

“TEKNOLOGI”

Jurnal Ilmu - Ilmu Teknik dan Sains
Volume 11 No .1 April 2014

Penanggung Jawab

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Pattimura

Penerbit

Fakultas Teknik
Universitas Pattimura

Ketua Dewan Redaksi

Pieter Th. Berhиту ST. MT

Penyunting Pelaksana

Max Rumaherang, ST., MS.Eng., Ph.D
Jonny Latuny, ST., M.Eng., Ph.D
Danny S. Pelupessy, ST., M.Eng

Penyunting Ahli

Prof. Dr. Ir. Sutanto Soehodho, M.Eng
Prof. Ir. Harsono T., MSIE, Ph.D
Prof. Dr. Ir. N. V. Huliselan, M.Sc
Prof. Dr. Ir H Manalip, M.Sc., DEA
Prof. Aryadi Suwono
Dr. H. Soefyan Tsauri, M.Sc., APU
Dr. Ir. A. A Masroeri, M. Eng
Dr. Ir. Wisnu Wardhana, M.Sc., SE
Dr. M. K. J Norimarna, M.Sc
Ir. R. G. Wattimury, M.Eng

Sekretariat Redaksi

Fakultas Teknik Universitas Pattimura
Jln Ir. M. Putuhena - Poka Ambon
e-mail: teknologi@mail.unpatti.ac.id
www: <http://paparisa.unpatti.ac.id/paperrepo>

Teknologi merupakan Jurnal ilmu-ilmu Teknik dan Sains yang menyajikan hasil penelitian dibidang ilmu Teknik dan sains . Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun bulan April dan Oktober.

**PENGARUH HOLDING TIME DAN QUENCHING TERHADAP KEKERASAN
BAJA KARBON ST 37 PADA PROSES *PACK CARBURIZING*
MENGUNAKAN ARANG BATOK BIJI PALA (*Myristica fragrans*)**

W. M. E. Wattimena^{*)}, Jandri Louhenapessy^{)}**

Abstrak

Baja ST 37 tergolong baja karbon rendah, dimana memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 %, sesuai spesifikasi sebesar 0,16 %. Baja ini sering dipakai juga untuk konstruksi-konstruksi mesin yang saling bergesekan seperti roda gigi, poros, dll karena sangat ulet. Kekurangan dari baja tersebut adalah kekerasan permukaan tergolong rendah. Agar dapat difungsikan untuk konstruksi-konstruksi yang disebutkan di atas, maka perlu dimodifikasi untuk memperbaiki nilai kekerasannya, terutama pada permukaan. Telah dilakukan penelitian untuk meningkatkan kekerasan permukaan dari baja ST 37 melalui proses pengkarbonan padat (*pack carburizing*). Metode penelitian adalah eksperimental dengan menggunakan proses pengkarbonan padat (*pack carburizing*) yang dilakukan pada temperatur 950° C. Variasi waktu penahanan (*holding time*) 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Disamping itu juga dilakukan variasi media pendingin (*quenching*) dengan menggunakan, media air, media air laut, dan media oli. Sampel baja karbon rendah adalah ST 37 berbentuk pelat sebanyak 13 buah. Pengujian kekerasan untuk raw material dan material sesudah proses *pack carburizing*. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell B (HRB). Kekerasan raw material ST 37 adalah 77,6 HRB dan setelah dilakukan *pack carburizing* sesuai variasi yang disebutkan di atas terjadi peningkatan nilai kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, untuk semua media pendingin nilai kekerasan meningkat seiring dengan meningkatnya *holding time*. Pada *holding time* konstan, media pendinginan air laut mempunyai nilai kekerasan lebih besar, kemudian diikuti dengan media pendinginan air dan media pendinginan oli. Nilai kekerasan tertinggi pada *holding time* 4 jam, dengan nilai kekerasan setelah di-*quenching* dengan media air laut menjadi 122,025 HRB, media air menjadi 120,375 HRB dan media oli menjadi 117,725 HRB.

Kata Kunci : *Baja Karbon Rendah ST 37, Pack Carburizing, Nilai Kekerasan.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Baja karbon rendah (ST 37) memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 %. Baja ini sering dipakai juga untuk konstruksi-konstruksi mesin yang saling bergesekan seperti roda gigi, poros, dll karena sangat ulet. Namun kekerasan permukaan dari baja tersebut tergolong rendah sehingga sebelum digunakan untuk konstruksi-konstruksi yang disebutkan di atas, maka perlu dimodifikasi atau memperbaiki sifat kekerasan pada permukaannya. Baja karbon rendah ini tidak dapat dikeraskan secara konvensional tetapi melalui penambahan karbon dengan proses *carburizing*.

Proses *carburizing* didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya. Kondisi ini sangat diperlukan untuk komponen-komponen yang mensyaratkan tahan aus. Suhu untuk proses *carburizing* sekitar 900-950 °C dalam media *carburizing*. Ini akan menghasilkan lapisan permukaan yang keras dan tahan aus dengan inti tetap liat/ulet. Media *carburizing* dapat berupa fase padat, fase cair atau fase gas.

Penelitian ini menggunakan media pengkarbonan padat atau *pack carburizing* yaitu suatu proses *carburizing* dengan memasukan

sumber karbon dari bahan padat dan aktifator dalam kotak yang ditutup rapat. Dalam penelitian ini memanfaatkan limbah batok biji pala yang diarsang sebagai sumber karbon dan Kalsium Karbonat (CaCO_3) sebagai katalisator.

Tujuan utama dari proses pengkarbonan adalah agar diperoleh struktur permukaan bahan yang keras. Hal ini dapat dicapai jika menggunakan media *quenching* yang efektif sehingga baja yang didinginkan pada suatu laju yang dapat mencegah terbentuknya struktur bahan yang lebih lunak. Terdapat beberapa cara dalam proses *quenching* ini diantaranya pendinginan langsung (*direct quenching*), pendinginan tunggal (*single quenching*), dan *double quenching*. Penelitian ini difokuskan pada pendinginan langsung terutama mengkaji variasi media *quenching* yang digunakan setelah proses *carburizing* dan variasi waktu tahannya. Diharapkan akan diperoleh, ada pengaruh perubahan sifat mekanik terutama nilai kekerasan pada material uji melalui proses *carburizing* menggunakan arang batok biji pala dan katalisator Kalsium Karbonat (CaCO_3).

Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah diketahui perubahan nilai kekerasan dengan menggunakan arang tempurung kelapa dan arang kayu nani sebagai media padat. Selain itu alternatif lain yang dapat kita gunakan adalah arang batok biji pala. Pala adalah tumbuhan yang banyak terdapat di Maluku. Biji buah pala

^{*)} *W.M.E Wattimena ; Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Unpatti*

^{**)} *Y.Louhenapessy; Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Unpatti*

memiliki kesamaan fisik dengan tempurung kelapa karena dilindungi oleh batok yang keras. Sama seperti tempurung kelapa, batok biji pala pun biasanya dibakar atau dibuang begitu saja. Tetapi kita bisa memanfaatkannya sebagai media padat pada proses pengkarbonan.

II. DASAR TEORI

2.1. Baja Karbon

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 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 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.

Sifat mekanis baja juga dipengaruhi oleh cara mengadakan ikatan karbon dengan besi. Menurut Schonmetz (1985) terdapat 3 bentuk utama kristal

saat karbon mengadakan ikatan dengan besi, yaitu :

1. Ferit, yaitu besi murni (Fe) terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. Ferit merupakan bagian baja yang paling lunak, ferrit murni tidak akan cocok digunakan sebagai bahan untuk benda kerja yang menahan beban karena kekuatannya kecil.
2. Karbid besi (Fe₃C), suatu senyawa kimia antara besi dengan karbon sebagai struktur tersendiri yang dinamakan sementit. Peningkatan kandungan karbon akan menambah kadar sementit. Sementit dalam baja merupakan unsur yang paling keras.
3. Perlit, merupakan campuran antara ferrit dan sementit dengan kandungan karbon sebesar 0,8%. Struktur perlitis mempunyai kristal ferrit tersendiri dari serpihan sementit halus yang saling berdampingan dalam lapisan tipis mirip lamel.

2.2. Baja ST 37

DIN 17-100 mengatur jenis baja karbon untuk keperluan pembuatan komponen mesin yang distandarkan menurut kekuatan tarik. Baja ST 37 mempunyai kekuatan tarik 37-45 Kg/mm² dan kadar karbonnya 0,16 %.

2.3. Pala

Pala (*Myristica fragrans*) merupakan jenis tanaman yang tumbuh di daerah tropis dan dengan ketinggian 500-700 m dari permukaan laut. Menurut pendapat para ahli, pala adalah tanaman asli Indonesia yang berasal dari MALAISE ARCHIPEL yaitu gugusan kepulauan Banda dan Maluku. Kemudian menyebar dan berkembang ke pulau-pulau lain yang berada di sekitarnya, bahkan sekarang telah mencapai Aceh, Sulawesi Utara dan Papua.

Dalam keadaan pertumbuhan yang normal, tanaman pala memiliki mahkota yang rindang, dengan tinggi batang 10-18 m. Mahkota pohonnya meruncing ke atas, dengan bagian paling atasnya agak bulat serta ditumbuhi daun yang rapat. Daunnya berwarna hijau mengkilat, panjangnya 5-15 cm, lebar 3-7 cm dengan panjang tangkai daun 0,7-1,5 cm. Tanaman pala memiliki buah berbentuk bulat, berwarna hijau kekuning-kuningan, buah ini apabila masak terbelah dua. Garis tengah buah berkisar antara 3-9 cm, daging buahnya tebal dan asam rasanya. Biji berbentuk lonjong sampai bulat, panjangnya berkisar antara 1,5-4,5 cm dengan lebar 1-2,5 cm.

Kulit biji/batok berwarna coklat dan mengkilat pada bagian luarnya. Batok biji pala merupakan media yang baik untuk proses *carburizing*, karena jika dibakar akan menjadi arang. Arang adalah residu yang sebagian besar

komponennya adalah karbon dan terjadi karena penguraian kayu akibat perlakuan pemanasan. Secara umum arang batok biji pala memiliki Kadar air rata-rata 9,90 %, Nilai kalor rata-rata 6348,82 kal/gr, Kadar zat menguap rata-rata 15,24 %, Kadar abu rata-rata 12,26 %, Kadar karbon terikat rata-rata 62,59 %. (Ahmad Taonisi, dkk. 2010).

2.4. Karburasi (Carburizing)

Karburasi atau *Carburizing* adalah proses perlakuan thermokimia, umumnya diterapkan pada jenis baja yang mudah dikeraskan.

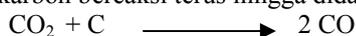
Proses karburasi ini biasanya dilakukan pada baja karbon rendah yang mempunyai sifat lunak dan keuletan tinggi. Tujuan dari proses karburasi adalah untuk meningkatkan ketahanan aus dengan jalan mempertinggi kekerasan permukaan dan meningkatkan karakteristik fatik dari baja karbon. Pada proses pengerasan permukaan dengan metode karburasi dapat dibagi menjadi 2 tahap :

2.4.1. Penambahan karbon

Penambahan karbon yang disebut carburizing (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 ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu.

Ada 3 cara dalam penambahan karbon, yaitu : menggunakan medium padat atau *Pack Carburizing*, Menggunakan medium cair atau *Liquid Carburizing* dan Menggunakan medium gas atau *Gas Carburizing*. Sesuai penelitian, maka hanya dijelaskan tentang 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 900 °C-950 °C (Beumer, 1994) selama waktu tertentu. Bahan *carburizing* terdiri dari bubuk karbon aktif 60 %, ditambah Kalsium Karbonat (CaCO₃) sebanyak 40 % sebagai katalisator yang mempercepat proses karburisasi. Sebenarnya tanpa katalisator pun 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;



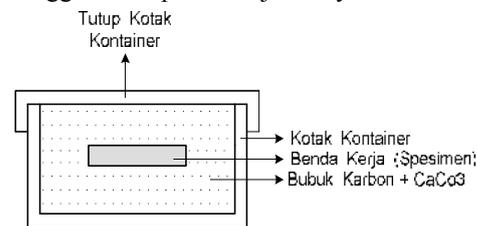
Dimana C yang terbentuk ini berupa atom karbon yang dapat masuk berdifusi ke dalam fase austenit dari baja.

Dengan adanya Katalisator proses akan lebih mudah berlangsung. Melalui proses yang tinggi katalisator berfungsi untuk membentuk atau mempercepat pembentukan gas CO₂ karena meskipun udara yang terperangkap sedikit, tetapi Katalisator menyediakan CO₂ yang akan segera mulai mengaktifkan reaksi-reaksi selanjutnya.

Reaksi dekomposisi CaCO₃ :

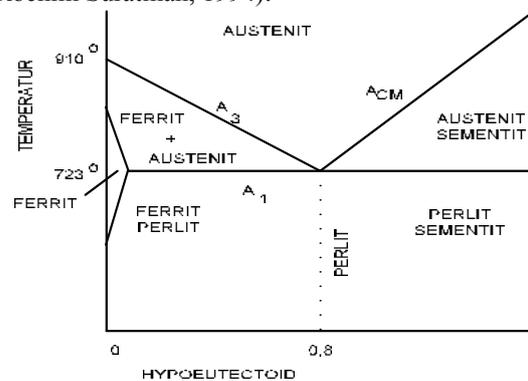


Dengan temperatur tinggi baja mampu melarutkan banyak karbon, maka dalam waktu singkat permukaan baja dapat menyerap karbon hingga mencapai batas jenuhnya.



Gambar 1. Kotak sementasi

Maksudnya bila baja yang dikeraskan permukaannya mengalami pemanasan hingga temperatur tinggi atau temperatur austenite, maka difusi karbon dapat mencapai batas jenuhnya yang berdifusi melebihi batas A cm maka akan terjadi atau tumbuh fasa baru yaitu sementit. (Rochim Suratman, 1994).



Gambar 2. Potongan diagram fase Fe-Fe₃C

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. Keseluruhan proses *Pack Carburizing* ditentukan oleh 2 faktor utama (Johannes, J. 2011) yaitu:

a. Kesetimbangan Kimia

Karbon yang dibutuhkan untuk proses ini di dapat dari media yang berbentuk padat, cair, dan gas. Bagaimana bentuk pasokan karbon, transport karbon ke permukaan logam selalu dalam bentuk gas yaitu, gas CO. Gas CO ini akan bereaksi dengan permukaan logam sehingga menghasilkan reaksi:



Laju reaksi akan menurun dengan bertambahnya kadar karbon dalam baja. Proses ini juga tergantung dari komposisi gas sehingga perbandingan antara CO₂ dan CO pada suhu tertentu dapat memberikan kadar karbon. Misal jika CO₂/CO sama dengan 5/95 (pada suhu 900 °C) maka akan diperoleh kadar karbon 0,8 %. Jadi apabila proses karburasi dilakukan dengan suhu yang relatif tinggi, akan menghasilkan perbandingan CO₂/CO yang harus kecil, sehingga pemenuhan gas CO harus bertambah.

b. Difusi

Faktor utama yang berpengaruh dalam proses difusi adalah suhu dan waktu. Semakin tinggi suhu karburasi, makin tebal lapisan karburasinya karena kecepatan difusi yang semakin besar. Proses karburasi yang baik adalah menghasilkan adanya gradient komposisi dari luar ke dalam. Dengan adanya gradient komposisi, maka pengelupasan dapat dicegah.

Gradien komposisi dari karbon dapat diperoleh dengan mempertimbangkan suatu periode difusi dimana pada saat pemasukan karbon sudah dihentikan, benda kerja untuk beberapa saat masih tetap pada temperatur karburasi untuk menyempurnakan difusi karbon.

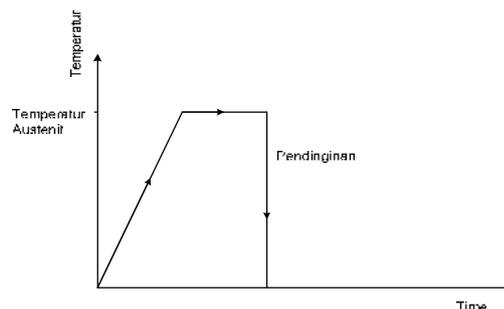
Tebal lapisan karburasi yang berarti jarak dari permukaan logam ke suatu konsentrasi karbon tertentu sangat ditentukan oleh suhu pada proses, waktu/lama proses, konsentrasi karbon dari media yang digunakan, dan kadar karbon yang dimiliki oleh baja yang mengalami proses tersebut. Dalam prakteknya konsentrasi karbon dari media yang digunakan disebut potensial karbon (carbon potential).

2.4.2. Pendinginan (*Quenching*)

Setelah lapisan kulit mengandung cukup karbon, proses dilanjutkan dengan pengerasan yaitu dengan pendinginan untuk mencapai kekerasan yang tinggi. Quenching adalah suatu proses pendinginan cepat dengan media pendingin yang bertujuan untuk mendapatkan nilai kekerasan optimum dari baja (struktur martensit).

Proses pendinginan (*quenching*) dapat dilakukan dengan cara : Pendinginan langsung (*Direct Quenching*), Pendinginan tunggal (*Single Quenching*) dan *Double Quenching*. Penelitian difokuskan dengan menggunakan Pendinginan langsung (*Direct Quenching*) dan dapat dijelaskan sebagai berikut.

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 3. Grafik Proses Pendinginan Langsung (*Direct Quenching*)

Untuk mencapai struktur martensit maka austenit yang terjadi harus didinginkan cukup cepat, setidaknya dapat mencapai laju pendinginan kritis dari baja yang bersangkutan. Untuk ini baja harus didinginkan dengan media pendingin tertentu yang umumnya ditentukan oleh jenis baja/ paduannya. Ada sejumlah media pendingin yang biasa digunakan dalam proses pengerasan baja yaitu :

a. Udara

Pendinginan di udara adalah merupakan suatu pendinginan serta perlahan-lahan di ruangan terbuka yang bertujuan untuk menormalkan kembali struktur logam karena adanya efek pengerjaan terhadap bahan baja. Pada pendinginan di udara terjadi pada fasa austenitasi, 50°C samapai 60°C di dalam daerah austenit murni. Pendinginan di udara mencegah terjadinya segregasi proeutektoid yang berlebihan dan terbentuknya struktur mikro perlit yang halus. Proses ini disebut *normalizing*. Pendinginan secara perlahan-lahan dengan media pendinginnya udara terjadi pada proses *annealing* pendinginan dilakukan pada *furnace* (tungku) atau di ruangan yang agak tertutup sehingga jumlah udara yang masuk agak terbatas yang akan mempengaruhi kecepatan pendinginan.

b. Oli, NaCl, NaOH dan air.

Pendinginan dengan oli, NaCl, NaOH dan air merupakan suatu pendinginan dengan

kecepatan setelah dilakukan pemanasan sampai 50°C di atas temperatur titik kritis selama beberapa waktu. Proses pendinginan ini biasanya juga disebut dengan *quenching* (celup langsung). Pendinginan dengan kecepatan akan menghasilkan martensit yang keras dan agak rapuh. Pada proses pendinginan ini akan terbentuk austenit yang lebih padat daripada martensit dan juga lebih padat daripada ferit ditambah dengan karbida, hal ini yang merupakan masalah pada pendinginan secara celup langsung dari austenit ke martensit karena bagian tengah yang lebih lambat pendinginannya bertransformasi dan muai. Setelah permukaannya lebih cepat pendinginannya menjadi martensit yang rapuh jadi retak dapat terjadi pada baja dengan ukuran lembaran atau kawat khususnya bila kadar karbon lebih besar dari 0,5%.

2.5. Waktu Penahanan (*Holding Time*)

Holding time dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *quenching* dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan homogen. Pada proses *pack carburizing* , *holding time* sangat diperlukan untuk menghasilkan kelarutan karbon pada material baja, semakin lama *holding time* -nya maka akan semakin banyak karbon yang berdifusi dengan besi (Purboputro, I. Pramuko, 2006).

Pada saat tercapainya suhu kritis atas, memang fase struktur sudah hampir semuanya austenit tetapi austenit masih berbutir halus dan kadar karbon dan unsur paduannya belum homogen untuk itulah dibutuhkan penahan waktu beberapa saat (Karmin, 2009). Lamanya *holding time* ini tergantung pada:

1. Tingkat kelanjutan karbida dan ukuran butir yang diinginkan. Karena jumlah dan jenis karbida berbeda antara baja yang satu dengan yang lain maka lamanya *holding time* ini tergantung pada jenis baja dan temperatur *carburizing* yang dipakai.
2. Laju pemanasan. Misalnya, pemanasan dengan laju pemanasan yang sangat lambat terhadap baja *hypoeutectoid* , pada saat mencapai suhu kritis atas, austenit yang terbentuk sudah homogen sehingga tidak diperlukan lagi *holding time* . Sebaliknya dengan laju pemanasan yang cepat akan diperlukan waktu untuk mencapai austenit yang homogen.

Hal yang perlu diketahui dalam *holding time* :

- a. Perbedaan temperatur antara bagian dalam dan permukaan, akibat rambatan panas yang

dapat menyebabkan perbedaan pemuai volume.

- b. Baja menyusut sampai 4 % (volume) pada kenaikan temperatur mencapai transformasi austenite.

2.6. Pengujian Kekerasan

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. Metode *Brinell* dan *Vickers* menentukan angka kekerasannya dengan menitikberatkan pada penghitungan kekuatan bahan terhadap daya luas penampang yang menerima pembebanan, sedangkan pada metode *Rockwell* ditentukan dengan menitikberatkan pada kedalaman *indenter* pada benda uji.

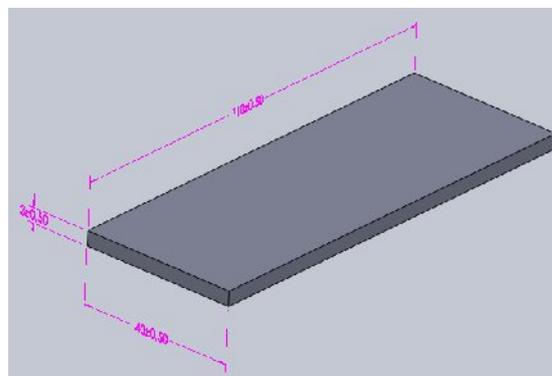
Disini pengujian memakai pengujian kekerasan dengan menggunakan metoda pengujian *Rockwell* . Pada cara *Rockwell* pengukuran langsung dilakukan oleh mesin, dan mesin langsung menunjukkan angka kekerasan dari bahan yang diuji. Cara ini lebih cepat dan akurat. Nilai kekerasan dari pengujian *Rockwell*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

Pengujian ini menggunakan skala B (HRB). Untuk HRB menggunakan beban 100 kg dan dengan menggunakan indenter bola baja (*ball*) berdiameter 1/16 inch.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sampel Penelitian

Penelitian menggunakan baja karbon rendah ST 37 berbentuk plat. Bahan di bentuk menjadi spesimen perlakuan panas dan kekerasan sebanyak 26 buah dengan ukuran (110 x 40) mm.



Gambar 4. Material Benda Uji

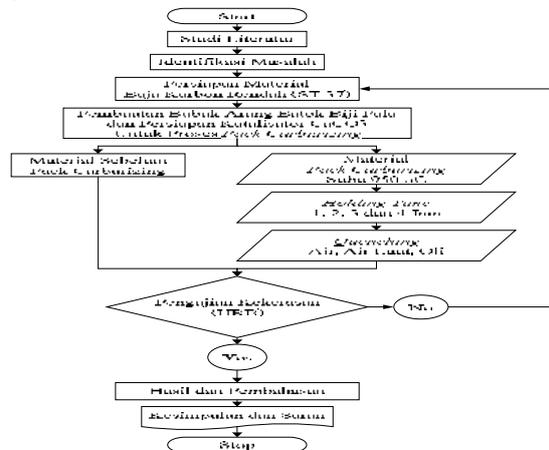
3.2. Prosedur Penelitian Pack Carburizing:

Prosedur penelitian dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Pengambilan data kekerasan (HRB) untuk raw material
- Benda uji diletakkan dalam kotak baja dan ditimbun dengan bubuk arang batok biji pala dan bubuk Kalsium Carbonat (CaCO_3) hingga tertimbun seluruhnya dengan perbandingan (90:10) % (Gambar 1) dan tutup kembali kotak baja dengan penutupnya. Dengan berat media padat+kalsium karbonat sebesar 1 kg dan berat spesimen masing-masing 0.2 kg, maka diketahui seluruhnya ditimbun setinggi 3,2 cm.
- Masukan kotak baja ke dalam oven pemanas, kemudian ditutup dan dihidupkan.
- Atur temperatur sesuai temperatur yang ingin dicapai.
- Setelah tercapainya temperatur yang diinginkan, pertahankan waktu tahan selama 1 jam.
- Keluarkan kotak baja dari dalam oven dan oven dimatikan.
- Buka tutup kotak baja dan angkat benda uji dengan tang penjepit dan masukan kedalam quenching air, biarkan hingga dingin.
- Angkat benda uji dan bersihkan dengan majun.
- Ulangi langkah b–g untuk variasi holding time 2, 3 dan 4 jam dan variasi quenching air laut dan oli.
- Pengujian kekerasan setelah proses pack carburizing dan quenching.

3.3. Diagram Alir Penelitian

Agar lebih terarah penelitian ini, maka dibuat langkah-langkah skematik seperti gambar berikut:



Gambar 5. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara rata-rata, hasil pengujian kekerasan yang didapat dari pengujian terlihat pada tabel 1

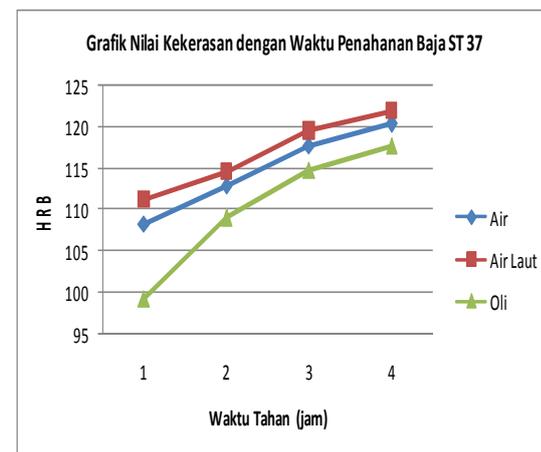
Hasil pengujian nilai kekerasan ini memakai metode Rockwell dengan beban 100 kg (HRB), melalui proses pengkarbonan padat komposisi arang botok biji pala – katalisator CaCO_3 (90 % - 10 %).

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan Baja ST 37

Media Quenching	Waktu Tahan (Jam)	Rata-rata HRB
Air	1	108,3
	2	112,875
	3	117,75
	4	120,375
Air Laut	1	111,275
	2	114,55
	3	119,525
	4	122,025
Oli	1	99,2
	2	109,05
	3	114,85
	4	117,725

IV.1. Pembahasan

Kekerasan awal Baja ST 37 sebelum proses pack carburizing (raw material) adalah sebesar 77,6 HRB. Setelah dilakukan proses pack carburizing dengan menggunakan media arang batok biji pala pada suhu 950°C dengan variasi waktu tahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan variasi media quenching (air, air laut dan oli), terjadi peningkatan nilai kekerasan untuk semua variasi.



Gambar 6. Grafik Nilai Kekerasan dengan Holding Time Baja ST 37 Setelah di Quenching

Gambar 6 merupakan grafik variasi holding time 1 jam s/d 4 jam dan media quenching air, air laut dan oli. Hasilnya memperlihatkan semakin besar holding time pada media quenching konstan, terjadi peningkatan nilai kekerasan baja

ST 37. Posisi kurva memperlihatkan *holding time* 4 jam mempunyai nilai kekerasan lebih tinggi untuk semua media *quenching* dan kemudian diikuti *holding time* 3 jam, 2 jam dan 1 jam. Sebaliknya pada *holding time* konstan nilai kekerasan untuk media *quenching* air laut lebih tinggi dan kemudian diikuti oleh air dan oli.

Hasil peningkatan nilai kekerasan dari baja ST 37 sesuai variasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Untuk Waktu tahan 1 jam menggunakan media *quenching* air kekerasannya naik menjadi 108,3 HRB (peningkatan 39,56 % dari *raw material*), *quenching* air laut kekerasannya naik menjadi 111,275 HRB (peningkatan 43,40 % dari *raw material*) dan *quenching* oli kekerasannya naik menjadi 99,2 HRB (peningkatan 27,84 % dari *raw material*).
- b. Untuk Waktu tahan 2 jam menggunakan media *quenching* air kekerasannya naik menjadi 112,875 HRB (peningkatan 45,46 % dari *raw material*), *quenching* air laut kekerasannya naik menjadi 114,55 HRB (peningkatan 47,62 % dari *raw material*) dan *quenching* oli kekerasannya naik menjadi 109,05 HRB (peningkatan 40,52 % dari *raw material*).
- c. Untuk Waktu tahan 3 jam menggunakan media *quenching* air kekerasannya naik menjadi 117,75 HRB (peningkatan 51,74 % dari *raw material*), *quenching* air laut kekerasannya naik menjadi 119,525 HRB (peningkatan 54,03 % dari *raw material*) dan *quenching* oli kekerasannya naik menjadi 114,85 HRB (peningkatan 48,00 % dari *raw material*).
- d. Untuk Waktu tahan 4 jam menggunakan media *quenching* air kekerasannya naik menjadi 120,375 HRB (peningkatan 55,12 % dari *raw material*), *quenching* air laut kekerasannya naik menjadi 122,025 HRB (peningkatan 57,25 % dari *raw material*) dan *quenching* oli kekerasannya naik menjadi 117,725 HRB (peningkatan 51,71 % dari *raw material*).

Peningkatan kekerasan ini disebabkan oleh adanya difusi karbon yang menyebabkan penambahan atom karbon pada material dari sisi terluar hingga kebagian dalam dan berlangsung secara terus menerus pada saat dilakukan proses *pack carburizing* dengan suhu 950⁰ C. Penambahan atom karbon menyebabkan terbentuknya sementit yang terdiri dari tiga (3) atom Fe mengikat satu (1) atom C. Ikatan ini membentuk sementit-sementit baru, tumbuhnya sementit bercampur dengan ferrit menjadi kristal perlit. Karena perlit lebih mendominasi ferrit pada permukaan baja ST 37 sehingga padanya

menjadi keras. Jelaslah bahwa kekerasan material sangat tergantung dari jumlah karbon artinya semakin banyak kadar karbon dalam material akan semakin keras material tersebut (Mulyadi dan Eka Sunitra, 2010).

Penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa faktor yang sangat berpengaruh dalam proses difusi adalah suhu dan waktu. Makin tinggi suhu karburasi, makin tebal lapisan karburasi karena kecepatan difusi makin besar. Lama waktu penahanan suhu dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum pada proses *pack carburizing*. Menahan pada temperatur pengerasan dan pada waktu tertentu untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga unsur austenitnya homogen. Atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon serta unsur paduannya. Karena dengan semakin lamanya penahanan waktu maka semakin banyak proses penyerapan karbon yang terjadi (R. Suratman, 1994).

Setelah material selesai dipanaskan pada suhu *pack carburizing* dilanjutkan dengan proses *quenching*. Tujuan utamanya adalah untuk mendapatkan struktur martensit yang lebih keras dari perlit. Hasil penelitian memperlihatkan penggunaan media *quenching* yang berbeda sangat berpengaruh pada peningkatan nilai kekerasan baja ST 37. Dari ketiga media *quenching* yang digunakan, air laut mempunyai nilai kekerasan lebih besar dari air kemudian air lebih besar dari oli untuk semua variasi *holding time*.

Air laut merupakan media pendinginan yang sangat cepat dan merata. karena air laut memiliki kadar garam. Garam tersebut akan mengendap disekeliling benda kerja dan cenderung mencegah/memperpendek terbentuknya lapisan uap serta mempercepat laju pendidihan (R. Suratman, 1994). Endapan yang terbentuk ini menyebabkan cairan pendingin dapat berkontak langsung dengan permukaan benda kerja, sehingga laju pendinginan menjadi sangat efektif dan dengan cepat menyerap panas pada daerah temperatur tinggi. Pengertian efektif disini adalah baja karbon yang didinginkan pada suatu laju yang dapat mencegah struktur yang lebih lunak atau mendapatkan struktur yang keras dan merata diseluruh permukaan. Dengan demikian laju pendinginan efektif air laut yaitu pada laju pendinginan yang lebih lambat pada rentang temperatur pembentukan martensit pada baja karbon ST 37 dan merata diseluruh permukaan. Martensit mempunyai sifat keras, oleh sebab itu, ketika dilakukan pengujian kekerasan di beberapa titik, secara rata-rata memiliki kekerasan lebih besar dari media *quenching* air dan oli.

Air memiliki kemampuan mendinginkan yang cepat. Namun air mudah membentuk lapisan uap

sehingga akan menghasilkan daerah-daerah yang lunak pada benda kerja yang di proses (R. Suratman. 1994). Lapisan uap air ini menghalangi cairan pendingin menyentuh lapisan permukaan benda kerja, sehingga menurunkan laju pendinginan efektif. Kelemahan inilah yang menyebabkan adanya penurunan yang tajam dari kapasitas pendinginan air pada rentang temperatur yang tinggi. Karena pada temperatur yang lebih tinggi titik didih akan tercapai dan akan berubah menjadi uap dan akibatnya laju pendinginan menurun. Semakin lama lapisan uap akan menghasilkan pengerasan baja karbon ST 37 yang tidak seragam atau adanya daerah-daerah yang lunak. Dengan demikian, nilai kekerasan baja karbon ST 37 menggunakan *quenching* air lebih kecil dari air laut diakibatkan oleh kelemahan yang telah dijelaskan di atas.

Kecepatan pendinginan dengan media *quenching* oli umumnya dipengaruhi oleh viskositas. Makin rendah viskositas makin cepat laju pendinginannya. Disamping itu juga makin rendah viskositas makin *volatil* (mudah terbakar). Berdasarkan pengamatan ternyata oli yang digunakan mempunyai viskositas rendah dan *volatilitas*-nya tinggi dimana material ST 37 direndam, olinya terbakar. Terbakarnya oli ini, menyebabkan pelapisan uap makin diperpanjang sehingga menurunkan laju pendinginan. Akibatnya martensinya yang terbentuk pada permukaan kurang dan tidak merata. Dengan demikian secara rata-rata nilai kekerasan material ST 37 yang di-*quenching* dengan oli lebih rendah dari air laut dan air disebabkan oleh viskositasnya lebih tinggi dari kedua *quenching* tersebut dan sifat *volatil*-nya.

V. Kesimpulan

Proses pengkarbonan padat dapat menaikkan nilai kekerasan dari baja karbon. Semakin lama waktu penahanan kekerasan permukaan baja karbon rendah semakin meningkat. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian kekerasan.

Kekerasan awal Baja ST 37 sebelum proses *pack carburizing* adalah sebesar 77,6 HRB. Setelah dilakukan proses *pack carburizing* dengan menggunakan media arang batok biji pala dengan suhu 950° C dan variasi waktu tahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, maka didapatkan :

1. Waktu tahan 1 jam, *quenching* air kekerasannya naik menjadi 108,3 HRB, sedangkan *quenching* air laut kekerasannya naik menjadi 111,275 HRB, *quenching* oli kekerasannya naik menjadi 99,2 HRB.
2. Waktu tahan 2 jam, *quenching* air kekerasannya naik menjadi 112,875 HRB, sedangkan *quenching* air laut kekerasannya menjadi 114,55 HRB, *quenching* oli kekerasannya naik menjadi 109,05 HRB.

3. Waktu tahan 3 jam, *quenching* air kekerasannya naik menjadi 117,75 HRB, sedangkan *quenching* air laut kekerasannya menjadi 119,525 HRB, *quenching* oli kekerasannya naik menjadi 114,85 HRB.
4. Waktu tahan 4 jam, *quenching* air kekerasannya naik menjadi 120,375 HRB, sedangkan *quenching* air laut kekerasannya menjadi 122,025 HRB, *quenching* oli kekerasannya naik menjadi 117,725 HRB.

Daftar Pustaka

- Beumer Ing, B. J. M. (1994). **Ilmu Bahan Logam. Terjemahan B. S. Anwir. Jilid III.** Penerbit Bhatara. Jakarta.
- Hari, Amanto. dan Daryanto. (1999). **Ilmu Bahan.** Bumi Aksara. Jakarta.
- Johannes, J. dan Pattiasina, N. H. (2011). **Buku Ajar: Teknologi Bahan (Edisi I).** Politeknik Negeri Ambon. Ambon.
- Karmin. **Pengendalian Proses Pengerasan Baja Dengan Metoda Quenching.** Jurnal Austenit, Vol. 1, No.2, Oktober 2009. Politeknik Negeri Padang. Padang.
- 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/>
- Mulyadi dan Sunitra, Eka. **Kajian Perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Sebagai Akibat Dari Proses Karburisasi dan Proses Kuancing Pada Material Gigi Perontok Power Thresher.** Jurnal Teknik Mesin. Vol. 7, No. 1, Juni 2010, 33-49, ISSN 1829-8958.
- Purboputro, I. Pramuko. **Pengaruh Waktu Penahanan Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Pengkarbonan Baja Mild Steel Roda Gigi Rantai Sepeda Motor RX Spesial,** Jurnal MEDIA MESIN, Vol. 7, No. 1, Januari 2006, 9-16.
- Schonmentz, Alois, dkk. (1985). **Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam.** Penerbit Angkasa. Bandung.
- Suratman, Rochim. (1994). **Panduan Proses Perlakuan Panas.** Lembaga Penelitian ITB. Bandung.
- Taonisi, Ahmad., Sudarja, dan Rahman, Muh. Budi Nur,. (2010). **Pemanfaatan Limbah Cangkang Pala Sebagai Bahan Briket Arang Untuk Mendukung Kebutuhan Energi Nasional.** Seminar Nasional Teknik Mesin. UMY. Yogyakarta.

Van Vlack, H, Lawrence. (1992). **Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)**. Terjemahan Srianti Djaprie. Edisi Kelima. Penerbit Erlangga. Jakarta.