

PROPOSAL PENELITIAN

Pengaruh Temperatur Dan Waktu Tahan Pada Proses Karburisasi Cair Terhadap Kekerasan Baja AISI 1025 Dengan Media Pendinginan Air

Dosen Pembimbing : WAHYU PURWO R, ST., MT

TEGUH TRIYONO, ST



Disusun Oleh :

JOKO WALUYO

I0402534

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2009

Persembahan

Dengan segala kerendahan hati kupersembahkan karya sederhana ini kepada :

Ibunda tercinta (teruntuk nasehat, kasih sayang, dorongan dan doa yang selalu menyertai setiap jengkal langkahku) dan Bapak yang aku hormati, kupersembahkan karya ini sebagai bukti baktiku

Saudaraku yang aku sayangi

Seseorang yang aku cintai, terima kasih atas dorongan, dukungan, dan kasih sayang yang telah diberikan kepadaku sampai Tugas Akhir ini selesai

Masa depanku, impian dan cita-cita dan segala sesuatu yang menjadi bagian didalamnya

Sahabat-sahabatku, banyak telah kita lalui bersama, banyak yang telah kudapatkan dari kata dan nasehatmu. Harapku semoga persahabatan kita semua abadi untuk selamanya

Temen-temen Teknik Mesin '02

Terima kasih atas semua bantuan dan dukungannya, kebersamaan kita selama kita menuntut ilmu di UNS akan menjadi kenangan yang tidak akan terlupakan, jaga terus tali silaturahmi diantara kita.

Almamaterku



Motto

- ❖ TEMAN YANG JAHAT DAN TIDAK TULUS HARUS LEBIH DI TAKUTI DARI PADA BINATANG BUAS; BINATANG BUAS BISA MELUKAI TUBUHMU, TAPI TEMAN YANG JAHAT BISA MELUKAI JIWAMU
- ❖ JIKA KAMU TIDAK BISA MEMBALAS KEBAIKAN SESEORANG, MAKA ALIHKAN KEPADA ORANG LAIN
- ❖ JANGAN TAKUT UNTUK MENGAMBIL LANGKAH PANJANG, KAU TIDAK BISA MENYEBRANGI JURANG DENGAN DUA LOMPATAN PENDEK

**Pengaruh Temperatur dan Waktu Tahan
pada Proses *Liquid Carburizing* terhadap Kekerasan Baja AISI 1025
dengan Media Pendingin Air**

Oleh :

Joko Waluyo

Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret

Surakarta

Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan waktu tahan pada proses liquid carburizing terhadap peningkatan nilai kekerasan baja AISI 1025. Proses liquid carburizing ini menggunakan variasi temperatur 750⁰C, 800⁰C dan 850⁰C, dengan waktu tahan 30, 60 dan 90 menit. Reagent yang digunakan adalah campuran NaCN 75%, Na₂CO₃ 5% dan NaCl 20%. Pendinginan dilakukan dengan quenching pada media air. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan mikro Vickers dan pengamatan struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses liquid carburizing dapat meningkatkan nilai kekerasan baja AISI 1025. Peningkatan nilai kekerasan terendah pada temperatur 750⁰C dan waktu tahan 30 menit yaitu menjadi 249,3 VHN. Kekerasan material sebelum diproses carburizing adalah 193,7 VHN. Nilai kekerasan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur dan semakin lamanya

waktu tahan. Peningkatan nilai kekerasan tertinggi pada temperatur 850°C dan waktu tahan 90 menit yaitu menjadi 982,3 VHN. Dari hasil pengamatan struktur mikro terlihat adanya fasa martensit, perlit, dan ferit, dengan fasa martensit lebih dominan pada bagian permukaan.

Kata kunci : heat treatment, karburisasi cair, kekerasan.

*The Effect Of Temperature And Holding Time
In Liquid Carburizing Process On The Hardness
Of Aisi 1025 Steel Using Water As Cooling Media*

by

Joko Waluyo

Sebelas Maret University

Engineering faculti

Abstrak

The aim of this research is to study the effect of temperature and holding time in the liquid carburizing process to the hardness increase of AISI 1025 steel. This liquid carburizing process uses temperature variation 750°C , 800°C and 850°C , with holding time 30, 60, and 90 minutes. The reagen used is a mixture of NaCN 75%, Na_2CO_3 5% and NaCl 20%. The cooling is done by water quenching. The testing done are micro vickers hardness and microstructural examination. The result of this research shows that the liquid carburizing process can raise the hardness of AISI 1025 steel. The lowest rise of hardness is achieved in temperature 750°C and holding time 30 minutes, i.e . 249,3 VHN, meanwhile the raw material hardness is 193,7 VHN. The hardness tends to increase with the temperature and holding time. The highest improvement of hardness is reached in temperature 850°C and holding time 90 minutes, i.e.982,3 VHN. From

microstructural investigation it shows martensite, pearlite and ferite phase with the martensite is dominant in the surface

Key word : Heat treatment, liquid carburizing, hardness.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul, **“Pengaruh Temperatur Dan Waktu Tahan Pada Proses Liquid Carburizing Terhadap Baja AISI 1025 Dengan Media Pendingin Air”**.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Pada kesempatan ini penulis ingin menghaturkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, antara lain kepada :

1. Bapak Wahyu Purwo Rahardjo, ST., MT. selaku pembimbing skripsi I yang dengan sabar dan penuh pengertian telah memberikan banyak bantuan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini
2. Bapak Teguh Triyono, ST., MT. selaku pembimbing skripsi II atas bimbingan dan arahnya dalam pembuatan skripsi ini.
3. Bapak Dody Ariawan, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FT UNS.
4. Bapak Bambang Kusharjanto, ST., MT. selaku ketua program studi Teknik Mesin FT UNS.
5. Bapak-bapak dosen yang telah berkenan menyampaikan ilmunya.
6. Keluarga tercinta yang telah memberikan sumbangan besar baik moril maupun materil.
7. Rekan satu tim, Legowo atas kerjasama dan diskusinya.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bantuannya dalam penulisan skripsi ini.

Kami menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Surakarta, Desember 2009

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| Abstrak..... | vi |
| Kata Pengantar..... | viii |
| Daftar Isi..... | ix |
| Daftar Tabel..... | xi |
| Daftar Gambar..... | xii |
| Daftar Lampiran..... | xiii |
| | |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat..... | 3 |
| | |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Dasar Teori | 4 |
| 2.2 Proses Perlakuan Panas..... | 6 |
| 2.3 Diagram Fasa Besi Karbon..... | 7 |
| 2.4 Diagram CCT..... | 9 |
| 2.5 Pengaruh Kadar Karbon Pada Baja..... | 10 |
| 2.6 Pengerasan Permukaan Baja..... | 11 |
| 2.6.1 Karburisasi (<i>Carburizing</i>)..... | 12 |
| 2.6.2 Karbonitriding..... | 13 |
| 2.6.3 Cyaniding..... | 13 |
| 2.6.4 Nitriding..... | 14 |
| 2.6.5 Quenching..... | 14 |
| 2.7 Kekerasan..... | 14 |
| 2.8 Kajian yang pernah di lakukan..... | 15 |

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|---|----|
| 3.1 Diagram Alir Penelitian..... | 16 |
| 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 17 |
| 3.3 Bahan Penelitian..... | 17 |
| 3.4 Alat Penelitian..... | 17 |
| 3.4.1 Tungku..... | 18 |
| 3.4.2 Tangki Pendinginan..... | 20 |
| 3.4.3 Mesin Amplas..... | 20 |
| 3.4.4 Mikroskop..... | 20 |
| 3.4.5 Alat Uji Kekerasan Mikro Vickers..... | 21 |
| 3.5 Komposisi Dan Suhu Perendaman..... | 21 |
| 3.6 Skema Perlakuan Panas..... | 22 |
| 3.7 Langkah-Langkah Penelitian..... | 22 |
| 3.7.1 Kaburisasi Cair..... | 22 |
| 3.7.2 Pemotongan dan Mounting Spesimen..... | 23 |
| 3.7.3 Pengujian Kekerasan..... | 24 |
| 3.7.4 Pengamatan Struktur Mikro..... | 24 |

BAB IV. HASIL DAN ANALISA DATA

| | |
|---|----|
| 4.1 Analisa Data Pengujian Kekerasan..... | 25 |
| 4.2 Analisa Data Pengamatan Struktur Mikro..... | 29 |

BAB V. PENUTUP

| | |
|---------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan..... | 34 |
| 5.2 Saran..... | 34 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| DAFTAR PUSTAKA..... | 36 |
|----------------------------|-----------|

| | |
|----------------------|-----------|
| LAMPIRAN..... | 37 |
|----------------------|-----------|

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 3.1 Tabel komposisi bahan uji..... | 17 |
| Tabel 4.1 Nilai kekerasan rata-rata <i>raw</i> material..... | 25 |
| Tabel 4.2 Nilai kekerasan spesimen karburisasi temperatur 750 ⁰ C..... | 31 |
| Tabel 4.3 Nilai kekerasan spesimen karburisasi temperatur 800 ⁰ C..... | 32 |
| Tabel 4.4 Nilai kekerasan spesimen karburisasi temperatur 850 ⁰ C..... | 33 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Proses tranformasi..... | 7 |
| Gambar 2.2 Diagram fasa Fe-Fe ₃ C..... | 8 |
| Gambar 2.3 Diagram CCT..... | 10 |
| Gambar 2.4 Hubungan antara kekerasan dan kadar karbon..... | 10 |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian..... | 16 |
| Gambar 3.2 Tungku listrik..... | 18 |
| Gambar 3.3 Skema rangkaian pengaturan suhu..... | 19 |
| Gambar 3.4 Mesin amplas..... | 20 |
| Gambar 3.5 Mikroskop..... | 21 |
| Gambar 3.6 Mikro vickers hardness tester..... | 21 |
| Gambar 3.7 Skema perlakuan panas..... | 22 |
| Gambar 3.8 Potongan materi..... | 23 |
| Gambar 3.9 Titik indentasi uji kekerasan vickers..... | 24 |
| Gambar 4.1 Titik indentasi uji kekerasan vickers..... | 25 |
| Gambar 4.2 Grafik nilai kekerasan rata-rata sebagai fungsi jarak dari permukaan spesimen pada temperatur tahan 750 ⁰ C..... | 26 |
| Gambar 4.3 Grafik nilai kekerasan rata-rata sebagai fungsi jarak dari permukaan spesimen pada temperatur tahan 800 ⁰ C..... | 27 |
| Gambar 4.4 Grafik nilai kekerasan rata-rata sebagai fungsi jarak dari permukaan spesimen pada temperatur tahan 850 ⁰ C..... | 28 |
| Gambar 4.5 Struktur mikro <i>raw</i> material..... | 29 |
| Gambar 4.6 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 750 ⁰ C waktu tahan 30menit..... | 30 |
| Gambar 4.7 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 750 ⁰ C waktu tahan 60 menit..... | 30 |
| Gambar 4.8 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 750 ⁰ C waktu tahan 90 menit..... | 30 |
| Gambar 4.9 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 800 ⁰ C waktu tahan 60 menit..... | 31 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.10 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 850 ⁰ C waktu tahan 30 menit..... | 31 |
| Gambar 4.11 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 850 ⁰ C waktu tahan 60 menit..... | 31 |
| Gambar 4.12 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 850 ⁰ C waktu tahan 90 menit..... | 32 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Uji komposisi kimia spesimen..... | 49 |
| Lampiran 2. Data uji komposisi hasil karburas..... | 50 |
| Lampiran 3. Data uji kekerasan mikro vickers..... | 51 |
| Lampiran 4. Data rata-rata uji kekerasan..... | 58 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baja adalah salah satu jenis logam yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik. Penggunaan baja dapat disesuaikan dengan kebutuhan karena banyak sekali macamnya dengan sifat dan karakter yang berbeda-beda. Ada beberapa hal yang membuat bahan ini banyak digunakan oleh manusia, antara lain karena :

- Jumlahnya yang cukup melimpah di alam ini, besi yang terdapat di alam biasanya masih berupa bijih besi atau besi murni.
- Mempunyai sifat mekanik yang baik (kekuatan dan keuletan).
- Mudah dikerjakan, baik dengan *forming* maupun *machine* sehingga bisa dibuat sesuai keinginan manusia.
- Harganya relatif murah.

Baja biasanya mengandung beberapa unsur paduan. Unsur yang paling dominan pengaruhnya terhadap sifat-sifat baja adalah unsur karbon, meskipun unsur-unsur lain tidak bisa diabaikan begitu saja. Besar kecilnya prosentase unsur karbon akan berdampak pada sifat mekanik dari baja tersebut, misalnya dalam hal kekerasan, keuletan, mampu bentuk dan sifat-sifat mekanik lainnya. Tingkat

kekerasan baja karbon tergantung pada kandungan karbon yang terdapat didalamnya.

Kekerasan adalah salah satu sifat mekanik dari baja yang berkaitan dengan ketahanan aus. Selama ini sering dijumpai komponen-komponen yang mengalami gesekan terus-menerus dalam fungsi kerjanya, sehingga cepat mengalami keausan. Komponen-komponen itu antara lain roda gigi, piston dan poros. Komponen-komponen tersebut kerjanya bersinggungan dengan komponen lain, sehingga permukaannya akan mengalami keausan dan menyebabkan komponen tersebut mudah rusak. Untuk mengatasi hal ini maka perlu dilakukan suatu proses yang berguna untuk mengeraskan permukaan komponen sehingga tahan terhadap gesekan.

Proses pengerasan permukaan merupakan salah satu pengerjaan tahap penyelesaian (*finishing*) untuk meningkatkan kualitas produk. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kekerasan di permukaan tetapi juga mempertahankan keuletan di dalam komponen. Sebagai contoh roda gigi, permukaannya harus dikeraskan karena komponen ini kerjanya bersinggungan antara satu dengan yang lainnya. Apabila kekerasan permukaannya rendah, maka permukaan roda gigi akan cepat aus. Oleh karena itu permukaannya harus dikeraskan, sedangkan bagian dalamnya tetap ulet sehingga tidak getas.

Salah satu proses perlakuan panas untuk mengeraskan permukaan logam adalah dengan karburisasi. Karburisasi adalah proses perlakuan panas dengan penambahan kandungan karbon pada permukaan logam. Untuk mendapatkan struktur mikro dan sifat yang diinginkan pada logam tersebut dapat diperoleh melalui proses pemanasan dan pendinginan pada temperatur tertentu. Oleh karena itu untuk mendapatkan kekerasan yang maksimal maka dilakukan pendinginan cepat yaitu dengan media air atau oli.

Kadar karbon yang terdapat pada media karburisasi sangat mempengaruhi hasil dari proses karburisasi, karena kandungan karbon dalam garam akan terurai menjadi CO yang selanjutnya terurai menjadi karbon aktif yang dapat berdifusi masuk ke dalam baja, dan akhirnya akan menaikkan konsentrasi karbon pada permukaan baja, akibatnya kekerasan baja akan meningkat pula. Untuk mendapatkan nilai kekerasan yang tinggi setelah proses karburisasi benda kerja

dilakukan proses *quenching* yaitu proses pendinginan cepat, sehingga diperoleh fasa martensit

1.2 Perumusan Masalah

Pada Tugas Akhir ini dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :
Bagaimana pengaruh temperatur dan waktu karburisasi terhadap struktur mikro dan kekerasan permukaan baja AISI 1025

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan pokok permasalahan tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Bahan uji yang digunakan adalah baja karbon rendah berupa plat strip.
- b. Ukuran spesimen panjang 20 mm, lebar 10 mm, tebal 3,3 mm.
- c. Proses *liquid carburizing* dengan menggunakan *reagent sodium cyanide* yang terdiri dari campuran NaCN 75%, Na₂CO₃ 5% dan NaCl 20%..
- d. Suhu yang digunakan dalam proses *liquid carburizing* ini adalah 750, 800 dan 850⁰ C.
- e. *Holding time* atau waktu penahanannya adalah 30, 60 dan 90 menit.
- f. Pendinginan dilakukan secara cepat dengan media pendingin air.
- g. Tungku yang digunakan adalah tungku listrik untuk proses *liquid carburizing*.
- h. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan mikro vickers.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari :

- a. Pengaruh temperatur karburisasi terhadap struktur mikro dan kekerasan baja karbon rendah AISI 1025
- b. Pengaruh waktu karburisasi terhadap struktur mikro dan kekerasan baja karbon rendah AISI 1025

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 karburisasi cair, dan dapat diaplikasikan untuk praktikum pengerasan material dalam skala laboratorium.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DASAR TEORI

Baja (*steel*) adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon, dengan kandungan karbon kurang lebih sekitar 1,7%. Produk ini secara teknik dinyatakan sebagai baja karbon. Pembuatan baja dapat dilakukan dengan konvertor, dapur Siemens Martin dan dapur listrik. Baja dapat juga dilakukan perlakuan, baik perlakuan panas maupun dingin.

Dalam bidang material, terdapat beberapa cara atau perlakuan untuk meningkatkan nilai kekerasan baja, diantaranya yaitu perlakuan panas (*heat treatment*) dan deformasi plastis. Baja karbon yang dipanaskan hingga mencapai suhu austenit kemudian didinginkan secara cepat akan terbentuk struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari struktur perlit maupun ferit, proses ini biasa dikenal dengan *quenching*. Struktur mikro baja akan terbentuk bergantung dari kecepatan pendinginannya dari suhu daerah austenit sampai ke suhu kamar. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki juga berubah.

Baja karbon merupakan paduan yang terdiri atas unsur utama besi (Fe) dan karbon (C) maksimal 21%. Semakin tinggi kadar karbon maka kekerasan semakin meningkat.

Berdasarkan banyak sedikitnya karbon, baja karbon dikelompokkan menjadi 3 yaitu :

a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon yang mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,3 % (Bishop, 2000). 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 % (Bishop, 2000). 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 % (Bishop, 2000). 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.

Baja mempunyai sifat-sifat dan reaksi beraneka ragam sehingga dapat digunakan oleh manusia untuk berbagai kebutuhan. Baja terdiri dari beberapa jenis, masing-masing memiliki keunggulan tersendiri. Pada kehidupan sehari-hari baja banyak digunakan sebagai konstruksi maupun industri. Karbon merupakan unsur peneras baja yang efektif dan murah,

Struktur baja terdiri atas tiga bentuk utama, yaitu :

- a. Ferit (*ferrite*) yaitu kristal besi murni terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. Ferit merupakan bagian baja yang paling lunak.
- b. Perlit (*pearlite*), merupakan campuran erat antara ferit dan sementit dengan kandungan karbon sebesar 0,8%. Kristal ferit terdiri dari serpihan sementit halus yang memperoleh penempatan saling berdampingan dalam lapisan tipis mirip lamel.
- c. Karbida besi (Fe_3C) suatu senyawa kimia antara besi (Fe) dengan karbon (C) sebagai unsur struktur tersendiri dinamakan sementit dan mengandung 6,7% karbon. Sementit dalam baja merupakan unsur yang paling keras.

2.2 Proses Perlakuan Panas Pada Baja

Proses perlakuan panas secara umum merupakan operasi pemanasan dengan pendinginan secara terkontrol untuk mendapatkan struktur mikro khusus yang merupakan kombinasi dari penyusunnya. Proses perlakuan panas memungkinkan kita untuk menentukan sifat-sifat mekanis dari baja yang kita kehendaki.

Perlakuan panas dapat diterapkan pada baja karbon, dengan perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butiran dapat diperbesar atau diperkecil, ketangguhan dapat ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan dalam perlakuan panas antara lain, komposisi kimia, langkah perlakuan panas, cairan pendinginan, temperatur pemanasan (Inonu, 1999).

Austenit dapat diuraikan dengan berbagai cara. Maka dari pada itu para ahli teknik dapat memilih struktur mikro yang terbentuk, sehingga dapat dibuat baja dengan sifat-sifat yang kita inginkan. Gambar 2.1 adalah gambar yang menunjukkan proses transformasi untuk baja karbon rendah terhadap laju pendinginan.

Proses transformasi untuk baja karbon rendah:

- a. Anil

Pada proses anil terjadi transformasi dari austenit menjadi α dan karbida yang normal

b. Celup langsung

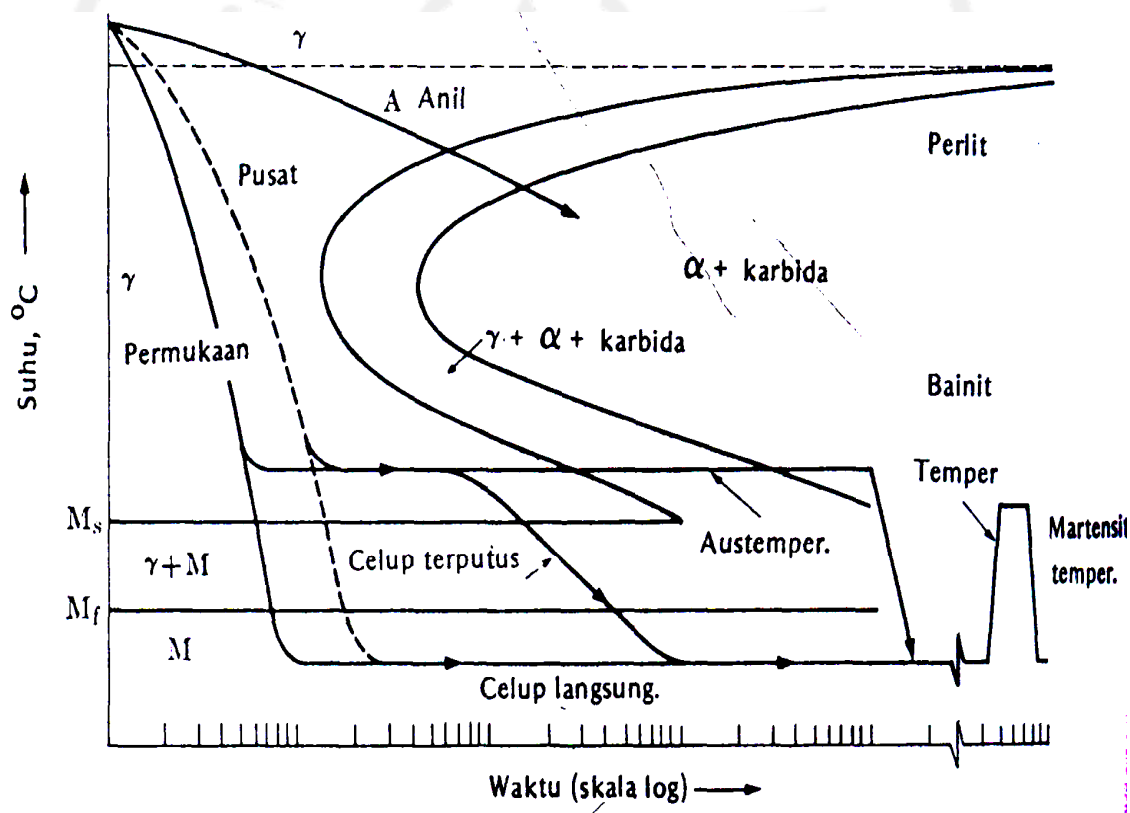
Celup langsung adalah pendinginan yang sangat cepat sehingga terjadi martensit, mula-mula pada permukaan kemudian pada bagian dalam.

c. Celup terputus

Tersedia cukup waktu untuk transformasi hampir serempak pada permukaan dan bagian dalam. Dengan demikian retak-celup yang terjadi pada celup langsung tidak terjadi.

d. Temper

Celup langsung dan celup terputus harus diikuti dengan proses temper untuk menuntaskan transformasi. Austemper: celup, menghambat pembentukan perlit akan tetapi transformasi austenit menjadi α dan karbida dapat terjadi di atas suhu M_s . Struktur mikro yang dihasilkan adalah bainit.

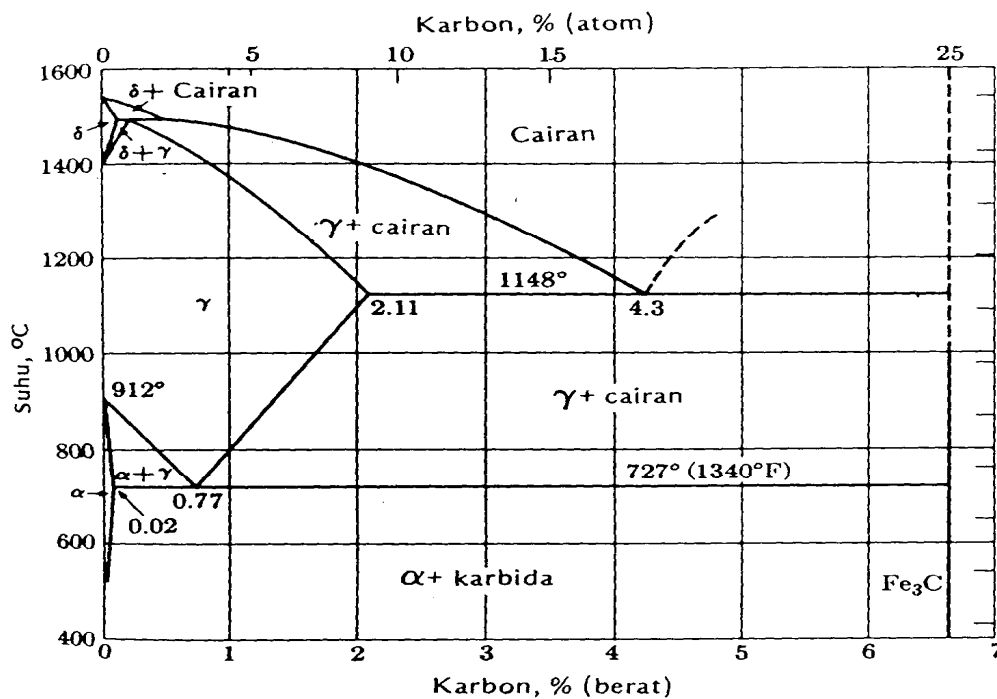


Gambar 2.1. Proses tranformasi untuk baja karbon rendah (Djaprie, 1983)

2.3 Diagram fasa besi-karbon

Gambar 2.2. menunjukkan diagram fasa Fe-C untuk kandungan karbon hingga 6,7%. Baja merupakan paduan dari besi, karbon dan elemen-elemen lain, yang kandungan karbonnya kurang dari 2%. 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 perlahan-lahan, sedangkan pada proses pendinginan cepat, menggunakan diagram CCT (*continuous cooling transformation*).

Fasa-fasa besi karbon pada saat mengalami pemanasan dan pendinginan dijelaskan dalam diagram fasa. Diagram fasa besi karbon sering disebut diagram Fe-Fe₃C. Perubahan fasa pada besi karbon dapat ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2. Diagram fasa Fe-Fe₃C (Djaprie, 1983)

Fasa-fasa yang terdapat dalam Fe-Fe₃C adalah :

- a. Besi (δ)

Besi adalah larutan padat intertisi karbon dalam struktur kristal besi bcc, besi mempunyai konstanta kisi yang lebih besar dibanding α . Kelarutan karbon maksimum dalam δ adalah 0.09% pada suhu 1465⁰C.

b. Ferit (α)

Ferit adalah larutan padat intertisi karbon dalam struktur kristal bcc besi. Dalam diagram fasa kelarutan karbon maksimum dalam α adalah 0,02% pada suhu 723⁰C. Kelarutan karbon dalam ferit menurun menjadi 0,005% pada suhu 0⁰C.

c. Pearlit

Pearlit adalah Suatu eutectoid *mixture* dari sementit dan ferit, mengandung 0,8 %C, terbentuk pada suhu 723⁰C.

d. Austenit (γ)

Austenit 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 suhu 1148⁰C dan menurun menjadi 0,8% C pada suhu 723⁰C. tidak stabil pada suhu kamar.

e. *Ledeburite*

Fasa ini adalah Suatu eutectic *mixture* dari austenit dan sementit, mengandung 4,3 %C, terbentuk pada suhu 1130⁰C.

f. *Lower Critical temperatute* (Temperatur kritis bawah) A_1

Pada diagram Fe-Fe₃C tampak berupa garis mendatar pada suhu 723⁰C. Pada suhu ini terjadi reaksi eutectoid dimana austenit menjadi ferit dan semen.

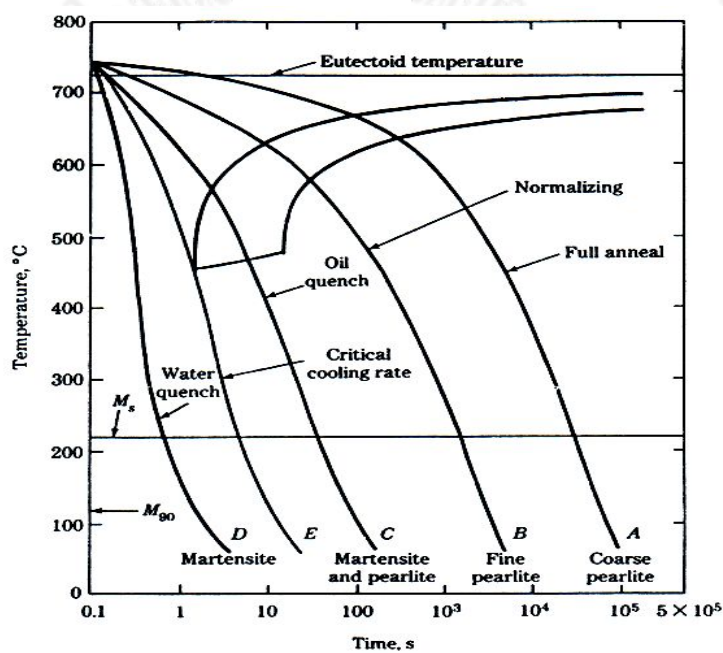
g. Sementit (Fe₃C)

Sementit adalah campuran logam dengan karbon. Limit kelarutannya diabaikan, komposisi karbon 6,67% dan 93,3% Fe. Sementit adalah senyawa keras, getas dan berkekuatan rendah.

2.4 Diagram CCT

Sebagian besar perlakuan panas pada baja melibatkan pendinginan berlanjut dari spesimen menuju temperatur ruang. Diagram transformasi berlaku hanya untuk kondisi dimana temperatur transformasinya konstan, sehingga

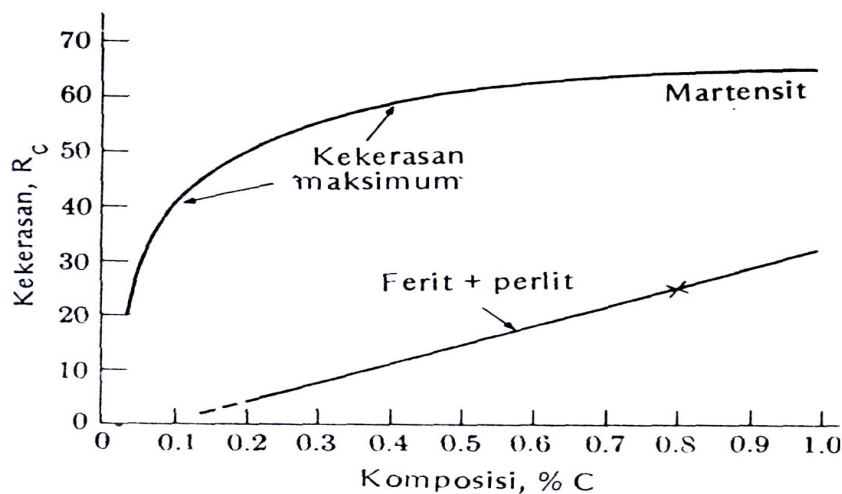
diagram tersebut harus diubah untuk transformasi yang berlangsung seiring dengan perubahan temperatur. Untuk pendinginan berlanjut, waktu yang diperlukan untuk permulaan dan akhir dari reaksi mengalami penundaan. Maka diagram transformasi isothermal digeser ke arah waktu yang lebih lama dan temperatur yang lebih rendah. Diagram transformasi yang mengandung kurva perubahan dan akhir dari reaksi disebut sebagai diagram transformasi berlanjut atau *continuous cooling transformation diagram* (CCT diagram). Diagram ini memberikan perkiraan dari struktur mikro yang terbentuk pada suatu periode perlakuan panas pada temperatur konstan serta diikuti dengan pendinginan yang berlanjut. Berdasarkan diagram CCT akan terbentuk martensit pada kecepatan pendinginan yang tinggi (gambar 2.3).



Gambar 2.3. Diagram CCT untuk baja karbon rendah (Thelning, 1984)

2.5 Pengaruh Kadar Karbon Pada Baja

Pengaruh kadar karbon terhadap kekerasan pada baja karbon dapat kita lihat pada gambar 2.4.



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

Diagram di atas menggambarkan tentang hubungan antara kekerasan dengan kadar karbon dalam baja. Semakin banyak kandungan karbon dalam baja maka kekerasan baja semakin meningkat. Untuk mendapatkan kekerasan maksimum maka harus terbentuk martensit 100%. Baja yang bertransformasi dari austenit menjadi ferit dan karbida mempunyai kemampukerasan yang rendah karena dengan terjadinya transformasi pada suhu tinggi, martensit tidak terbentuk. Sebaliknya, baja dengan transformasi yang lambat dari austenit ke ferit dan karbida mempunyai kemampukerasan yang lebih besar. Kekerasan mendekati maksimum dapat dicapai pada baja dengan kemampukerasan yang tinggi dengan pencelupan sedang dan dibagian tengah baja dapat dicapai kekerasan yang tinggi meskipun laju pendinginan lebih lambat.

2.6 Pengerasan permukaan baja

Beberapa komponen seperti roda gigi, as, dan sebagainya memerlukan suatu perlakuan untuk melindungi permukaannya. Maka dari pada itu baja yang digunakan untuk pembuatan komponen-komponen tersebut harus dikeraskan permukaannya agar masa pakainya lebih lama. Pengerasan permukaan bisa dilakukan seluruhnya atau sebagian permukaan saja, sesuai kebutuhan. Tujuan pengerasan permukaan secara umum adalah untuk meningkatkan ketahanan aus

dan ketahanan korosi. Pengerasan permukaan pada baja dibagi menjadi dua jenis yaitu :

a. *Induction Hardening.*

Prinsip kerja *induction hardening* adalah memanaskan permukaan baja hingga temperatur austenit yang sesuai dengan baja yang bersangkutan, kemudian disemprotkan pendingin sehingga permukaan menjadi keras.

b. *Thermochemical Treatment*

Prinsip kerja dari *thermochemical treatment* adalah menambahkan unsur karbon ke dalam baja untuk mengeraskan bagian permukaan baja tersebut. Salah satu penerapan dari proses *thermochemical* adalah *carburising* (pengarbonan). *thermochemical treatment* dilakukan terhadap baja yang mempunyai kadar karbon di bawah 0,3%. Kadar karbon ini tidak memungkinkan terjadinya fasa martensit yang keras.

Untuk dapat menghasilkan struktur martensit yang keras dan tahan aus, seperti pada permukaan roda gigi dan pemakaian sejenisnya maka bahan tersebut harus memenuhi syarat yaitu kadar karbon harus memadai untuk menghasilkan regangan kisi sewaktu pencelupan dan baja harus dapat dipanaskan sehingga mencapai temperatur yang dapat menyebabkan terjadinya transformasi dari ferit ke austenit sehingga karbon larut dalam larutan padat austenit.

Struktur martensit selain memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang sesuai dengan persyaratan, ternyata juga getas. Oleh karena itu supaya komponen mempunyai sifat keras pada permukaannya namun bagian dalamnya tetap ulet, maka dilakukan proses perlakuan panas pada permukaan komponen. Proses inilah yang sering disebut dengan *case hardening*.

2.6.1 Karburisasi (*Carburizing*)

Karburisasi adalah suatu proses penambahan kandungan unsur karbon pada permukaan baja. Baja yang dikarburisasi adalah baja karbon rendah dengan kandungan karbon kurang dari 2%. Baja dan zat penambah karbon dipanaskan sampai suhu austenit (di atas suhu A_{c1}). Besi pada suhu sekitar suhu kritis mempunyai afinitas terhadap karbon. Karbon akan menyusup ke dalam rongga-rongga besi membentuk larutan padat dengan besi. Semakin lama waktu

pengarbonan maka semakin banyak karbon yang berdifusi ke dalam baja. Waktu pengarbonan pada prinsipnya ditentukan berdasarkan ketebalan lapisan keras yang diinginkan.

Berdasarkan sumber karbon yang digunakan karburisasi dibedakan menjadi 3 yaitu:

a. Karburisasi padat (*pack carburizing*)

Pengarbonan ini adalah cara pengarbonan yang paling tua, media pengarbonan yang digunakan adalah butiran-butiran arang bakar atau kokas ditambah barium karbonat atau sodium karbonat sebagai katalisator. Besi dibalut dengan arang kemudian dipanaskan sampai suhu 900°C ditahan sampai beberapa lama. Waktu tahan tergantung pada ketebalan kekerasan yang diinginkan. Besi yang di panaskan kemudian dikeluarkan dan didinginkan. *Carburizing* padat ini digunakan untuk memperoleh lapisan yang tebal antara 0,75 hingga 4 mm

b. Karburisasi cair (*liquid carburizing*)

Media yang digunakan dalam pengarbonan ini adalah cairan garam, biasanya *sodium cyanide* (NaCN). Garam tersebut sangat beracun dan berbahaya. Selain mengandung karbon garam ini juga mengandung nitrogen (N). Oleh sebab itu, selain proses pengarbonan juga terjadi proses penitrogenan. Perbedaan dengan proses *cyanide* adalah kulit luar mempunyai kadar karbon yang lebih tinggi dan kadar nitrogen yang lebih rendah. Proses pada karburisasi cair (*liquid carburizing*) adalah baja dipanaskan di atas suhu A_{c1} dalam dapur garam *cyanide* sehingga karbon dan nitrogen dapat berdifusi dalam lapisan luar. Baja karbon rendah dengan kadar C 0,15% umumnya dikeraskan dengan proses pencelupan. Selama proses karburisasi kadar karbon lapisan luar dapat ditingkatkan sampai 0,9-1,2%

c. Karburisasi gas (*gas carburizing*)

Media pengarbonan yang digunakan berupa gas, gas yang dapat digunakan untuk pengarbonan adalah gas alam, hidrokarbon atau propan (gas karbit). Pengarbonan ini digunakan untuk memperoleh lapisan yang lebih tipis antara 0,10 sampai 0,75 mm.

2.6.2 Carbonitriding

Proses pengerasan permukaan ini merupakan kombinasi dari pengarbonan gas dan nitriding. Dalam proses ini nitrogen berfungsi sebagai elemen paduan

untuk permukaan benda kerja yang dikeraskan. Gas yang digunakan sama seperti pengarbonan gas dan ditambah dengan 5% amoniak (NH_3). Baja dipanaskan di atas temperatur kritis di dalam lingkungan gas dan terjadi penyerapan karbon dan nitrogen. Setelah selesai baja langsung diquenching. Tebal lapisan antara 0,08 sampai 0,75 mm. Keuntungan karbonitridasi ialah bahwa peningkatan kekerasan yang lebih besar bila ditambahkan nitrogen sehingga dapat dimanfaatkan baja yang relatif murah. Carbonitriding digunakan untuk baja bukan paduan dan baja paduan ringan, jika baja terlalu banyak mengandung mangan akibatnya terjadi austenit sisa.

2.6.3 Cyaniding

Cyaniding (karbonitriding cair) adalah suatu proses di mana terjadi difusi karbon dan nitrogen ke dalam permukaan baja. Tujuannya untuk memperoleh permukaan yang keras pada baja karbon rendah yang sulit dikeraskan. Baja rendah dimasukkan kedalam dapur yang mengandung garam *sodium cyanide* (NaCN), suhunya sedikit di atas A_{c1} . lama pemanasan tergantung pada ketebalan permukaan yang akan dikeraskan. Setelah selesai baja kemudian dicelupkan dalam media pendingin air atau minyak, untuk mendapatkan permukaan yang keras. *Cyaniding* banyak digunakan untuk bagian-bagian yang kecil. Tebal kekerasan lapisan berkisar antara 0,10-0,40 mm.

2.6.4 Nitriding

. Baja yang dinitriding adalah baja paduan rendah yang mengandung *chromium* dan *molybdenum*, kadang-kadang juga disertai nikel dan vanadium. Pemanasan baja dilakukan sampai pada suhu $510\text{ }^{\circ}\text{C}$ didalam lingkungan gas amonia selama beberapa waktu. Nitrogen akan berdifusi ke dalam logam. Penyerapan nitrogen lebih banyak daripada karbon. Pada nitridasi cair (*liquid nitriding*) digunakan garam cyanida cair. Permukaan baja akan menjadi sangat keras karena terbentuknya nitrida, sedangkan inti bahan tetap tidak terpengaruh.

2.6.5 Quenching

Quench (celup cepat) adalah pendinginan yang sangat cepat, setelah mengalami perlakuan panas baja langsung didinginkan secara cepat dengan cara dicelupkan ke dalam media pendingin air atau oli. *Quench* ini bertujuan untuk mendapatkan martensit. Martensit sifatnya sangat keras. Pada baja karbon rendah

dan baja karbon sedang biasanya digunakan media air, sedangkan untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan media minyak. Air lebih cepat mendinginkan bila dibandingkan dengan minyak.

2.7 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, pemakanan 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. Langkah perlakuan panas
- c. Cairan pendinginan
- d. Temperatur
- e. Waktu pemanasan

Kekerasan suatu bahan (baja) dapat diketahui dengan pengujian kekerasan dengan memakai mesin uji kekerasan (*hardness tester*). Ada tiga cara metode yang telah banyak umum dilakukan yaitu metode Brinell, Rockwell dan Vickers.

2.8 Kajian Yang Pernah Dilakukan

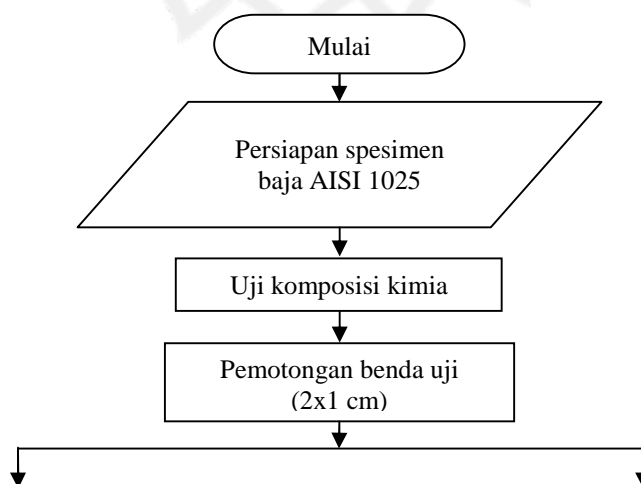
Darmanto (2006) melakukan penelitian tentang pengaruh *holding time* terhadap sifat kekerasan dengan *refining the core* pada proses *carburizing* material baja karbon rendah. Penelitian ini menggunakan arang batok kelapa sebagai unsur penambah karbon. Waktu penahanan (*holding time*) adalah 1, 2 dan 3 jam. Suhu yang digunakan adalah 900⁰C. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa sifat mekanis (kekerasan) material baja karbon rendah akibat *carburizing* semakin berkurang sebanding dengan kedalaman dari permukaan. Sedangkan pengaruh *holding time* adalah semakin lama penahanan kekerasannya semakin bertambah.

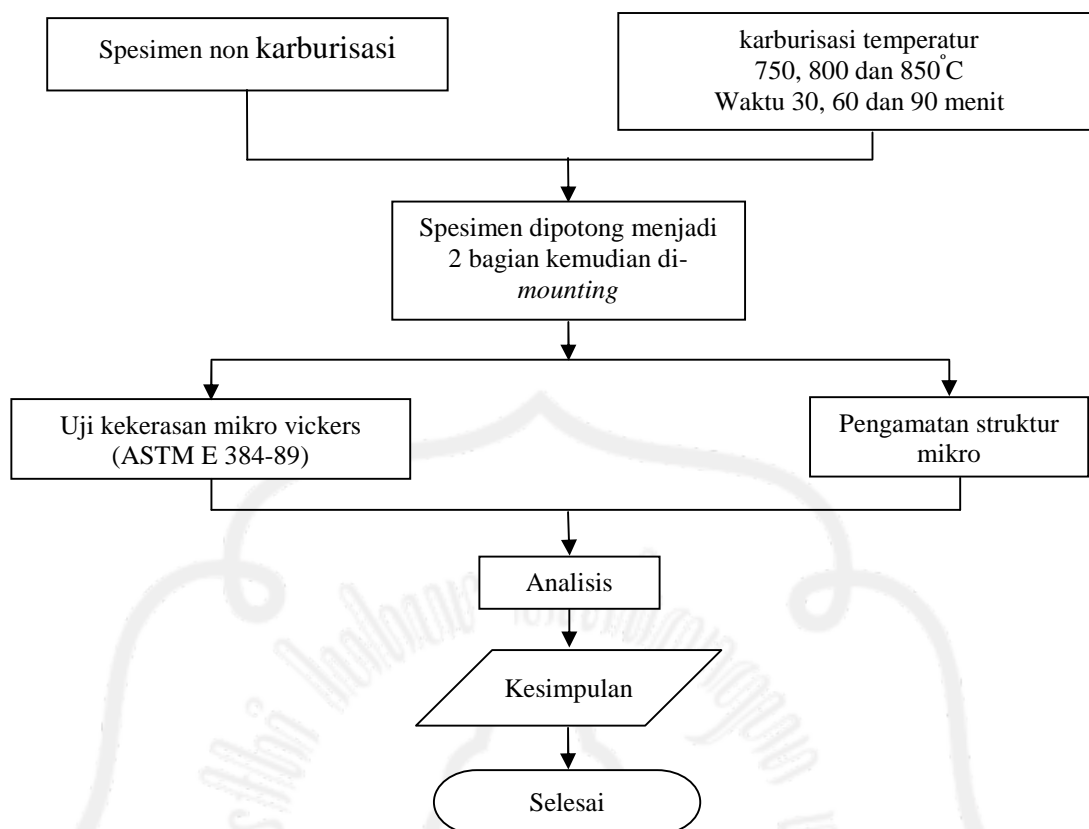
Masyrukan (2006), melakukan penelitian dengan menambahkan kandungan unsur karbon ke dalam permukaan baja. Sumber karbon diperoleh dari arang kayu jati yang telah ditumbuk halus. Temperatur yang digunakan selama proses pengarbonan adalah 900°C , dengan variasi waktu penahanan 2, 4 dan 6 jam. Pengujian 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.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Metodologi penelitian diperlihatkan dalam diagram alir (gambar 3.1)





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

a. Waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juli 2009.

b. Tempat pelaksanaan penelitian

Penelitian ini mengambil tempat di Laboratorium Pengecoran dan Las, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

3.3 Bahan Penelitian

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah berupa plat strip dengan ukuran panjang 20 mm, lebar 10 mm dan tebal 3 mm. Dalam percobaan ini digunakan spesimen sebanyak 30 buah, 27 buah untuk proses karburisasi, dan 3 buah tanpa dilakukan karburisasi. *Raw material* diuji komposisi kimianya untuk mengetahui kandungan unsur-unsur paduan yang terdapat dalam baja karbon.

Pengujian komposisi kimia dilakukan di PT. ITOKOH CEPERINDO Klaten. Komposisi kimia yang terkandung dalam baja karbon tersebut dapat dilihat pada tabel 3.3. Dari unsur-unsur yang terkandung dalam baja karbon, maka material tersebut dapat digolongkan sebagai baja karbon rendah AISI 1025.

Tabel 3.3 Tabel komposisi bahan uji

| Unsur | Komposisi (%) | Unsur | Komposisi (%) |
|-------|---------------|-------|---------------|
| Fe | 98,28 % | Mo | 0,050 % |
| C | 0,243 % | Cu | 0,217 % |
| Si | 0,186 % | V | 0,003 % |
| Mn | 0,765 % | Ti | 0,004 % |
| P | 0,030 % | Nb | 0,004 % |
| S | 0,016 % | Al | 0,023 % |
| Ni | 0,073 % | W | 0,003 % |
| Cr | 0,081 % | Mg | 0 % |

3.4 Alat Penelitian

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

3.4.1 Tungku

Tungku yang digunakan pada proses ini adalah tungku listrik untuk proses karburisasi cair. Foto tungku dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Tungku listrik

Proses pembuatan tungku:

a. Bahan-bahan yang digunakan antara lain:

1. Keramik ulir fungsinya untuk melekatkan kawat nikelin.
2. Selongsong keramik untuk menempatkan keramik ulir.
3. Isolator panas untuk menahan panas agar tidak keluar.
4. Casing *stanless steel* sebagai *body* tungku.
5. Elemen pemanas berupa nikelin dengan diameter 1mm sepanjang 25 m.
6. Termokontrol untuk mengontrol suhu.

b. Proses pembuatan:

1. Pembuatan keramik

Tanah liat yang sudah digiling dan diayak dicampur dengan bahan perekat, serbuk bata api dan bahan yang tahan suhu kejut dengan perbandingan tertentu, sehingga terbentuk adonan. Adonan dimasukkan kedalam cetakan yang terbuat dari gypsum. Hasil cetakan dipanaskan secara perlahan-lahan hingga suhu 400°C , kemudian didinginkan. Setelah dingin dipanaskan lagi sampai suhu 1100°C , kemudian didinginkan dan terbentuklah keramik ulir.

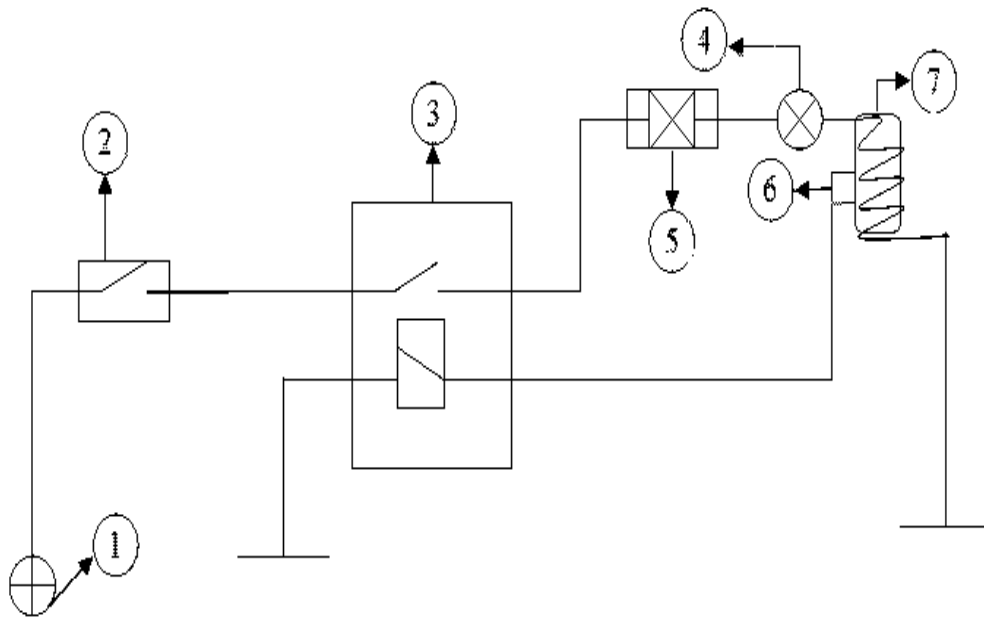
2. Pembuatan Selongsong keramik

Tanah liat yang sudah digiling dan diayak dibuat adonan kemudian dibentuk selongsong. Setelah kering kemudian dipanaskan sampai suhu 400°C secara perlahan-lahan ditingkatkan sampai suhu 900°C , kemudian didinginkan terbentuklah selongsong keramik.

c. Proses perakitan:

1. Elemen pemanas dililitkan pada selongsong ulir dan dilapisi isolator.
2. Selongsong keramik dilapisi isolator kemudian dimasukkan dalam casing *stanless steel*.
3. Lilitan pemanas dimasukkan kedalam selongsong keramik.
4. Kelistrikan dirangkai seperti gambar, elemen pemanas disambungkan ke termokopel dengan kabel.
5. Tutup dipasang.

d. Skema pengaturan suhu



Gambar 3.3 Skema rangkaian pengaturan suhu

Keterangan :

1. Arus positif (AC).
2. Tombol On-Of.
3. *Thermocontroller*.
4. Lampu Indikator.
5. Kontaktor.
6. Sensor suhu (bimetal).
7. Pemanas (kawat nikelin).

Proses pengaturan suhu adalah sebagai berikut :

Saklar dihubungkan pada sumber listrik, tombol on-off dihidupkan. Pada *thermocontroller*, suhu disetin. Sensor suhu akan bekerja mendeteksi suhu dalam tungku kemudian disampaikan ke *thermo controller*, setelah itu *thermocontroller* akan mengalirkan arus ke pemanas melalui kontaktor dan lampu indicator menyala. Setelah suhu dalam tungku sesuai dengan setingan suhu maka sensor akan memberikan isyarat kembali pada *thermocontroller* dan *thermocontroller* memutuskan arus ke pemanas. Ketika suhu dalam tungku menurun sensor memberikan isyarat pada *thermocontroller* lagi dan *thermocontroller* akan mengalirkan arus ke pemanas. Proses berlangsung berulang sehingga suhu tungku stabil pada setingan. Proses berhenti bila tombol on-off dimatikan.

3.4.2 Tangki Pendinginan

Tangki pendinginan berupa bak (ember besi) dan diisi dengan air.

3.4.3 Mesin Amplas

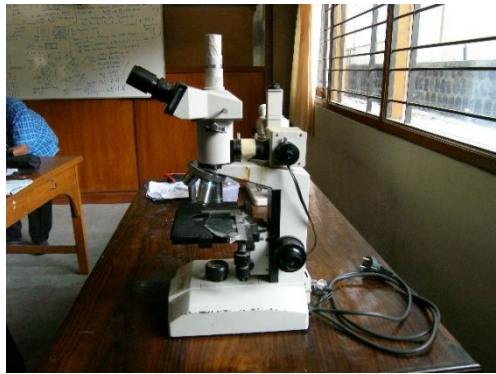
Mesin Amplas digunakan untuk menghaluskan spesimen yang akan diuji kekerasan dan foto mikro.



Gambar 3.4 Mesin Amplas.

3.4.4 Mikroskop

Alat ini digunakan untuk mengamati dan mengambil gambar struktur mikro spesimen. Pengujian dilakukan di laboratorium metalurgi Teknik Mesin UNS.



Gambar 3.5 Mikroskop

3.4.5 Alat Uji Kekerasan Mikro Vickers

Alat ini digunakan untuk menguji kekerasan spesimen. Pengujian dilakukan di laboratorium metalurgi Teknik Mesin UNS



Gambar 3.6 Micro Vickers Hardness Tester.

3.5 Komposisi dan Suhu Perendaman

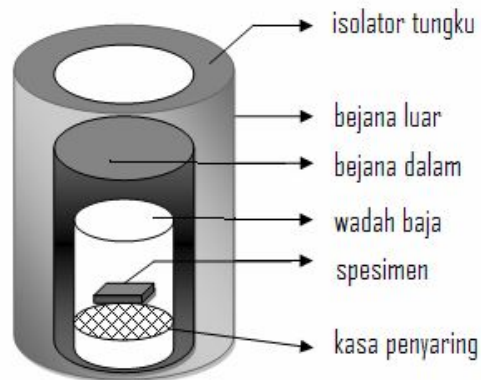
Pada penelitian ini menggunakan *sodium cyanide* sebagai *reagent*. Komposisi reagent ini terdiri dari *sodium cyanide* (NaCN) sebanyak 75% (900 gram), *sodium carbonate* (Na_2CO_3) sebanyak 5% (60 gram) dan *sodium chloride* (NaCl) 20% (240 gram).

Suhu dan waktu penahanan :

- Suhu $750\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan waktu penahanan : 30, 60 dan 90 menit.
- Suhu $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan waktu penahanan : 30, 60 dan 90 menit.
- Suhu $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan waktu penahanan : 30, 60 dan 90 menit.

3.6 Gambar Skema Perlakuan Panas

Pemanasan spesimen didalam tungku dapat diketahui seperti dalam gambar 3.7.



Gambar 3.7 Skema Perlakuan Panas

3.7 Langkah - Langkah Penelitian

Pada penelitian ini meliputi 3 percobaan antara lain: karburisasi cair, pengujian kekerasan mikro vickers dan pemeriksaan struktur mikro.

3.7.1 Karburisasi cair

Langkah-langkah dalam karburisasi adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan spesimen
Memotong spesimen dengan ukuran panjang 20 mm, lebar 10 mm, tebal 3mm sebanyak 30 buah, kemudian dibersihkan dan dihaluskan dengan amplas sampai rata.
- b. Menyiapkan *reagent*, menimbang sesuai takaran.
- c. Memasukkan campuran NaCN 75% (900 gram), Na_2CO_3 5% (60 gram) dan NaCl 20% (240 gram) kedalam bejana, kemudian bejana dimasukkan ke dalam tungku.
- d. Tungku dinyalakan sampai pada suhu 750°C .
- e. Spesimen (3 biji) dimasukkan kedalam bejana yang berisi campuran NaCN 75%, Na_2CO_3 5% dan NaCl 20% selama 30 menit.
- f. Spesimen dikeluarkan dari bejana kemudian didinginkan dengan media air.

- g. Setelah spesimen dingin permukaannya dibersihkan.
- h. Kemudian spesimen disimpan dan diberi tanda.
- i. Mengulangi langkah diatas dengan variasi suhu 750°C dengan waktu tahan 30, 60 dan 90 menit. Suhu 800°C dengan waktu tahan 30, 60 dan 90 menit. Suhu 850°C dengan waktu tahan 30, 60 dan 90 menit.
- j. Masing-masing spesimen dimasukkan kedalam wadah yang telah diberi tanda suhu dan waktu penahanan.

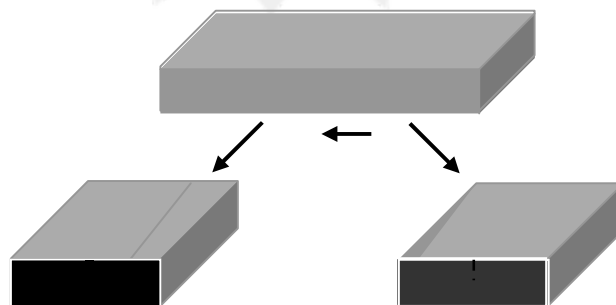
3.7.2 Pemotongan dan *Mounting* Spesimen

Masing-masing spesimen dipotong menjadi 2 bagian seperti terlihat pada gambar 3.8. Kedua belahan di-*mounting*, satu untuk pengujian kekerasan dan satunya lagi untuk pengamatan struktur mikro. Tujuan di-*mounting* adalah untuk mempermudah dalam pengujian.

Langkah-langkah dalam *mounting* adalah sebagai berikut :

- a. Membuat cetakan *mounting*, cetakan berasal dari pipa plastik berdiameter 2 cm kemudian dipotong sepanjang 2,5 cm.
- b. Potongan pipa diletakkan di atas kaca, kemudian bagian pipa yang bersentuhan dengan kaca dibalut dengan malam tujuannya agar cairan resin tidak bocor.
- c. Spesimen diletakkan di dalam cetakan dengan posisi berdiri.
- d. Resin yang telah diberi *hardener* dituang ke dalam cetakan, setelah resin mengeras kemudian dikeluarkan dari cetakan.

Permukaan *mounting* dihaluskan dengan menggunakan amplas ukuran 800-2000 dan autosol. Untuk memperjelas struktur mikro dietsa dengan menggunakan nital 2 %



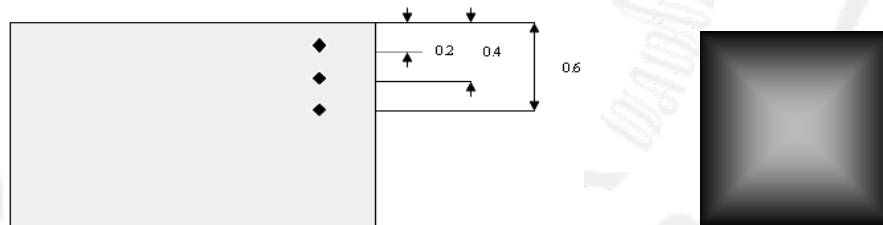
Gambar 3.8 Potongan Material

3.7.3 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan ini menggunakan alat uji kekerasan mikro vickers dan menggunakan standar pengujian ASTM E 384-89

Adapun langkah-langkah pengujian kekerasaannya sebagai berikut:

- a. Menghidupkan alat uji mikro vickers.
- b. Memasang spesimen sedatar mungkin
- c. Memfokuskan lensa sehingga struktur mikro spesimen terlihat pada monitor untuk memilih tempat yang akan di indensi.
- d. Menentukan beban yang akan digunakan yaitu 200 gf.
- e. Mengukur jarak indensi, masing-masing spesimen dengan jarak 0.2, 0.4 dan 0.6 mm. Seperti terlihat pada gambar 3.9.
- f. Menekan tombol star.
- g. Mengukur panjang diagonal bekas indensi yang berbentuk segi empat. Semakin mendekati panjang kedua diagonal semakin baik hasil uji kekerasannya.
- h. Mencatat nilai kekerasan mikro Vickers.



Gambar 3.9 Titik Indentasi Uji Kekerasan Vickers

3.7.4 Pengamatan struktur mikro

Pengamatan struktur mikro untuk melihat struktur mikro pada bagian permukaan, langkah-langkahnya sebagai berikut :

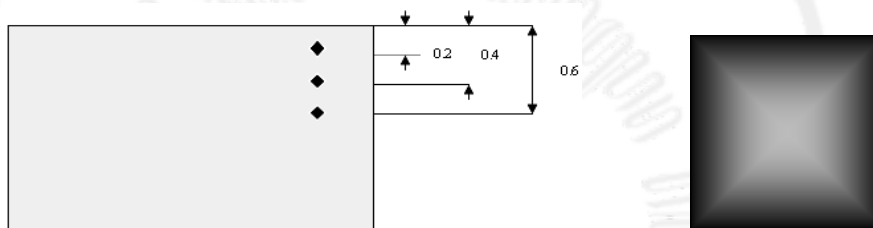
- a. Menghidupkan mikroskop.
- b. Memasang spesimen sedatar mungkin.
- c. Memfokuskan lensa pada bagian tepi spesimen sampai terlihat struktur mikro logam.
- d. Memasang kamera dan mengambil gambarnya.

BAB IV DATA DAN ANALISIS

4.1 Analisis Data Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan *mikro vickers*. Berikut adalah data hasil pengujian kekerasan dengan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- Menggunakan pembebanan 200 gf
- Waktu pembebanan 10 detik
- Satuan diagonal jejak indentor dalam micrometer
- Pengujian masing-masing dilakukan 3 kali dari tepi dengan jarak 0.2, 0.4 dan 0.6 mm.



Gambar 4.1 Titik Indentasi Uji Kekerasan Vickers

Tabel 4.1 Nilai kekerasan rata-rata *raw material* (Q_0)

| No. | Jarak dari tepi (mm) | VHN rata-rata | | | VHN rata-rata |
|-----|----------------------|---------------|---------|---------|---------------|
| | | Titik 1 | Titik 2 | Titik 3 | |
| 1. | 0.2 | 192.7 | 194.9 | 193.7 | 193.7 |
| 2. | 0.4 | 197.5 | 196.8 | 199.1 | 197.8 |
| 3. | 0.6 | 198.2 | 200.7 | 195.4 | 198.1 |

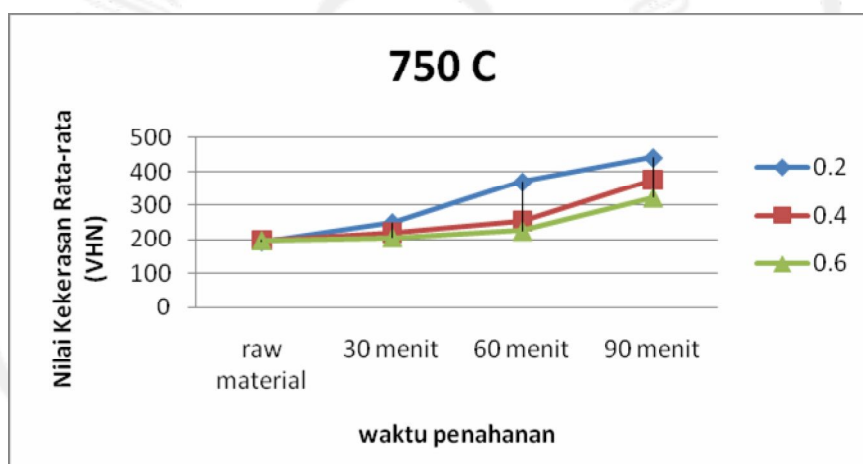
Data hasil pengujian kekerasan pada *raw material* dapat dilihat pada tabel 4.1. Nilai kekerasan rata-rata pada *raw material* dari tepi ke tengah tidak menunjukkan penurunan yang tajam, *raw material* memiliki nilai kekerasan yang hampir sama dibagian tepi dan tengah. Nilai kekerasan pada jarak 0.2 mm dari tepi adalah 193,7 VHN, pada jarak 0.4 mm adalah 197,8 VHN dan pada jarak 0.6 mm adalah 198,1 VHN. Nilai kekerasan tersebut mendekati nilai kekerasan yang dimiliki oleh fasa ferit, nilai kekerasan fasa ferit 100-200 VHN.

Nilai kekerasan rata-rata untuk *specimen carburizing* suhu 750°C dan waktu tahan 30, 60 dan 90 menit dapat dilihat pada tabel 4.2. Nilai kekerasan secara lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran. Dari tabel 4.2 dapat dibuat diagram korelasi antara nilai kekerasan rata-rata dengan jarak titik pengujian seperti ditunjukkan pada gambar 4.1.

Dari tabel 4.2 dan gambar 4.2 dapat dilihat bahwa peningkatan kekerasan yang terjadi pada waktu tahan 30 menit tidak menunjukkan peningkatan yang berarti, hal ini disebabkan karena difusi karbon belum banyak.

Tabel 4.2 Nilai kekerasan spesimen karburisasi temperatur 750°C

| No. | Jarak dari tepi (mm) | VHN _{rata-rata} | | | |
|-----|----------------------|--------------------------|----------|----------|----------|
| | | raw material | 30 menit | 60 menit | 90 menit |
| 1 | 0.2 | 193.7 | 249,3 | 370,0 | 442,1 |
| 2 | 0.4 | 197.8 | 220,2 | 254,7 | 374,7 |
| 3 | 0.6 | 198.1 | 206,6 | 226,7 | 322,8 |



Gambar 4.2 Grafik hubungan nilai kekerasan rata-rata dengan waktu penahanan spesimen pada temperatur tahan 750°C

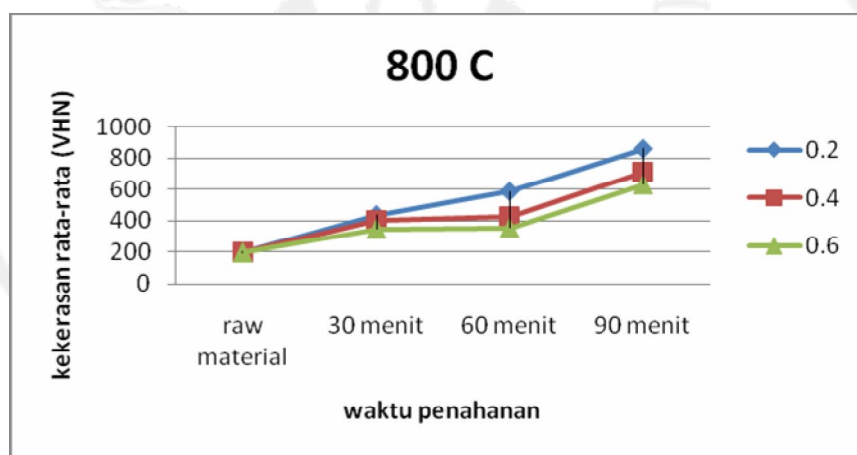
Dari tabel 4.2 dan gambar 4.2 diketahui nilai kekerasan rata-rata pada baja hasil karburisasi yang diikuti proses *quenching* dengan air untuk semua variasi lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai kekerasan *raw material*. Pada jarak 0.2 mm, nilai kekerasan *raw material* sebesar 193.7 VHN, sedangkan nilai kekerasan rata-rata hasil karburisasi dengan waktu tahan 30 menit

231.5 VHN, 60 menit 322.7 VHN dan pada waktu 90 menit 413.7 VHN. Selama proses karburisasi atom karbon terdifusi ke dalam logam, sehingga kandungan karbon pada permukaan logam semakin tinggi.

Atom-atom karbon yang terdapat dalam reagent terurai dan berdifusi ke dalam permukaan logam selama proses *carburizing* berlangsung. Dari data tersebut diketahui bahwa semakin lama waktu tahan kemudian diikuti dengan pendinginan, dapat peningkatan nilai kekerasan pada logam, hal ini menunjukkan bahwa semakin lama proses berlangsung semakin banyak pula atom-atom karbon yang berdifusi ke dalam permukaan logam. Semakin lama pemanasan yang diikuti dengan pendinginan yang cepat dalam baja maka semakin tinggi kekerasan baja itu.

Tabel 4.3 Nilai kekerasan spesimen karburisasi temperatur 800⁰C

| No. | Jarak dari tepi (mm) | VHN rata-rata | | | |
|-----|----------------------|---------------|----------|----------|----------|
| | | raw material | 30 menit | 60 menit | 90 menit |
| 1 | 0.2 | 193.7 | 436,4 | 586,9 | 860,3 |
| 2 | 0.4 | 197.8 | 404,0 | 427,2 | 712,0 |
| 3 | 0.6 | 198.1 | 348,7 | 354,7 | 630,3 |



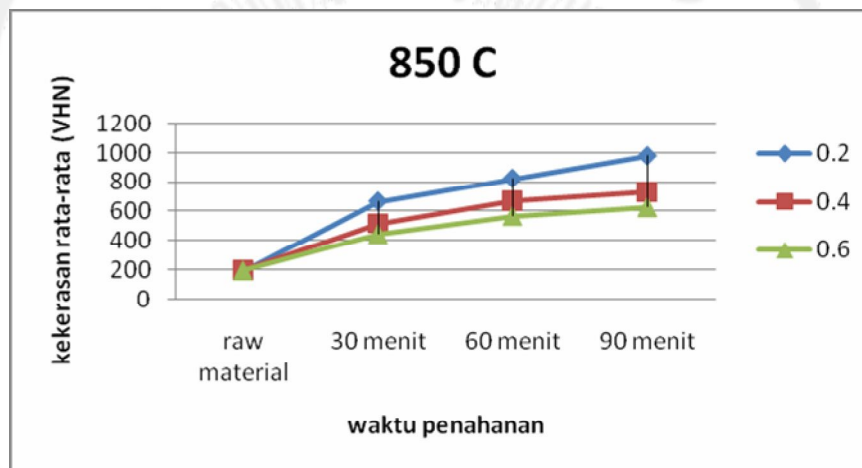
Gambar 4.3 Grafik hubungan nilai kekerasan rata-rata dengan waktu penahanan spesimen pada temperatur tahan 800⁰C

Dari tabel 4.3 dan gambar 4.3 diketahui nilai kekerasan rata-rata pada baja hasil karburisasi yang diikuti proses *quenching* dengan air untuk semua variasi temperatur 800⁰C. Nilai kekerasan rata-rata hasil karburisasi pada jarak 0.2 mm 30 menit adalah 436,4 VHN 60 menit adalah 586,9 VHN dan 90 menit adalah

860,3 VHN. Peningkatan nilai kekerasan logam *carburizing* dengan suhu 800°C lebih besar dibandingkan dengan spesimen *carburizing* dengan suhu 750°C. Semakin tinggi temperatur *carburizing* maka semakin cepat atom-atom karbon berdifusi kedalam permukaan logam, sehingga atom karbon yang berdifusi lebih banyak. Hal ini yang menyebabkan nilai kekerasan baja *carburizing* dengan suhu 800°C lebih tinggi dibandingkan dengan baja *carburizing* dengan suhu 750°C.

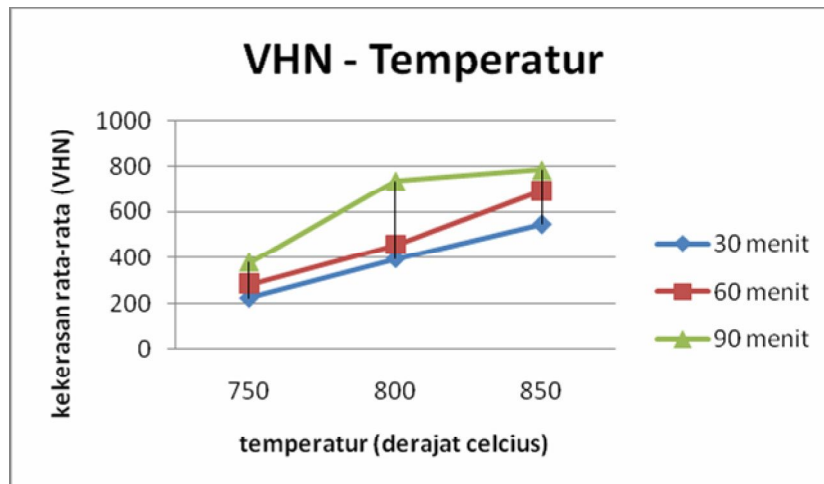
Tabel 4.4 Nilai kekerasan spesimen karburisasi temperatur 850°C

| No. | Jarak dari tepi (mm) | VHN _{rata-rata} | | | |
|-----|----------------------|--------------------------|----------|----------|----------|
| | | raw material | 30 menit | 60 menit | 90 menit |
| 1 | 0.2 | 193.7 | 670,7 | 827, 6 | 982,13 |
| 2 | 0.4 | 197.8 | 518, 6 | 673,2 | 735,9 |
| 3 | 0.6 | 198.1 | 447,2 | 571,8 | 631,5 |



Gambar 4.4 Grafik hubungan nilai kekerasan rata-rata dengan waktu penahanan spesimen pada temperatur tahan 850 °C

Dari tabel 4.4 dan gambar 4.4 dapat dilihat peningkatan nilai kekerasan permukaan spesimen *carburizing* dengan suhu 850°C, nilai peningkatan kekerasannya cukup signifikan. Waktu tahan 30 menit meningkat menjadi 670,7 VHN, 60 menit meningkat menjadi 827, 6 VHN dan 90 menit meningkat menjadi 982,13 VHN. Pada temperatur ini proses difusi karbon lebih mudah sehingga karbon yang terdifusi lebih banyak. Hal ini yang menyebabkan peningkatan nilai kekerasan hasil *carburizing* suhu 850°C lebih tinggi dari hasil *carburizing* suhu 800°C dan 750°C.



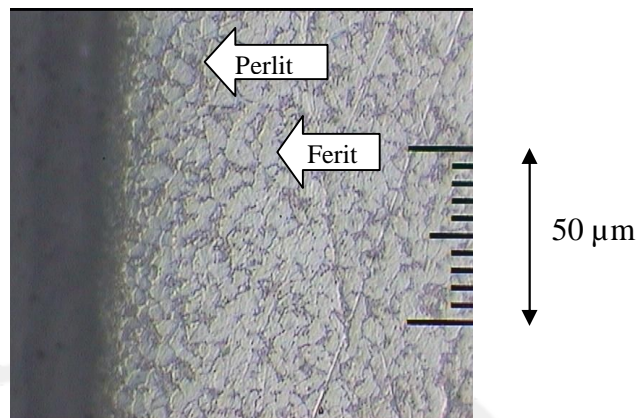
Gambar 4.5 Grafik hubungan nilai kekerasan rata-rata dengan temperatur pemanasan.

Pada Gambar 4.5 Grafik hubungan nilai kekerasan rata-rata dengan temperatur ini didapatkan nilai kekerasan hasil *carburizing* terendah pada suhu 750⁰C dengan waktu tahan 30 menit yaitu 249,9 VHN. Sedangkan nilai kekerasan hasil *carburizing* tertinggi pada suhu 850⁰C dengan waktu tahan 90 menit yaitu sebesar 982,13VHN.

4.2 Analisa data pengamatan struktur mikro

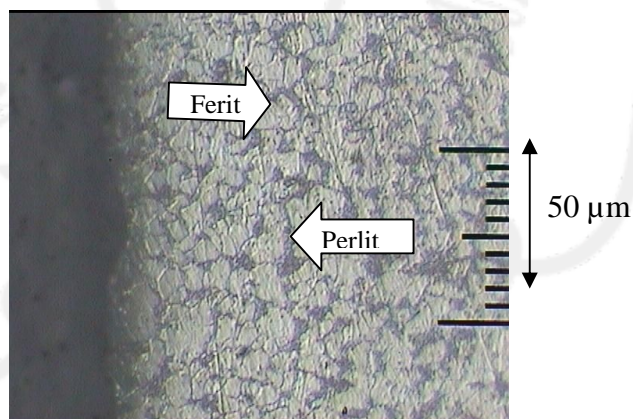
Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk melihat perubahan struktur mikro setelah mengalami proses *carburizing*. Perbesaran yang digunakan dalam pengamatan ini adalah 200 X. Foto struktur mikro diambil pada bagian tepi. Struktur mikro *raw* material dapat dilihat pada gambar 4.6, sedangkan untuk struktur mikro hasil *carburizing* dapat dilihat pada gambar 4.7 s.d. 4.15.

Dari gambar 4.6 dapat dilihat struktur mikro *raw* material. Struktur mikronya didominasi oleh fasa ferit. Kadar karbon yang terdapat didalam *raw* material sangat sedikit, sehingga seluruh atom karbon dapat larut ke dalam atom-atom Fe membentuk larutan padat intertisi yang dinamakan ferit. Hal ini juga diperkuat dari hasil pengujian kekerasan yang ditunjukkan pada tabel 4.1 didapatkan hasil bahwa nilai kekerasan *raw* material mendekati nilai kekerasan fasa ferit.

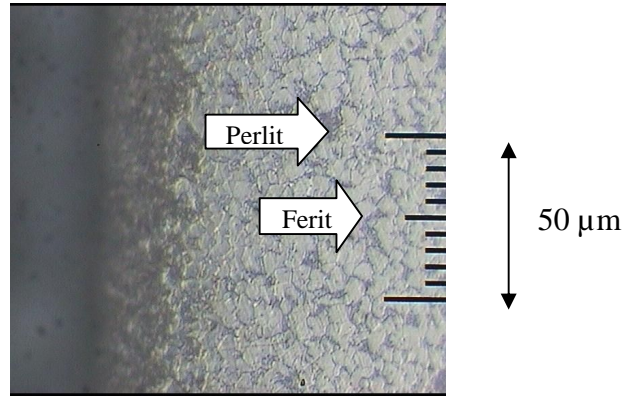


Gambar 4.6 Struktur mikro *raw material*

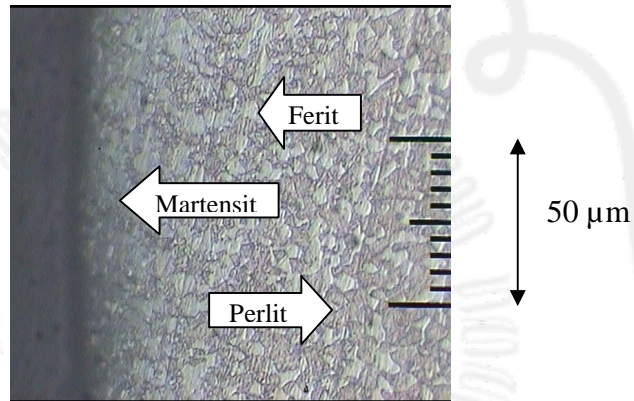
Hal ini dikarenakan karbon yang terkandung di dalam *raw material* sangat sedikit, sehingga seluruh atom karbon dapat terlarut ke dalam atom-atom Fe membentuk larutan padat intertisi yang dinamakan *ferit*. Kesimpulan ini diperkuat dari hasil pengujian kekerasan, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1 diperoleh nilai kekerasan material awal mendekati nilai kekerasan fasa ferit.



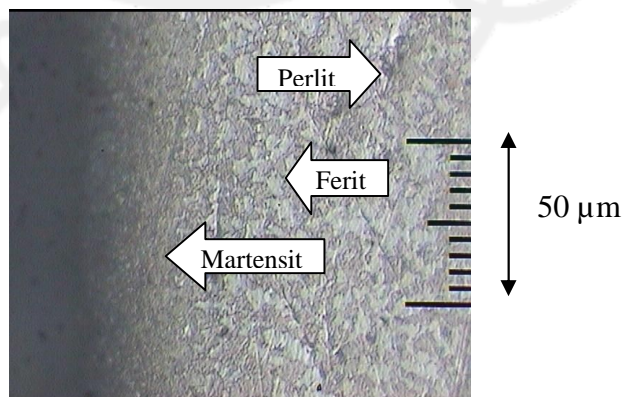
Gambar 4.7 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 750°C waktu tahan 30 menit



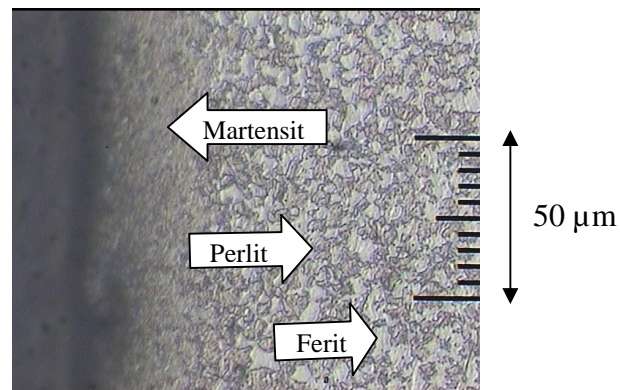
Gambar 4.8 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 750°C waktu tahan 60 menit



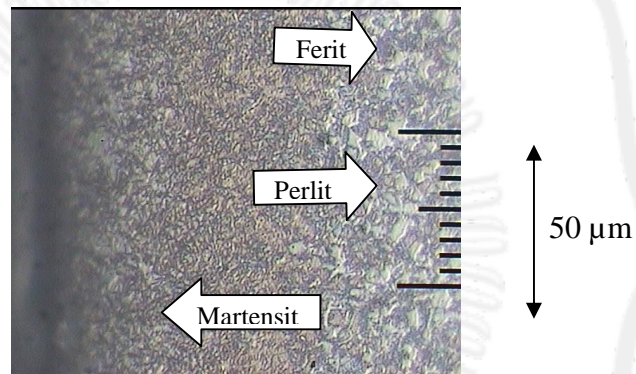
Gambar 4.9 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 750°C waktu tahan 90 menit



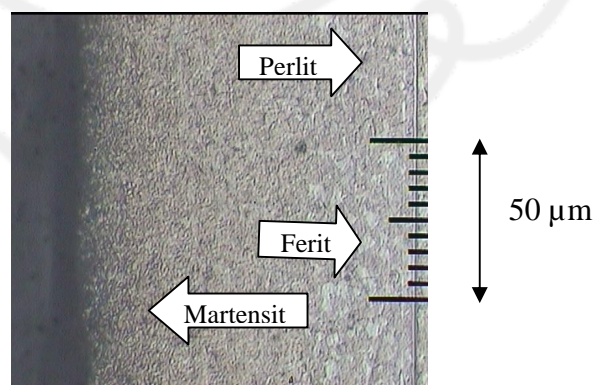
Gambar 4.10 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 800°C waktu tahan 30 menit



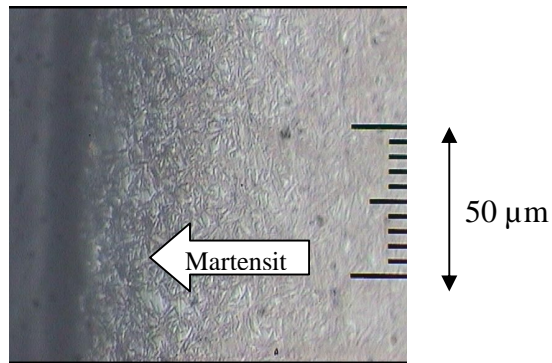
Gambar 4.11 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 800°C waktu tahan 60 menit



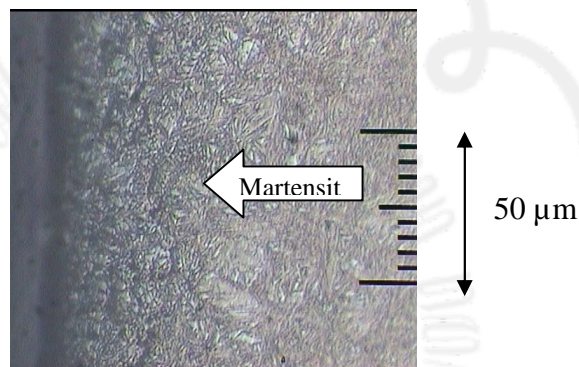
Gambar 4.12 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 800°C waktu tahan 90 menit



Gambar 4.13 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 850°C waktu tahan 30 menit



Gambar 4.14 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 850°C waktu tahan 60 menit



Gambar 4.15 Struktur mikro spesimen untuk karburisasi temperatur 850°C waktu tahan 90 menit

Dari hasil foto struktur mikro spesimen karburisasi seperti terlihat pada gambar 4.6 sampai gambar 4.15 dapat diamati bahwa pada bagian permukaan material pengarbonan sesuai dengan variasi waktu tahan masing-masing material tersusun atas fasa martensit dan austenit sisa setelah mengalami proses karburisasi dengan berbagai variasi temperatur dan waktu penahanan.

Pada permukaan terdapat fasa martensit yang berwarna gelap. Fasa martensit merupakan fasa yang terbentuk karena pendinginan yang sangat cepat. Didalam matrik martensit terdapat fasa ferit tetapi jumlahnya sedikit, warnanya putih agak kelihatan kusam. Fasa martensit sifatnya sangat keras, faktor inilah yang menyebabkan nilai kekerasan pada permukaan baja menjadi meningkat. Dari hasil foto struktur mikro juga dapat dilihat adanya difusi karbon yang berbeda sesuai variasi waktu tahan masing-masing material.

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa jumlah martensit yang terbentuk sedikit sehingga peningkatan kekerasannya pun kecil. Hal ini disebabkan karena temperatur karburisasi yang rendah (750°C) dan waktu tahan yang pendek. Pada suhu 750°C baja belum mengalami proses austenisasi seluruhnya sehingga kecepatan difusi karbon sangat rendah dan waktu penahanan yang pendek membuat atom karbon yang berdifusi ke permukaan baja sedikit.

Pada gambar 4.7 s.d. 4.15 terlihat bahwa jumlah fasa martensit semakin meningkat sesuai dengan naiknya temperatur dan waktu tahan karburisasi. Semakin tinggi temperatur austenisasi maka semakin mudah atom karbon berdifusi kedalam baja dan semakin lama waktu penahanan maka semakin banyak kesempatan atom karbon berdifusi kedalam baja. Dengan kadar karbon yang tinggi dan *quenching* terbentuklah fasa martensit yang banyak.

Pengujian kekerasan yang dilakukan pada spesimen pengarbonan menghasilkan distribusi kekerasan yang berbeda dari bagian permukaan menuju inti. Hasil pengujian kekerasan mikro material pengarbonan dengan variasi waktu penahanan 30, 60 dan 90 menit. Perbedaan tingkat kekerasan tersebut dipengaruhi oleh variasi waktu tahan yang digunakan selama proses pengarbonan, sehingga atom C yang terdistribusi semakin banyak yang akan mempengaruhi peningkatan kekerasan. Hal ini disebabkan oleh kadar karbon dalam arah menuju inti juga semakin berkurang. Namun pada jarak yang sama dari permukaan harga kekerasan berbeda untuk masing-masing waktu penahanan dan cenderung menjadi lebih keras untuk waktu penahanan yang semakin lama, yang berarti kadar karbon semakin meningkat. Jadi semakin lama waktu penahanan maka harga kekerasan pada jarak tertentu dari permukaan akan semakin keras, akibatnya semakin banyak terbentuk fasa martensit pada bagian permukaan logam pengarbonan.

Dari gambar tampak bahwa semakin lama waktu penahanan dalam proses pengarbonan maka akan semakin meningkatkan kedalaman difusi. Hal ini disebabkan oleh difusi atom C yang makin jauh kedalam material pengarbonan..

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Proses *liquid carburizing* dengan menggunakan garam cyanida yang berupa campuran dari NaCN 75%, Na₂CO₃ 5% dan NaCl 20% diikuti pendinginan dengan media pendingin air dapat meningkatkan kekerasan permukaan baja AISI 1025.
2. Peningkatan nilai kekerasan hasil *carburizing* terendah pada suhu 750⁰C dengan waktu tahan 30 menit yaitu sebesar 249,9 VHN, sedangkan nilai kekerasan tertinggi pada suhu 850⁰C dengan waktu tahan 90 menit yaitu sebesar 982,1 VHN.
3. Waktu tahan dan temperatur sangat mempengaruhi besar kecilnya peningkatan kekerasan hasil *carburizing*. Semakin tinggi temperatur *carburizing* dan semakin lama waktu tahan akan menyebabkan semakin tinggi nilai kekerasan hasil *carburizing* yang didapatkan dan sebaliknya.
4. Hasil pengamatan foto struktur mikro pada bagian tepi menunjukkan fasa martensit, semakin banyak fasa martensit yang terbentuk menyebabkan tingkat kekerasan semakin tinggi searah dengan meningkatnya variasi waktu tahan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal antara lain:

1. Untuk membuat komponen yang membutuhkan kekerasan yang tinggi sebaiknya digunakan temperatur diatas 850⁰C dan sebaliknya untuk membuat komponen yang tidak terlalu keras dapat digunakan temperatur 750⁰C-800⁰C sehingga dapat menghemat biaya.
2. Peneliti harus melakukan perawatan yang lebih pada peralatan yang bersinggungan langsung dengan *reagent* karena akan menyebabkan korosi.

3. Untuk mendapatkan kekerasan yang lebih tinggi dapat dilakukan dengan meningkatkan temperatur, waktu, dan memperbanyak prosentase *reagent*.
4. Temperatur air pendingin perlu dikontrol untuk menghasilkan penelitian dengan kondisi yang seragam pada setiap perlakuan.



DAFTAR PUSTAKA

- Darmanto, 2006, *Pengaruh holding Time Terhadap Sifat Kekerasan Dengan Refining The Core Pada Proses Carburizing Material Baja Karbon Rendah*, UNWAHAS.
- Djaprie, S., 1983, *Ilmu Dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- Masyrukan, 2006, *Penelitian Sifat Fisis Dan Mekanis Baja Karbon Rendah Akibat Pengaruh Proses Pengarbonan Dari Arang Kayu Jati*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Prayitno, A. dan Inonu, I., 1999, *Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (Holding Time) Terhadap Kekerasan Logam*, Universitas Riau.
- Rochim Suratman, 1994, *Paduan Proses Perlakuan Panas*, Institut Teknologi Bandung.
- Smallman, R.E., Bishop, R.J., 2000, *Metalurgi Fisik Modern & Rekayasa Material*, Erlangga, Jakarta.
- Thelning, K.E., 1975, *Steel and Its Heat Treatment*, A.B. Bofors Butterworths, London and Boston