

TUGAS SARJANA
TEKNIK KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
ANALISA PENGARUH WAKTU TAHAN TERHADAP KEKERASAN
BAJA KARBON RENDAH DENGAN METODE PACK CARBURIZING

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

SURONO BUDI SANTOSO
1007230022



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2016

ABSTRAK

Baja karbon rendah adalah material yang dalam penggunaannya kebanyakan sebagai bahan dari konstruksi umum. Karena baja karbon rendah mempunyai keuletan yang tinggi dan mudah dimachining, tetapi kekerasannya rendah dan tidak tahan aus. Hal ini dapat diatasi dengan merubah sifat - sifat material yang tersedia yaitu dengan proses perlakuan panas. Sedangkan perlakuan panas adalah cara yang paling umum digunakan untuk merubah sifat - sifat tersebut. Perlakuan panas bukan tujuan umum dari konstruksi tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi yang lebih baik. Dengan mengalami proses perlakuan panas maka akan diperoleh sifat - sifat mekanis yang kita inginkan seperti kekerasan bertambah, tahan aus dan lain - lain. Perlakuan panas yang salah dapat menimbulkan kerugian. Salah satu cara dengan menggunakan pengerasan permukaan yaitu dengan proses Karburasi. Karburasi adalah salah satu proses perlakuan panas untuk mendapatkan kulit yang lebih keras dari sebelumnya. Dari uraian diatas, maka dapat diketahui bahwa baja karbon rendah tidak lebih dari 0,25 % C yang dalam penggunaannya kebanyakan sebagai konstruksi umum, dengan mengalami proses perlakuan panas diharapkan memperoleh sifat – sifat yang diinginkan seperti kekerasan bertambah, tahan aus, dan lain – lain. Pada proses perlakuan panas ini suhu pemanasan adalah 875 °C, bahan bubuk karbon 100 % ,waktu penahanan adalah 15 menit, 30 menit, dan 45 menit dengan media pendinginan adalah oli SAE 40. Setelah dilakukan proses perlakuan panas dari material tersebut, maka dilakukan pengujian kekerasan . Adapun hasilnya adalah kekerasan tertinggi adalah material yang mengalami proses perlakuan panas dengan penahanan waktu paling lama yaitu 45 menit. Dan kadar karbon paling tinggi dari hasil difusi diperoleh dari material yang mengalami proses penahanan waktu paling lama. Dari data hasil pengujian mekanik kekerasan dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa dengan perlakuan panas didapatkan material yang mempunyai kekerasan tinggi pada permukaannya dan masih lunak pada bagian dalamnya.

Kata kunci : Heat treatment, Pack carburizing, Uji kekerasan rockwell.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan mengucapkan segala puji syukur penulis panjatkan Kehadirat Allah SWT, atas anugerah, rahmat, karunia dan hidayah-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Adapun judul tugas akhir ini adalah “ANALISA PENGARUH WAKTU TAHAN TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON RENDAH DENGAN METODE PACK CARBURIZING”

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis banyak mendapat bimbingan, masukan, pengarahan dari Dosen pembimbing dan bantuan secara langsung yang tentu sangat berguna bagi penulis.

Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Teristimewa Ayahanda H.Miskun, Ibunda Suharjum Narti, Kakak tercinta Susi indrayani Am.Keb,BRIPKA Sri Dewi hartuti,Sri wardani S.pd dan kekasih tersayang Ewis S.Kom,Terimakasih atas do'a dan moril maupun materi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Bapak Rahmatullah S.T., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik UMSU.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T, Selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik UMSU.
4. Bapak Khairul Umurani S.T. M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik UMSU.
5. Bapak Affandi S.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UMSU.
6. Ibu Ir.Raskita S Meliala, selaku dosen pembimbing I dan Bapak H. Muharnif S.T., M.Sc, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Seluruh staf pengajar dan staf Biro Fakultas Teknik UMSU.
8. Teman-teman terbaik yang selalu memberikan dukungan kepada penulis. Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas akhir ini dapat bermakna bagi kita semua, dan kepada Allah SWT penulis berserah diri sembari mengucapkan Allamdulillahirabbil'alamin.

Medan, 13 Oktober 2016

SURONO BUDI SANTOSO

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR SPESIFIKASI	
LEMBAR ASISTENSI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	V
DAFTAR TABEL	Vi
DAFTAR NOTASI	Vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Perlakuan Panas (Heat Treatment)	5
2.2 Pengerasan Permukaan	5
2.3 Karburasi (Carburizing)	7
2.3.1 Penambahan Karbon	8
2.3.2 Pendinginan(Quenching)	14
2.4 Transformasi Fase pada Saat pemanasan	16
2.5 Transformasi Fase pada Saat pendinginan	21
2.6 Pengujian Mekanis	21
2.7 Pengujian Kekerasan Brinell	22
2.8 Pengujian Kekerasan Vickers	23
2.9 Pengujian Kekerasan Rockwell	25
BAB 3 METODE PENELITIAN	28
3.1 Tempat Penelitian	28
3.2 Waktu Penelitian	28
3.3 Bahan	29
3.4 Alat Yang Digunakan	33
3.4.1 Peralatan pendukung	35
3.5 Perencanaan Penelitian	37
3.6 Pengujian Kekerasan	40
3.7 Diagram alir penelitian	42
BAB 4 DATA DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Data Pengujian Kekerasan Rockwell	43

4.2 Pembahasan	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Semakin meningkatnya perkembangan hidup manusia maka zaman pun ikut berkembang dengan pesat. Karena perkembangan manusia bertambah maju maka bidang teknologi pun ikut berkembang sangat pesat dengan harapan segala kebutuhan manusia dapat terpenuhi dengan baik.

Jika diperhatikan, segala kebutuhan manusia tidak lepas dari unsur logam. Kerena hampir semua alat yang digunakan manusia terbuat dari unsur logam. Sehingga logam mempunyai peranan aktif dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi di zaman sekarang. Oleh karena itu timbul usaha – usaha manusia untuk memperbaiki sifat – sifat dari logam tersebut. Yaitu dengan merubah sifat mekanis dan sifat fisiknya.

Adapun sifat mekanis dari logam antara lain : kekerasan, kekuatan, keuletan, kelelahan dan lain – lain. Sedangkan dari sifat fisiknya yaitu dimensi, konduktivitas listrik, struktur mikro, densitas, dan lain – lain.

Karena banyaknya permintaan yang bermacam – macam maka diadakan pemilihan bahan. Pemilihan bahan tersebut dapat dipersempit sesuai dengan kegunaannya. Seperti misalnya pada baja karbon. Baja karbon mendapat prioritas yang utama untuk dipertimbangkan. Karena baja karbon mudah diperoleh, mudah dibentuk atau sifat permesinannya baik dan harganya relatif murah. Karena baja karbon mendapat prioritas utama maka dituntut untuk memodifikasi atau memperbaiki sifatnya seperti kekerasan, kekerasan pada permukaan, tahan

aus akibat gesekan. Karena hal tersebut maka perlu diadakan proses perlakuan panas guna menambah kekerasan dari bahan tersebut.

Perlakuan panas adalah suatu perlakuan (*treatment*) yang diterapkan pada logam agar diperoleh sifat – sifat yang diinginkan. Dengan cara pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam dalam keadaan fase padat sebagai upaya untuk memperoleh sifat – sifat tertentu dari logam.

Salah satu cara adalah dengan menggunakan proses karburasi yaitu dengan mengeraskan permukaannya saja. Karburasi adalah salah satu proses perlakuan panas untuk mendapatkan kulit yang lebih keras dari sebelumnya.

1.2. Rumusan Masalah

- Bagaimanakah pengaruh waktu tahan terhadap kekerasan baja karbon rendah dengan metode *pack karburizing*
- Bagaimanakah langkah-langkah dalam pengujian kekerasan *Rockwell*

1.3. Batasan Masalah

Karena luasnya masalah ilmu perlakuan panas khususnya masalah karburasi, maka masalah yang akan dibahas adalah mencakup pengerasan permukaan dan waktu tahan carburasi pada material baja karbon rendah.

Hal – hal yang berhubungan dengan proses kimia dan perpindahan panas pada waktu pendinginan tidak dibahas.

Dan batasan yang diberikan agar peneliti lebih spesifik adalah sebagai berikut :

- Bahan spesimen uji adalah Baja Karbon Rendah.
- Kondisi pada awal pemanasan adalah sama untuk setiap spesimen.
- Bahan untuk proses perlakuan panas pada *Pack Carburising* adalah Bubuk Carbon aktif
- Proses pendinginan yang dilakukan adalah dengan cara pendinginan langsung (*dirrect quenching*).
- Pengujian kekerasan menggunakan uji kekerasan *Rockwell*.
- Temperatur pemanasan 875⁰ C.
- Waktu pemanasan adalah 15 menit, 30 menit, dan 45 menit.
- Media pendinginan yang digunakan adalah oli SAE 40 - 50.

1.4. Tujuan Penelitian

- Untuk mengetahui pengaruh waktu tahan terhadap kekerasan baja karbon rendah dengan metode *pack karburizing*
- Untuk mendapatkan hasil pengujian kekerasan *rockwell*, sebelum dan sesudah di lakukan proses pemanasan (*treatment*)

1.5. Sistematika Penulisan

Makalah yang disampaikan dalam penulisan tugas sarjana ini disajikan dalam bentuk sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan

BAB II DASAR TEORI

Berisikan dasar – dasar teori yang didasarkan dari hasil studi literatur dan jurnal

BAB III METODA PENELITIAN

Berisikan alur penelitian yang akan dilakukan oleh penulis.

BAB IV ANALISA DATA

Berisikan data hasil pengujian.

BAB V KESIMPULAN

BAB 2

DASAR TEORI

2.1. Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

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

2.2. Pengerasan Permukaan

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

Dalam pemakaian suatu bagian mesin atau perkakas sering kali diperlukan permukaan yang keras dan tahan aus dengan bagian inti yang relatif lunak dan ulet atau tangguh. Baja yang dikeraskan dengan cara konvensional memang dapat menghasilkan permukaan yang keras dan tahan aus, tetapi kurang ulet. Pengerasan permukaan dimaksudkan untuk mengeraskan

bagian permukaannya saja, sedang bagian inti tetap lunak dan ulet, sehingga secara keseluruhan benda masih cukup ulet tetapi sekarang permukaan menjadi lebih keras dan tahan aus.

Untuk itu pengerasan permukaan atau *case hardening* adalah merupakan salah satu jalan keluar yang cukup baik. Dengan pengerasan permukaan akan diperoleh permukaan yang lebih baik dari sebelumnya. Dengan pengerasan pada permukaan akan menyebabkan lapisan permukaan menjadi kuat atau keras dan pada lapisan permukaan itu terjadi tegangan sisa yang berupa tegangan tekan. Karena hal tersebut maka benda kerja menjadi lebih tahan terhadap kelelahan, atau *fatigue* limitnya menjadi naik. Biasanya proses perlakuan panas ini dilakukan terhadap roda gigi, pahat, cetakan (*dies*), alat – alat potong, alat – alat pada konstruksi, dan lain - lain.

Karena banyaknya cara proses pengerasan permukaan diantaranya adalah :

- *Carburizing* (karburasi menggunakan media padat, cair, atau gas)
- *Nitriding*
- Dan lain – lain.

Oleh karena itu penelitian ini hanya menggunakan proses karburasi (*Carburizing*) menggunakan media padat.

2.3. Karburasi (*Carburizing*)

Karburasi atau *Carburizing* adalah proses perlakuan termokimia, umumnya diterapkan pada jenis baja yang mudah dikeraskan. Dengan demikian agar baja tersebut dapat dikeraskan permukaannya. Komposisi karbon pada baja harus berkisar antara 0,3 sampai 0,9 % karbon. Bila

lebih dari 0,9 % harus dihindarkan karena dapat menimbulkan pengelupasan dan bahkan keretakan.

Proses karburasi ini biasanya dilakukan pada baja karbon rendah yang mempunyai sifat lunak dan keuletan tinggi. Tujuan dari proses karburasi adalah untuk meningkatkan ketahanan aus dengan jalan mempertinggi kekerasan permukaan baja karbon dan meningkatkan karakteristik fatik dari baja karbon tersebut.

Manfaat yang patut dipertimbangkan dalam penerapan proses karburasi adalah bahwa proses karburasi akan menghasilkan deformasi yang sangat kecil dibandingkan pada proses pengerasan yang diperoleh melalui pendinginan (*quenching*).

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

2.3.1. Penambahan Karbon

Penambahan karbon yang disebut *carburizing* atau karburasi, dilakukan dengan cara memanaskan pada temperatur yang cukup tinggi yaitu pada temperatur austenit dalam lingkungan yang mengandung atom karbon aktif, sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu.

Ada 3 cara dalam penambahan karbon atau karburasi (*carburizing*), yaitu :

a. **Menggunakan medium padat atau *Pack Carburizing***

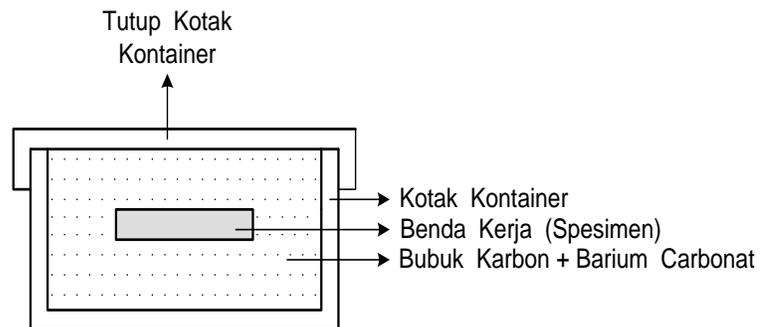
Benda kerja dimasukkan ke dalam kotak yang berisi bubuk karbon dan ditutup rapat kemudian dipanaskan pada temperatur austenit, yaitu antara 825⁰C – 925⁰C selama waktu tertentu. bahan *carburizing* terdiri dari bubuk karbon aktif . Oksigen yang terperangkap dalam kotak menjadi CO₂, reaksi dengan karbon bereaksi terus hingga didapat ;



Dengan temperatur yang semakin tinggi keseimbangan reaksi makin cenderung ke kanan, makin banyak CO. Pada permukaan baja CO akan terurai

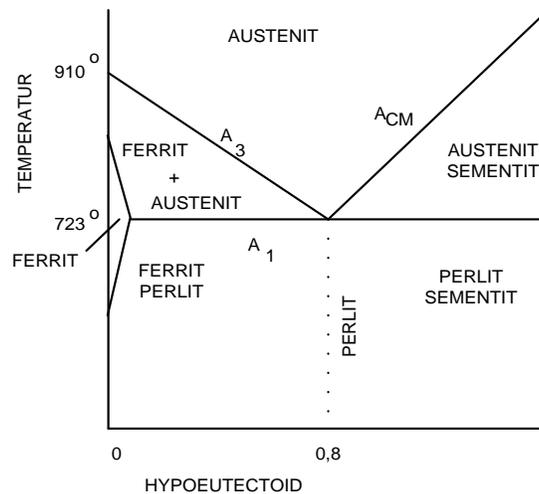


Dimana C yang terbentuk ini berupa atom karbon yang dapat masuk berdifusi ke dalam *fase austenit* dari baja. Dengan temperatur tinggi baja mampu melarutkan banyak karbon, maka dalam waktu singkat permukaan baja dapat menyerap karbon hingga mencapai batas jenuhnya.



Gambar 2.1 : Kotak Sementasi (Mitcel Sugianto, 2012)

Maksudnya bila baja yang dikeraskan permukaannya mengalami pemanasan hingga temperatur tinggi atau temperatur austenit maka difusi karbon dapat mencapai batas jenuhnya yang berdifusi melebihi batas A_{cm} maka akan terjadi atau tumbuh fasa baru yaitu *sementit*.



Gambar 2.2 : Potongan Diagram Fase Fe-Fe₃C (Ilmu Logam 1 oleh Wahid Suherman, 1994)

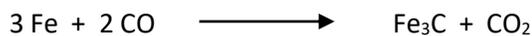
Tebal lapisan permukaan yang mengalami penambahan karbon (*Case Depth*) tergantung pada temperatur pemanasan dan lamanya waktu penahanan pada temperatur pemanasan tersebut. Semakin tinggi karbon dan semakin lama holding time maka semakin banyak penyerapan karbon yang masuk kedalam spesimen.

Keuntungan dari proses ini adalah dapat digunakan pada proses pengerasan permukaan yang relatif tebal. Sedangkan kerugiannya adalah jika lapisan terlalu tebal, pada saat pendinginan (*quenching*) akan retak atau terkelupas, benda uji tersebut mengalami shock karena pendinginan yang tiba-tiba.

b. Menggunakan medium cair atau *Liquid Carburizing*

Pada karburasi yang menggunakan medium cair atau *Liquid Carburizing* biasanya pemanasan benda kerja menggunakan garam cair (*salt bath*) yang terdiri dari campuran *sodium cyanide* (NaCN) atau *potasium cyanide* (KCN) yang berfungsi sebagai karburasi agent yang aktif, dengan natrium karbonat (Na₂CO₃) yang berfungsi sebagai *energizer* dan penurun titik cair garam. Dalam praktek, NaCN lebih banyak digunakan karena relatif lebih murah, lebih banyak menagndung karbon dan titik cair relatif lebih rendah (500⁰ C).

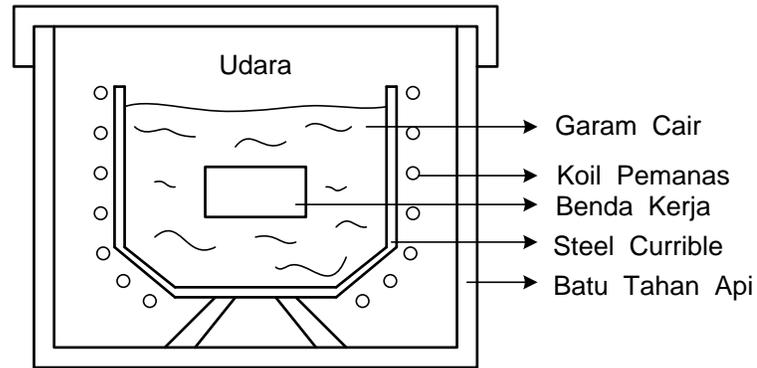
Pada temperatur karburasi (antara 850⁰ C - 900⁰ C), cyanida akan bereaksi :



Dari reaksi tersebut tampak bahwa disamping atom karbon, atom nitrogen ikut juga berdifusi masuk ke dalam baja karbon. Karena nitrogen di dalam baja akan bereaksi membentuk nitrida. Banyaknya karbon dan nitrogen yang terserap tergantung pada temperatur pemanasan dan kadar *cyanide* yang berada di dalam garam cair.

Garam cair atau salt bath untuk *liquid carburizing* biasanya mengandung 40 % - 50 % garam cyanide. Selama pemakaian kandungan cyanide akan berkurang, karena itu komposisi garam cair harus sering – sering diperiksa. Pada garam cair proses difusi berlangsung sangat cepat dan permukaan benda kerja tetap bersih sehingga dapat langsung didinginkan. Hanya saja setelah selesai proses benda kerja harus dibersihkan dari sisa – sisa garam untuk menghindari terjadinya korosi.

Keuntungan dari proses ini adalah dapat mengeraskan baja tetapi tidak lebih dari 0,5 mm, dapat juga untuk benda kerja yang kecil, dan juga proses oksidasi dan dekarbonisasi dapat dicegah.



Gambar 2.3 : Liquid Carburizing

c. Menggunakan medium gas atau GasCarburizing

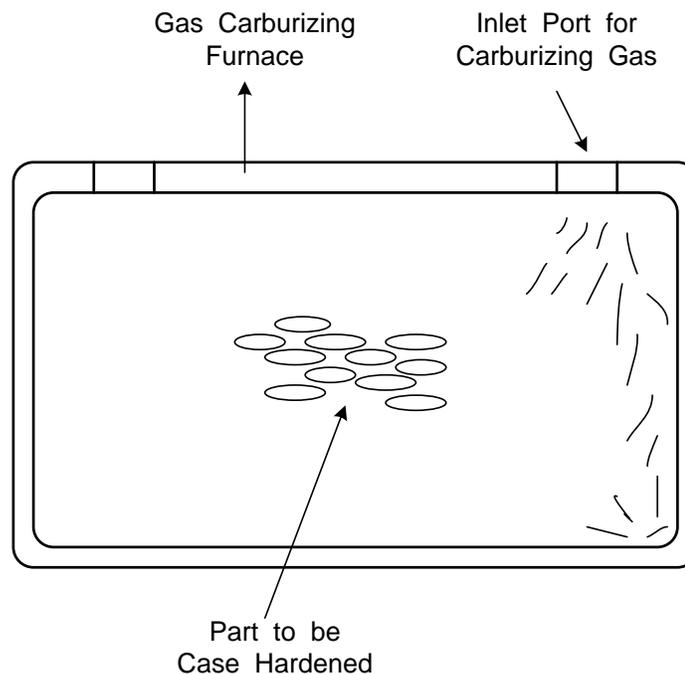
Pada proses karburasi menggunakan medium gas atau gas carburizing, baja dipanaskan didalam dapur pemanas dengan tekanan (*atmosfer*) yang banyak mengandung gas CO dan gas hidrokarbon misalnya methana, ethana, propana, dan lain – lain. Proses ini dilakukan pada tungku pit (*pit furnace*). Pemanasan dilakukan pada temperatur 900⁰ C - 940⁰ C.

Pada temperatur tinggi gas tersebut terdekomposisi menjadi



Pada karburasi gas ini lapisan *hypereutectoid* dapat dihilangkan dengan memberikan suatu difusi period, yaitu dengan menghentikan pengaliran gas karburasi, tetapi mempertahankan temperatur pemanasan. Dengan demikian karbon akan berdifusi lebih ke dalam atau lapisan pada kulit lebih merata.

Disamping itu benda kerja lebih bersih sehingga langsung dapat di dinginkan. Untuk melakukan proses karburasi gas diperlukan suatu dapur yang kedap udara, yang dapat mencegah masuknya udara ke dalam dapur karena masuknya udara ke dalam dapur akan mempengaruhi konsentrasi gas yang terkaburisasi.



Gambar 2.4 : Gas Carburizing

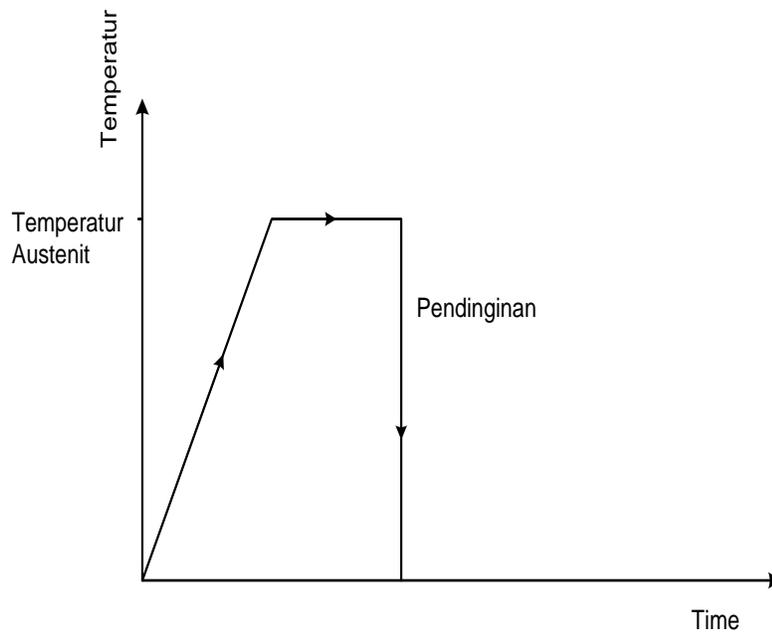
2.3.2. Pendinginan (*Quenching*)

Setelah lapisan kulit mengandung cukup karbon, proses dilanjutkan dengan pengerasan yaitu dengan pendinginan untuk mencapai kekerasan yang tinggi.

Proses pengerasan (*quenching*) dapat dilakukan dengan cara :

- ❖ Pendinginan langsung (*Direct Quenching*) adalah pendinginan secara langsung dari media karburasi.

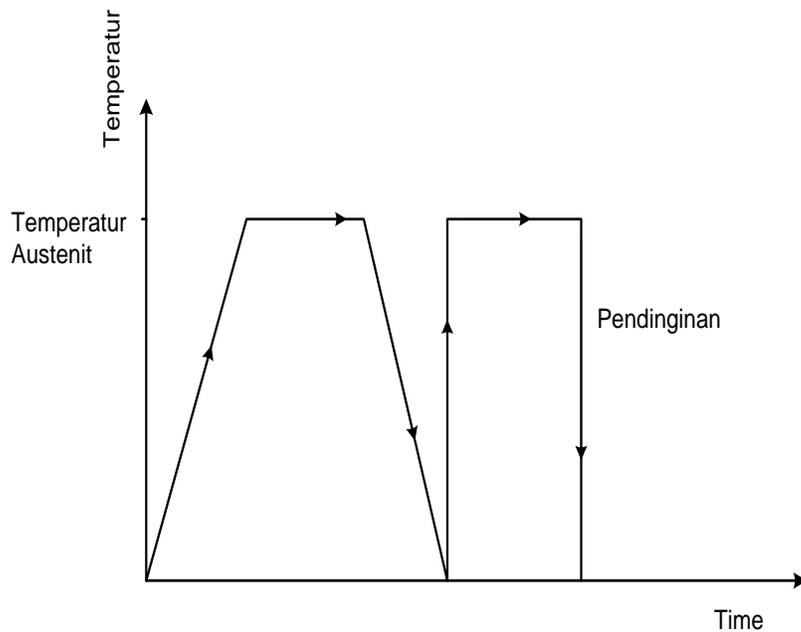
Efek yang timbul adalah kemungkinan adanya pengelupasan pada benda kerja.



Grafik 2.5 : Proses PendinginanLangsung
(*Dirrect Quenching*) (Wahid Suherman, 1994)

- ❖ Pendinginan tunggal (*Single Quenching*) adalah pemanasan dan pendinginan dari benda kerja setelah benda kerja tersebut di karburasi dan telah didinginkan pada suhu kamar.

Tujuan dari metode ini adalah untuk memperbaiki difusitas dari atom – atom karbon, dan agar gradien komposisi lebih halus.

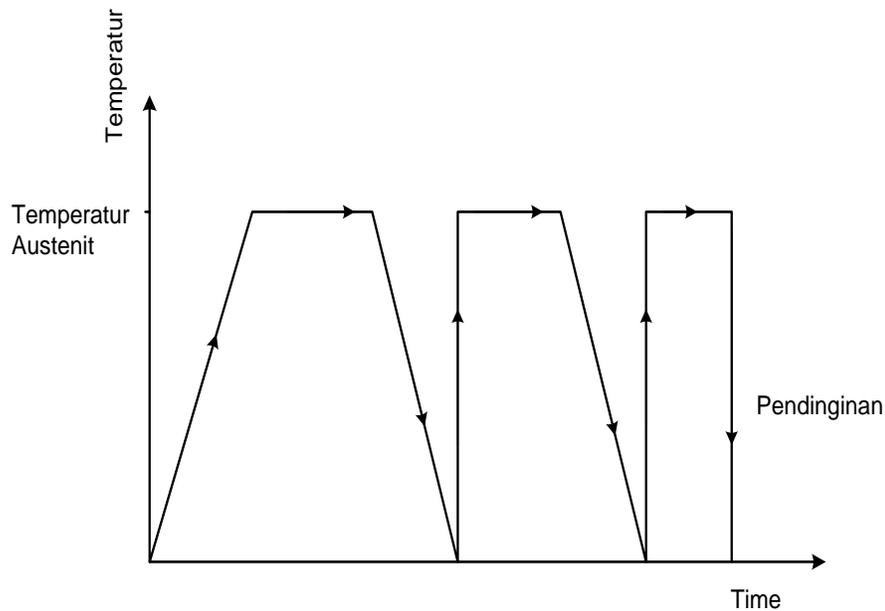


Grafik 2.6 : Proses Pendinginan Tunggal

(*Single Quenching*)(Wahid Suherman, 1994)

❖ *Double Quenching* adalah proses pendinginan atau pengerasan pada benda kerja yang telah di karburasi dan didinginkan pada temperatur kamar kemudian dipanaskan lagi diluar kotak karbon pada temperatur kamar lalu dipanaskan kembali pada temperatur *austenit* dan baru didinginkan cepat.

Tujuan dari metode ini untuk mendapatkan butir struktur yang lebih halus.



Grafik 2.7 : Proses Double Quenching (Wahid Suherman, 1994)

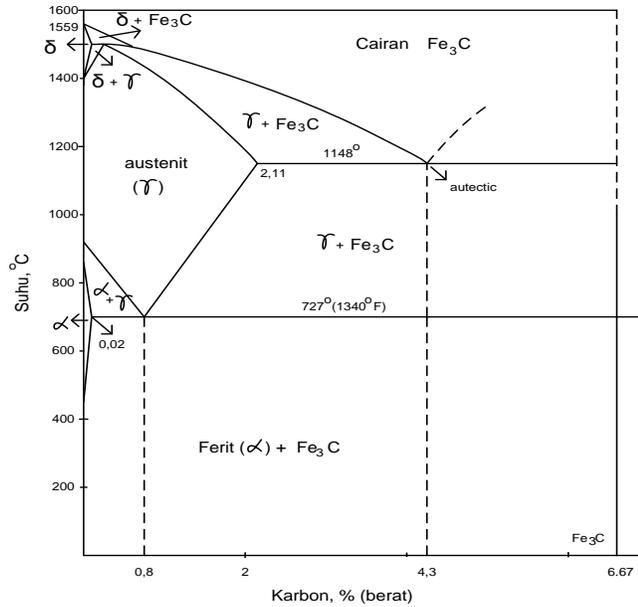
Sifat - sifat yang dimiliki baja karbon setelah Proses Karburasi sebagai berikut :

1. Kekerasan permukaan tinggi dan tahan aus.
2. Tahan temperatur tinggi.
3. Umur lelah lebih tinggi.

2.4. Transformasi Fase Pada Saat Pemanasan

Transformasi fase yang terjadi pada saat pemanasan dapat dipelajari dari diagram keseimbangan (diagram fase) besi karbida – baja. Baja karbon rendah pada diagram fase terletak dibawah ini, termasuk dalam baja *hypoutektoid*.

Pada temperatur kamar baja karbon rendah terdiri dari butir – butir kristal ferit dan perlit dengan jumlah butir ferit lebih banyak dari butir perlit. Perbandingan jumlah buntir ferit dan perlit tersebut sesuai dengan jumlah kadar karbon yang terkandung dalam baja karbon rendah tersebut.

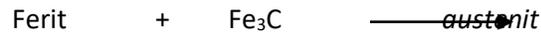


Gambar 2 .8 : Diagram fasa Fe – Fe₃C (Ilmu Logam 1 oleh Wahid Suherman, 1994)

Semakin banyak jumlah kadar karbon semakin sedikit jumlah butir ferit dan semakin banyak butir perlitnya.

Pada baja karbon rendah jika dipanaskan hanya sampai temperatur dibawah temperatur krisis A₁, maka belum tampak adanya perubahan struktur mikro. Dalam struktur mikro masih terlihat butir ferit dan perlit. Tetapi bila pemanasan dilanjutkan hingga tepat pada temperatur kritis A₁, maka perlit akan mengalami reaksi eutektoid. Dimana butir ferit dan sementit dari perlit akan bereaksi menjadi austenit.

Reaksi eutektoid pada saat pemanasan :



Reaksi *eutektoid* ini berlangsung pada temperatur konstan dan temperatur tidak akan naik sebelum reaksi eutektoid selesai atau seluruh ferit dan sementit didalam perlit habis menjadi austenit. Setelah perlit habis dan mulai terjadi kenaikan temperatur, maka ferit – preutektoid akan mulai mengalami transformasi allotropik, ferit yang mempunyai bentuk struktur kristal BCC (*body centre cubic*) akan berubah menjadi austenit yang FCC (*face centre cubic*). Transformasi ini berlangsung bersamaan dengan naiknya temperatur. Makin tinggi temperatur pemanasan makin banyak ferit yang bertransformasi menjadi austenit. Transformasi dari ferit ke austenit selesai ditunjukkan pada garis A_3 , jadi diatas A_3 struktur yang terjadi adalah austenit dengan bentuk kristal FCC (*face center cubic*)

2.5. Transformasi Fase Pada Saat Pendinginan

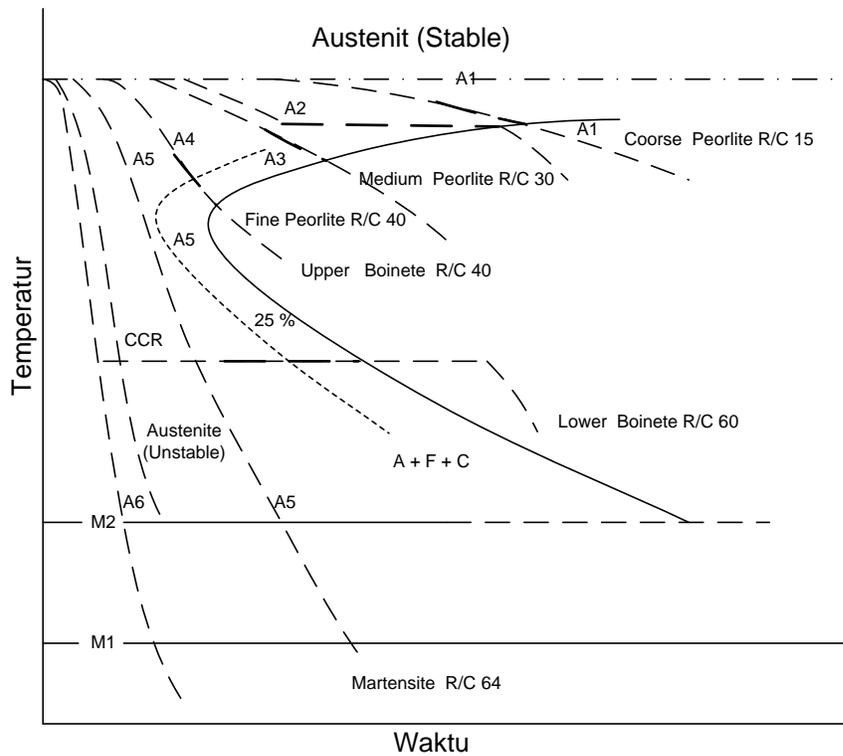
Dalam suatu proses perlakuan panas, setelah pemanasan mencapai temperatur yang ditentukan dan diberi waktu penahanan panas (*Holding time*) secukupnya maka dilakukan pendinginan dengan laju tertentu. Struktur mikro yang terjadi setelah pendinginan akan tergantung pada laju pendinginan. Karena sifat mekanik dari baja setelah akhir suatu proses perlakuan panas akan ditentukan oleh laju pendinginan.

Transformasi austenit pada pendinginan memegang peranan penting terhadap sifat dari baja karbon. Austenit dari baja hypoutektoid bila didinginkan secara lambat pada temperatur A_3 mulai membentuk inti kristal austenit. Transformasi ini terjadi karena perubahan allotropik dari besi gamma (*austenit*) ke alpha (*ferrit*).

Karena ferit hanya dapat melarutkan karbon dalam jumlah yang sangat kecil maka kandungan karbon dalam austenit akan semakin besar bila ferit yang tumbuh banyak (dengan makin turunnya temperatur). Besarnya kandungan karbon dalam temperatur kritis A_3 , sehingga pada saat temperatur mencapai temperatur kritis A_1 , komposisi austenit sama dengan komposisi eutektoid dan pada waktu itu austenit berdeformasi menjadi perlit.

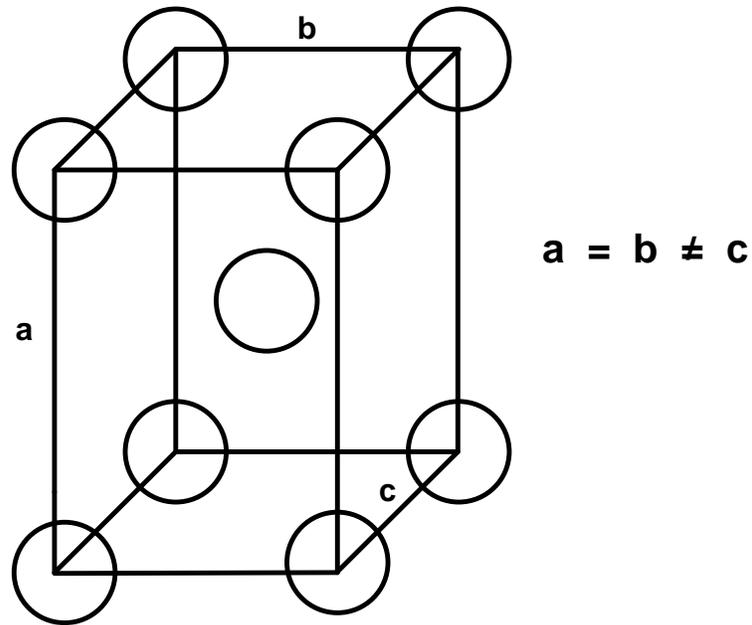
Tumbuhnya perlit diawali dengan tumbuhnya inti sementit pada batas butir austenit. Untuk tumbuhnya sementit diperlukan sejumlah besar karbon yang akan diperoleh dari austenit sekitarnya. Sehingga austenit disekitar sementit miskin karbon dan menjadi ferit. Perpindahan atom ini berlangsung secara difusi, oleh karena itu memerlukan waktu yang cukup.

Pada proses case hardening bila austenit didinginkan secara cepat, maka transformasi sementit (karbida besi) tidak terjadi dan produk transformasi austenit akan berubah menjadi fasa baru yang dikenal sebagai bainit dan martensit. Bainit terbentuk bila austenit didinginkan dengan cepat hingga mencapai temperatur tertentu. Transformasi bainit ini disebabkan sebagian karena proses difusi dan sebagian lagi karena proses tanpa difusi.



Gambar 2.9 : Kurva Pendinginan (Ilmu Logam 1 oleh Wahid Suherman, 1994)

Martensit dapat terjadi bila austenit didinginkan cepat sekali hingga temperatur dibawah temperatur pembentukan bainit. Martensit terbentuk karena transformasi tanpa difusi. Keadaan ini menimbulkan distorsi dan kekerasan yang terjadi sangat tergantung pada kadar karbon.



Gambar 2.10 : Bentuk Struktur Kristal BCT

2.6. Pengujian Mekanis

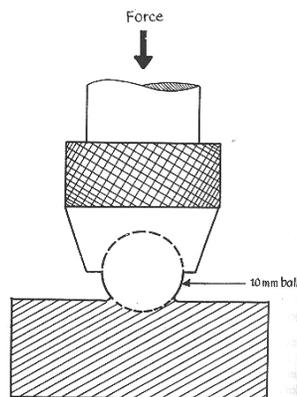
Tujuan pengujian mekanis yaitu:

1. Untuk mengevaluasi (*evaluate*) sifat mekanis dasar untuk dipakai dalam disain.
2. Untuk memprediksi (*predict*) performa (unjukkerja) material dibawah kondisi pembebanan.
3. Untuk memperoleh (*provide*) data sifat mekanisdari material seperti kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), elastisitas (*elasticity*), plastisitas (*plasticity*) & ketangguhan (*toughness & resilience*)

2.7. Pengujian Kekerasan *Brinell*

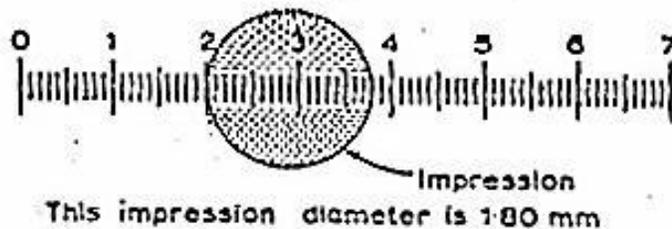
Metode ini diperkenalkan pertama kali oleh J.A. Brinell pada tahun 1900. Pengujian kekerasan dilakukan dengan memakai bola baja yang diperkeras (*hardened steel ball*) dengan beban dan waktu indentasi tertentu, sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 2.1. Hasil penekanan adalah jejak berbentuk lingkaran bulat, yang harus dihitung diameternya di bawah mikroskop khusus pengukur jejak. Contoh pengukuran hasil penjejakan diberikan oleh Gambar 2.2. Pengukuran nilai kekerasan suatu material diberikan oleh rumus:

$$\text{BHN} = \frac{P}{\pi \cdot \frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2.1)$$



Gambar 2.11. Skematis Prinsip Indentasi Dengan Metode Brinell

Prosedur standar pengujian mensyaratkan bola baja dengan diameter 10 mm dan beban 3000 kg untuk pengujian logam-logam ferrous, atau 500 kg untuk logam-logam non-ferrous. Untuk logam-logam ferrous, waktu indentasi biasanya sekitar 10 detik sementara untuk logam-logam non-ferrous sekitar 30 detik. Walaupun demikian pengaturan beban dan waktu indentasi untuk setiap material dapat pula ditentukan oleh karakteristik alat penguji. Nilai kekerasan suatu material yang dinotasikan dengan 'HB' tanpa tambahan angka di belakangnya menyatakan kondisi pengujian standar dengan indenter bola baja 10 mm, beban 3000 kg selama waktu 1–15 detik. Untuk kondisi yang lain, nilai kekerasan HB diikuti angka-angka yang menyatakan kondisi pengujian. Contoh: 75 HB 10/500/30 menyatakan nilai kekerasan Brinell sebesar 75 dihasilkan oleh suatu pengujian dengan indenter 10 mm, pembebanan 500 kg selama 30 detik.



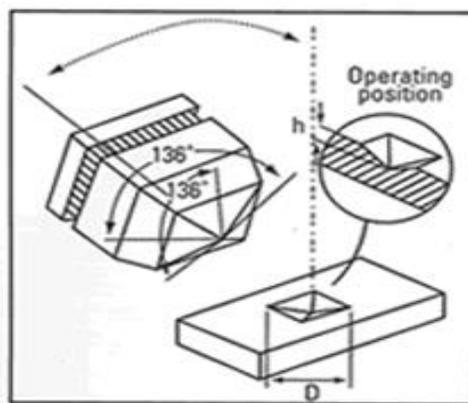
Gambar 2.12. Pengukuran hasil penekanan dengan Metode Brinell

2.8. Pengujian Kekerasan *Vickers*

Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan seperti pada gambar 2.13 yang pada dasarnya berbentuk bujursangkar. Besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136° . Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antar diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell (dieter, 1987).

Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya. Luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut :

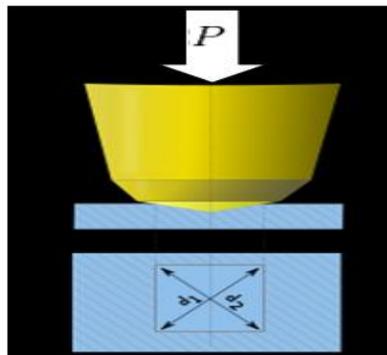
$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \quad (2.2)$$



Gambar 2.13. Contoh indentor piramid aintan

Karena jejak yang dibuat dengan penekanan piramida serupa secara geometris dan tidak terdapat persoalan mengenai ukurannya, maka VHN tidak tergantung kepada beban. Pada umumnya hal ini dipenuhi, kecuali pada beban yang sangat ringan. Beban yang biasanya digunakan pada uji vickers berkisar antara 1 hingga 120 kg. Tergantung pada kekerasan logam yang akan diuji. Hal hal yang menghalangi keuntungan pemakaian metode *vickers* adalah :

1. Uji ini tidak dapat digunakan untuk pengujian rutin karena pengujian ini sangat lamban.
2. Memerlukan persiapan permukaan benda uji.
3. Terdapat pengaruh kesalahan manusia yang besar pada penentuan panjang diagonalnya.

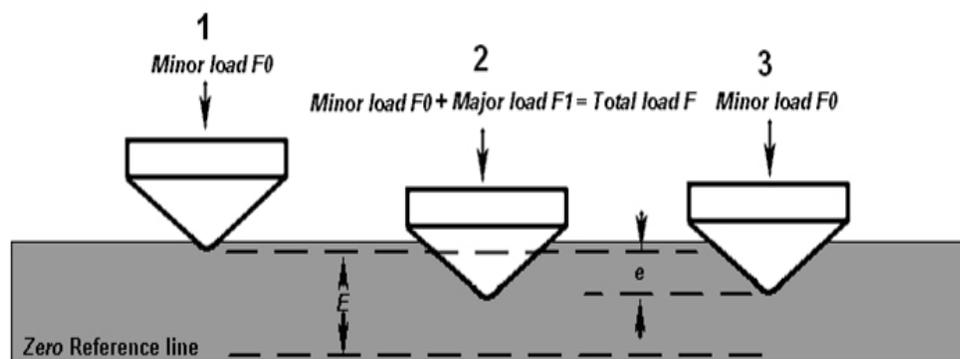


Gambar 2.14. Penekanan indenter pada specimen

2.9. Pengujian Kekerasan Rockwell

Pengujian rockwell menggunakan indenter bola baja diameter standar (diameter 10 mm, diameter 5 mm, diameter 2.5 mm, dan diameter 1 mm) dan indenter kerucut intan. Pengujian ini tidak membutuhkan kemampuan khusus karena hasil pengukuran dapat terbaca langsung. Tidak seperti metoda pengujian Brinell dan *Vickers* yang harus dihitung menggunakan rumus terlebih dahulu.

Pengujian ini menggunakan 2 beban, yaitu beban minor/minor load (F_0) = 10 kgf dan beban mayor/mayor load (F_1) = 60 kgf sampai dengan 150 kgf tergantung material yang akan di uji dan tergantung menu rockwell yang dipilih (HRC, HRB, HRG, HRD), apabila kekerasannya sama sekali belum diketahui kita harus menggunakan rockwell HRC. HRC menggunakan indenter kerucut intan dan beban 150 kgf. Ini dimaksudkan untuk mencegah rusaknya indenter karena kalah keras dibandingkan material yang di uji. Seperti yang kita tahu bahwa intan adalah logam paling keras saat ini.



Gambar 2.15. Contoh penekanan beban pada specimen

Beban minor sebesar 10kgf diberikan dengan tujuan untuk menyamaratakan semua permukaan benda uji. Dengan adanya sedikit penekanan tersebut membuat material yang akan di uji tidak perlu di persiapkan sehalus dan semengkilap mungkin, cukup bersih dan tidak berkarat. Perbedaan kedalaman hasil indentasi berdampak pada tingkat kekerasan material. Semakin dalam indentasi semakin lunak material yang kita uji.

Dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk mencari besarnya kekerasan dengan metode Rockwell.

$$HR = E - e \quad (2.3)$$

Untuk tiap jenis indentor berbeda-beda yang bisa dilihat pada table 2.1

HR = Besarnya nilai kekerasan dengan metode hardness Tabel dibawah ini merupakan skala yang dipakai dalam pengujian Rockwell skala dan range uji dalam skala.

Tabel2.1 Rockwell Hardness Scales

Scale	Indentor	F0 (kgf)	F1 (kgf)	F (kgf)	E	Jenis Material Uji
A	Diamond cone	10	50	60	100	Extremely hard materials, tugsen carbides, dll
B	1/16" steel ball	10	90	100	130	Medium hard materials, low dan medium carbon steels, kuningan, perunggu, dll
C	Diamond cone	10	140	150	100	Hardened steels, hardened and tempered alloys
D	Diamond cone	10	90	100	100	Annealed kuningan dan tembaga
E	1/8" steel ball	10	90	100	130	Beryllium copper, phosphor bronze, dll
F	1/16" steel ball	10	50	60	130	Alumunium sheet
G	1/16" steel ball	10	140	150	130	Cast iron, alumunium alloys
H	1/8" steel ball	10	50	60	130	Plastik dan soft metals seperti timah

Komposisi kimia :

Fe = 99,51 %

C = 0,07 %

Si = 0,02 %

P = 0,063 %

Mn = 0,317 %

Bahan yang digunakan :

1. Plat Strip

Plat ini digunakan sebagai bahan uji kekerasan dengan ukuran panjang 50 mm, lebar 25 mm dan tebal 5 mm.



Gambar 3.1 Plat Baja Strip

2. Kawat

Berfungsi sebagai pengikat benda uji agar memudahkan dalam pengambilan dari kotak sementasi pada waktu proses pendinginan.

3. Bubuk karbon (arang tempurung kelapa).

Berfungsi sebagai bahan penambah untuk proses carburizing yang mana benda kerja dimasukkan ke dalam kotak yang berisi bubuk karbon dan ditutup rapat kemudian dipanaskan pada temperatur 875°C



Gambar 3.2 Bubuk karbon

4. Kotak sementasi (kotak karbon)



gambar 3.3 Kotak Sementasi

Kotak sementasi harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Harus rapat sehingga tidak memungkinkan adanya kebocoran dari gas yang terbentuk.
- Tahan suhu tinggi untuk waktu yang relatif lama.
- Sesuai untuk bentuk dan ukuran benda kerja yang akan diproses.
- Memiliki sifat mekanik yang memadai sehingga tidak terjadi perubahan bentuk pada saat mengalami pemanasan pada waktu yang cukup lama.
- Relatif ringan.

Biasanya bahan Sementasi terbuat dari :

- a. Baja Cr – Ni
- b. Bahan ini harganya relatif mahal, tetapi bahan ini sangat stabil pada suhu yang tinggi serta relatif ringan.
- c. Baja lunak, murah tetapi masa pakainya singkat.
- d. Besi cor, relatif tebal (rata – rata diatas 10 mm) agar masa pakainya menjadi panjang.

5. Penjepit

Berfungsi untuk pengambilan kotak karbon dari tungku dan benda uji dari kotak karbon.



Gambar 3.4 Penjepit

6. Media pendingin dalam penelitian ini berbahan:

1. Oli SAE 40



Gambar 3.5. Pelumas (Oli SAE 40)

3.4. Alat Yang Digunakan

1. Dapur Treatment

Dapur treatment merk Nabertherm model LT 5/12/B180 max temperatur 1200⁰C dimensi P x L x T 220x220x130. Digunakan untuk mendapatkan suhu *quenching* specimen.



Gambar 3.6. Dapur Treatment

2. Mesin *hardness tester Rockwell*

Mesin *Hardness Tester Rockwell* merk future tech model LC-200B. Digunakan untuk mengukur kekerasan material.



Gambar 3.7. *Hardnesstester Rockwell*

Spesifikasi

Mesin	: <i>Hardness Tester Rockwell</i> Type LC-200B
Display & Operation Panel	: 8- Color LCD Touch Panel Display
Max. Height Of Specimen	: 255 mm (10")
Max. Depth Of Specimen	: 170 mm (6.7")
Dimensions	: (W) 220× (D) 465× (H) 810 mm
Power Supply	: AC 100~240 V 50/60 Hz

3.4.1. Peralatan Pendukung

Adapun peralatan peralatan yang digunakan pada pengujian yang akan dilakukan antara lain :

1. Sarung Tangan

Sarung tangan di gunakan untuk melindungi tangan dari larutan kimia dan panas pada saat proses *pack carburazing* .



Gambar 3.8. Sarung Tangan

2. Masker

Masker di gunakan untuk melindungi pernapasan dari gas-gas yang ditimbulkan oleh bahan-bahan pada saat proses *pack carburazing*. Seperti pada gambar 3.9. berikut.



Gambar 3.9. Masker

3. Kaca Mata

Kacamata digunakan untuk melindungi mata dari kontak langsung terhadap panas dan larutan kimia yang berbahaya .Seperti pada gambar 3.10 sebagai berikut.



Gambar 3.10. Kacamata

4. Racunapi (*Fire Extiguiser*)

Racunapi (*FireExtiguiser*) digunakan untuk memadamkan api apabila hal-hal yang tidak diinginkan terjadi.Seperti pada gambar 3.11 berikut:



Gambar 3.11.Racunapi (*Fire Extiguiser*)

3.5. Perencanaan Penelitian

Adapun perencanaan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Persiapan

Sebelum proses pemanasan dimulai, pertama – tama yang harus dilakukan adalah memberi tanda terhadap benda uji. Hal tersebut dilakukan karena proses karburasi untuk satu benda uji dengan benda uji yang lainnya mempunyai perlakuan yang berbeda.

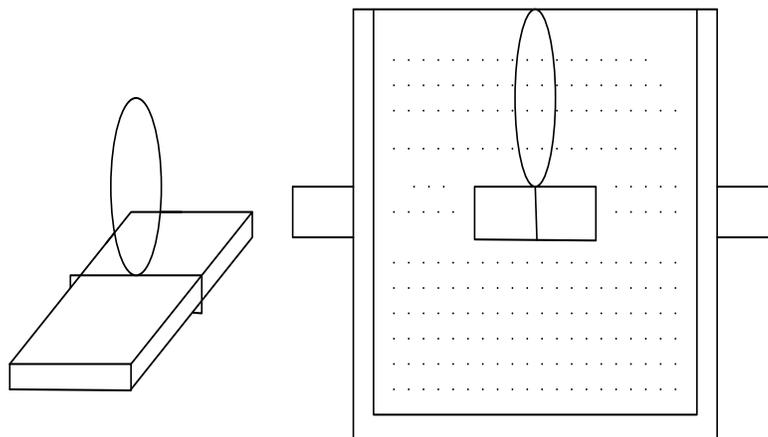
Tanda yang diberikansepertitabelberikut :

Tabel 3.2 Tabelpersiapan

Tanda Spesimen	Waktu Penahanan (Holding Time)	Media Pendinginan (Quenching)
A	15 Menit	Oli
B	30 Menit	Oli
C	45 Menit	Oli
Z	Tanpa proses perlakuan panas	

Kotak sementasi diisi dengan bubuk karbon .

Spesimen sebelum dimasukkan ke kotak sementasi harus diikat dahulu dengan kawat.

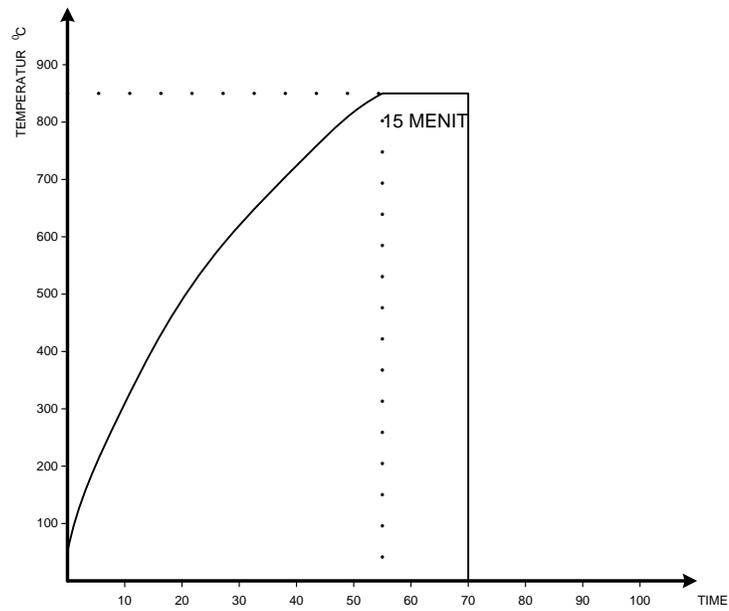


Gambar 3.12 Pengikatan spesimen dengan kawat

b. Pemanasan

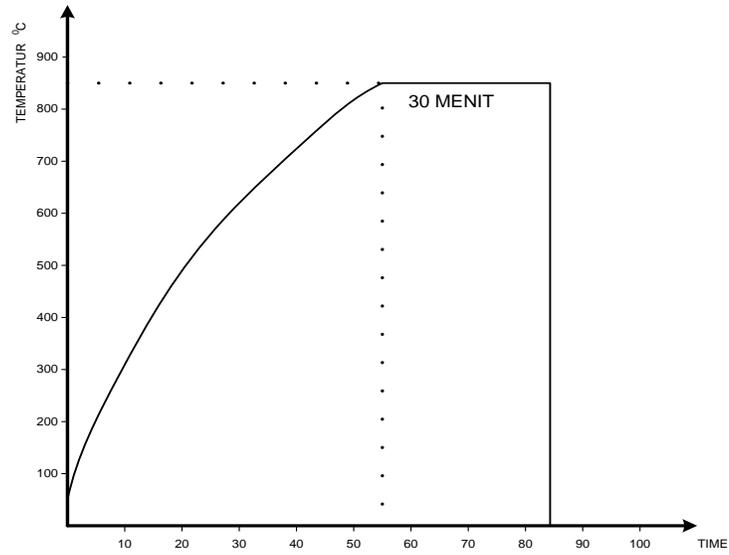
Oven dihidupkan, kemudian kotak sementasi dimasukkan dan temperatur diatur 875⁰ C. Proses pemanasan dilakukan dengan1 spesimen sesuai dengan penahanan waktu pemanasan yang telah ditentukan pada benda uji tersebut yaitu :

Proses pemanasan I : Benda uji A, waktu penahanan temperatur 15 menit.



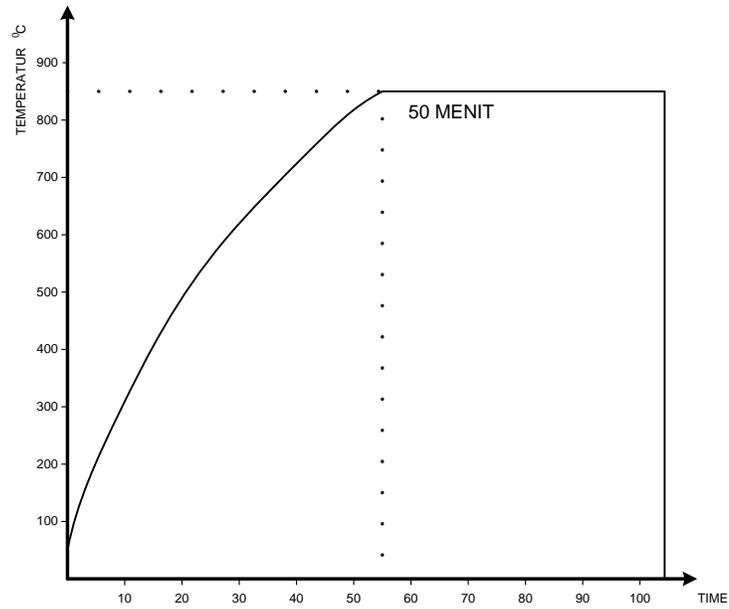
Gambar 3.13 : Grafik Proses Pemanasan I (Darmanto, 2006)

Proses pemanasan II : Benda uji B, waktu penahanan temperatur 30 menit.



Gambar 3.14 : Grafik Proses Pemanasan II (Darmanto, 2006)

Proses pemanasan III : Benda uji C, waktu penahanan temperatur 45 menit



Gambar 3.15 : Grafik Proses Pemanasan III (Darmanto, 2006)

c. Pendinginan

Pendinginan dilakukan setelah waktu penahanan temperatur tercapai dengan cara langsung dari media karburasi (Direct Quenching). Media pendinginan menggunakan Oli SAE 40.

3.6. Pengujian Kekerasan

Setelah dilakukan pemanasan dan penahanan kemudian specimen plat baja ST 30 dengan tebal 5 mm di dinginkan dengan cepat dengan menggunakan media pendingin. pengujian kekerasan yang akan dilakukan pada specimen yaitu pengujian kekerasan Rockwell, dengan beban penekanan 100 kg, diameter penekan 1/16 “ dan waktu penekanan 10 detik.

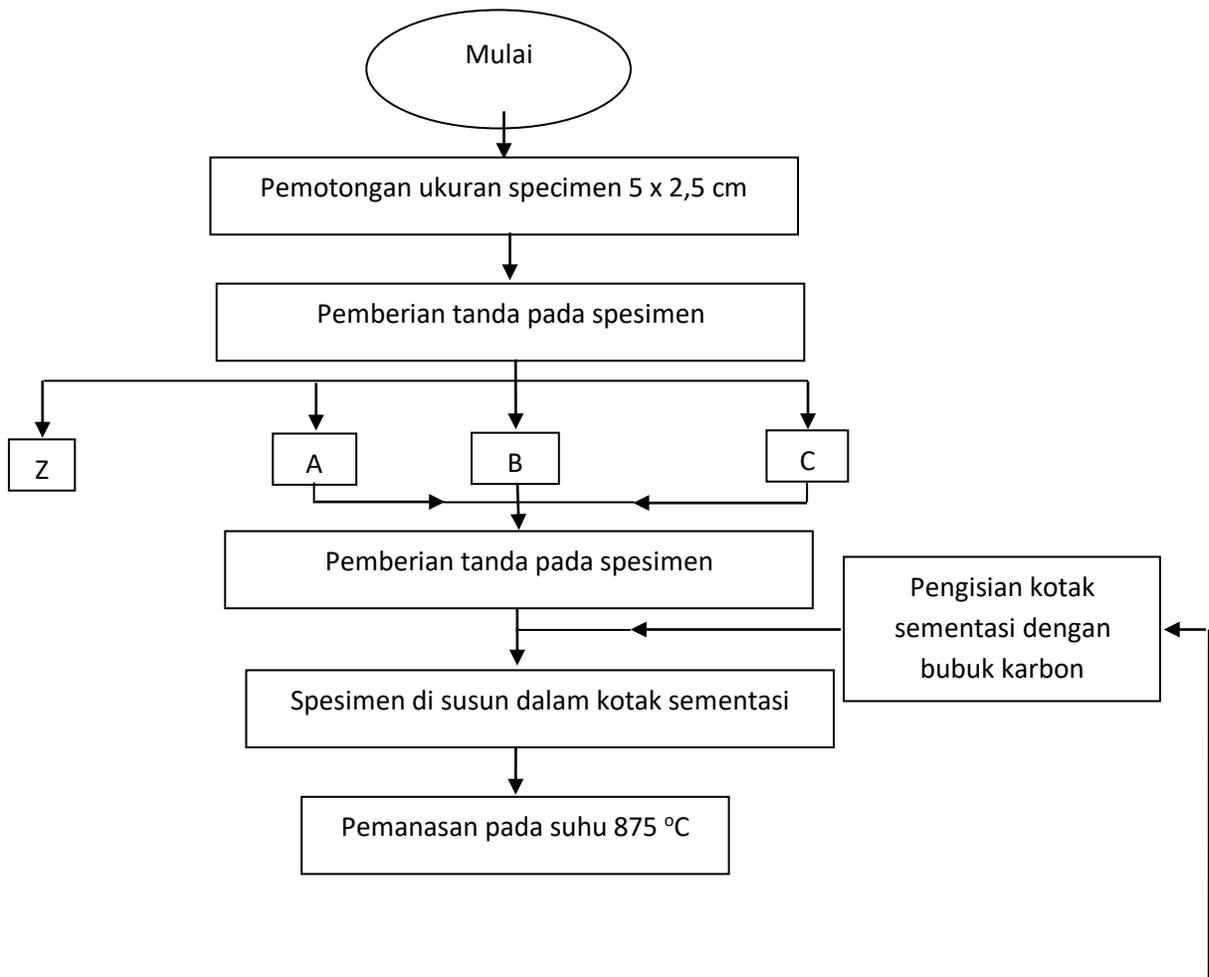
Agar dapat lebih jelas maka penulis menyusun parameter-parameter pengujian, mulai dari nilai temperatur, jenis-jenis media pendingin, diameter hasil penekanan pada pengujian kekerasan Rockwell untuk mendapatkan harga kekerasan material yang diuji dengan satuan HRB (*Hardness Rockwell Number B*), parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 3.16 seperti pada tabel di bawah ini :

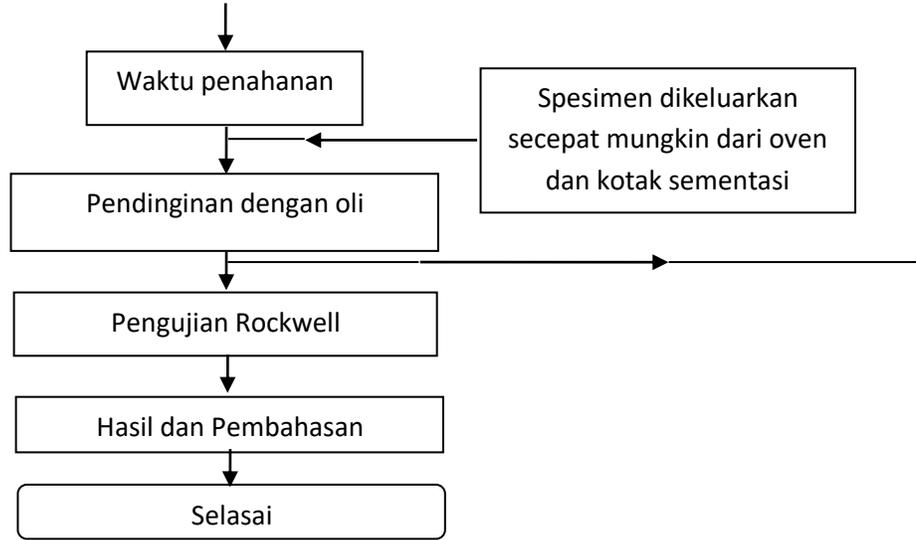
Tabel 3.3. Parameter pengujian

Temperatur	Penahanan Waktu	Hasil Pengujian Rockwell
875 ⁰ C		1
	A (15 menit)	2
		3
		1
	B (30 menit)	2
		3

	1
C (45 menit)	2
	3
Z	1
(Tanpa perlakuan Panas)	2
	3

3.6. Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.16 Diagram Alir Penelitian

BAB 4

DATA DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian Rockwell yang dilakukan terhadap baja karbon rendah dengan proses Pack Carburizing maka didapat hasil yaitu berupa perubahan sifat mekanis dari benda uji.

4.1. Hasil Data Pengujian Kekerasan

Hasil dari data pengujian kekerasan rockwell specimen tanpa perlakuan panas dan setelah di proses *Pack Carburizing* di dapat dilihat pada tabel 4.1. dan 4.2. sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell Tanpa Perlakuan Panas

No	JenisBahan	Temperatur Pemanasan	Kode	Nilai HRB	Rata – rata
----	------------	----------------------	------	-----------	-------------

1	Tanpa Perlakuan panas	I	71,23	70,85
		II	70,93	
		III	70,40	

Sumber :Laboratorium dan Workshop T.Mesin UNIMED

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kekerasan baja karbon rendah tanpa perlakuan panas dengan pengujian Rockwell sebesar 70,85 HRB.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell setelah proses Pack Carburizing dalam waktu penahanan 15 menit, 30 menit dan 45 menit

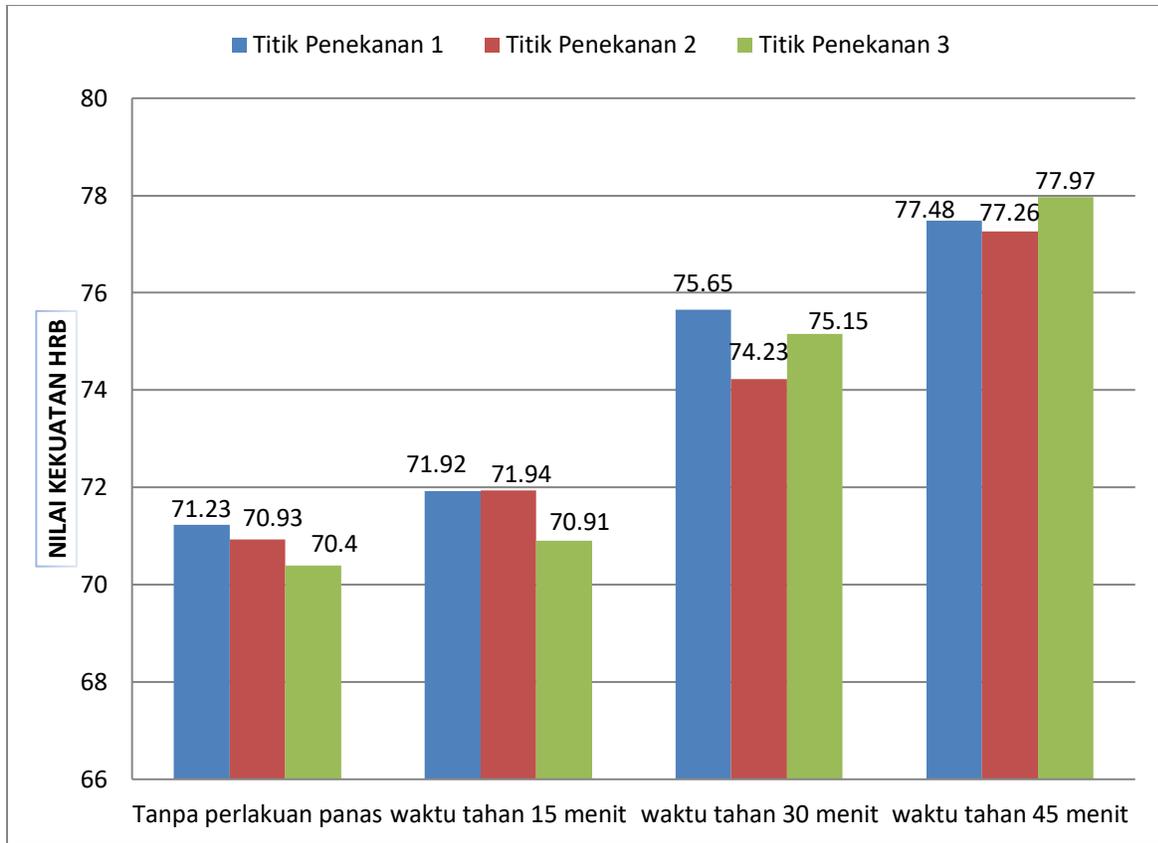
No	Waktu Penahanan (Holding Time)	Temperatur Pemanasan	Kode	Nilai HRB	Rata-rata
1.	15 menit	875 ⁰ C	I	71,92	71,59
			II	71,94	
			III	70,91	
2.	30 menit	875 ⁰ C	I	75,61	75,00
			II	74,23	
			III	75,15	
3.	45 menit	875 ⁰ C	I	77,48	77,57
			II	77,26	
			III	77,97	

Sumber :Laboratorium dan Workshop T.Mesin UNIMED

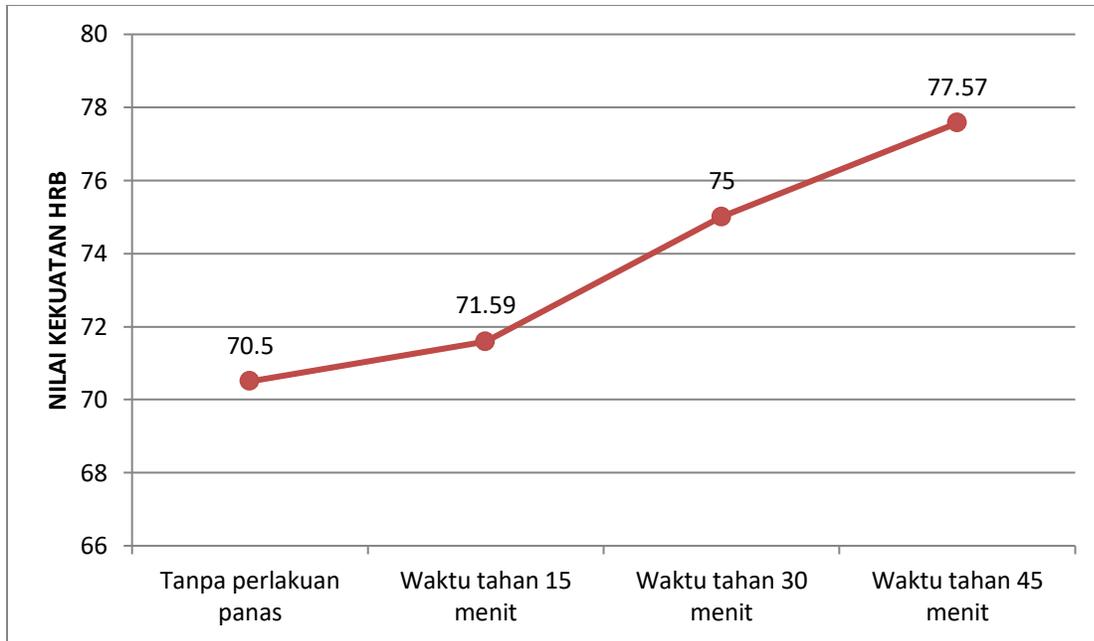
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kekerasan baja karbon rendah setelah proses pack carburizing dengan pengujian Rockwell dalam waktu penahanan 15 menit sebesar 71,59 HRB, dalam waktu penahanan 30 menit sebesar 75 HRB dan dalam waktu penahanan 45 menit sebesar 77,57 HRB.

4.2. Pembahasan

Dari hasil data tabel 4.1 dan tabel 4.2 maka di dapat lah hasil grafik pengujian sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Rockwell Tanpa Perlakuan Panas, waktu tahan 15 menit, waktu tahan 30 menit dan waktu tahan 45 menit



Gambar 4.4 Grafik Rata - rata Pengujian Rockwell Tanpa Perlakuan Panas, waktu tahan 15 menit, waktu tahan 30 menit dan waktu tahan 45 menit

Dari data hasil pengujian yang telah ditabelkan pada tabel 4.1 dan 4.2 yang kemudian digrafikkan pada gambar grafik 4.3 dan 4.4 menunjukkan bahwa spesimen ST 30 mengalami perubahan kekerasan yaitu pada specimen tanpa perlakuan panas sebesar 70,85 HRB, lalu ketika pada saat penahanan 15 menit sebesar 71,59 HRB, kemudian pada saat penahanan 30 menit sebesar 75,00 HRB dan pada saat penahanan 45 menit sebesar 77,57 HRB.

BAB 4

DATA DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian Rockwell yang dilakukan terhadap baja karbon rendah dengan proses Pack Carburizing maka didapat hasil yaitu berupa perubahan sifat mekanis dari benda uji.

4.2. Hasil Data Pengujian Kekerasan

Hasil dari data pengujian kekerasan rockwell specimen tanpa perlakuan panas dan setelah di proses *Pack Carburizing* di dapat dilihat pada tabel 4.1. dan 4.2. sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell Tanpa Perlakuan Panas

No	JenisBahan	Temperatur Pemanasan	Kode	Nilai HRB	Rata – rata
1	TanpaPerlakuan panas		I	71,23	70,85
			II	70,93	
			III	70,40	

Sumber :Laboratorium dan Workshop T.Mesin UNIMED

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa kekrasan baja karbon rendah tanpa perlakuan panas dengan pengujian Rockwell sebesar 70,85 HRB.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell setelah proses Pack Carburizing dalam waktu penahanan
15 menit, 30 menit dan 45 menit

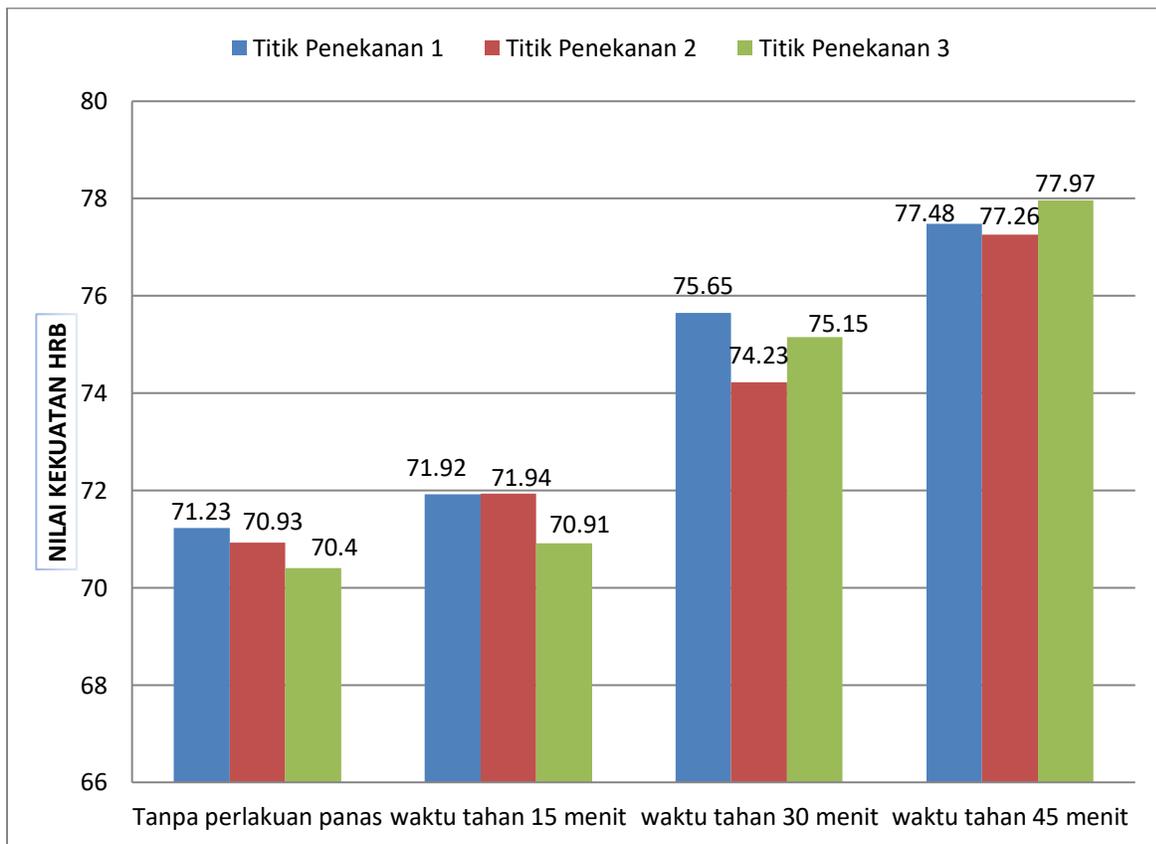
No	Waktu Penahanan (Holding Time)	Temperatur Pemanasan	Kode	Nilai HRB	Rata-rata
1.	15 menit	875 ⁰ C	I	71,92	71,59
			II	71,94	
			III	70,91	
2.	30 menit	875 ⁰ C	I	75,61	75,00
			II	74,23	
			III	75,15	
3.	45 menit	875 ⁰ C	I	77,48	77,57
			II	77,26	
			III	77,97	

Sumber :Laboratorium dan Workshop T.Mesin UNIMED

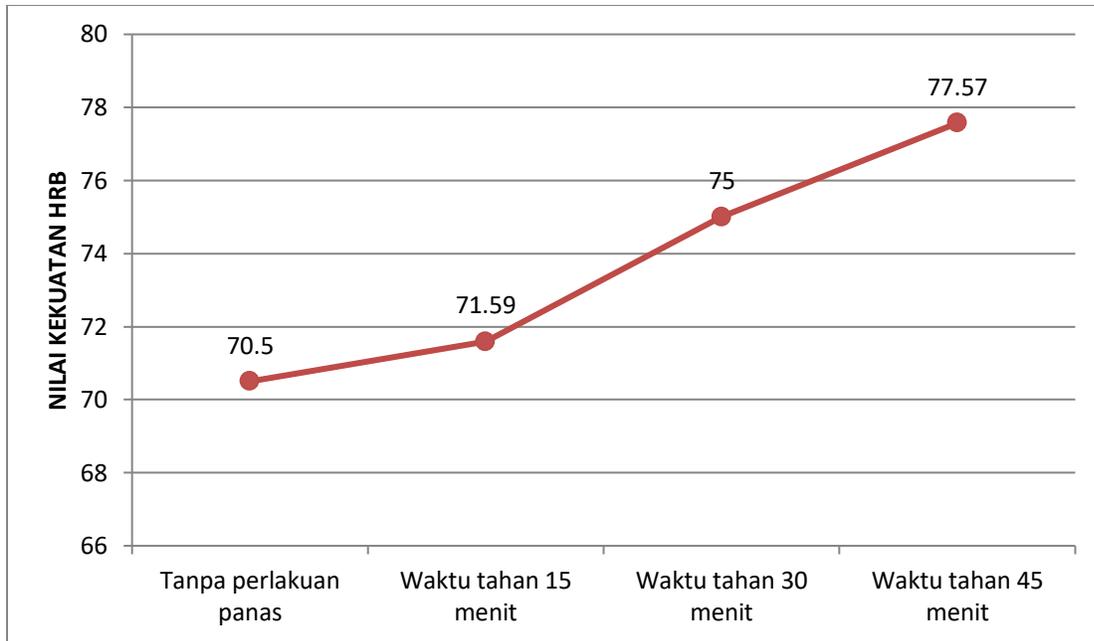
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kekrasan baja karbon rendah setelah proses pack carburizing dengan pengujian Rockwell dalam waktu penahanan 15 menit sebesar 71,59 HRB, dalam waktu penahanan 30 menit sebesar 75 HRB dan dalam waktu penahanan 45 menit sebesar 77,57 HRB.

5.2. Pembahasan

Dari hasil data tabel 4.1 dan tabel 4.2 maka di dapat lah hasil grafik pengujian sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Rockwell Tanpa Perlakuan Panas, waktu tahan 15 menit, waktu tahan 30 menit dan waktu tahan 45 menit



Gambar 4.4 Grafik Rata - rata Pengujian Rockwell Tanpa Perlakuan Panas, waktu tahan 15 menit, waktu tahan 30 menit dan waktu tahan 45 menit

Dari data hasil pengujian yang telah ditabelkan pada tabel 4.1 dan 4.2 yang kemudian digrafikkan pada gambar grafik 4.3 dan 4.4 menunjukkan bahwa spesimen ST 30 mengalami perubahan kekerasan yaitu pada specimen tanpa perlakuan panas sebesar 70,85 HRB, lalu ketika pada saat penahanan 15 menit sebesar 71,59 HRB, kemudian pada saat penahanan 30 menit sebesar 75,00 HRB dan pada saat penahanan 45 menit sebesar 77,57 HRB.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian rockwell dan variasi data serta pembahasan pada proses *Pack carburizing* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengujian Rockwell specimen baja karbon rendah ST 30 Tanpa perlakuan panas sebesar 70,85 HRB.
2. Pengujian kekerasan Rockwell pada specimen baja karbon rendah ST 30 setelah proses *Pack Carburizing* dengan waktu tahan 15 menit sebesar 71,59 HRB.
3. Pengujian kekerasan Rockwell pada specimen baja karbon rendah ST 30 setelah proses *Pack Carburizing* dengan waktu tahan 30 menit sebesar 75,00 HRB.
4. Pengujian kekerasan Rockwell pada specimen baja karbon rendah ST 30 setelah proses *Pack Carburizing* dengan waktu tahan 45 menit sebesar 77,57 HRB.
5. Semakin lama waktu penahan (Holding Time) maka semakin tebal difusi karbon pada benda uji dan dengan adanya penambahan unsur karbon pada permukaan maka kekerasan permukaan benda uji bertambah keras. Hal tersebut dapat diketahui dengan melihat hasil kekerasan pengujian rockwel pada specimen.
6. Dengan pendinginan langsung dapat mempengaruhi kekerasan permukaan benda uji, hal tersebut dapat diketahui dengan melihat hasil hasil kekerasan benda uji.

5.2. Saran

Saran yang diberikan sehubungan dengan penelitian tentang *Pack Carburizing* :

1. Tujuan perlakuan panas (*heat treatment*) akan dapat dicapai sesuai karakteristik bahan dan jenis – jenis perlakuan panas. Jenis perlakuan panas dipengaruhi oleh suhu panas yang ditentukan dari kadar karbon dan unsur lainnya.
2. Dimensi spesimen di sesuaikan dengan kemampuan alat uji. Pemanasan specimen dalam dapur harus memperhatikan jarak antar specimen dan waktu penahanannya, saat mendinginkan dalam media pendingin di celupkan tegak lurus dan dibiarkan menggantung daalam media pendingin.
3. Perlu adanya penelitian lanjut yang variable kontrolnya lebih lengkap. Pengamatan permukaan hasil diameter penekanan dengan menggunakan alat ukur mikroskop.
4. Karena keterbatasn penelitian ini maka diharapkan pada penelitian – penelitian selanjutnya tentang proses perlakuan panas lainnya secara khusus dan secara umum, karena dalam hal ini sangat berguna untuk menambah dan memperjelas pengetahuan dibidang Metallurgy.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmanto, 2006, Pengaruh *Holding Time* Terhadap Sifat Kekerasan Dengan *Refining The Core* Pada Proses *Carburizing* Material Baja.
- Mujiyono, 2008, Meningkatkan Efektifitas Karburasi Padat Pada Baja Karbon Rendah Dengan Optimasi Ukuran Serbuk Arang Tempurung Kepala, Jurnal Teknik Mesin, April 2008/vol 10/No:1.
- Prabudev, K. H., 1988, Hand Book of Heat Treatment of Steel, New Delhi: Mc Graw - Hill Publishing Company Limited.
- Suprpto., Sayonodan Lely Susita R. M, 2006, Karburasi Baja ST 40 Dengan Teknik Sputtering, Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol. 8, No.1, Oktober 2006.
- Syamsuir, 2003, Pengaruh karburasi terhadap kekerasan baja DIN 15 Cr Ni6 (MS 7210), Tesis, UGM, Yogyakarta.
- Wahid Suherman, Perlakuan Panas. Falkutas Teknik Industri Jurusan Teknik Mesin Institut 10 November Surabaya.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kotak sementasi	9
Gambar 2.2	Potongan Diagram fase Fe – Fe ₃ C	9
Gambar 2.3	Liquid Carburizing	11
Gambar 2.4	Gas Carburizing	13
Gambar 2.5	Grafik proses Pendinginan langsung (Direct Quenching)	14
Gambar 2.6	Grafik proses Pendinginan Tunggal (Single Quenching)	15
Gambar 2.7	Grafik proses Double Quenching	16
Gambar 2.8	Diagram fase Fe – Fe ₃ C	17
Gambar 2.9	Kurva Pendinginan	20
Gambar 2.10	Bentuk Struktur Kristal BCT	21
Gambar 2.11	Skematis Prinsip Indentasi Dengan Metode Brinell	22
Gambar 2.12	Pengukuran Hasil Penekanan Dengan Metode Brinell	23
Gambar 2.13	Contoh Indentor Piramida Intan	24
Gambar 2.14	Penekanan Indentor Pada Spesimen	25
Gambar 2.15	Contoh Penekanan Beban Pada Spesimen	26
Gambar 3.1	Plat Baja Strip	30
Gambar 3.2	Bubuk Karbon	31
Gambar 3.3	Kotak Sementasi	31
Gambar 3.4	Penjepit	32
Gambar 3.5	Pelumas (Oli SAE 40)	33
Gambar 3.6	Dapur Treatment	33
Gambar 3.7	Mesin Hardnes Tester Rockwel	34
Gambar 3.8	Sarung Tangan	35
Gambar 3.9	Masker	35
Gambar 3.10	Kaca mata	36
Gambar 3.11	Racun Api (Fire Extiguser)	36
Gambar 3.12	Pengikatan Spesimen Dengan Kawat	38
Gambar 3.13	Grafik Proses Pemanasan I	39
Gambar 3.14	Grafik Proses Pemanasan II	39
Gambar 3.15	Grafik Proses Pemanasan III	40
Gambar 3.16	Diagram Aliran Penelitian	42
Gambar 4.1	Grafik Pengujian Rockwell Tanpa Perlakuan Panas , Waktu tahan 15 menit, waktu tahn 30 menit, dan waktu tahan 45 menit	45
Gambar 4.1	Grafik Rata - rata Rockwell Tanpa Perlakuan Panas , Waktu tahan 15 menit, waktu tahn 30 menit, dan waktu tahan 45 menit	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jadwal kegiatan penelitian	28
Tabel 3.2	Persiapan	37
Tabel 3.3	Parameter Pengujian	41
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell Tanpa Perlakuan Panas	43
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Kekerasan Rockwell setelah Pack carburazing Dalam waktu Penahanan 15 Menit, 30 Menit dan 45 Menit	44

