

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Berbagai penelitian tentang *pack carburizing* ini sudah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Ada banyak jurnal penelitian yang mengangkat tentang materi yang disajikan. Peneliti sebelumnya mengatakan bahwa baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan melalui proses *tempering* kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedangkan keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Berikut ini beberapa referensi yang berkaitan yaitu :

Pada penelitian (W. M. E. Wattimena dan Jandri Loehenapessy, 2014) pengaruh *holding time* dan *quenching* terhadap kekerasan baja karbon ST 37 pada proses *pack carburizing* menggunakan arang batok biji pala, baja karbon ST 37 tergolong baja karbon rendah dengan memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3% sesuai spesifikasi sebesar 0,16%. Penelitian untuk meningkatkan kekerasan permukaan dari baja ST 37 melalui proses pengkarbonan yang dilakukan pada temperatur 950⁰C dengan variasi waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam dengan dilakukan *quenching* menggunakan media air, media air laut, dan media oli. Pengujian kekerasan untuk *raw material* dan material sesudah di proses *pack carburizing*, metode pengujian dengan menggunakan metode *Rockwell B* (HRB).

Pada penelitian (Hafni, 2015) pengaruh waktu tahan proses *pack carburizing* menggunakan *calcium carbonat* untuk mendapatkan sifat yang keras pada permukaan dan tetap lunak pada intinya. Pengaruh pengerasan permukaan (*face hardening*) dilakukan dengan pengujian pada baja karbon rendah dengan menggunakan media karburasi campuran 500 gram arang tempurung kelapa dan 50 gram *calcium carbonat* (CaCO₃) temperatur pemanasan 950⁰C dengan variasi waktu 3 jam, 4 jam, dan 5 jam.

Penelitian (Bahtiar, Muhammad Iqbal, dan Defri Arisandi, 2017) bertujuan untuk menganalisis kekerasan dan struktur mikro pada baja komersil yang mendapatkan proses *pack carburizing* dengan arang cangkang kelapa sawit. Pada penelitian ini spesimen dibagi menjadi lima bagian yaitu : *raw material*, spesimen

KQA (karburasi *quenching* air), spesimen KQO (karburasi *quenching* oli), spesimen KQAT (karburasi *quenching* air *tempering*), serta spesimen KQOT (karburasi *quenching* oli *tempering*). Media karbon yang digunakan adalah arang cangkang kelapa sawit dengan presentase berat 75,25%, dan CaCO₃ sebesar 24,74% sebagai katalisnya. Proses *pack carburizing* dilakukan pada temperatur 950⁰C dengan waktu penahanan selama 2 jam.

Pada penelitian (Bayu Prasetyono, priyagung Hartono, dan Ena Marlina) ini menggunakan metode eksperimen nyata (*true experimental method*) untuk mencari hubungan sebab akibat dari beberapa variabel yang sengaja dimunculkan dengan menyisihkan variabel lain yang mempengaruhinya. Untuk membandingkan perlakuan panas berupa *carburizing* dengan variasi waktu tahanan 1 jam, 3 jam, dan 5 jam menggunakan media pendingin yang sama akan mengubah atau memperbaiki sifat mekanis baja AISI 1045 untuk diaplikasikan dalam pembuatan roda gigi. Dengan jumlah 9 spesimen untuk uji kekerasan dan 9 spesimen untuk uji impact.

Pada penelitian (Eddy Gunawan, 2017) pengaruh temperatur terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada baja karbon rendah ST 41 untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur terhadap perubahan sifat mekanis pada proses pengarbonan pada baja karbon rendah. Waktu tahanan yang digunakan selama proses pengarbonan adalah 30 menit dengan variasi temperatur 650⁰C, 750⁰C, dan 850⁰C, dalam proses pengarbonan sumber karbon adalah serbuk arang tempurung kelapa dan dicampur dengan 25% BaCO₃ sebagai katalisnya. Pengerasan permukaan dengan dilakukan *Quenching* pada media air.

2.2 Pengertian Baja Karbon

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Disamping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti Sulfur (S), Fosfor (P), Silikon (Si), Mangan (Mn). Sifat baja yang 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.

Menurut Schonmetz (1985) Sifat mekanik baja juga dipengaruhi oleh cara mengadakan ikatan karbon dengan besi. 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, ferit murni tidak akan cocok digunakan sebagai bahan untuk benda kerja yang menahan beban karena kekuatannya kecil.
2. Karbid besi (Fe_3C), 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.

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.

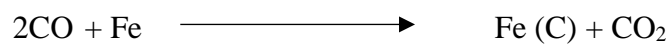
Pada penelitian W. M. E. Wattimena, Dkk (2014) Baja Karbon Rendah ST 37 DIN 17-100 mengatur jenis baja karbon untuk keperluan pembuatan komponen mesin yang distandarkan menurut kekuatan tarik. Baja ST 37 mempunyai kekuatan tarik 37-45 Kg/mm² dan kadar karbonnya 0,16%.

2.3 Proses *Pack Carburizing*

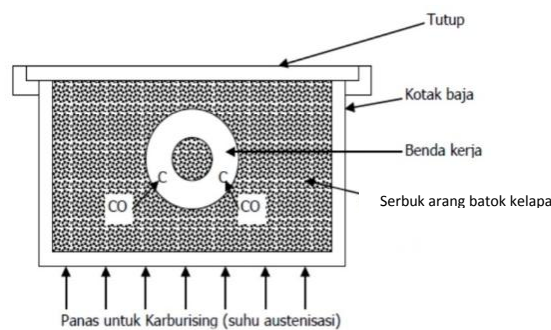
Karburasi atau *carburizing* adalah proses perlakuan *thermokimia*, umumnya diterapkan pada jenis baja yang mudah dikeraskan. Proses karburasi ini biasanya dilakukan pada baja karbon rendah yang mempunyai sifat lunak dan keuletan tinggi. Tujuan dari proses karburasi adalah untuk meningkatkan karakteristik fatik dari baja 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.

Benda kerja dimasukkan kedalam kotak yang berisi bubuk karbon dan ditutup rapat kemudian dipanaskan pada temperatur *austenit*, yaitu antara 950°C (Beumer, 1994) selama waktu tertentu. Bahan *carburizing* terdiri dari bubuk karbon aktif 60%, ditambah kalsium karbonat (CaCO_3) sebanyak 40% sebagai katalisator yang mempercepat proses karburasi. Sebenarnya tanpa katalisator pun dapat terjadi proses *carburizing* karena temperatur sangat tinggi, maka karbon teroksidasi oleh oksigen yang terperangkap dalam kotak menghasilkan CO_2 dan CO . Gas CO bereaksi dengan permukaan baja membentuk atom karbon yang kemudian berdifusi kedalam baja mengikuti persamaan :



Gas CO_2 ini sebagian akan bereaksi kembali dengan karbon dari media karburasi membentuk CO dan sebagian lagi akan menguap. Hal ini berarti oksigen harus tersedia cukup dalam kotak agar proses dapat berlangsung dengan baik.



Gambar 2.1 Proses *Pack Carburizing*

(Sumber : Jurnal Johannes, J. 2011)

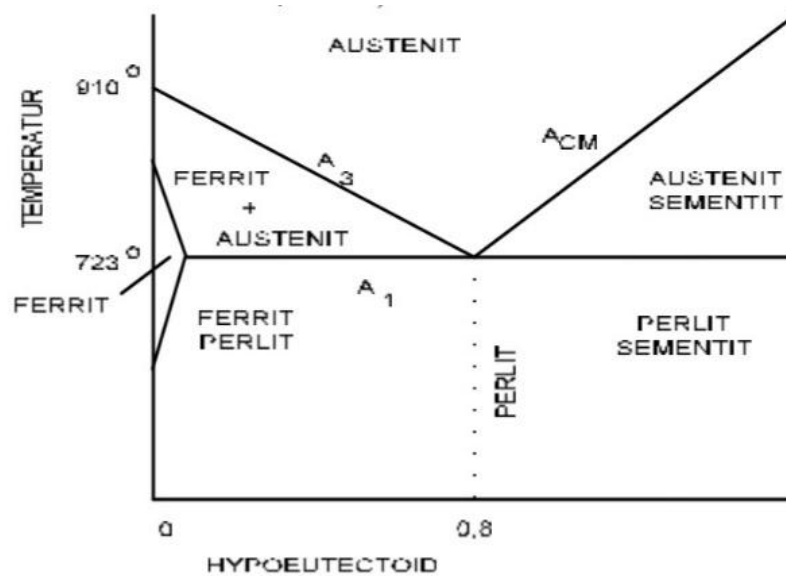
Menurut (Johannes, J. 2011) Keuntungan dari proses ini adalah dapat digunakan pada proses pengerasan permukaan yang relatif tebal. Sedangkan kerugiannya adalah jika lapisan terlalu tebal pada saat pendinginan (*quenching*) akan retak atau terkelupas, benda uji tersebut mengalami *shock* karena pendinginan yang tiba-tiba. Keseluruhan proses *pack carburizing* ditentukan oleh faktor :

a. 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, 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.



Gambar 2.2 Potongan Diagram Fasa Fe-Fe₃C

Dari penelitian (Sujita, 2016), Eddy Gunawan (2017), Dwiharsanti dkk (2016), Tumpal Ojahan Rajaguguk (2018), Adi Dermawan (2017), Muhammad Sadat (2008), Aidha Faizatul Abidah dkk (2019). Melakukan proses *pack carburizing* dengan pengaruh *holding time* pada penelitiannya.

2.3.1 Media Pack Carburizing

Tempurung kelapa komposisi utamanya adalah selulosa 34%, hemiselulosa 21,5 dan lignin 27%, sedangkan komposisi unsur terdiri dari 74,3% C, 0,02% Si, 21,9% O, 1,4% K, 0,5% S dan

1,7% P. Perubahan komponen dan kandungan tempurung kelapa menjadi arang tempurung kelapa ditunjukkan pada tabel.

Tabel 2.1 Komponen Dan Kandungan Tempurung Kelapa Menjadi Arang

No	Bahan	Komponen	Kandungan (%)
1	Tempurung kelapa	<i>Moisture</i>	10,46
		<i>Volatile</i>	67,67
		Karbon	18,29
		Abu	3,58
2	Arang Tempurung Kelapa	<i>Volatile</i>	10,60
		Karbon	76,32
		Abu	13,08

(Sumber : Jurnal Penelitian Sains, Esmar Budi, 2011)

Perubahan tempurung kelapa menjadi arang menghasilkan kandungan karbon yang tinggi dengan sedikit kenaikan prosentasi kandungan abu, menghilangkan kandungan *moisture* dan pengurangan kandungan *volatile*. Dibandingkan dengan arang bahan alami lain seperti arang batang buah jagung, gabah padi dan tempurung buah coklat (12-20% C). Arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi sehingga berpotensi sebagai sumber karbon aktif.

Adi Dermawan (2017) Aidha Faizatul Abidah dkk (2019), menggunakan media arang tempurung kelapa pada penelitiannya.

Tetapi Sujita (2016) juga melakukan pengujian *pack carburizing* dengan menggunakan kerang mutiar pada penelitiannya.

Pada penelitian kali ini penulis menggunakan media tempurung kelapa sawit sebagai media carbon pada proses *pack carburizing*.

2.3.2 Metode Pendingin (*Quenching*)

Keberhasilan suatu proses pengerasan atau pengerjaan panas dari baja sangat dipengaruhi oleh laji pendinginan karena struktur mikro (*grain size*) yang terbentuk dan hasil pendingin beraneka ragam jenisnya. Berdasarkan penelitian terdahulu laju pendinginan mempengaruhi kekerasan pada baja, karena semakin

cepat laju pendinginan suatu baja maka martensite yang terbentuk juga berpotensi semakin banyak. Keefektifan *quenching* tergantung pada sifat pendingin dari media *quenching* dan juga kemampuan keras dari baja, beberapa faktor yang terlibat dalam mekanisme pendinginan cepat yaitu :

- a. Kondisi internal bahan yang mempengaruhi proses perpindahan panas.
- b. Kondisi permukaan yang mempengaruhi pelepasan panas.
- c. Kemampuan penyerapan panas dari media *quenching* dalam kondisi *fluida* tak mengalir pada temperatur dan tekanan *fluida* normal.
- d. Kondisi internal bahan yang mempengaruhi proses perpindahan panas.
- e. Kondisi permukaan yang mempengaruhi pelepasan panas.

Kemampuan penyerapan panas dari media *quenching* dalam kondisi *fluida* tak mengalir pada temperatur dan tekanan *fluida* normal.

Struktur *martensit* adalah hasil transformasi dari *austenit* pada proses pendinginan yang sangat cepat *austenit* mengalami *driving force* perbedaan jumlah *martensite* yang terbentuk berbeda seiring dengan kecepatan laju pendinginannya semakin cepat maka semakin cepat pula *martensit* terbentuk setelah pendinginan dari temperatur *austenit*. Perbandingan nampak kontras pada pendinginan air *martensit* yang terbentuk adalah 90% dan pada pendinginan oli *martensit* yang terbentuk 40% lebih sedikit jika dibandingkan dengan pendinginan air.

2.3.3 Waktu Penahanan (*Holding Time*)

Menurut (Purboputro, I. Pramuko 2006) *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.

Dari penelitian (Karmin, 2009) Pada saat tercapainya suhu kritis atas, memang fase struktur sudah hampir semuanya *austenit* tetapi *austenit* masih berbentuk butir halus dan kadar karbon pada unsur paduannya belum homogen untuk itulah dibutuhkan penahan waktu beberapa saat. Hal yang perlu diketahui dalam *holding time* :

1. Perbedaan temperatur antara bagian dalam dan permukaan, akibat rambatan panas yang dapat menyebabkan perbedaan pemuaian volume.
2. Baja menyusut sampai 4% (volume) pada kenaikan temperatur mencapai tranformasi *austenit*.

2.4 Pengujian Material

Upaya untuk mengendalikan korosi memiliki cara dengan melapisi logam lain dengan yang lebih anodik salah satu caranya dengan menggunakan metode *pack carburizing*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur proses pelapisan terhadap kekerasan dan struktur mikro pada baja karbon rendah. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, yang bertujuan untuk mengetahui sebab akibat yang muncul berdasarkan perlakuan yang diberikan pada penelitian ini. Tahap awal dari pelaksanaan adalah persiapan benda yang akan diuji. Jenis benda yang akan diuji adalah baja karbon rendah ST 37 benda yang akan diuji diberi penandaan terlebih dahulu sesuai dengan tiap kondisi setelah proses karburasi. Penandaan pada temperatur 950⁰C dengan waktu penahanan 2 jam, 4 jam, 6 jam, 8 jam, dan 10 jam. Masing-masing terdiri dari 2 spesimen pengujian.

2.4.1 Pengujian Kekerasan Dengan Metode *Vickers*

Uji kekerasan pada umumnya kekerasan diartikan sebagai ketahanan terhadap deformasi, sedangkan nilai kekerasan pada baja adalah ketahanan baja terhadap deformasi permanen atau plastis. Metode pengujian kekerasan baja yaitu dengan penekanan. Proses pengujian yang mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan yaitu dengan metode penekanan. 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 menitik beratkan pada penghitungan kekuatan bahan terhadap daya luas penampang yang menerima pembebanan, sedangkan pada metode *Rockwell* ditentukan dengan menitik beratkan pada kedalaman *indentor* pada benda uji.

Uji kekerasan *vickers* (VHN) pengujian ini tidak beda jauh dengan metode *brinell*, hanya saja penetrator atau indentor yang digunakan terbuat dari intan yang

berbentuk piramid dengan alas bujur sangkar dan besar sudut intan adalah 136^0 . Dasar dari perhitungan yang digunakan untuk menghitung kekerasan spesimen menurut *vickers* dapat dinyatakan dengan rumus :

Mengetahui nilai kekerasan benda uji :

$$D = \frac{d1+d2}{2}$$

Rumus menghitung nilai kekerasan metode *vickers* :

$$HVN = \frac{2 \cdot P \cdot \sin \frac{\varphi}{2}}{d^2} \longrightarrow \frac{1,854 \times P}{d^2}$$

Dimana :

VHN : *Hardness Vickers Number*

P : Beban (kg)

φ : Sudut Sisi Intan (136^0)

D : Diagonal Identitas (mm)

Sujita (2016) melakukan pengujian dengan menggunakan metode kekerasan *Vickers* pada penelitiannya.

Aidha Faizatul Abidah dkk (2019), Eddy Gunawan (2017), W. M. E. Wattimena dkk (2014) melakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Rockwell* pada penelitiannya.

Sedangkan Adi Dermawan Mustaqim (2017) melakukan pengujian dengan menggunakan metode *Brinell* untuk penelitiannya.

Pada pengujian kali ini peneliti menggunakan uji kekerasan dengan menggunakan metode *vickers*, untuk mengetahui sifat mekanis (kekerasan) merupakan ketahanan dari suatu material terhadap deformasi plastis atau perubahan bentuk yang tetap. Kekerasan selalu berhubungan langsung dengan kekuatan. menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan benda uji, untuk mengetahui nilai kekerasan benda uji maka diagonal rata-rata dari jejak tersebut harus dilihat terlebih dahulu. Dan angka kekerasan *vickers* dapat diperoleh dengan membagi besar beban uji yang digunakan dengan luas permukaan jejak.

