

ANALISA SIFAT KEKERASAN BAJA St-42 DENGAN PENGARUH BESARNYA BUTIRAN MEDIA KATALISATOR (TULANG SAPI (CaCO₃)) MELALUI PROSES PENGARBONAN PADAT (PACK CARBURIZING)”

Nevada J. M. Nanulaitta,^{*)}
Eka. R. M. A. P. Lillipaly^{**)}

Abstract

St 42 is a type of steel construction having a minimum tensile strength of 42 Kg / mm² up to 50 Kg / mm². This steel has a carbon content (C) below 0.35%, to be included in the low carbon steel. Addition of solid carbon method is the simplest way to improve the quality of steel St 42, in order to expand its use. In the process of increasing the hardness value is used carburizing process by varying the amount of grain on solid pack carburizing. The results obtained after conducting research using a mixture of carbon (charcoal nani) by 70% and beef bones (CaCO₃) at 30% of 1 Kg carburizing media with a detention time of 15 minutes. Where increasing values of force for a grain size of 40.73 mm catalyst 1 HRC, catalyst 3 grain size of 42.98 mm and the catalyst grain size of 5 mm by 43.35 HRC. Research has shown that the use of local media in this regard Beef Bones (CaCO₃) can be used as an alternative catalyst BaCO₃ (Barium carbonate) in Solid carburizing process where the rate of increase in the average value of the greatest violence occurred in the catalyst grain size of 5 mm by 2.89 or 35.90%. so that Beef Bones (CaCO₃) can be used as an alternative to BaCO₃ (Barium carbonate)

Keyword : Hardness number, pack carburizing, Beef Bones and the catalyst grain size,.

I. PENDAHULUAN

Baja adalah material yang banyak digunakan dalam konstruksi mesin, karena memiliki sifat ulet mudah dibentuk, kuat maupun mampu keras. Selain itu baja dengan unsur utama Fe dan C bisa dipadukan dengan unsur lain seperti Cr, Ni, Ti, dan sebagainya, untuk mendapatkan sifat mekanik seperti yang diinginkan. Jumlah karbon dalam struktur baja dapat menentukan sifat mekanis dan unjuk kerja (*performance*) nya.

Ada tiga kelompok baja bila ditinjau dari jumlah kandungan karbon yang terdapat dalam strukturnya, yaitu :

- a) Baja karbon tinggi adalah baja dengan kandungan karbon 0,70 % – 1,70 %.
- b) Baja karbon menengah adalah baja dengan kandungan karbon 0,31 % - 0,70 %.
- c) Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan karbon 0,04 % - 0,30 %.

Kandungan karbon didalam struktur baja akan berpengaruh terhadap sifat mampu keras. Sifat ini dibutuhkan untuk komponen mesin yang saling bergesekan atau karena fungsinya harus mempunyai

kekerasan tertentu. Selanjutnya kekerasan pada komponen mesin yang terbuat dari baja, dapat diperoleh melalui proses perlakuan panas atau perlakuan permukaan. Proses peningkatan kekerasan menggunakan panas merupakan cara yang banyak dilakukan untuk baja karbon medium dan tinggi. Namun demikian tidak semua jenis baja bisa dikeraskan secara langsung dengan cara ini.

Pengerasan langsung hanya dapat dilakukan pada baja dengan kandungan karbon di atas 0,3 %. Sementara untuk baja dengan kandungan karbon dibawah 0,3 %, harus melalui proses penambahan karbon. (Schonmetz, Gruber, 1985) Baja dengan kadar karbon menengah sampai tinggi dengan kandungan karbon di atas 0,3 %, dapat ditingkatkan kekerasannya, dengan metode perlakuan panas (*heat treatment*). Seperti pengerasan (*hardening*) yang dilakukan dengan metode pengejukan (*quenching*) dilanjutkan temper (*tempering*).

Pengerasan dilakukan dengan memanaskan baja dalam dapur pemanas (*furnace*), sampai temperature austenit dan didinginkan secara tiba-tiba. Akibat pengejukan dingin dari daerah suhu

^{*)} Nevada J.M Nanulaitta ; Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ambon

^{**)} Eka R.M.A Lilipally ; Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ambon

pengerasan ini, dicapai suatu keadaan paksa bagi struktur atom yang akan meningkatkan kekerasan. Sedangkan baja yang mempunyai kandungan di bawah 0,3 % C, hanya dapat dikeraskan melalui proses penambahan karbon. Proses penambahan karbon (*Carburizing*) pada baja karbon rendah, bertujuan untuk menambah kandungan karbon agar bisa ditingkatkan kekerasannya. *Pack carburizing* adalah salah satu metoda yang digunakan untuk menambah kandungan karbon didalam baja dengan menggunakan media padat. Salah satu media pengkarbonan yang berbentuk padat adalah arang Kayu Nani. Arang Kayu Nani sebagai sumber karbon padat pada baja, dirubah terlebih dahulu dalam bentuk butiran. Bentuk butiran karbon maupun katalisator akan membantu proses perubahan karbon padat menjadi gas melalui pemanasan. Pemanasan yang dilakukan pada proses ini, menggunakan temperatur antara 900° sampai 950° C. Gas karbon yang dihasilkan akan berdifusi kedalam struktur baja sehingga kadar karbon meningkat. Penelitian ini menggunakan baja St 42 sebagai material percobaan untuk *pack carburizing*.

St 42 adalah jenis baja konstruksi yang mempunyai kekuatan tarik minimal 42 Kg/mm² sampai 50 Kg/mm². Baja ini mempunyai kandungan karbon (C) dibawah 0,3 %, jadi termasuk dalam baja karbon rendah. Metoda penambahan karbon padat merupakan cara yang paling sederhana untuk meningkatkan kualitas baja St 42, agar dapat memperluas penggunaannya. Pada akhirnya melalui proses *pack carburizing* penggunaan baja karbon rendah untuk bahan baku (*rawmaterials*) dapat memperluas penggunaannya.

Pada proses karburasi ini material yang dipergunakan plat baja St-42, dengan bahan yang dipakai berupa bubuk Carbon (arang kayu nani) dengan komposisi 70% dan tulang sapi (CaCO₃) 30% sebagai energizer yang mempercepat proses karburasi dengan besaran butiran 1 mm, 3 mm dan 5 mm. Waktu penahanan adalah

15 menit, dengan media pendingin berupa oli SAE 20-50.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto, 1999).

2. Baja karbon menengah

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C – 0,6%C (*medium carbon steel*) dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah (Amanto, 1999).

3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mengandung 0,6%C – 1,5%C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat

diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas.

Struktur logam terdiri atas butir kristal yang saling mengikat kuat satu sama lain dalam bentuk dan ukuran yang berlainan. Kristal-kristal tersebut terdiri dari bagian-bagian terkecil suatu unsur atom. Atom besi tersusun di dalam sebuah "kisi ruang", dimana terdiri atas jaringan berbentuk kubus. Peletakan atom dalam kubus dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Besi alfa (besi α)

Delapan atom berada pada pojok kubus dan sebuah atom ke Sembilan ditengahnya (di pusat ruang). Susunan atom ini disebut juga kubik pemusatan ruang (*body centered cubic*). Sampai temperatur ruangan 708 ° C, besi α bersifat magnetis. Mulai 768 ° C sampai 911°C, *body centered cubic* (*bcc*) menjadi tidak magnetis lagi (Alois Schonmetz dkk, 1985).

2. Besi gamma (besi γ)

Pada temperatur 911°C ikatan kubik pemusatan ruang berubah menjadi besi γ kubik pemusatan sisi (*face centered cubic*). Pada setiap sudut kubus terdapat satu atom dan enam atom lainnya berada di tengah ke enam bidang sisi kubus. Jadi sebuah kubus γ terdapat empat belas atom.

3. Besi delta (besi δ)

Temperatur 1392°C besi γ yang berpusat sisi (*fcc*) berubah kembali menjadi kubik pemusatan ruang (*bcc*) yang disebut besi δ . Namun besi δ terakhir ini mempunyai jarak atom yang lebih besar.

Perlakuan panas adalah suatu perlakuan yang diberikan pada suatu bahan dengan tujuan agar diperoleh sifat-sifat yang diinginkan (Schonmetz., A., dan Gruber, K, 1990, Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam, hal : 38) Perubahan sifat yang dihasilkan merupakan akibat dari perubahan struktur mikro yang terjadi sesuai dengan kecepatan laju pendinginan. Proses perlakuan yang diterapkan pada sebuah logam meliputi pemanasan sampai temperature tertentu (Fasa austenisasi), kemudian diberikan penahan waktu (*holding time*) beberapa saat proses

pendinginan langsung. Melalui perlakuan panas, struktur baja dapat berubah. Perubahan ini juga yang akan mempengaruhi perubahan nilai kekerasan pada baja.

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.

Karena banyaknya cara proses pengerasan permukaan diantaranya adalah :

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

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.

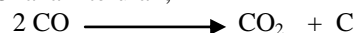
Ada 3 cara dalam penambahan karbon atau karburasi (*carburizing*), yaitu :

1. *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 825⁰ C - 925⁰ C selama waktu tertentu. Bahan carburizing terdiri dari bubuk karbon aktif 60 %, ditambah BaCO₃ (*Barium Carbonat*) atau NaCO₃ (*Natrium Carbonat*) sebanyak 40 % sebagai energizer atau activator yang mempercepat proses karburisasi. Namun biasanya BaCO₃ yang dipakai karena lebih mudah terurai dari pada NaCO₃. Sebenarnya tanpa energizerpun dapat terjadi proses carburizing karena temperatur sangat tinggi, maka karbon teroksidasi oleh oksigen yang terperangkap dalam kotak menjadi CO₂, reaksi dengan karbon bereaksi terus hingga didapat ;



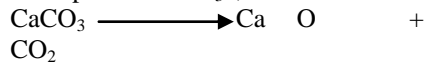
Dengan temperatur yang semakin tinggi keseimbangan reaksi makin cenderung ke kanan, makin banyak CO. Pada permukaan baja CO akan terurai ;



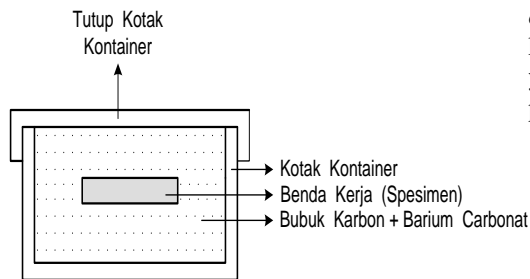
Dimana C yang terbentuk ini berupa atom karbon yang dapat masuk berdifusi ke dalam fase austenit dari baja.

Dengan adanya energizer proses akan lebih mudah berlangsung karena meskipun udara yang terperangkap sedikit, tetapi energizer menyediakan CO₂ yang akan segera mulai mengaktifkan reaksi - reaksi selanjutnya.

Reaksi dekomposisi CaCO₃ ;

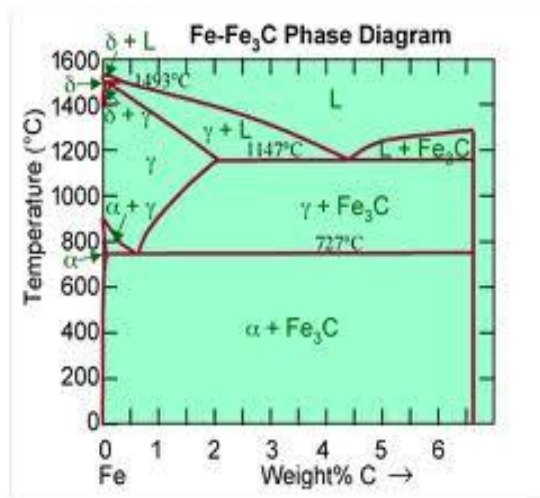


Dengan temperatur tinggi baja mampu melarutkan banyak karbon, maka dalam waktu singkat permukaan baja dapat menyerap karbon hingga mencapai batas jenuhnya.



Gambar.1 Kotak sementasi
Sumber: www.indoskripsi.com

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 Ac_m maka akan terjadi atau tumbuh fasa baru yaitu sementit. (Rochim Suratman, 1994).

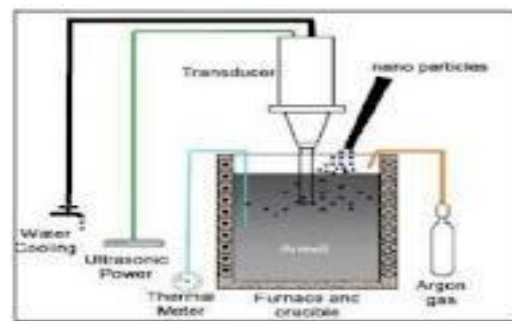


Gambar.2 Potongan Diagram Fase Fe-Fe₃C
Sumber : www.indoskripsi.com

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.

2. 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 Na₂CO₃ yang berfungsi sebagai energizer dan penurun titik cair garam.

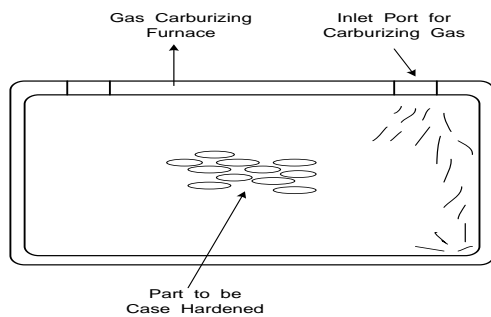


Gambar.3 Liquid Carburizing
Sumber: www.indoskripsi.com

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.

3. Menggunakan medium gas atau Gas Carburizing

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 metana, ethana, propana, dan lain - lain. Proses ini dilakukan pada tungku pit (*pit furnace*). Pemanasan dilakukan pada temperatur 900^o C - 940^o C.

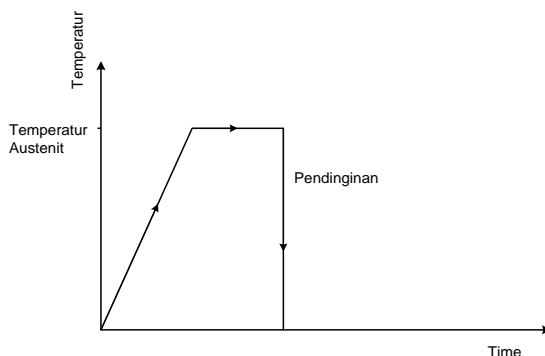


Gambar.4 Gas carburizing
Sumber: www.indoskripsi.com

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

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

1. Pendinginan langsung (*Direct Quenching*) adalah pendinginan secara langsung dari media karburasi. Efek yang timbul adalah kemungkinan adanya pengelupasan pada benda kerja. Pada pendinginan langsung ini diperoleh permukaan benda kerja yang getas.



Gambar.5 Grafik Proses Pendinginan Langsung (*Direct Quenching*)
Sumber : www.indoskripsi.com

2. 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 difusisitas dari atom – atom karbon, dan agar gradien komposisi lebih halus.

3. *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.

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

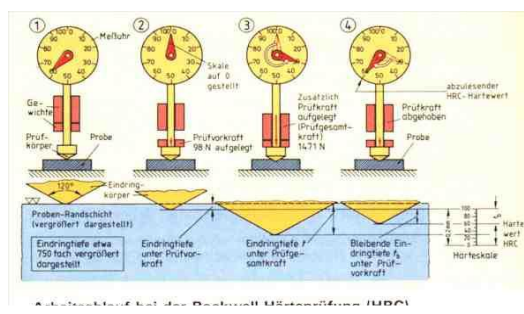
1. Kekerasan permukaan tinggi dan tahan aus.
2. Tahan temperatur tinggi.
3. Umur lelah lebih tinggi.

Proses pengujian kekerasan logam dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap, ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji. Harga kekerasan bahan tersebut dapat dianalisis dari besarnya beban yang diberikan terhadap luasan bidang yang menerima pembebanan.

Secara garis besar terdapat tiga metode pengujian kekerasan logam yaitu penekanan, goresan, dan dinamik. Proses pengujian yang mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan yaitu dengan metode penekanan. Dikenal ada tiga jenis metode penekanan, yaitu : *Rockwell*, *Brinell*, *Vickers* yang masing-masing memiliki perbedaan dalam cara menentukan angka kekerasannya.

Disini penguji memakai pengujian kekerasan dengan menggunakan metoda pengujian Rockwell. Pada cara Rockwell pengukuran langsung dilakukan oleh mesin, dan mesin langsung menunjukkan angka kekerasan dari bahan yang diuji. Cara ini lebih cepat dan akurat. Nilai kekerasan dari pengujian Rockwell ini ditentukan oleh perbedaan kedalaman penembusan

Dengan cara Rockwell dapat digunakan beberapa skala, tergantung pada kombinasi jenis indenter dan besar beban utama yang digunakan. Penguji menggunakan skala C (HRC) dalam pengujian ini. Untuk HRC menggunakan beban 150 kg dan dengan menggunakan indenter intan (diamond) berupa kerucut yang sudut puncaknya 120°



Gambar 6. Pengujian Rockwell

Tulang sapi merupakan salah satu komponen dari limbah RPH. Tulang potensinya cukup besar mengingat bobot yang dihasilkan cukup besar yakni mencapai 15% dari berat bobot. Bahan padatan utama tulang mengandung kristal kalsium hidroksiapatit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ dan kalsium karbonat (CaCO_3) yang berpotensi digunakan sebagai adsorben aktif, yakni tulang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai kemampuan adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk padat maupun larutan (yang didalamnya mengandung logam berat yang bersifat toksik).

Tulang sapi merupakan tempat penyimpanan garam kalsium didalam hewan. Mineral yang utama adalah kalsium fosfat dan karbonat. Selain itu tulang mengandung sekitar 1% asam sitrat. Hasil analisis menunjukkan bahwa penyusunan utama tulang adalah trikalsium fosfat dengan sebagian kecil kalsium karbonat (Desroiser, 1989).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan keasaman permukaan dan jumlah situs aktif dari tulang sapi teraktivasi basa. Keasaman permukaannya berturut-turut TB1 (0,6507 mmol/gram0); TB2 (0,6407 mmol/gram) dan TB3 (0,6007 mmol/gram) dan justru cenderung lebih rendah dibandingkan tulang tanpa perlakuan (tanpa aktivasi/ T0). Keasaman permukaan dan jumlah situs aktif dari tulang sapi teraktivasi asam meningkat dibandingkan tulang tanpa perlakuan (tanpa aktivasi), dan tertinggi dihasilkan oleh tulang sapi teraktivasi asam sulfat (H_2SO_4) konsentrasi 0,4 molar (M).

Namun, setelah diaktivasi oleh asam konsentrasi lebih tinggi (1,0M) keasaman permukaan dan jumlah situs aktif mengalami penurunan. Peningkatan konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) cenderung akan menurunkan luas permukaan dari adsorben serbuk tulang sapi. Demikian pula bila aktivasi dilakukan dengan basa dengan luas permukaan tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 0,4 M (35,8995 m^2/gram) Kapasitas adsorpsi tertinggi (7,0648 mg/g) diperoleh pada waktu setimbang 150 menit dan menghasilkan kapasitas adsorpsi serbuk tulang sapi terhadap logam tertinggi pada isoterm 150 ppm yakni 9,7907 mg/g.

Kemampuan adsorpsi serbuk tulang sapi teraktivasi asam konsentrasi 0,1 M (TA1) tertinggi sedangkan aktivasi basa konsentrasi 0,4 M (TB2) menghasilkan kapasitas tertinggi (12,4610 mg/gram)..

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pelat Baja St-42, oli SAE 20-50, serbuk karbon (arang kayu nani), dan Tulang Sapi (CaCO_3). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven Pemanas (Barmsteal Thermolyne Type F-6000), mesin Uji Kekerasan Mitutoyo Type AR-20, tang Jepit, sarung tangan, jaket tahan api, gancu, wadah penampung oli, majun, ampelas, kotak baja.

Langkah penelitian

Pengujian kekerasan

- Benda uji diukur dan dipotong dan diampelas permukaan bendanya, serta namakan tiap-tiap benda uji (pelat), A, B, dan C, untuk tiap-tiap besaran butiran katalisator (1, 3, dan 5 mm).
- Persiapkan Anvil (landasan uji) padaudukannya.
- Pasangkan penetrator berbentuk kerucut intan atau diamond Indenter
- Pilih beban pada angka 150 Pa.
- Putar handwell perlahan-lahan hingga penetratornya menyentuh benda uji lalu atur jarum penunjuk dan kencangkan hingga posisi jarum utama dan jarum bantu menunjuk angka 0.
- Tekan tombol start dan biarkan mesin berproses selama beberapa detik hingga lampu menyala.
- Baca harga kekerasan benda yang diuji pada dial dan angka yang ditunjukkan oleh jarum utama yang tertulis dengan tinta hitam, satuan kekerasan adalah HRC kemudian catat data hasil pengujiannya.
- Putar kembali handwell perlahan-lahan ke posisi semula dan atur penetratornya pada benda uji (St-42) yang belum mengalami proses pengujian, lalu ulangi langkah tersebut pada poin *f – h*.

Catat data hasil pengujian untuk masing-masing waktu penahanan 1, 3, dan 5 mm sebagai data awal untuk benda uji (St-42) sebelum mengalami proses karburising.

Proses Karburasi

- Benda uji (St-42) setelah diambil data kekerasan awal, benda uji dililitkan dengan kawat baja sebagai tempat pengait untuk mempermudah proses pengangkatan benda uji (St-42) dalam keadaan panas.
- Mencampur Karbon (arang kayu nani) 70% dengan bubuk Tulang Sapi (CaCO_3)

- 30% didalam kotak sementasi sampai merata.
- Benda uji (St-42) diletakan kedalam kotak sementasi ditimbun dengan Carbon (arang kayu nani) dan bubuk Tulang Sapi (CaCO₃) tadi hingga menutupi permukaan seluruhnya supaya sebentar didalam proses karburising, kedua bubuk tersebut benar-benar menyatu pada permukaan benda uji (St-42)
 - Masukan kotak sementasi kedalam oven pemanas, dan oven ditutup, nyalakan oven pemanas lihat temperatur awal oven 27 - 30°C. Tunggu sampai temperatur akhir pemanasan 900°C, dengan penahanan waktu pemanasan 15 menit.
 - Matikan oven pemanas lalu buka oven pemanas keluarkan kotak sementasi dari dalam oven pemanas dengan menggunakan tang jepit.
 - Angkat benda uji (St-42) dari dalam kotak sementasi dengan menggunakan gancu dan dimasukan kedalam media pendingin berupa oli, biarkan hingga dingin.
 - Angkat benda uji (St-42) dari dalam media pendingin tersebut, bersikan dari oli dengan menggunakan majun, lalu ampelas salah satu sisi hingga bersih (mengkilap) untuk proses pengujian kekerasan.
 - Untuk besaran butiran katalisator 3 dan 4 mm gunakan langkah-langkah proses karburising dari poin a-g.
Setelah proses karburising semua benda uji (St-42) diambil nilai kekerasannya pada proses pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan (Hardness Testing Machine) Mitutoyo seri AR-20.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksperimen yang dilakukan dapat dilihat pada tabel-tabel berikut :

Tabel 1. Nilai Kekerasan Benda Uji dengan Waktu Penahanan 15 menit pada besaran butiran katalisator 1 mm (Pelat A)

No	Sebelum Karburasi	Sesudah Karburasi
1	113.00	153.00
2	112.50	154.50
3	113.00	153.00
4	113.00	155.00
5	114.00	153.00
6	113.00	154.00

7	113.50	153.00
8	113.50	154.50
9	113.50	153.00
10	113.50	153.00
11	113.50	156.00
12	114.00	155.00
13	113.50	155.50
14	113.50	153.00
15	114.00	155.00
16	114.00	156.00
17	114.00	154.00
18	113.50	153.00
19	113.00	157.00
20	113.50	153.00

Rata"	113.45	154.18
--------------	---------------	---------------

Berdasarkan hasil eksperimen untuk benda uji dengan komposisi 70% Karbon (arang kayu nani) dan 30% Tulang Sapi (CaCO₃) dengan besaran butiran 1 mm dari berat 1 kg media pengkarbonan dengan waktu penahanan 15 menit, diperoleh nilai kekerasan rata-rata pelat A :

Sebelum proses karburasi : 113,45 HRC

Sesudah proses karburasi : 154,18 HRC

Δ Nilai kekerasan rata – rata pelat A

$$= 154.18 - 113.45$$

$$= 40.73 \text{ HRC}$$

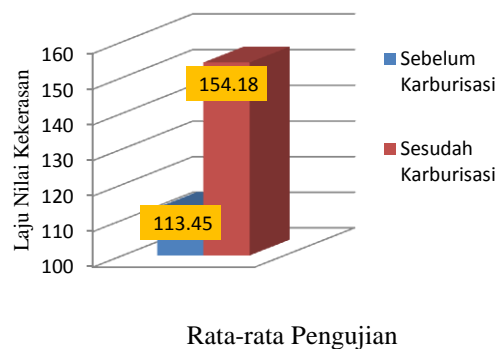
Untuk laju proses karburasi diperoleh dengan :

Laju Proses Karburasi

$$= \frac{\Delta \text{Nilai Kekerasan}}{\text{Waktu Penahanan}}$$

$$= \frac{40.73}{15 \text{ menit}} = 2.7153 \frac{\text{HRC}}{\text{menit}}$$

Rata-rata Peningkatan nilai Kekerasan pada Besaran Butiran 1 mm



Gambar 7. Nilai kekerasan rata-rata pelat A sebelum dan sesudah proses Karburasi

Tabel 2. Nilai Kekerasan Benda Uji dengan Waktu Penahanan 15 menit pada besaran butiran katalisator 3 mm (Pelat B)

No	Sebelum Karburasi	Sesudah Karburasi
1	111.00	154.00
2	112.00	157.00
3	112.00	154.00
4	112.00	156.00
5	112.00	155.50
6	112.50	154.00
7	112.00	155.50
8	112.50	154.00
9	113.00	154.00
10	112.00	155.75
11	112.00	157.00
12	112.00	154.00
13	112.00	157.00
14	112.50	157.00
15	113.00	154.00
16	112.50	154.00
17	112.50	157.50
18	112.50	154.00
19	112.50	154.00
20	112.50	155.50
Rata"	112.25	155.19

Berdasarkan hasil eksperimen untuk benda uji dengan komposisi 70% Karbon (arang kayu nani) dan 30% Tulang Sapi (CaCO₃) dengan besaran butiran 3 mm dari berat 1 kg media pengkarbonan dengan waktu penahanan 15 menit, diperoleh nilai kekerasan rata-rata pelat B:

Sebelum proses karburasi : 112,25 HRC

Sesudah proses karburasi : 155.19 HRC

$$\Delta \text{Nilai kekerasan rata - rata pelat B}$$

$$= 155,19 - 112,25$$

$$= 42,98 \text{ HRC}$$

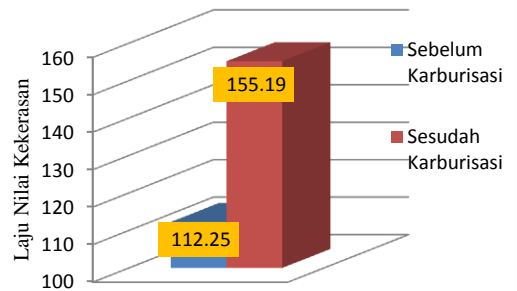
Untuk laju proses karburasi, diperoleh :

Laju Proses Karburasi

$$= \frac{\Delta \text{Nilai Kekerasan}}{\text{Waktu Penahanan}}$$

$$= \frac{42,98}{15 \text{ menit}} = 2,865 \frac{\text{HRC}}{\text{menit}}$$

Rata-rata Peningkatan nilai Kekerasan pada Besaran Butiran 3 mm



Rata-rata Pengujian

Gambar 8. Nilai kekerasan rata-rata pelat B sebelum dan sesudah proses Karburasi

Tabel 3. Nilai Kekerasan Benda Uji dengan Waktu Penahanan 15 menit pada besaran butiran katalisator 3 mm (Pelat C)

No	Sebelum Karburasi	Sesudah Karburasi
1	112.50	152.00
2	112.75	154.50
3	114.00	155.00
4	111.50	154.50
5	114.00	155.50
6	114.00	155.00
7	112.00	154.50
8	113.50	155.50
9	111.00	155.00
10	114.50	156.00
11	111.50	156.00
12	114.50	156.50
13	112.00	158.00
14	111.50	158.00
15	112.00	155.50
16	112.00	156.00
17	111.50	158.00
18	112.50	156.50
19	111.75	158.00
20	112.00	158.00
Rata"	112.55	155.90

Berdasarkan hasil eksperimen untuk benda uji dengan komposisi 70% Karbon (arang kayu nani) dan 30% Tulang Sapi (CaCO₃) dengan besaran butiran 5 mm dari berat 1 kg media pengkarbonan dengan waktu

penahanan 15 menit, diperoleh nilai kekerasan rata-rata pelat C :

Sebelum proses karburasi : 112.55 HRC
 Sesudah proses karburasi : 155.90 HRC

Δ Nilai kekerasan rata – rata pelat C

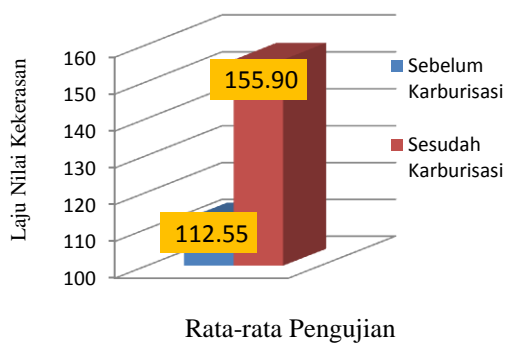
$$= 112.55 - 155.90$$

$$= 43,35 \text{ HRC}$$

Untuk laju proses karburasi, diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Laju Proses Karburasi} &= \frac{\Delta \text{Nilai Kekerasan}}{\text{Waktu Penahanan}} \\ &= \frac{43.35}{15 \text{ menit}} = 2,89 \frac{\text{HRC}}{\text{menit}} \end{aligned}$$

Rata-rata Peningkatan nilai Kekerasan pada Besaran Butiran 3 mm

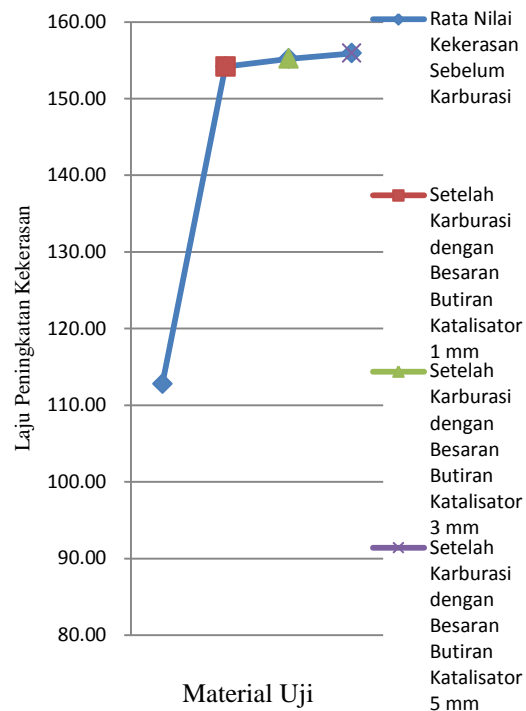


Gambar 9. Nilai kekerasan rata-rata pelat C sebelum dan sesudah proses Karburasi

Dari gambar 7, 8 dan 9 diatas dapat dilihat peningkatan nilai kekerasan dari besaran butiran terkecil menuju besaran butiran terbesar dari katalisator hal ini disebabkan karena terdapatnya ruang oksigen disekitar butiran katalisator yang terdapat pada ruang sementasi sehingga membantu proses penyerapan karbon pada proses carburizing.

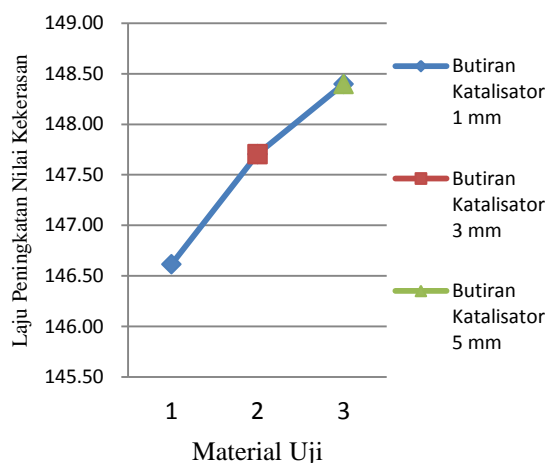
Begitu pula dalam waktu penyerapan karbon, semakin besar butiran katalisator maka semakin besar pula oksigen yang ada sehingga proses penyerapan karbon semakin besar pula. Dengan demikian nilai kekerasan akan meningkat pada saat proses carburizing menggunakan katalisator dengan besaran 1 mm hingga 5 mm

Laju Peningkatan Nilai Kekerasan Sebelum dan Sesudah Karburasi dengan Perbandingan Butiran Katalisator



Gambar 10. Rata-rata Nilai Kekerasan Tiap Pelat

Laju Waktu Penyerapan Karbon Untuk Besaran Butiran Katalisator



Gambar 11. Rata-rata Laju peningkatan prose penyerapan Karbon

Dari grafik pada gambar 10 dan 11 yang dilihat diatas bahwa peningkatan nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada Plat C dengan penahanan waktu (*Holding Time*) sebesar 15 menit dengan besaran butiran katalisator 5 mm yaitu sebesar 155.90 HRC dari 113.45 HRC dengan peningkatan sebesar 40,73 HRC atau rata-rata peningkatan sebesar 35.90 %.

Peningkatan ini disebabkan material uji (Plat) diberikan kesempatan menyerap karbon pada proses karburasi di dalam kotak sementasi (kotak baja), jadi semakin lama besar butiran katalisator (5 mm) nilai kekerasan akan semakin tinggi pula.

Yang menyebabkan peningkatan laju nilai kekerasan pada proses karburasi dengan temperature 900°C, adalah dimana fase St-42 telah mencapai fase Austenit sehingga penyerapan karbon pada permukaan St-42 menuju merata, hal ini juga terbantuan dengan proses pendinginan langsung (direck Quenching) dengan material pendingin oli SAE 20-50, dari proses pendinginan ini fase S35C menuju Fase Austenite + ferrite dimana didalam fase ini kekerasan pada St-42 semakin merata.

V. KESIMPULAN

Penelitian menunjukan bahwa pemanfaatan media lokal dalam hal ini Tulang Sapi (CaCO_3) dapat dipergunakan sebagai alternatif pengganti katalisator BaCO_3 (Barium Carbonat) dalam proses Karburasi Padat. Dengan semakin besar besaran butiran katalisator. Laju penyerapan karbon paling cepat terjadi pada proses dengan penahanan waktu 15 menit dengan komposisi dari 1 kg campuran yang terdiri 70% karbon (arang kayu nani) dan 30% Tulang sapi (CaCO_3) dengan besaran butiran 5 mm yaitu sebesar 2.89 HRC/Menit. Kemudian di ikuti dengan besaran butiran katalisator 3 mm dan 1 mm dengan nilai 155.19 HRC/Menit dan 154.18 HRC/Menit dimana peningkatan laju nilai kekerasan rata-rata terbesar terjadi pada besaran butiran katalisator 5 mm sebesar 155.90 HRC atau 35.90 % meningkat dari nilai kekerasan awal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Kuswanto, Undip (2010) **Pengaruh Perbedaan Ukuran Butiran Arang Tempurung Kelapa-Barium Karbonat Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Material Baja St 37 Dengan Proses Pack Carburizing.**-
<http://One.Indoskripsi.Com/Node/>
- Beumer Ing, B. J. M., (1994): **Ilmu Bahan Logam.** Terjemahan B. S. Anwir. Jilid III. Penerbit Bhatara. Jakarta
- Hari, A. dan Daryanto. (1999): **Ilmu Bahan.** Bumi Aksara. Jakarta.
- Materi kuliah Ilmu Bahan. ITS. Surabaya
- Mochyidin, A., (2004): **Analisa Pengaruh Waktu Tahan Terhadap Baja Karbon Rendah Dengan Metode Pack Carburizing.**
<http://One.Indoskripsi.Com/Node/>
- Odink, A., (1947): **Ensiklopedia Material Untuk Konstruksi Permesinan.** Edisi Ketiga. Moskow.
- Pengetahuan Bahan 2. ITB. Bandung.
- Schonmentz, I. A., dkk. (1985): **Pengetahuan Bahan Dan Pengerjaan Logam.** Penerbit Angkasa. Bandung
- Suratman, Rochim., (1994): **Panduan Proses Perlakuan Panas.** Lembaga Penelitian ITB. Bandung
- Van Vlack, L., (1992): **Ilmu dan Teknologi Bahan.** Terjemahan Srianti Djaprie. Edisi Kelima. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Wardoyo, J. T., (2005): **Metode Peningkatan Tegangan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda.**
<http://www.indoskripsi.com>