 2, 4 dan 6 jam. Pengujian kekerasan yang telah dilakukan terhadap material pengarbonan menghasilkan distribusi kekerasan dari permukaan menuju inti, untuk masing-masing waktu penahanan yang berbeda. Sedangkan hasil pengamatan foto struktur mikro dengan *microscope olympus photomicrographic system* dihasilkan foto struktur mikro untuk *raw material* dan *carburizing* sama terdapat ferit dan perlit. Semakin lama proses *carburizing*, semakin banyak pula kandungan perlitnya yang mengakibatkan semakin tingginya tingkat kekerasan baja tersebut.

Palaniradja, dkk. (2004) melakukan penelitian mengenai optimasi variabel yang berpengaruh pada proses gas karburasi. Penelitian menggunakan baja SAE 8620 serta AISI 3310 sebagai bahan penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel yang paling berpengaruh pada nilai kekerasan permukaan adalah waktu *quenching*, kemudian waktu penahanan, karbon potensial dan temperatur karburasi hanya sedikit (bisa dikatakan tidak berpengaruh) pada nilai kekerasan logam. Sedangkan untuk *case depth* variabel yang paling berpengaruh adalah waktu penahanan

dan secara berurutan temperatur karburasi, karbon potensial dan waktu *quenching* mempunyai pengaruh yang relatif kecil. Penelitian ini juga menunjukkan nilai kekerasan dan *case depth* baja SAE 8620 lebih tinggi dibandingkan dengan baja AISI 3310 karena unsur paduan pada baja SAE 8620 lebih tinggi.

S.K. Akay dkk. (2008) melakukan penelitian mengenai pengaruh perlakuan panas terhadap sifat fisik baja karbon rendah. Penelitian menggunakan baja karbon rendah dengan kadar karbon sebesar 0.055%. Kemudian dilakukan *annealed* pada temperatur 780⁰ C, 825⁰ C, dan 870⁰ C dengan waktu tahan selama 60 menit dan dilanjutkan dengan proses *quenching* menggunakan media air. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui perbedaan struktur mikronya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terbentuk dua fasa struktur mikro yaitu fasa ferit dan fasa martensit. Jumlah fasa martensit meningkat seiring dengan naiknya temperatur anilnya. Dari pengujian menggunakan sinar x diketahui bahwa struktur mikro fasa martensit berbentuk *body cubic tetragonal*.

2.2. Kajian Teoritis

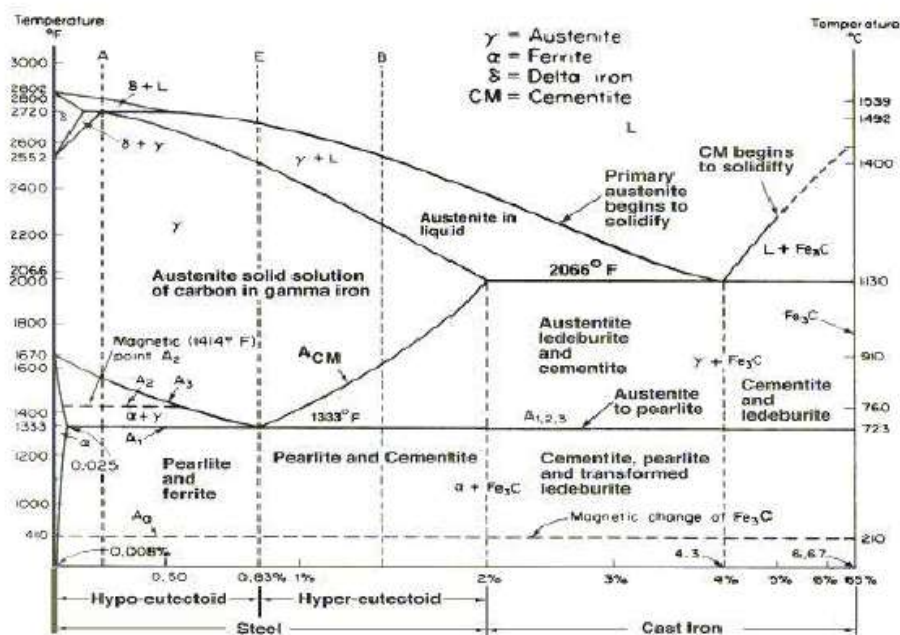
2.2.1. Baja karbon

Besi (*ferrous*) merupakan salah satu logam yang paling awal diketahui. Besi sejak dahulu telah banyak digunakan diberbagai bidang. Selain karena nilai ekonomisnya, besi mempunyai sifat-sifat yang bervariasi, dapat dibentuk atau diolah menjadi berbagai macam bentuk yang diinginkan dan dapat dikembangkan dalam lingkupan yang luas.

Baja merupakan paduan dari besi, karbon dan elemen-elemen lain dimana kandungan karbonnya kurang dari 2%. Baja karbon merupakan paduan sederhana antara besi dan karbon, dimana karbon merupakan unsur yang menentukan nilai keuletan dan kekerasan dari baja. Baja karbon berdasarkan komposisi kimianya, khususnya kadar karbon, dapat dikelompokkan menjadi baja karbon rendah, baja karbon medium dan baja karbon tinggi.

Gambar 2.1 menunjukkan diagram fasa Fe-Fe₃C. Wilayah pada diagram dengan kadar karbon dibawah 2% menjadi perhatian utama untuk proses *heat treatment* pada baja. Diagram fasa hanya berlaku untuk perlakuan

panas pada baja hingga mencair dengan proses pendinginan secara perlahan-lahan sedangkan pada proses pendinginan cepat, menggunakan diagram CCT (*Continuous Cooling Temperatur*).



Gambar 2.1. Diagram fasa Fe-Fe₃C (Djaprie, 1983)

Fasa-fasa padat yang terdapat dalam Fe-Fe₃C adalah :

- 1) Ferit (α) adalah larutan padat intertisi karbon dalam struktur kristal BCC besi. Dalam diagram fasa kelarutan karbon maksimum dalam α adalah 0,02% pada 723⁰ C. Kelarutan karbon dalam ferit menurun menjadi 0,005% pada 0⁰ C.
- 2) Austenit (γ) adalah larutan padat intertisi karbon didalam struktur kristal FCC besi. Kelarutan karbon dalam austenit lebih besar dari ferit. Kelarutan karbon maksimum dalam austenit adalah 2 % pada 1148⁰ C dan menurun menjadi 0,8% C pada 723⁰ C.
- 3) Sementit (Fe₃C) adalah senyawa logam dengan karbon. Limit kelarutannya diabaikan dan komposisi karbon 6,7% dan 93,3% Fe. Sementit adalah senyawa keras dan getas.
- 4) Besi (δ) adalah larutan padat intertisi karbon dalam sruktur kristal besi BCC, mempunyai konstanta kisi yang lebih besar dibanding α . Kelarutan karbon maksimum dalam δ adalah 0.09% pada 1465⁰ C.

2.2.2. Proses karburasi pada baja

Karburasi adalah salah satu bagian dari proses perlakuan panas dengan cara mendifusikan karbon pada permukaan logam dimana logam dasar tersebut mempunyai kandungan karbon dalam jumlah kecil. Proses karburasi dilakukan dengan memanaskan logam pada lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, karbon akan terdifusi ke dalam logam.

Temperatur yang digunakan untuk proses karburasi adalah temperatur austenisasi yaitu berkisar antara $760\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperatur karburasi untuk tiap jenis material berbeda-beda. Dari diagram fasa pada gambar 2.1 dapat dilihat bahwa temperatur kritis berbeda untuk kadar karbon yang berbeda.

Karburisasi padat (*pack carburizing*) adalah suatu cara karburisasi yang sudah dikenal lama. Bahan dimasukkan dalam kotak tertutup dan ruangan diisi dengan arang kayu atau kokas. Prosesnya memakan waktu cukup lama dan banyak diterapkan untuk memperoleh lapisan yang tebal antara 0,75 hingga 4 mm.

Untuk memperoleh lapisan yang lebih tipis antara 0,10 sampai 0,75 mm digunakan karburisasi gas (*gas carburizing*), antara lain dapat digunakan gas alam atau hidrokarbon atau propan (gas karbit). Cara ini diterapkan untuk karburisasi bagian-bagian yang kecil yang dapat dicelupkan langsung setelah pemanasan dalam dapur.

Pada karburisasi cair (*liquid carburizing*), baja dipanaskan di atas suhu austenit dalam dapur garam sianida sehingga karbon dan nitrogen dapat berdifusi ke dalam lapisan luar. Proses ini mirip dengan proses *cyaniding*, hanya disini kulit luar mempunyai kadar karbon yang lebih tinggi dan kadar nitrogen yang lebih rendah. Karburisasi cair dapat digunakan untuk membentuk lapisan setebal 6,35 mm, meskipun umumnya lapisan tidak melebihi 0,64 mm. Cara ini baik untuk pengerasan permukaan baja berukuran kecil dan sedang.

Baja karbon rendah dengan kadar C = 0,15% umumnya dikeraskan dengan proses *carburizing*. Selama proses karburisasi kadar karbon lapisan luar dapat ditingkatkan sampai 0,9 - 1,2% C.

2.2.3. Pack carburizing

Pack carburizing adalah salah satu bagian dari proses perlakuan panas dengan cara mendifusikan karbon padat pada permukaan logam dimana logam dasar tersebut mempunyai kandungan karbon dalam jumlah kecil. Proses karburasi dilakukan dengan memanaskan logam pada lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif, karbon akan terdifusi ke dalam logam.

Temperatur yang digunakan untuk proses karburasi adalah temperatur austenisasi yaitu berkisar antara 760 °C - 1300 °C. Temperatur karburasi untuk tiap jenis material berbeda-beda. Dari diagram fasa pada gambar 2.1 dapat dilihat bahwa temperatur kritis berbeda untuk kadar karbon yang berbeda.

Pada umumnya karburasi dilakukan dengan meletakkan baja pada kotak atau kontainer dengan karbon aktif berbentuk padat dan diisolasi dari udara luar, dipanaskan di atas suhu austenisasi dan ditahan selama waktu tertentu. karena temperatur yang tinggi, karbon akan teroksidasi oleh oksigen yang terperangkap di dalam kontainer menjadi gas CO₂. Selanjutnya reaksi-reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dengan temperatur yang semakin tinggi, kesetimbangan reaksi akan cenderung ke arah kanan, yaitu semakin banyak gas CO yang terbentuk. Gas CO selanjutnya akan terurai dengan reaksi :



Atom C yang dihasilkan dalam reaksi ini akan terdifusi ke dalam permukaan logam dalam bentuk larutan padat intertisi yaitu austenit.

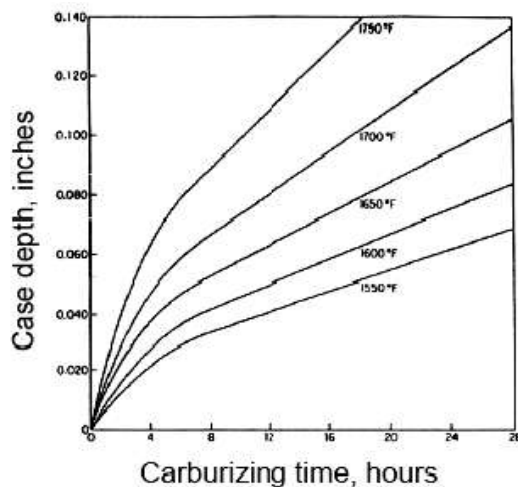
Bahan kimia aktif, contohnya BaCO₃, berfungsi sebagai *energizer* yang mempercepat terbentuknya gas CO₂. Hal ini dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:



Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses karburasi antara lain: *holding time*, karbon potensial, temperatur karburasi dan waktu *quenching*. Kekerasan baja akan meningkat jika *holding time* dan waktu *quenching* semakin lama. Semakin lama *holding time* maka *case depth*

semakin dalam. Setiap jenis karbon potensial dan bahan kimia aktif akan memberikan nilai kekerasan dan *case depth* yang berbeda.

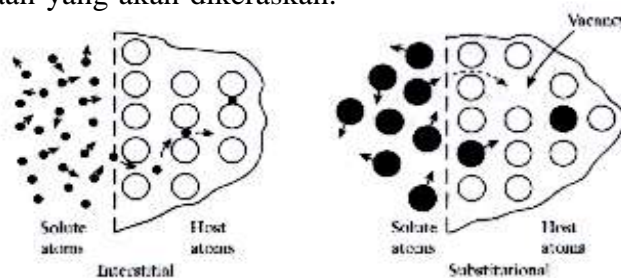
Pengaruh waktu karburasi terhadap kedalaman lapisan karbon dapat diperlihatkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pengaruh temperatur karburasi pada case depth
(Clark & Varney, 1962)

2.2.4. Difusi pada baja

Jika kita ingin melakukan pengerasan pada baja dimana tidak memiliki banyak kandungan karbon dan paduan lain untuk dikeraskan dengan *quenching*, perlakuan difusi dapat diterapkan untuk menambah elemen paduan pada permukaan yang akan dikeraskan.



Gambar 2.3. Proses terjadinya difusi (Budinski, 1999)

Difusi adalah perpindahan secara spontan dari atom atau molekul dalam suatu bahan yang cenderung untuk menjaga keseragaman komposisi secara keseluruhan. Ada dua cara berbeda suatu atom padat dapat terdifusi ke dalam logam induk. Gambar 2.3 memperlihatkan atom padat yang kecil menuju ruang kosong antara atom-atom logam induk. Ini disebut *interstitial*

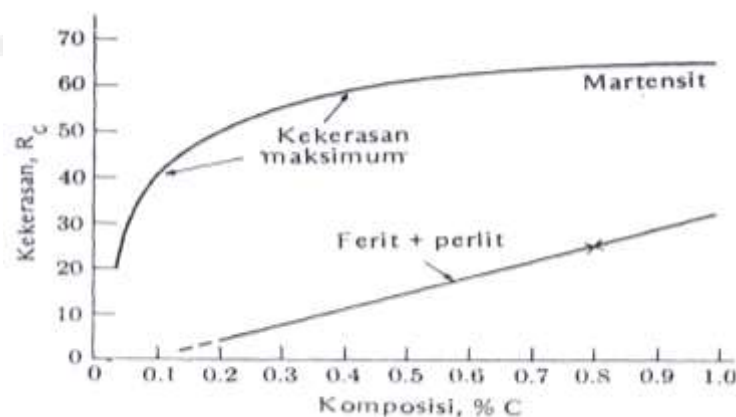
diffusion. Jika kita ingin mencoba mendifusikan atom yang besar ke dalam logam induk, tentu akan terlalu besar untuk dapat mengisi ruang kosong yang ada. Dalam kasus ini, *substitutional diffusion* mungkin dapat terjadi. Atom padat mencari jalannya sendiri untuk menemukan kekosongan atom dalam logam induk dan menempatnya. Kekosongan atom adalah tempat atom yang seharusnya terisi atom tetapi tidak terdapat atom ditempat tersebut.

Beberapa teori difusi secara praktis dapat dijelaskan sebagai berikut (Budinski, 1999) :

1. Proses difusi untuk pengerasan baja biasanya membutuhkan temperatur yang tinggi, lebih besar dari 900°F (482°C).
2. Agar difusi dapat terjadi logam induk harus memiliki konsentrasi unsur pendifusi yang rendah dan harus terdapat konsentrasi yang lebih banyak pada lingkungan atau sebaliknya.
3. Difusi hanya akan terjadi ketika ada atom yang cocok antara atom pendifusi dan logam induk.

2.2.5. Pengaruh kadar karbon pada baja

Pengaruh kadar karbon terhadap kekerasan pada baja karbon dapat kita lihat pada diagram dalam gambar 2.4. Dari gambar tersebut dapat kita lihat hubungan antara nilai kekerasan dengan meningkatnya kadar karbon dalam baja. Kekerasan maksimum hanya dapat dicapai apabila terbentuk martensit 100%..



Gambar 2.4. Hubungan antara kekerasan dan kadar karbon (Djaprie, 1983)

Berdasarkan banyak sedikitnya karbon, baja karbon dikelompokkan menjadi 3 yaitu (Bishop, 2000):

a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon yang mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,3 % Karena kandungan karbonnya rendah maka sifat baja ini sangat lunak, tetapi mempunyai tingkat keuletan yang tinggi. Baja ini dapat dituang, dikeraskan permukaannya (*case hardening*), mudah dilas dan ditempa. Baja karbon rendah ini biasanya banyak digunakan untuk konstruksi jembatan, mur, baut, pelat, kawat, roda gigi, pipa dan sebagainya.

b. Baja Karbon Sedang

Baja karbon yang mempunyai kandungan karbon antara 0,3 sampai 0,7 %. Baja karbon ini lebih kuat dan keras dibanding baja karbon rendah. Sifat-sifat dari baja ini adalah dapat dikeraskan, ditempering, dilas, dikerjakan pada mesin dengan baik. Penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah. Perancangan konstruksi pembebanan yang lebih berat yang memerlukan kekuatan dan kekerasan tinggi, maka baja karbon sedang lebih tepat.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi mempunyai kandungan karbon antara 0,7 sampai 1,7 %. Kekerasannya lebih tinggi bila dibandingkan dengan kedua baja karbon diatas. Baja karbon ini tingkat keuletannya rendah. Baja karbon ini bersifat tahan aus, contoh penggunaannya adalah untuk pahat kayu dan kikir.

2.2.6. Kekerasan

Kekerasan adalah ketahanan sebuah benda (baja karbon) terhadap penetrasi /daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator). Kekerasan merupakan suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya. Kekerasan suatu baja tersebut dapat berubah bila dikerjakan dengan pekerjaan dingin, seperti pengerolan, penarikan dan sebagainya. Dengan perlakuan panas kekerasan baja dapat ditingkatkan sesuai kebutuhan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan dalam perlakuan panas antara lain :

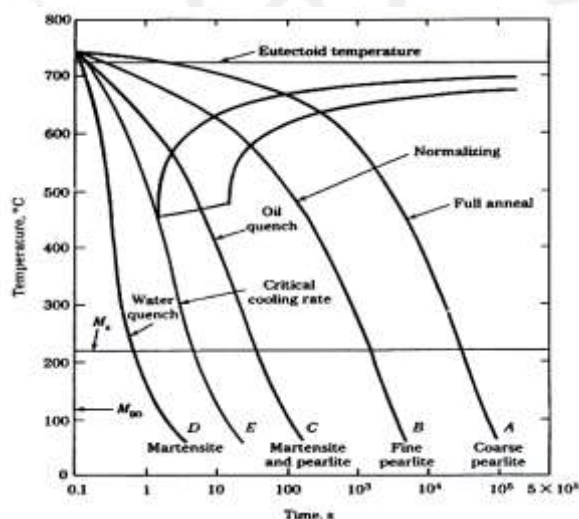
a. Komposisi kimia

- b. Proses perlakuan panas yang digunakan
- c. Metode pendinginan yang digunakan
- d. Temperatur proses.
- e. Lamanya pemanasan

Menurut standar ISO no. 2639-1973 tebal lapisan atau *effective case depth* proses *pack carburizing* di definisikan sebagai jarak dari permukaan benda kerja ke suatu bidang yang memiliki nilai kekerasan sebesar 550 HV.

2.2.7. Pendinginan cepat (*quenching*)

Quench (celup cepat) adalah salah satu perlakuan panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan didalam suatu media pendingin air garam, air atau oli. *Quench* ini bertujuan untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih keras. Pada baja karbon rendah dan baja karbon sedang biasanya digunakan media air, sedangkan untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan media oli.



Gambar 2.5. Diagram CCT (Smith, 1996)

Dari Gambar 2.5 dapat memberikan perkiraan dari struktur mikro yang terbentuk pada suatu periode perlakuan panas, pada temperatur konstan, serta diikuti dengan pendinginan yang berlanjut. Berdasarkan diagram CCT maka akan terbentuk martensit pada kecepatan pendinginan yang tinggi.

Berdasarkan bentuk struktur mikro baja dapat dijelaskan sebagai berikut (Suratman, 1994) :

a. Ferit

Larutan padat karbon dan unsur paduan lainnya pada besi kubus pusat badan (BCC). Ferit terbentuk pada proses pendinginan yang lambat dari austenit baja hipoeutektoid. Ferit bersifat sangat lunak, ulet, dan memiliki konduktivitas yang tinggi.

b. Sementit

Sementit adalah senyawa besi dengan karbon yang umum dikenal sebagai karbida besi dengan rumus kimia Fe_3C (prosentase karbon pada sementit adalah sekitar 6.67%). Sel satuannya adalah ortombik dan bersifat keras.

c. Perlit

Perlit adalah campuran sementit dan ferit. Perlit yang terbentuk berupa campuran ferit dengan sementit akan tampak seperti pelat-pelat yang tersusun bergantian.

d. Bainit

Bainit merupakan fasa yang kurang stabil (metastabil) yang diperoleh dari austenit pada temperatur yang lebih rendah dari temperatur transformasi ke perlit dan lebih tinggi dari transformasi ke martensit.

e. Martensit

Fasa martensit merupakan larutan padat dari karbon yang lewat jenuh pada besi alfa sehingga latis-latis sel satuannya terdistorsi. Sifatnya sangat keras dan diperoleh jika baja dari temperatur austenitnya didinginkan dengan laju pendinginan yang lebih besar dari laju pendinginan kritisnya.

2.3. Hipotesa

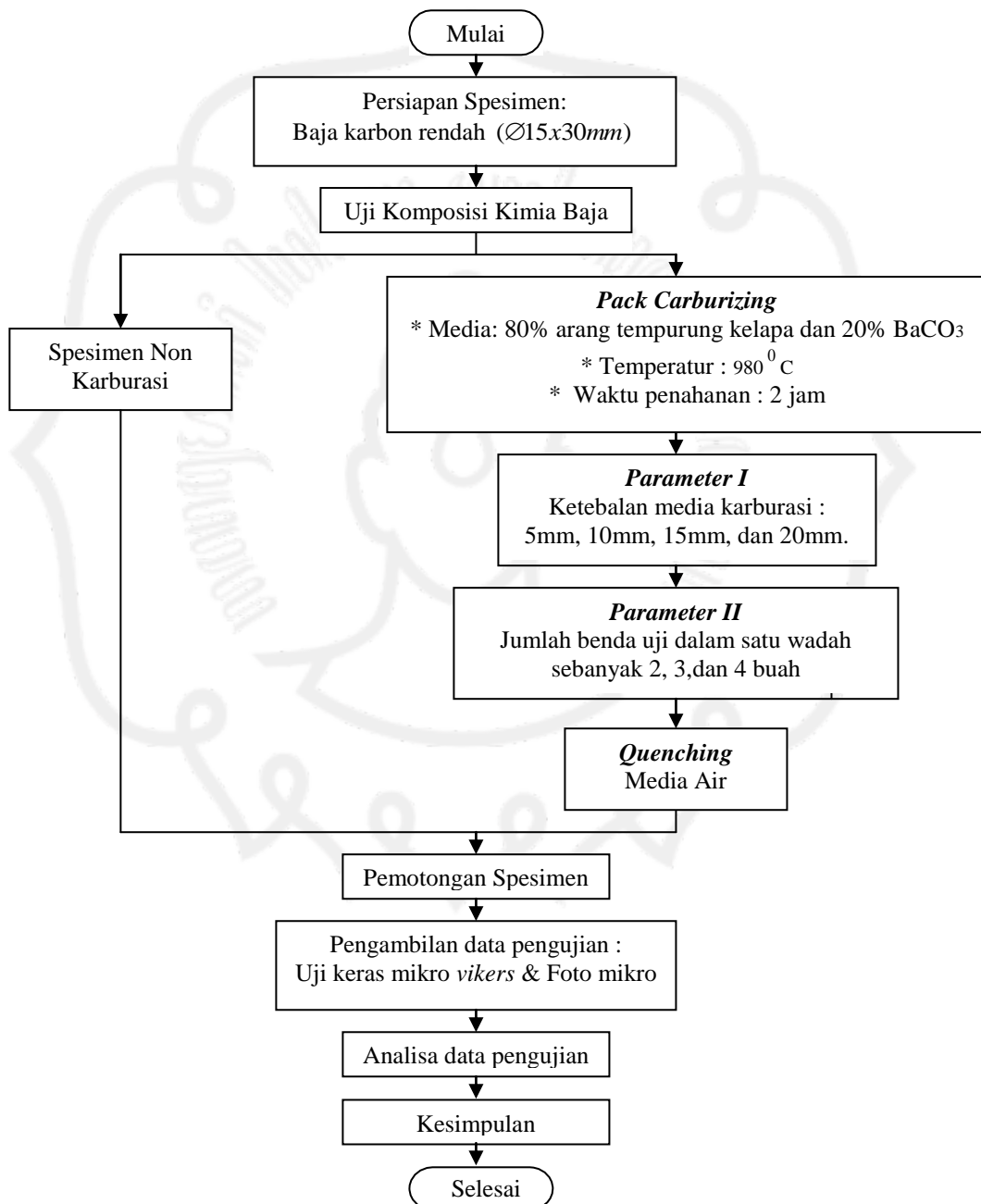
Berdasarkan tinjauan pustaka dan kajian teoritis diatas hasil penelitian ini dimungkinkan akan terjadi peningkatan nilai kekerasan baja karbon rendah akibat bertambahnya ketebalan media karburasi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Rangkaian kegiatan penelitian secara garis besar dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan persiapan spesimen, proses karburasi, dan pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Pengujian komposisi kimia dilakukan di PT. Itokoh Ceperindo Klaten, Pengamatan struktur mikro dilakukan di Laboratorium Material Program Diploma Teknik Mesin UGM. Rentang waktu yang digunakan untuk penelitian ini adalah antara bulan Maret 2009 sampai dengan Juli 2009.

3.3. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1. Mesin *crushing* dan neraca pegas

Mesin *crushing* digunakan untuk menghancurkan arang tempurung kelapa sehingga berubah menjadi serbuk, sedangkan Neraca pegas digunakan untuk menimbang arang dan BaCO_3 yang akan digunakan untuk proses karburasi sesuai dengan prosentase berat yang diinginkan.



(a)



(b)

Gambar 3.2. a. Mesin *crushing* dan b. Neraca pegas

3.3.2. *Furnace*

Furnace yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace* dengan kapasitas pemanasan sampai 1200°C yang berada di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.



Gambar 3.3. *Furnace*

3.3.3. Kontainer

Kontainer (wadah) adalah tempat untuk meletakkan spesimen, media karburasi dan bahan kimia aktif. Wadah ini ikut serta dipanaskan dengan benda uji pada proses karburasi. Diameter untuk percobaan parameter I sebesar 25 mm, 35 mm, 45 mm, 55 mm dan untuk parameter II sebesar 110 mm sedangkan tingginya 90 mm.



Parameter I



Parameter II

Gambar 3.4. Kontainer (wadah)

3.3.4. Pemegang spesimen

Alat ini digunakan untuk memudahkan pengambilan spesimen setelah proses karburasi untuk dilakukan *quenching*.



Gambar 3.5. Pemegang spesimen

3.3.5. Mesin bubut dan mesin amplas

Mesin bubut dalam penelitian ini digunakan untuk persiapan spesimen dan mencampur arang tempurung kelapa dengan bahan kimia BaCO_3 . Sedangkan mesin amplas digunakan untuk menghaluskan dan meratakan permukaan spesimen untuk mempermudah dalam pengujian.



(a)



(b)

Gambar 3.6. a. Mesin bubut dan b. Mesin amplas

3.3.6. Mikroskop *metallurgy* dan alat uji kekerasan mikro *vickers*

Mikroskop *metallurgy* digunakan untuk mengamati dan mengambil gambar struktur mikro baja karbon sebelum dan sesudah proses karburasi. Sedangkan alat uji kekerasan mikro *vickers* digunakan untuk menguji kekerasan baja karbon dari spesimen non karburasi sampai hasil proses karburasi.



(a)



(b)

Gambar 3.7. a. Mikroskop *metallurgy* dan b. Mesin uji keras mikro *vickers*

3.4. Bahan Penelitian

3.4.1. Media karburasi

Media karburasi untuk proses *pack carburizing* ini menggunakan arang tempurung kelapa dan bahan kimia BaCO_3 . dengan perbandingan 80% untuk arang dan 20% bahan kimia dimana prosentase dalam berat.



(a)



(b)

Gambar 3.8. a. Serbuk arang dan b. BaCO_3

3.4.2. Spesimen uji

Material yang akan digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah berbentuk silinder dengan diameter 15 mm dan panjang 30 mm. Sedangkan jumlah benda uji sebanyak 23 buah yaitu 12 untuk proses *carburizing* dengan variasi ketebalan karbon, 9 buah untuk proses *carburizing* dengan variasi jumlah spesimen uji, 1 spesimen untuk uji kekerasan dan sekaligus untuk uji struktur mikro, dan 1 spesimen untuk uji komposisi kimia.



Gambar 3.9. Benda kerja

3.5. Penempatan Spesimen

Pada penelitian ini penempatan spesimen dalam konatiner harus diperhatikan terutama jarak spesimen dengan dinding kontainer. Adapun langkah-langkah penempatan spesimen dapat diuraikan sebagai berikut :

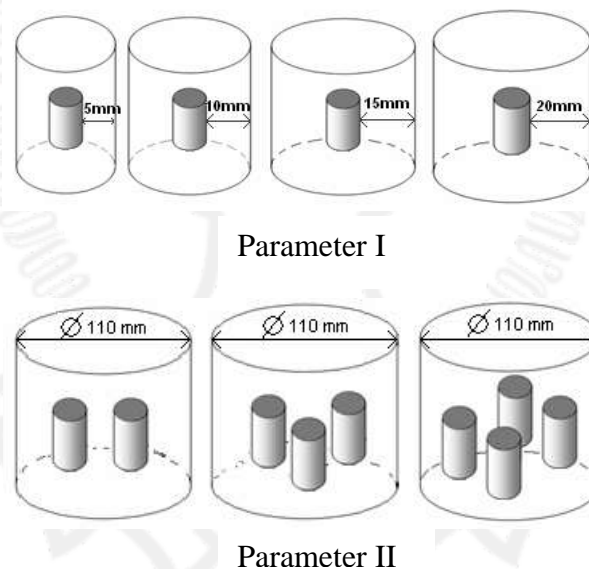
1. Mengisi kontainer dengan media karburasi sebanyak setengah bagian dari tinggi kontainer.
2. Meletakkan spesimen pada pemegang sebelum dimasukkan dalam kontainer.
3. Memasukkan spesimen kedalam kontainer hingga setengah bagian dari tinggi spesimen masuk dalam media karburasi.
4. Mengatur jarak spesimen dengan dinding kontainer dengan alat bantu penggaris atau jangka sorong hingga jaraknya sesuai dengan parameter percobaan.
5. Setelah jarak antara dinding kontainer dan spesimen sesuai dengan parameter percobaan kemudian memasukkan media karburasi ke dalam kontainer hingga terisi penuh.
6. Menutup kontainer dengan penutup kontainer dan siap untuk dimasukkan ke *furnace* untuk proses karburasi.

3.6. Proses karburasi

Langkah-langkah proses karburasi adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan karburasi spesimen dibersihkan dan dihaluskan permukaannya dari kotoran dan karat yang melekat dengan cara mengikir dan mengamplas spesimen dengan ukuran 120 *mesh*.
2. Menghancurkan arang tempurung kelapa hingga menjadi serbuk arang yang digunakan sebagai bahan karbon aktif.

3. Mencampurkan serbuk arang dengan BaCO_3 , dengan perbandingan 80% serbuk arang dan 20% BaCO_3 , dimana prosentase dalam berat.
4. Spesimen diletakkan pada pemegang kemudian isi kontainer tersebut dengan campuran serbuk arang dan BaCO_3 selanjutnya kontainer ditutup. Peletakan spesimen di dalam kontainer harus diperhatikan dengan baik. Seluruh permukaan spesimen harus tertutup seluruhnya oleh campuran serbuk arang dan BaCO_3 dan jarak antara spesimen satu dengan yang lain sama.
5. Kontainer yang telah diisi spesimen dimasukkan ke dalam *furnace* sampai mencapai suhu 980°C . Setelah suhu 980° tercapai, kemudian ditahan selama 2 jam.
6. Kontainer dikeluarkan dari *furnace* setelah 2 jam. Selanjutnya spesimen dikeluarkan dari kontainer dan dilakukan *quenching* dengan menggunakan media air.

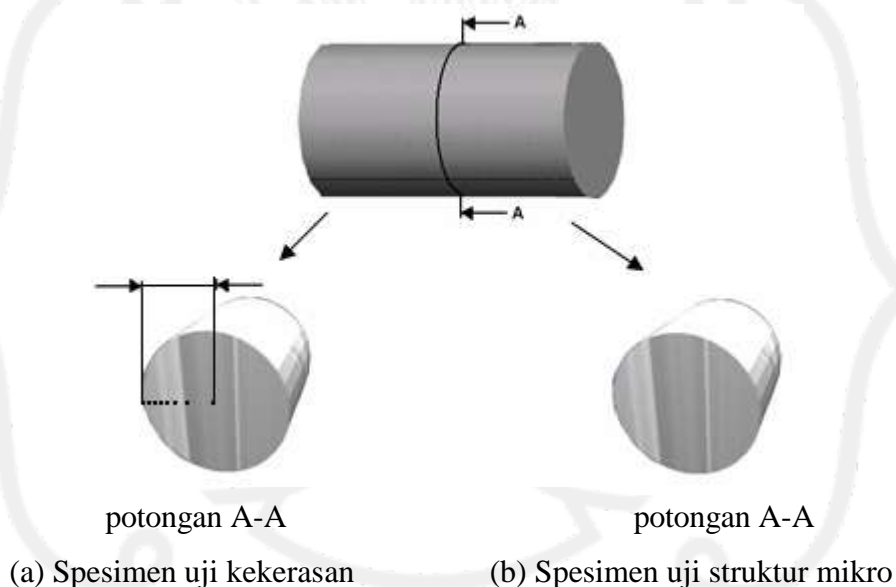


Gambar 3.10. Ilustrasi Percobaan

3.7. Pengambilan Data Uji Keras dan Struktur Mikro

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dan *effective case depth* baja karbon yang diperoleh setelah mengalami proses karburasi. Benda kerja di potong menjadi 2 bagian tepat di tengah untuk dilakukan pengujian. Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak 8 titik yaitu pada jarak 0.1

mm, 0.2 mm, 0.3 mm, 0.4 mm, 0.5 mm, 0.7 mm, 1 mm dan 7.5 mm. dari permukaan. Pengujian kekerasan ini menggunakan alat uji kekerasan mikro *vickers* dan menggunakan standar pengujian ASTM E 384-89 yaitu dengan pembebanan 200 gf selama 10 detik. Sedangkan tujuan dari pengamatan struktur mikro adalah untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari logam sebelum dan sesudah mengalami proses karburasi. Foto struktur mikro diambil masing-masing satu titik pada permukaan spesimen. Sebelum dilakukan foto mikro, spesimen terlebih dahulu dihaluskan menggunakan amplas mulai dari ukuran 120 – 1200 *mesh*, kemudian digosok dengan autosol. Untuk memunculkan struktur mikro baja dilakukan etsa dengan menggunakan HNO_3 (*nitrid acid*).



Gambar 3.11. Ilustrasi tempat pengujian

3.8. Teknik Analisa Data

3.8.1. Penentuan nilai kekerasan mikro *vickers*

Dalam penelitian ini pengukuran nilai kekerasan dari baja hasil proses karburasi dilakukan pada daerah seperti yang terlihat pada gambar 3.11.(a) Nilai kekerasan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana, \bar{x} = kekerasan rata-rata

$\sum x_i$ = jumlah kekerasan dari semua spesimen

n = jumlah spesimen

3.8.2. Pengamatan struktur mikro

Struktur mikro diamati dan dianalisa dengan cara melihat struktur yang terjadi pada baja karbon hasil karburasi dan dihubungkan dengan teori-teori yang mendasari terbentuknya struktur mikro pada proses karburasi. Dari hasil pengamatan ini dapat diprediksi sifat-sifat mekanik khususnya kekerasan baja karbon hasil proses karburasi. Foto struktur mikro diambil sebanyak satu titik pada bagian permukaan spesimen.



BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1. Bahan Yang Diteliti

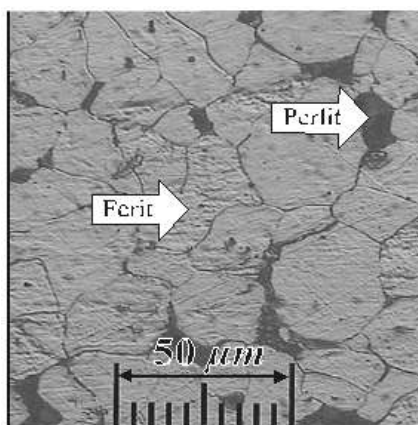
Material yang digunakan untuk penelitian adalah baja tulangan yang digunakan untuk konstruksi sebuah bangunan. Untuk mengetahui kandungan unsur-unsur paduan yang terdapat dalam baja tersebut maka dilakukan uji komposisi kimia. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa baja tersebut memiliki unsur karbon sebesar 0.138% sehingga baja tersebut termasuk baja karbon.

Tabel 4.1. Komposisi kimia bahan yang diteliti

UNSUR	KOMPOSISI (%)	UNSUR	KOMPOSISI (%)
Fe	98.38	Mo	0.047
C	0.138	Cu	0.147
Si	0.672	Mg	0.000
Mn	0.238	V	0.009
P	0.094	Ti	0.007
S	0.025	Nb	0.016
Ni	0.061	Al	0.046
Cr	0.057	W	0.047

Tabel 4.2. Nilai kekerasan rata-rata spesimen sebelum proses karburasi.

No.	Jarak dari tepi (mm)	HV Rata-rata
1	0.1	231
2	0.2	213
3	0.3	221
4	0.4	213
5	0.5	211
6	0.7	217
7	1	207
8	7.5	218



Gambar 4.1. Struktur mikro spesimen sebelum proses karburasi

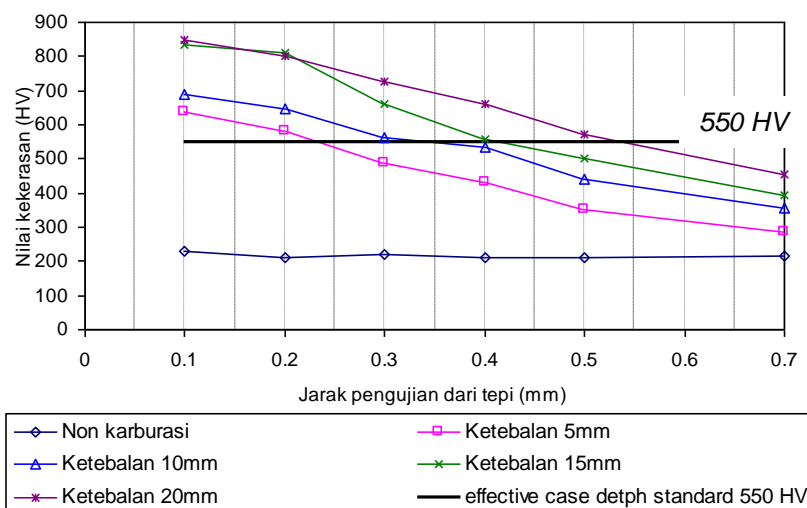
Gambar 4.1 menunjukkan struktur mikro baja yang akan dilakukan proses *pack carburizing*. Hasil foto mikro terlihat fasa ferit dan fasa perlit. Fasa ferit ditunjukkan dengan warna cerah sedangkan fasa perlit ditunjukkan gambar yang berwarna gelap. Jumlah fasa ferit lebih banyak dari pada fasa perlit. Sedangkan pada Tabel 4.1 terlihat bahwa nilai kekerasan spesimen mendekati nilai kekerasan fasa ferit berkisar 200 HV (Folkhard, 1984).

4.2. Pengaruh Ketebalan Media Karburasi

Nilai kekerasan rata-rata hasil *pack carburizing* untuk spesimen dengan ketebalan media karburasi sebesar 5 mm, 10 mm, 15 mm, dan 20 mm dari dinding kontainer dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Nilai kekerasan rata-rata spesimen dengan ketebalan media karburasi dengan dinding kontainer.

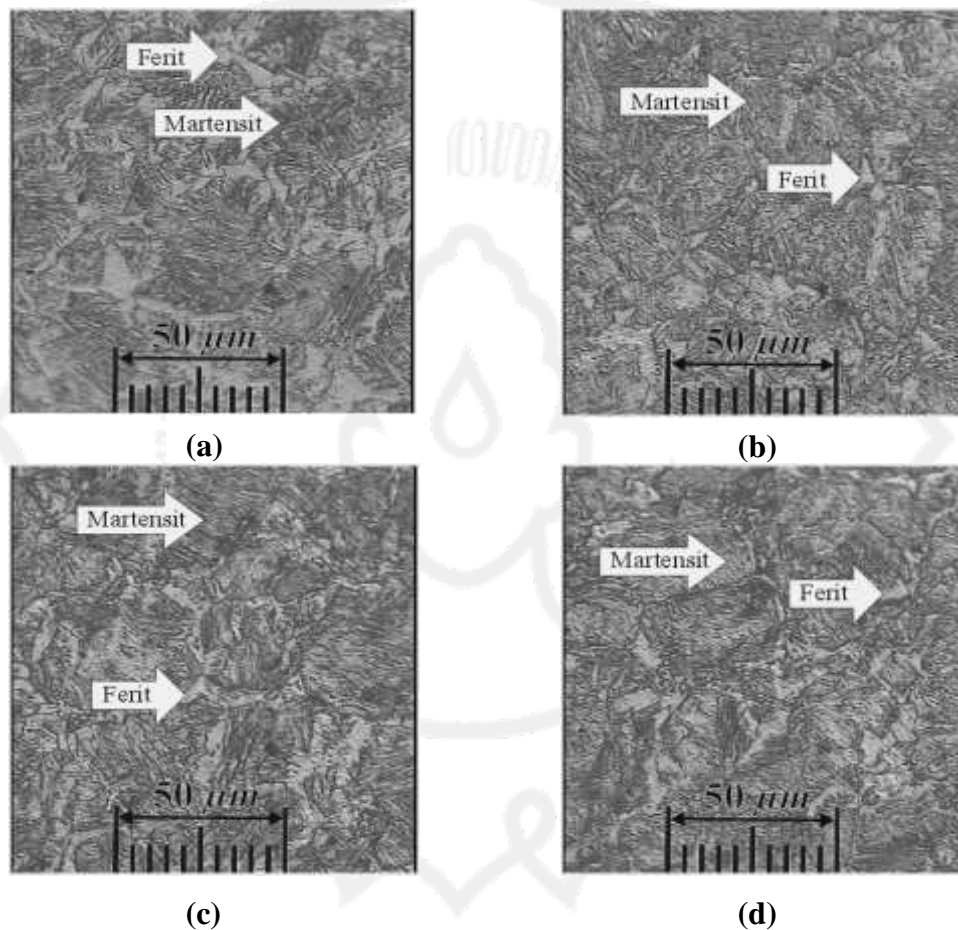
No.	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan rata-rata (HV)				
		Non karburasi	Ketebalan 5mm	Ketebalan 10mm	Ketebalan 15mm	Ketebalan 20mm
1	0.1	231	636	691	834	848
2	0.2	213	583	648	809	800
3	0.3	221	485	562	660	725
4	0.4	213	431	533	556	661
5	0.5	211	350	441	502	573
6	0.7	217	287	359	396	456
7	1	207	257	291	301	319
8	7.5	218	258	266	272	292
<i>effective case depth</i>			0.23 mm	0.34 mm	0.41 mm	0.53 mm



Gambar 4.2. Grafik kedalaman pengerasan dengan variasi ketebalan media karburasi.

Dari Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kekerasan permukaan dan kedalaman pengerasan logam yang telah mengalami proses karburasi. Menurut standar ISO no. 2639-1973 tebal lapisan atau *effective case depth* didefinisikan sebagai jarak dari permukaan benda kerja ke suatu bidang yang memiliki kekerasan sebesar 550 HV. Pada ketebalan 5 mm kekerasan meningkat menjadi 636 HV dengan kedalaman pengerasan pada 0.23 mm, ketebalan 10 mm meningkat menjadi 691 HV dengan kedalaman pengerasan 0.34 mm, ketebalan 15 mm meningkat menjadi 834 HV dengan kedalaman pengerasan 0.41 mm, dan pada ketebalan 20 mm kekerasannya meningkat menjadi 848 HV dengan kedalaman pengerasan 0.53 mm. Untuk ketebalan 15 mm dan 20 mm nilai kekerasan pada permukaan tidak jauh berbeda, namun kedalaman pengerasan menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dari data tersebut diketahui bahwa semakin tebal media karburasi semakin besar pula peningkatan kekerasannya. Semakin tebal media karburasi maka semakin banyak gas CO yang terbentuk, sehingga atom karbon yang terdifusi ke dalam baja pada fasa austenit semakin banyak dan dilakukan proses *quenching* setelah karburasi mengakibatkan terbentuknya fasa martensit yang bersifat keras di permukaan spesimen karburasi.

Berdasarkan standar ISO No. 2639-1973 kedalaman pengerasan atau *effective case depth* untuk proses *pack carburizing* sebesar 550 HV. Dari Tabel 4.2 diketahui bahwa semua variasi ketebalan media dapat mencapai standar yang diinginkan walaupun nilai kedalaman pengerasannya berbeda, semakin tebal media karburasi maka semakin besar nilai kedalaman pengerasannya. Pada aplikasi di lapangan kedalaman pengerasan bergantung pada jenis pemanfaatannya sehingga kedalaman pengerasan antara jenis *part* satu dengan yang lain akan berbeda.



Gambar 4.3. *a.* Struktur mikro ketebalan media sebesar 5 mm
b. Struktur mikro ketebalan media sebesar 10 mm
c. Struktur mikro ketebalan media sebesar 15 mm
d. Struktur mikro ketebalan media sebesar 20 mm

Gambar 4.3 menunjukkan struktur mikro pada bagian permukaan baja karbon yang telah mengalami proses karburasi yang dilanjutkan proses *quenching*. Pada bagian permukaan terdapat bentuk jarum mengindikasikan bahwa fasa yang terbentuk di permukaan adalah fasa martensit. Selain itu terdapat juga fasa ferit yang jumlahnya sedikit di dalam matrik martensit yang ditunjukkan dengan warna putih. Fasa martensit inilah yang menyebabkan nilai kekerasan pada permukaan untuk semua variasi jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kekerasan spesimen tanpa perlakuan karburasi.

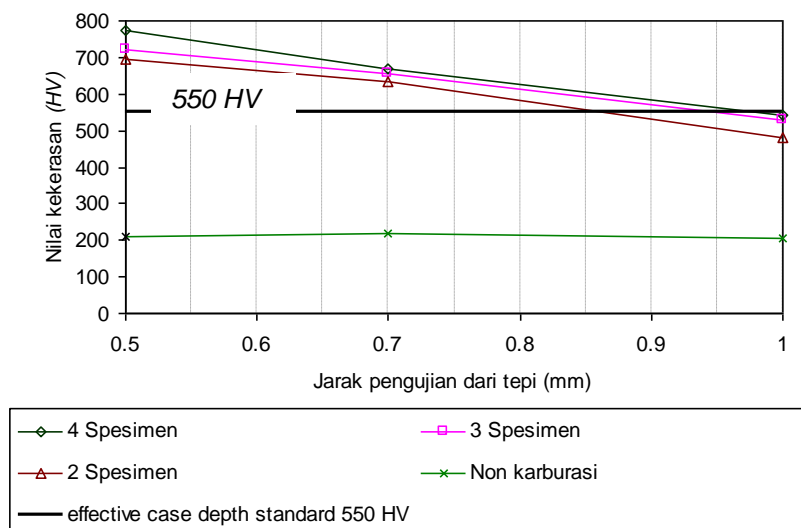
Semakin ke tengah fasa martensit yang terbentuk semakin berkurang, berkurangnya fasa martensit ini dikarenakan semakin ke dalam difusi atom-atom karbon ke dalam atom Fe semakin sedikit sehingga fasa martensit yang terbentuk semakin sedikit, hal tersebut dibuktikan dengan penurunan nilai kekerasan pada bagian tengah spesimen. Ini berarti proses karburasi berjalan dengan baik, dimana dalam proses karburasi diharapkan pada permukaan baja terbentuk fasa martensit yang memiliki kekerasan yang tinggi tetapi pada bagian tengah tetap berfasa ferit yang bersifat ulet.

4.3. Pengaruh Jumlah Spesimen

Nilai kekerasan rata-rata untuk variasi jumlah spesimen uji sebanyak 2, 3, dan 4 buah dalam sebuah kontainer dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.4.

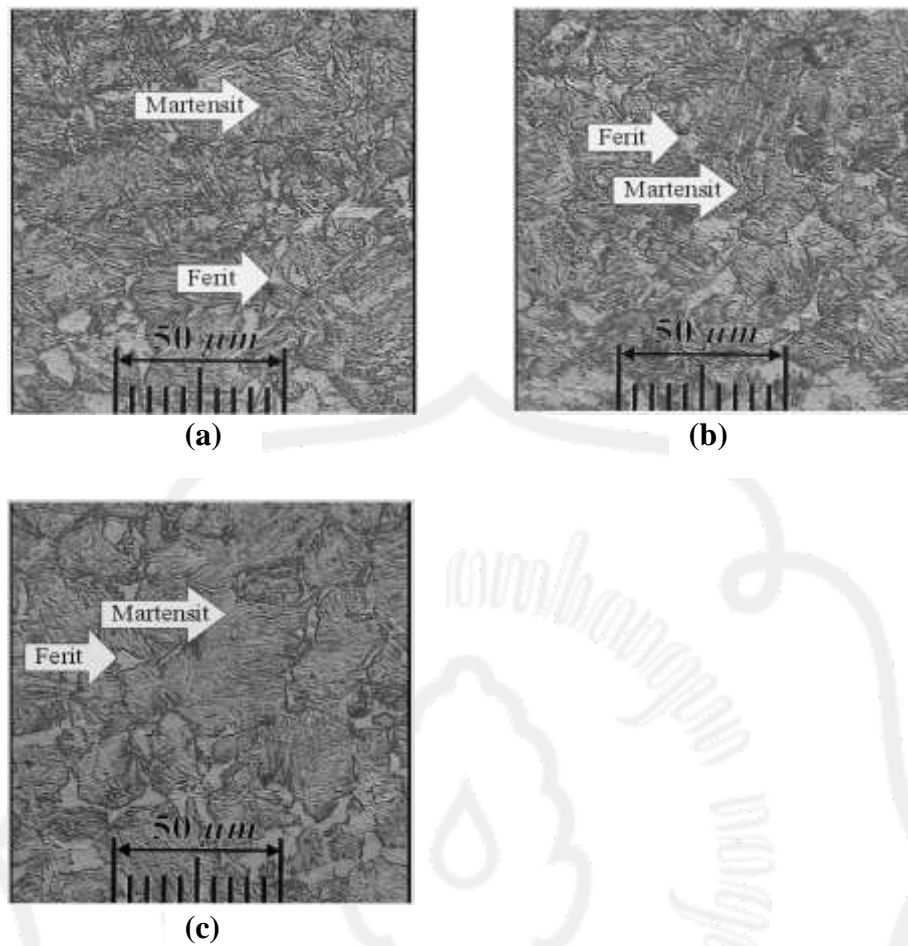
Tabel 4.4. Nilai kekerasan rata-rata spesimen dengan variasi jumlah spesimen uji.

No.	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan rata-rata (HV)			
		Non karburasi	2 Spesimen	3 Spesimen	4 Spesimen
1	0.1	231	995	983	936
2	0.2	213	954	944	877
3	0.3	221	937	883	802
4	0.4	213	831	817	754
5	0.5	211	773	722	695
6	0.7	217	668	656	632
7	1	207	542	528	479
8	7.5	218	330	325	309
<i>effective case depth</i>			0.98 mm	0.94 mm	0.86 mm



Gambar 4.4. Grafik kedalaman pengerasan spesimen dengan variasi jumlah spesimen uji

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa selisih nilai rata-rata kekerasan permukaan dan kedalaman pengerasan baja berkurang sebesar 3% dengan bertambahnya jumlah spesimen uji. Penurunan nilai kekerasan ini disebabkan berkurangnya jumlah karbon dalam kontainer akibat bertambahnya spesimen uji. Dengan berkurangnya karbon dalam kontainer maka gas CO yang terbentuk semakin sedikit, sehingga atom-atom karbon yang terdifusi kedalam baja semakin berkurang. Menurut standar ISO no. 2639-1973 tebal lapisan atau *effective case depth* didefinisikan sebagai jarak dari permukaan benda kerja ke suatu bidang yang memiliki kekerasan sebesar 550 HV. Pada jumlah 2 spesimen uji nilai kekerasan rata-rata sebesar 995 HV dengan kedalaman pengerasan pada 0.98 mm, kemudian pada jumlah 3 spesimen nilai kekerasan turun menjadi 983 HV dengan kedalaman pengerasan pada 0.94 mm, dan pada jumlah 4 spesimen kekerasannya turun menjadi 936 HV dengan kedalaman pengerasan pada 0.86 mm.



Gambar 4.5. *a.* Struktur mikro variasi 2 spesimen uji
b. Struktur mikro variasi 3 spesimen uji
c. Struktur mikro variasi 4 spesimen uji

Pada Gambar 4.5 dapat dilihat struktur mikro baja setelah mengalami proses karburasi dengan variasi jumlah spesimen uji. Pada permukaan baja terdapat fasa martensit yang berwarna gelap, berbentuk seperti jarum. Fasa martensit terbentuk karena pendinginan cepat (*quenching*). Didalam matrik martensit terdapat fasa ferit tetapi jumlahnya sedikit, berwarna putih kusam.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketebalan media karburasi berpengaruh pada peningkatan kekerasan permukaan dan kedalaman pengerasan baja karbon rendah. Dimana semakin tebal media karburasi maka nilai kekerasan permukaan dan kedalaman pengerasan semakin tinggi.
2. Terbentuk fasa martensit pada permukaan spesimen setelah proses karburasi yang dilanjutkan *quenching*.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Untuk meningkatkan kekerasan permukaan baja menggunakan proses *pack carburizing* cukup menyelimuti benda kerja sebesar 20 mm dalam prosesnya sehingga lebih ekonomis.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh besar butir serbuk dalam proses *pack carburizing*.

DAFTAR PUSTAKA

- Akay, S.K., Yazici, M., Avinic, A., 2008. *The Effect of Heat Treatment on Physical Properties of Low Carbon Steel*, Proceeding of Romanian Academy Series A, Vol 10.
- Budinski, K.G., and Budinski, M.K., 1999, *Engineering Materials, 6th Edition*, Prentice – Hall Inc., New Jersey.
- Clark, D.S., Varney W.R., 1962, *Physical Metallurgy for Engineering*, D. Van Nostrand Company, INC.
- Djaprie, S., 1983, *Ilmu Dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- Eko, J.A., 2006, *Pengaruh Media Karburasi dan Bahan Kimia Aktif Terhadap Kekerasan Cangkul*, Skripsi S1 Teknik Mesin FT, UNS, Surakarta.
- Folkhard, E., 1984, *Welding Metallurgy of Stainless Steel*, Spring-Verlag Wien, New York.
- Masyrukan, 2006, *Penelitian Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbon Rendah Akibat Pengaruh Proses Pengarbonan Dari Arang Kayu Jati*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Palaniradja, K., Alagumurthi, N., and Soundararajan, V., 2004, *Optimization of Process Variables in gas Carburizing Process: A Taguchi Study with Experimental Investigation on SAE 8620 and AISI 3310 Steels*, Turkish Journal, Vol. 29.
- Smallman, R.E., Bishop, R.J., 2000, *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material*, Erlangga, Jakarta.
- Smith, W.F., 1996, *Principles of Material Science and Engineering, 3rd Edition*, McGraw-Hill Inc., New York.
- Suratman, R., 1994, *Panduan Proses Perlakuan Panas*, Lembaga Penelitian ITB, Bandung.
- The ASM Handbook Comitte, 1997, *Metals Handbook : Standar Test Method for Microhardness of Materials*, American Society for Metals, Metals Park Ohio, USA.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data uji komposisi kimia baja karbon

COMPANY	: PT. ITOKOH CEPERINDO						
SAMPLE NAME	: SEMPEL_ANWAR/AZIZ						
FURNACE	: ML1744A02/1071						
OPERATOR	: EKO.Y						
Alloy : CI	Mode :PA	17-Dec-1997	Time	11:13			
Burn 1							
Fe 98.38	C	0.138	Si	0.674	Mn	0.239	P > 0.094
S 0.024	Ni	0.062	Cr	0.058	Mo	0.047	Cu 0.145
Mg 0.000	V	0.009	Ti	0.007	Nb	0.017	Al 0.045
W 0.047							
Burn 2							
Fe 98.38	C	0.139	Si	0.679	Mn	0.238	P > 0.094
S 0.025	Ni	0.058	Cr	0.056	Mo	0.046	Cu 0.147
Mg 0.000	V	0.009	Ti	0.007	Nb	0.016	Al 0.047
W 0.045							
Burn 3							
Fe 98.39	C	0.137	Si	0.663	Mn	0.236	P > 0.094
S 0.026	Ni	0.064	Cr	0.056	Mo	0.046	Cu 0.149
Mg 0.000	V	0.009	Ti	0.007	Nb	0.014	Al 0.046
W 0.048							
Average							
Fe 98.38	C	0.138	Si	0.672	Mn	0.238	P > 0.094
S 0.025	Ni	0.061	Cr	0.057	Mo	0.047	Cu 0.147
Mg 0.000	V	0.009	Ti	0.007	Nb	0.016	Al 0.046
W 0.047							

PT. ITOKOH CEPERINDO

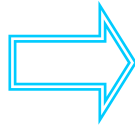
Lampiran 2. Proses karburasi



Spesimen uji



Media karburasi



Penempatan spesimen



Peletakan dalam furnace



Pengambilan dari furnace



Proses *quenching*



Lampiran 3. Data uji kekerasan

NILAI KEKERASAN MIKRO VICKERS

1. Nilai kekerasan spesimen non karburasi

No	Jarak dari tepi (mm)	Titik 1	Titik 2	Titik 3	HV Rata-rata
1	0.1	246.70	218.70	227.10	231
2	0.2	214.00	208.00	215.90	213
3	0.3	225.30	218.10	219.40	221
4	0.4	210.00	208.90	220.70	213
5	0.5	217.70	206.70	208.00	211
6	0.7	235.20	217.80	198.80	217
7	1	229.80	205.50	184.20	208
8	7.5	224.10	214.90	215.10	218

2. Nilai kekerasan spesimen dengan variasi ketebalan media karburasi

a. Kekerasan dengan ketebalan 5 mm.

No	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)			HV rata-rata
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen3	
1	0.1	622.70	662.70	622.10	635.77
2	0.2	598.60	561.30	588.20	582.70
3	0.3	474.50	464.70	516.90	485.37
4	0.4	391.00	429.00	472.50	430.83
5	0.5	335.20	303.70	412.50	350.47
6	0.7	265.00	241.80	354.80	287.20
7	1	258.60	223.20	289.20	257.00
8	7.5	255.10	252.90	265.20	257.73

b. Kekerasan dengan ketebalan 10 mm.

No	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)			HV rata-rata
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen3	
1	0.1	693.20	690.40	688.20	690.60
2	0.2	632.50	675.80	635.30	647.87
3	0.3	576.20	613.10	496.10	561.80
4	0.4	518.60	581.70	499.00	533.10
5	0.5	406.90	510.60	404.10	440.53
6	0.7	293.70	446.30	335.50	358.50
7	1	263.50	345.10	263.50	290.70

8	7.5	264.30	273.70	259.20	265.73
---	-----	--------	--------	--------	--------

Lampiran 4. Data uji kekerasan (lanjutan)

c. Kekerasan dengan ketebalan 15 mm.

No	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)			HV rata-rata
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen3	
1	0.1	794.10	895.10	812.80	834.00
2	0.2	793.40	815.10	817.80	808.77
3	0.3	634.80	713.70	631.70	660.07
4	0.4	516.50	599.30	552.40	556.07
5	0.5	411.10	537.20	557.10	501.80
6	0.7	340.00	437.00	414.30	397.10
7	1	300.60	305.30	297.40	301.10
8	7.5	293.70	284.80	274.40	284.30

d. Kekerasan dengan ketebalan 20 mm.

No	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)			HV rata-rata
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen3	
1	0.1	865.10	906.60	773.20	848.30
2	0.2	832.60	906.20	660.50	799.77
3	0.3	730.60	795.60	647.90	724.70
4	0.4	694.40	673.80	615.30	661.17
5	0.5	555.40	613.80	548.60	572.60
6	0.7	374.60	536.30	456.70	455.87
7	1	304.50	336.90	316.60	319.33
8	7.5	284.40	298.70	293.70	292.27

3. Nilai kekerasan spesimen dengan variasi jumlah spesimen uji.

a. Kekerasan 2 spesimen

No	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)		HV rata-rata
		Spesimen 1	Spesimen 2	
1	0.1	994.60	994.60	994.60
2	0.2	962.90	944.10	953.50
3	0.3	937.40	936.50	936.95
4	0.4	799.70	862.20	830.95
5	0.5	775.70	770.10	772.90
6	0.7	668.70	667.30	668.00
7	1	548.60	536.30	542.45

8	7.5	330.20	330.10	330.15
---	-----	--------	--------	--------

Lampiran 5. Data uji kekerasan (lanjutan)

b. Kekerasan 3 spesimen

No	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)			HV rata-rata
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	
1	0.1	977.30	989.50	982.90	983.23
2	0.2	962.90	931.30	938.40	944.20
3	0.3	910.70	908.00	829.50	882.73
4	0.4	817.40	842.60	790.50	816.83
5	0.5	719.40	700.70	746.10	722.07
6	0.7	543.40	699.50	725.80	656.23
7	1	513.60	518.60	552.40	528.20
8	7.5	329.10	328.70	316.00	324.60

c. Kekerasan 4 spesimen

No	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)				HV rata-rata
		Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3	Spesimen 4	
1	0.1	945.50	964.90	919.80	913.20	935.85
2	0.2	916.60	951.70	756.20	884.20	877.18
3	0.3	881.20	853.90	610.30	864.20	802.40
4	0.4	871.40	717.80	572.10	853.90	753.80
5	0.5	865.90	644.40	571.40	698.60	695.08
6	0.7	790.50	559.70	534.10	644.40	632.18
7	1	550.90	495.00	463.50	407.30	479.18
8	7.5	301.80	319.20	317.80	296.20	308.75

Lampiran 6. Baja Karbon dan Baja Paduan Rendah

Penomoran baja karbon dan baja paduan rendah menurut standar *American Iron and Steel Institute (AISI)*, *Society of Automotive Engineers (SAE)* dan *Unifield Numbering System (UNS)*.

Tabel. Nomenklatur Baja AISI dan SAE (Dikutip dari Ir. Sriati Djapri, M.e.,M.Met. *Ilmu dan Teknologi Bahan*)

Nomor AISI atau SAE	Komposisi	UNS
10xx	Baja-karbon*	G10xx0"
11xx	Baja-karbon (ditambah belerang untuk mampu permesinan)	G11xx0
15xx	Mangan (1.0-2.0%)	G15xx0
40xx	Molibden (0.20-0.30%)	G40xx0
41xx	Khromium (0.40-1.20%), molibden (0.08-0.25%)	G41xx0
43xx	Nikel (1.65-2.00%), khromium (0.40-0.90%), molibden (0.20-0.30%)	G43xx0
44xx	Molibden (0.5%)	G44xx0
46xx	Nikel (1.65-2.00%), molibden (0.15-0.30%)	G46xx0
48xx	Nikel (3.35-3.75%), molibden (0.20-0.30%)	G48xx0
51xx	Khromium (0.70-1.20%)	G51xx0
61xx	Khromium (0.70-1.10%), vanadium (0.10%)	G61xx0
81xx	Nikel (0.20-0.40%), khromium (0.30-0.55%), molibden (0.08-0.15%)	G81xx0
86xx	Nikel (0.30-0.70%), khromium (0.40-0.85%), molibden (0.08-0.25%)	G86xx0
87xx	Nikel (0.40-0.70%), khromium (0.40-0.60%), molibden (0.20-0.30%)	G87xx0
92xx	Silikon (1.80-2.20%)	G92xx0

Contoh: Baja 1040 mempunyai karbon sebesar 0.40% (lebih atau kurang sejumlah tertentu). Digit pertama menunjukkan jenis elemen paduan yang ditambahkan pada besi dan karbon. Klasifikasi (10xx) digunakan untuk baja karbon dengan elemen paduan yang minimal sekali

Catatan:

xx : Kandungan karbon,0,xx%

* : Semua baja karbon mengandung mangan \pm 0.50% dan sisa-sisa elemen lainnya $<$ 0.05% (berat).

“ : *Unifield Numbering System (UNS)* lebih lengkap dari penomoran AISI-SAE, karena mencakup semua paduan komersil yang ada sekarang (sekitar 10.000 jenis). akan tetapi, keduanya dapat saling dibandingkan. Paduan UNS jenis baja karbon dan baja paduan rendah mempunyai awalan G, ditambahkan digit ke-5 untuk jenis tambahan lainnya. Jadi, AISI-SAE 4017 menjadi G40170.