

**PENGARUH WAKTU *HOLDING* PADA PROSES *PACK CARBURIZING*
ARANG CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KEKERASAN
BAJA KARBON RENDAH ST-41**

(Skripsi)

**Oleh
IKHWAN ZUMARAKHMAN**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

PENGARUH WAKTU *HOLDING* PADA PROSES *PACK CARBURIZING* ARANG CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KEKERASAN BAJA ST-41

Oleh

Ikhwan Zumarakhman

Penggunaan baja karbon rendah pada kehidupan sehari-hari sangatlah banyak, baik dalam bidang pembangunan maupun bidang teknik. Ada banyak hal yang membuat bahan ini banyak diperanankan oleh khalayak, antara lain karena jumlahnya yang banyak di alam ini. Sifat mekaniknya yang baik, serta mudah pengerjaannya bisa dengan metode pengecoran ataupun dengan metode permesinan sehingga dapat dibuat sesuai peruntukan dan harga yang relatif murah. Kekerasan merupakan sifat mekanik dari baja yang berkaitan dengan ketahanan aus, komponen-komponen mesin yang mengalami gesekan pada fungsi kerjanya secara terus-menerus seperti piston, roda gigi, dan poros maka permukaannya akan mengalami keausan yang akan berdampak pada kerusakan komponen tersebut. Oleh sebab penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh arang cangkang kelapa sawit terhadap kekerasan baja ST-41. *Carburizing* merupakan proses pengerasan permukaan logam menggunakan suhu konstan 850⁰C dengan penambahan sumber karbon dari arang cangkang kelapa sawit sebanyak 85% dan dicampur serbuk cangkang telur sebagai katalisator sebanyak 15% agar berdifusi ke dalam baja. Metodologi yang digunakan yaitu dengan memvariasikan waktu 60, 90 dan 120 menit dengan pendinginan *quenching* dan *normalizing*. Hasil penelitian ini didapatkan data peningkatan nilai kekerasan dari hasil proses *pack carburizing*, dimana proses *quenching* memiliki nilai 828,8 HV atau meningkat sebesar 297,34% pada waktu 120 menit sedangkan proses *normalizing* memiliki nilai 300,8 HV atau meningkat sebesar 44,51% pada waktu 120 menit.

Kata Kunci: baja ST-41, *carburizing*, cangkang kelapa sawit, waktu *holding*, kekerasan

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF HOLDING TIME IN THE PROCESS OF PACK CARBURIZING PALM OIL CHARCOAL ON STEEL VIOLENCE ST-41

The use of low carbon steel in daily life is very much, both in the field of development and in the engineering field. There are many things that make this material widely used by many people, among others because of the large amount of this material. Good mechanical properties, and easy to process can be by casting method or by machining methods so that it can be formed according to its usefulness and relatively cheap prices. Hardness is the mechanical properties of steel related to wear resistance, the engine components that experience friction in their working functions continuously such as pistons, gears, and shafts so that the surface will experience wear and tear which will have an impact on the damage of these components. Because this research was conducted to determine the effect of oil palm shell charcoal on ST-41 steel hardness. Carburizing is a metal surface hardening process using a constant temperature of 850⁰C with the addition of carbon sources from 85% of oil palm shell charcoal and mixed eggshell powder as a catalyst for 15% to diffuse into steel. The methodology used is by varying the time of 60, 90 and 120 minutes by cooling quenching and normalizing. The results of this study obtained an increase in the value of hardness from the results of the pack carburizing process, where the quenching process has a value of 828.8 HV or increased by 297.34% at 120 minutes while the normalizing process has a value of 300.8 HV or increases by 44.51% at 120 minutes.

Keywords: ST-41 steel, carburizing, oil palm shell, holding time, hardness

**PENGARUH WAKTU *HOLDING* PADA PROSES *PACK CARBURIZING*
ARANG CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KEKERASAN
BAJA KARBON RENDAH ST-41**

Oleh

Ikhwan Zumarakhman

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PENGARUH WAKTU *HOLDING* PADA
PROSES *PACK CARBURIZING* ARANG
CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP
KEKERASAN BAJA KARBON RENDAH
ST-41**

Nama Mahasiswa : **Ikhwan Zumarakhman**

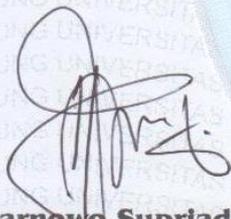
Nomor Pokok Mahasiswa : 1115021042

Jurusan : Teknik Mesin

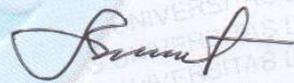
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

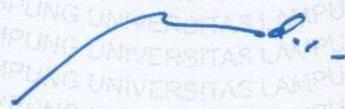


Harnowo Supriadi, S.T., M.T.
NIP 19690909 199703 1 002



Dr. Sugiyanto, M.T.
NIP 19570411 198610 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

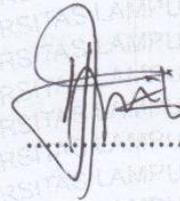


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

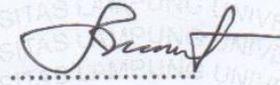
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

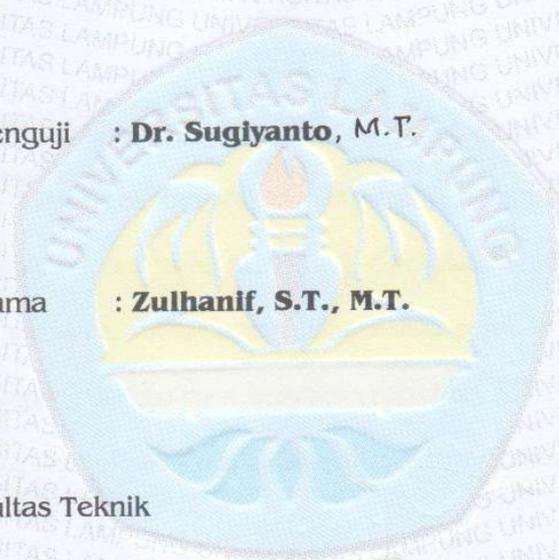
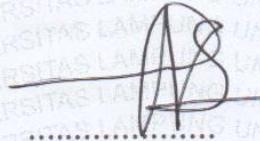
Ketua : Harnowo Supriadi, S.T., M.T.



Anggota Penguji : Dr. Sugiyanto, M.T.



Penguji Utama : Zulhanif, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Januari 2019

HALAMAN PERNYATAAN ORISIONALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir dengan judul:

PENGARUH WAKTU *HOLDING* PADA PROSES *PACK CARBURIZING*
ARANG CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KEKERASAN BAJA
ST-41

yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang dipublikasikan dari perguruan tinggi atau instansi manapun, sebagaimana diatur dalam pasal 44 peraturan akademik universitas lampung dengan surat keputusan rektor no. 159/H26/PP/2008, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Pembuat pernyataan,



Ikhwan Zumarakhman

NPM. 1115021042

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Sukoharjo 3, Kec. Sukoharjo, Kab. Pringsewu, pada tanggal 05 Juni 1993, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, putra dari Bapak Zainal Arifin dan Ibu Bawon Daniah.

Penulis menempuh pendidikan kanak-kanak di TK ISLAMIAH Pringsewu. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 1 Pringsewu Timur, Pringsewu tahun 1999 - 2005. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP N 1 Sukoharjo3 tahun 2005 - 2008. Penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah atas di SMK YPT Pringsewu tahun 2008 - 2011. Tahun 2011, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT) Universitas Lampung (UNILA) melalui Program Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP) dan melaksanakan kuliah di perguruan tinggi hingga meraih gelar Sarjana Teknik pada tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Mesin FT UNILA, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) FT UNILA sebagai Anggota Muda Baru periode 2011 - 2012, Anggota Muda Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik (FOSSI FT) periode 2011-2012, Sekretaris Bidang Minat dan Bakat HIMATEM periode 2012 – 2013, Sekretaris

Pada pertengahan tahun 2014, penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. DIRGANTARA INDONESIA, Prov. Jawa Barat, Kab. Bandung dengan judul laporan “PROSES PEMBUATAN *HINGE RIB 3 PART NO L5745747320101* PESAWAT AIRBUS A380 DENGAN MESIN *CNC MATEC 30-P* DI PT. DIRGANTARA INDONESIA”. Pada awal tahun 2016, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode 1 Tahun Ajaran 2016/2017 selama 60 hari di Kampung Batu Tegi, Kecamatan Air Nanningan, Kabupaten Tanggamus. Sejak bulan Maret 2018 penulis mulai melakukan penelitian “**PENGARUH WAKTU HOLDING PADA PROSES PACK CARBURIZING ARANG CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON RENDAH ST-41**” dibawah bimbingan Bapak Harnowo Supriadi, ST., M.T. selaku Pembimbing utama dan Dr. Sugiyanto sebagai pembimbing pendamping.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

Atas Rahmat Allah SWT

*Kupersembahkan Karya Sederhanaku ini
kepada ayah dan ibuku tercinta, adik-adikku tersayang, guru-
guru serta dosen-dosenku yang ku hormati.*

Berani Gagal, Berani Malu, Berani Salah Yang Tidak BERANI Akan Gagal,

Malu dan Salah

(Ikhtwan Zumarakhman)

Karena sesungguhnya setelah kesulitan itu ada kemudahan

(Q.S Al-Insyirah : 5)

Pelajarilah adab sebelum mempelajari ilmu

(Imam Malik)

SANWACANA

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT. atas berkat rahmat, hidayah serta karunia-Nya dan tak lupa pula sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW. sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul, **“PENGARUH WAKTU HOLDING PADA PROSES PACK CARBURIZING ARANG CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON RENDAH ST-41”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Harnowo Supriadi, S.T., M.T., selaku pembimbing I yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, arahan, bantuan, dukungan, saran dan kritik kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Dr. Sugiyanto selaku Pembimbing II dan Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan saran dan bimbingan kepada penulis sebelum, saat, dan setelah penelitian hingga skripsi ini selesai disusun.

5. Zulhanif, S.T., M.T., selaku pembahas atas kesediaan memberikan arahan, koreksi, saran dan kritik untuk pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang telah mendidik dan memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis.
7. Seluruh karyawan dan staf Jurusan Teknik Mesin atas bantuan-bantuannya selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Mesin.
8. Ayah dan ibu tercinta yang telah memberikan kasih sayang, membiayai sekolahku, membimbing, mendidik dan menasehatiku serta doa yang diberikan. Terima Kasih Ayah dan Ibu.
9. Adikku Fitra Nabila dan Aprilia Nada Husnun Arifin, terima kasih atas nasehat, doa, motivasi serta sabar menunggu penulis hingga dapat menyelesaikan studi.
10. Sahabat Partner penelitian Yudi “komti” dan Dika “inyong” yang telah memberikan saran, bantuan dan dukungan dalam melaksanakan penelitian.
11. Teman-teman tersayang di KOREWA, Yudi, Fahmi, Anam, Tri, Andicha, Fadly, Febri, Hari, Dedek, Ali, Purga, Syarif, Gembul yang telah menjadi teman berbagi dukungan, saling membantu, menemani, berbagi pengetahuan, dan semangat dalam melaksanakan penelitian maupun dalam keseharian.
12. Kepada sahabat saya di lingkungan tempat tinggal, Adi Azhari, Beni Prayoga, Wawan (lembok), Kris, Jainal, Godil, Wiwid, Rohman (Beta) yang telah memberikan do'a dan semangat kepada saya dalam menyelesaikan gelar sarjana ini saya ucapkan banyak terimakasih.

13. Kepada seluruh teman-teman angkatan 2011 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas rasa kekeluargaan dan dukungan yang telah diberikan selama masa kuliah ini.
14. Abang-abang dan adik-adik tingkat serta pengurus HIMATEM di Jurusan Teknik Mesin Unila, Terimakasih banyak atas dukungan, bantuan dan sarannya, salam SOLIDARITY FOREVER
15. Terima kasih kepada Mey Puspita Sari yang telah sabar menunggu, memberikan semangat, motivasi, dukungan/doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
16. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu secara tulus memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis.

Semoga Allah SWT. senantiasa membalas semua kebaikan-kebaikan yang telah kalian berikan. Akhir kata, penulis memohon maaf kepada semua pihak apabila skripsi ini masih terdapat kesalahan dan kekeliruan. Oeh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semuanya, Aamiin.

Bandar Lampung, 29 Januari 2019
Penulis,

Ikhwan Zumarakhman

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
 BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan penelitian.....	4
1.3 Batsan masalah.....	4
1.4 Sistematika Penulisan.....	5
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Baja.....	7
2.1.1 Baja ST-41.....	7
2.1.2 <i>Heat Treatment</i> (Perlakuan Panas).....	8
2.2 Holding Time.....	10
2.3 Difusi Atom.....	10

2.4 Definisi <i>Carburizing</i>	12
2.5 Karburasi Padat (<i>Pack Carburizing</i>).....	13
2.6 Pengerasan (<i>quenching</i>).....	16
1. Air.....	17
2. Minyak.....	18
3. Udara.....	18
4. Garam.....	19
2.7 Hardening.....	21
2.8 Cangkang Sawit.....	22
2.9 Katalis.....	24

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.2 Alat dan Bahan.....	27
3.2.1 Bahan.....	28
1. Baja karbon rendah (ST-41).....	28
2. Arang cangkang kelapa sawit.....	28
3. Cangkang telur.....	28
4. Air.....	29
3.2.2 Alat.....	29
1. Tungku pemanasan.....	29
2. Alat uji kekerasan.....	29
3. <i>Gringding</i>	30
4. Kotak sementasi.....	30
5. Bak air.....	31

3.3 Diagram Alir.....	32
3.4 Prosedur Penelitian.....	33
3.4.1 Persiapan spesimen.....	33
3.4.2 Persiapan <i>carburizing compound</i>	33
3.4.3 Pelaksanaan karburasi.....	34
3.4.4 Pengujian kekerasan.....	35
3.5 Analisa data.....	37
3.6 Kesimpulan dan saran.....	37

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Kekerasan	38
-------------------------------	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Rencana Penelitian.....	27
Tabel 3.2 Kekerasan baja ST-41 sebelum proses <i>pack carburizing</i>	36
Tabel 3.3 Nilai kekerasan baja hasil proses <i>pack carburizing</i> sesudah proses <i>quenching</i>	36
Tabel 4.1 Nilai kekerasan baja karbon rendah (ST-41) sebelum proses <i>pack carburizing</i>	39
Tabel 4.2 Nilai kekerasan baja hasil <i>pack carburizing</i> arang tempurung kelapa sawit proses <i>normalizing</i> dengan waktu penahanan 60 menit.....	40
Tabel 4.3 Nilai kekerasan baja hasil <i>pack carburizing</i> arang tempurung kelapa sawit proses <i>quenching</i> dengan waktu penahanan 60 menit.....	40
Tabel 4.4 Nilai kekerasan baja hasil <i>pack carburizing</i> arang tempurung kelapa sawit proses <i>normalizing</i> dengan waktu penahanan 90 menit.....	41
Tabel 4.5 Nilai kekerasan baja hasil <i>pack carburizing</i> arang tempurung kelapa sawit proses <i>quenching</i> dengan waktu penahanan 90 menit.....	41

Tabel 4.6 Nilai kekerasan baja hasil <i>pack carburizing</i> arang tempurung kelapa sawit proses <i>normalizing</i> dengan waktu penahanan 120 menit.....	42
Tabel 4.7 Nilai kekerasan baja hasil <i>pack carburizing</i> arang tempurung kelapa sawit proses <i>quenching</i> dengan waktu penahanan 120 menit.....	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pergerakan Atom Dengan Energi Aktivasi.....	11
Gambar 2.2 Proses <i>Pack Carburizing</i>	16
Gambar 2.3 Grafik Pendinginan Langsung.....	19
Gambar 2.4 Pendinginan Tunggal (<i>Single Quenching</i>).....	20
Gambar 3.1 Dimensi Baja ST-41.....	28
Gambar 3.2 Arang Cangkang Kelapa Sawit.....	28
Gambar 3.3 Cangkang Telur.....	29
Gambar 3.4 Tungku Pemanas (<i>Furnance</i>).....	29
Gambar 3.5 Alat Uji Kekerasan.....	30
Gambar 3.6 <i>Grinding</i> Listrik.....	30
Gambar 3.7 Kotak Sementasi.....	31

Gambar 3.8 Bak Media <i>Quenching</i>	31
Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai kekerasan baja hasil <i>pack carburizing</i> arang tempurung kelapa sawit dengan lama waktu penahanan 60 menit.....	43
Gambar 4.2 Grafik perbandingan nilai kekerasan baja hasil <i>pack carburizing</i> arang tempurung kelapa sawit dengan lama waktu penahanan 90 menit.....	44
Gambar 4.3 Grafik perbandingan nilai kekerasan baja hasil <i>pack carburizing</i> arang tempurung kelapa sawit dengan lama waktu penahanan 120 menit.....	45

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Baja merupakan jenis logam yang sangat banyak digunakan dalam bidang teknik. Di alam, baja berbentuk biji besi atau besi murni yang belum di olah dan jumlahnya yang melimpah membuat baja banyak dimanfaatkan oleh manusia. Baja memiliki kelebihan dalam sifat mekanik yang memiliki kekuatan dan keuletan yang baik, serta memiliki sifat untuk dimesin (*machineability*) yang mudah dan mampu cor yang baik sehingga dapat dibentuk sesuai keinginan dan kebutuhan manusia, harganya yang murahpun merupakan salah satu kelebihan dari baja.

Kekerasan adalah salah satu sifat mekanik dari baja yang berhubungan dengan ketahanan aus. Selama ini sering dijumpai elemen-elemen yang bergesekan secara terus - menerus pada fungsi kerjanya, sehingga mempercepat mengalami keausan. Elemen itu antara lain roda gigi (rantai, gear dan *gearbox*) , piston dan poros. Elemen-elemen tersebut kerjanya bersinggungan dengan elemen yang lain, menjadikan permukaannya akan

mengalami keausan dan menyebabkan elemen tersebut mengalami penurunan usia pakai dan kerusakan.

Meningkatnya sifat mekanik baja karbon biasanya mengandung beberapa unsur paduan. Unsur yang sangat dominan dapat berpengaruh terhadap sifat-sifat baja adalah kandungan karbonnya, meskipun kandungan yang lain tidak bisa diabaikan begitu saja. Banyak atau sedikitnya presentase kandungan karbon akan berdampak pada sifat mekanik dari baja, misalnya dalam hal kekerasan, keuletan, mampu bentuk dan sifat-sifat mekanik lainnya. Sifat kerasnya baja sangat tergantung pada karbon yang terkandung pada baja.

Carburizing merupakan proses peningkatan kekerasan permukaan dengan pemanasan logam (baja) pada suhu di atas 850°C pada tempat yang mengandung karbon. Baja pada suhu sekitar 850°C mempunyai afinitas terhadap karbon. Karbon diabsorpsi ke dalam logam dan membentuk larutan padat karbon besi dan pada lapisan permukaan luar memiliki kadar karbon tinggi. Bila terdapat cukup waktu, atom karbon akan memiliki peluang untuk berdifusi ke bagian-bagian dalamnya. Besarnya nilai lapisan bergantung pada waktu serta suhu yang digunakan. Berdasarkan media pemberi karbon, secara umum dapat terbagi menjadi tiga yaitu karburisasi padat (*solid carburizing*), karburisasi cair (*liquid carburizing*), karburisasi gas (*gascarburizing*).

Aras (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh *holding time* pada proses *pack carburizing* media arang kemiri barium carbonat terhadap sifat mekanis baja karbon rendah. Media karbon yang dipakai adalah arang kemiri dengan presentase berat sebesar 80% dan BaCO_3 sebesar 20%. Proses *pack*

carburizing dilaksanakan ditemperatur 950°C waktu pemrosesannya selama 4 dan 5 jam. Hasil penelitian memperlihatkan bahwasannya temperature 950°C dengan waktu tahan selama 5 jam mendapatkan kekerasan permukaan tertinggi (370,78 kg/mm²).

Irfan (2012) melakukan penelitian tentang *pack carburizing* memakai arang kayu asam terhadap sifat mekanis dan struktur mikro terhadap baja yang nilai karbonnya rendah. Media karbon yang dipakai arang kayu asam pada persentase berat 80% dan CaCO₃ 20%. Proses *pack carburizing* dilakukan pada suhu panas sebesar 900°C dan 950°C dengan waktu penahannya 3 jam. Hasilnya menunjukkan bahwa 950°C memberikan kekuatan keras permukaan tertinggi (609.74 kg/mm²).

Iqbal (2007) melakukan penelitian tentang pengaruh dari variasi suhu panas pada perubahan sifat mekanis pada pelaksanaan pengkarbonan padat baja AISI 1020. Waktu yang digunakan selama pelaksanaan pengkarbonan adalah 2 jam dengan memvariasikan suhu panas masing-masing 850°C, 900°C dan 950°C. Dalam pelaksanaan pengkarbonan, sumber karbon yaitu dari arang cangkang kelapa dan diaduk dengan 25% BaCO untuk katalisnya. Hasil menunjukkan bahwa temperatur 950°C memberikan kekerasan permukaan tertinggi (883 kg/mm²).

Kandungan karbon dari jenis arang itu berbeda. Ada beberapa jenis cangkang yang sangat sering digunakan menjadi arang. Arang disebut bahan alam yang memiliki kandungan karbon yang baik seperti arang kelapa, arang kayu dan arang cangkang kelapa sawit. Cangkang kelapa sawit jumlahnya begitu

banyak dan belum dimanfaatkan dengan benar. Selama ini hanya menjadi kotoran yang belum dapat diproses dengan pengolahan yang sederhana. Kotoran cangkang kelapa sawit bisa dimanfaatkan menjadi arang cangkang kelapa sawit yang dapat meningkatkan sifat mekanis baja komersil dengan metode *pack carburizing*.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti mengambil judul :
“PENGARUH WAKTU *HOLDING* PADA PROSES *PACK CARBURIZING* ARANG CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON ST-41”.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh arang cangkang kelapa sawit terhadap kekerasan baja karbon rendah ST-41 hasil proses *pack carburizing*.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Baja yang digunakan adalah pelat baja karbon rendah ST-41.
2. Tempertatur karburasi yang digunakan adalah konstan 850°C.
3. Waktu penahanan karburasi yang digunakan adalah 60, 90, dan 120 menit.
4. Karbon aktif yang digunakan adalah arang cangkang kelapa sawit.
5. Katalisator yang digunakan adalah cangkang telur.
6. Pengujian yang digunakan adalah uji kekerasan.

7. Media pendingin yang digunakan untuk proses *quenching* adalah air.

1.4. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan landasan teori dan beberapa literatur yang mendukung pembahasan tentang studi kasus yang diambil.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan uraian metode yang digunakan untuk mencapai hasil yang diharapkan dalam penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan uraian hasil dan pembahasan yang diperoleh dari penelitian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan uraian kesimpulan dari hasil dan pembahasan sekaligus memberikan saran yang dapat menyempurnakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan literatur-literatur atau referensi-referensi yang diperoleh penulis.

LAMPIRAN

Berisikan beberapa hal yang mendukung penelitian.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja adalah campuran yang sering dipakai terdiri dari besi, karbon dan kandungan lainnya. Pada dasarnya baja di klasifikasikan lagi dari melimpahnya karbon yang dikandung dan juga berdasarkan banyak paduan yang di kandung. Karbon yaitu salah satu kandungan yang penting, lantaran bisa menambah kekerasan dan kuatnya baja. Komposisi mikro pada baja karbon dipengaruhi dari perlakuan panas dan tekstur baja. Perbedaan persentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara pengkelompokan jenis baja.

2.1.1 Baja ST-41

Baja ini mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,3%. Lantaran kandungan karbon yang sedikit menjadikan karakter baja ini sangat lunak, tetapi mempunyai nilai keuletan tinggi. Baja karbon rendah mempunyai cirikhas khusus antara lain :

1. Tidak peka kepada perlakuan panas yang bertujuan membentuk martensit.

2. Metode penguatannya beserta “*cold working*” struktur mikronya terdiri ferit dan perlit.
3. Relatif lunak, ulet dan tangguh.
4. Mampu las dan sanggup mesin yang baik.
5. Harga tidak mahal.

Baja ST41 tergolong baja sedikit karbon sebab mempunyai kandungan karbon dibawah 0,3%, disetiap 1 ton pada baja karbon rendah memiliki 10-30 kg karbon, beserta kuat tarikan kurang kian 40 kg/mm² (Soedjono, 1978).

2.1.2 Heat Treatment (Perlakuan Panas)

Karakter mekanik tidak cuma bergantung pada komposisi kimia di suatu paduan, mungkin juga tergantung pada struktur mikronnya. Sebuah paduan beserta komposisi kimia yang sama bisa memiliki struktur mikro yang berbeda, dan karakter mekaniknya juga berbeda. Ini beradsakan pada proses pengerjaan yang dialami, terutama proes perlakuan panas (*heat treatment*) yang diterima dalam pelaksanaan pengerjaan.

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) adalah gabungan dari pengoperasian peningkatan panas dan penurunan panas beserta kecepatan waktu tertentu yang dilakukan kepada logam/paduan dalam keadaan padat, sebagai suatu upaya untuk membisa karakter tertentu. Dari sini tampak proses perlakuan panas bisa dipakai untuk manipulasi karakter

mekanik dan beberapa karakter fisik sesuai beserta kebutuhan atau keperluan. Proses perlakuan panas sangat menentukan karakter dari suatu logam/paduan. Tetapi proses perlakuan panas tidak bisa berdiri sendiri, harus dipandang sebagai kepingan dari rangkaian proses produksi. Suatu proses perlakuan panas yang sepadan mungkin akan menghasilkan karakter yang persis bila proses pengerjaan sebelum dan sesudahnya juga berbeda.

Pada umumnya proses perlakuan panas bertujuan untuk memvariasi struktur mikro baja sehingga bisa menambahkan karakter mekanik, salah satunya adalah kekerasan (Bishop, 1999). Perlakuan panas biasanya memanfaatkan peningkatan suhu dan penurunan suhu hingga suhu ekstrim, demi menbisa hasil yang diharapkan seperti pengerasan atau pelunakan baja. Pada saat penurunan suhu baja menbisa transformasi martensit yang bisa meningkatkan kekerasan.

Proses pengerasan ini tidak mempengaruhi karakter yang lainnya. Secara awam, pelaksanaan perlakuan panas sebagai berikut:

1. Penyangaiyan logam / campurannya hingga pada suhu tertentu (*heating suhu hawae*).
2. Menjaga pada suhu pemanasan tersebut dalam waktu tertentu (*holding time*).
3. Mendinginkan beserta media pendingin dan laju tertentu.

Selama pemanasan, awamnya dilakukan hingga daerah austenit, baja bakalan mengalami transformasi fase, hendak terbentuk austenit. Denga memberikan *holding time* yang layak akan mempersilahkan atom-atom untuk berdifusi menghomogenkan austenit yang baru terbentuk itu. Pada penurunan suhu kembali, austenit akan bertransformasi lagi dan format mikro yang terbuat tergantung pada laju pengurangan suhu. Denga laju pendinginan yang berbeda akan terbentuk struktur mikro yang berbeda, tentunya karakter mekaniknya pun akan berbeda. (Gary, M. 2011)

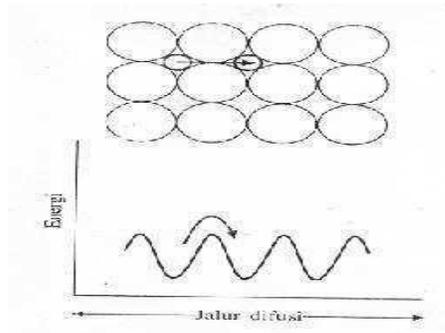
2.2 Holding Time

Holding time dilaksanakan agar dibisakan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada langkah *hardening* beserta mempertahankan pada suhu hawa pengerasan supaya membisa pemanasan yang homogenya sehingga format austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida kedalama ustenit dan disfusi arang dan unsur paduannya. Lama masa penahanan tergantung dari tingkat kelarutan karbida, kadar butir yang diinginkan, laju pemanasan, dan kekukuhan sampel. (Dalil, M., Pryitno 1999)

2.3 Difusi Atom

Peralihan posisi dalam bentuk kisi terjadi pada sebagian kecil fraksi dari atom-atom didalam cairan padat yang mengalami vibrasi kian *energetic* ketika suhu

hawa meningkat. Pergerakan atom beserta energy aktivasi diperlihatkan pada gambar 2.1 dibawah ini;



Gambar 2.1 pergerakan atom beserta energy aktivasi (van vlank, 2004)

Energi yang diharuskan oleh sebuah atom untuk mengubah posisi disebut energi aktivasi (gambar 2.1). Atom karbon memegang bentuk cukup kecil beserta $r = 0,07$ nm. Bentuk tersebut bisa menduduki posisi interstisial dicelah sejumlah atom besi *fcc*, jika atom karbon memiliki cukup energi. Energi atom karbon akan menjalankan difusi tersebut memerlukan sekitar 34000 kal/mol (VanVlack, 2004). Konstanta proporsionalitas dari suatu atom disebut *difusivitas* atau koefisien difusi. *Difusivitas* tergantung pada karakter atom terlarut, karakter struktur padatan dan peralihan suhu hawa. Penyebab terjadi perbedaan harga difusivitas adalah:

1. Kian tinggi suhu hawa membuahkan difusivitas semakin tinggi lantaran atom-atom memiliki energi termal yang kian tinggi dan beserta demikian probabilitas untuk diaktifkan hingga melampaui hambatan energi antara atom juga kian besar.

2. Atom-atom karbon memiliki difusivitas yang kian tinggi dalam besi dibandingkan beserta atom-atom nikel, lantaran atom karbon mempunyai kadar kian kecil.
3. Atom-atom tembaga kian gampang berdifusi kedalam aluminium di bandingkan kedalam tembaga, lantaran ikatan Cu-Cu kian kuat dari pada Al-Al.
4. Atom-atom memiliki difusivitas yang kian tinggi didalam besi *bcc* dibanding beserta didalam besi *fcc*. Hal ini diasalmulakan lantaran faktor penumpukan atomik dalam besi *bcc* kian rendah.
5. Difusi disepanjang batas butir berlangsung kian cepat, lantaran batas butir merupakan zona cacat kristal dan memiliki penumpukan yang kian rendah.

2.4 Definisi Carburizing

Mengeraskan permukaan beserta *carburizing* adalah cara pengerasan permukaan yang paling tua dan murah. *Carburizing* adalah proses pengerasan permukaan benda kerja denga cara menambahkan karbon (C) pada suhu yang tinggi melewati proses difusi atom pada permukaan benda kerja. Baja yang akan di *carburizing* biasanya baja lunak beserta keuletan tinggi, beserta kadar karbon 0,2% atau kurang. Baja ini tidak bisa langsung dikeraskan lantaran kadar karbonnya harus ditambah. Penambahan dilakukan beserta mendifusikan karbon melewati permukaan baja pada suhu tinggi sehingga permukaan mengandung cukup banyak karbon untuk bisa dikeraskan beserta *quenching* (pembentukan martensit). Pengerasan permukaan benda kerja bertujuan untuk menbisakan

benda kerja beserta kekerasan yang kuat, baik pada bagian permukaan maupun di bagian intinya. Proses pengerasan di bagian permukaan suatu benda kerja bias dilakukan beserta empat cara seperti dibawah ini (Suherman, W. 1998) :

1. Pengerasan induksi
2. Pengerasan nitriding
3. *Carburizing* (Proses pengarbonan)
4. Pengerasan nyala

2.5 Karburasi Padat (*Pack Carburizing*)

Pack carburizing adalah proses dimana karbon monoksida yang berasal dari senyawa padat terurai pada permukaan logam menjadi karbon baru dan karbon dioksida. Karbon yang baru diserap kedalam logam, dan karbon dioksida segera bereaksi beserta bahan karbon hadir dalam senyawa karburasi solid untuk menghasilkan karbon monoksida segar. Pembentukan karbon monoksida ditingkatkan oleh *energizer* atau katalis, seperti barium karbonat (BaCO_3), kalium karbonat (CaCO_3), kalium karbonat (K_2CO_3), dan natrium karbonat (Na_2CO_3), yang hadir dalam karburasi kompleks. *Energizer* ini memfasilitasi pengurangan karbon dioksida beserta karbon untuk membentuk karbon monoksida. Beserta demikian, dalam sistem tertutup, jumlah *energizer* tidak berubah. Karburasi terus berjalan asalkan cukup karbon untuk bereaksi beserta karbon dioksida berkian.

Pack carburizing tidak lagi menjadi proses komersial utama. Ini terutama lantaran digantikan beserta karburasi gas kian terkendali dan kurang. Namun, setiap tenaga kerja karburasi gas atau karburasi cair mungkin memiliki kian banyak paket bisa dinegasikan benda kerja harus memerlukan langkah-langkah tambahan seperti pembersihan dan penerapan lapisan pelindung dalam operasi karburasi yang terhenti, masalah lingkungan bisa membuahkan penurunan dalam proses penggunaan karburasi.

Kandungan karbon dari setiap jenis arang adalah berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon dalam arang, maka penetrasi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula. Bahan karbonat ditambahkan pada arang untuk mempercepat proses karburisasi. Bahan tersebut adalah barium karbonat (BaCO_3) dan soda abu (NaCO_3) yang ditambahkan bersama-sama dalam 10-40% dari berat arang (Y.Lakhtin,1975). Sebenarnya tanpa energi karburisasi bisa terjadi, lantaran suhu hawae yang tinggi ini mula-mula karbon teroksidasi oleh oksigen dari udara yang terperangkap dalam kotak menjadi CO_2 (Suherman, 1998). Reaksi yang terjadi adalah :

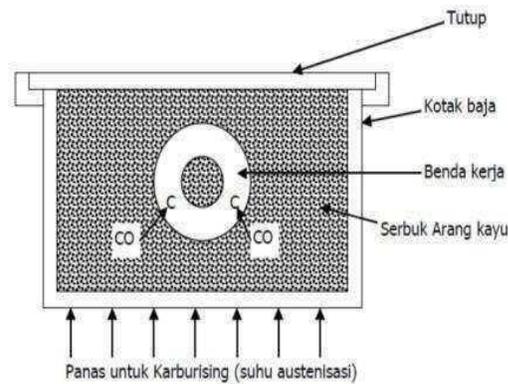


Beserta suhu hawa yang semakin tinggi kesetimbangan rekasi makin cenderung ke kanan makin banyak CO_2 . $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ (larut kedalam baja)

Dimana C yang terbentuk ini merupakan atom karbon (carbon nascent) yang aktif berdifusi masuk ke dalam fase austenite dari baja ketika baja di panaskan.

Besarnya kadar karbon yang terlarut dalam baja pada saat baja dalam larutan pada gamma fase austenit selama karburisasi adalah maksimum 1,2 %.

Kotak karburisasi yang dipanaskan harus dalam keadaan tertutup rapat, hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya reaksi antara media karburisasi beserta udara luar. Cara yang biasanya ditempuh untuk menghindari hal tadi adalah beserta memberikan lapisan tanah liat (clay) antara tutup beserta kotak karburisasi. Menurut (Wahid.Suherman,1998) bahwa “kotak karburisasi dipanaskan dalam dapur sampai suhu hawae 825–925^oC beserta segera permukaan benda kerja akan menyerap karbon sehingga di permukaan akan terbentuk lapisan berkadar karbon tinggi sampai 1,2 %”. Dan menurut (B.H.Amstead, 1979) bahwa “*proses pack carburizing* banyak di terapkan untuk memperoleh lapisan yang tebalantara 0,75–4mm”. Komponen yang akan diproses *carburizing* di tempatkan dalam kotak yang berisi media penambah unsur karbon atau media karburasi penambah unsur karbon atau media karburasi. *Vacuum carburizing* non ekuilibrium bisa menaikkan proses *austinized* pada ruang hampa kasar, *carburized* dalam gas hidrokarbon tekanan parsial, menyebar di vakum kasar, dan kemudian di dinginkan baik minyak atau gas. Dibandingkan beserta suasana karburasi konvensional yang vakum memberikan keseragaman yang baik dan pengulangan lantaran tingkat kontrol tinggi.



Gambar 2.2. Proses Pack carburizing

Dipanaskan pada suhu austenisasi ($850\text{--}950^{\circ}\text{C}$). Akibat pemanasan ini, media karburasi akan teroksidasi menghasilkan gas CO_2 dan CO . Gas CO akan bereaksi beserta permukaan baja membentuk atom karbon yang kemudian berdifusi ke dalam baja.

2.6 Pengerasan (*Quenching*)

Setelah lapisan mengandung cukup karbon, proses dilanjutkan beserta *quenching* untuk mencapai kekerasan yang tinggi, dan *tempering* untuk mengurangi kegetasan dan tegangan sisa yang berkianan. Pada *pack carburizing*, *quenching* dilakukan setelah pemanasan kembali, sedang pada gas dan *liquid carburizing*, *quenching* bisa dilakukan sesudah pemanasan untuk penambahan karbon.

Pada saat proses *carburizing*, baja dipanaskan pada suhu hawa yang cukup tinggi di daerah austenit, sehingga akan ada kemungkinan terjadinya partumbuhan butir yang berkianan. Baja yang mengalami hal ini dinamakan *coarse grained steel*, bila dari sini langsung di beri pengerasan (*quenching*) mungkin akan diperoleh

benda kerja yang berkarakter getas/terdistorsi. Baja yang mengandung unsur paduan yang bisa mencegah terjadinya pertumbuhan butir, dinamakan *fine grained steel*, bisa langsung di *quenching*.

Seperti yang telah di jelaskan sebelumnya bahwa pada bagian kulit luar, kadar karbonnya tinggi (*hypereutectoid*), bila langsung di *quenching* akan mengakibatkan terjadinya austenit sisa yang berkianan, dalam hal ini sebaiknya dilakukan pendinginan dan pemanasan kembali untuk meratakan kadar karbon pada kulit. Demikian pula pada halnya baja paduan, sebaiknya tidak langsung di *quenching*. (Syaefudin, 2001).

Media pendingin yang digunakan nuntuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antar lain:

1. Air

Air adalah senyawa kimia beserta rumus kimia H₂O. Artinya satu molekul air tersusun atas dua atom hydrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air memiliki karakter tidak berwarna, tidak terasa dan tidak berbau. Air memiliki titik beku 0⁰C dan titik didih 100⁰ C. Air memiliki koefisien viskositas sebesar 0,001 Pa. pada suhu hawa 20⁰ C (Giancoli, 1999). Pendinginan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat dibandingkan beserta oli (minyak) lantaran air bisa beserta gampang menyerap panas yang dilewatinya dan panas yang terserap akan cepat

menjadi dingin. Kemampuan panas yang dimiliki air besarnya 10 kali dari minyak (Soedjono,1978). Sehingga akan dihasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Pendinginan menggunakan air membuahakan tegangan dalam, distorsi dan retak (Gary,2011).

2. Minyak

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah yang bisa memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) benda kerja yang diolah. Selain minyak yang khusus digunakan sebagai bahan pendinginan pada proses perlakuan panas, bisa juga digunakan minyak bakar atau oli. Viskositas oli dan bahan dasar oli sangat berpengaruh dalam proses pendinginan sampel. Oli yang mempunyai viskositas kian rendah memiliki kemampuan penyerapan panas kian baik dibandingkan beserta oli yang mempunyai viskositas kian tinggi lantaran penyerapan panas akan kian lambat (Soedjono,1978). Untuk oli mesin SAE 10 pada suhu hawa 30⁰C memiliki koefisien viskositas 200×10^{-3} Pa.s (Giancoli, 1999).

3. Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendinginan dibuat beserta kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari

udara (Soedjono,1978). Udara memiliki titik didih -194°C dan nilai koefisien viskositasnya $0,018 \times 10^{-3}\text{Pa.s}$ (Giancoli, 1999).

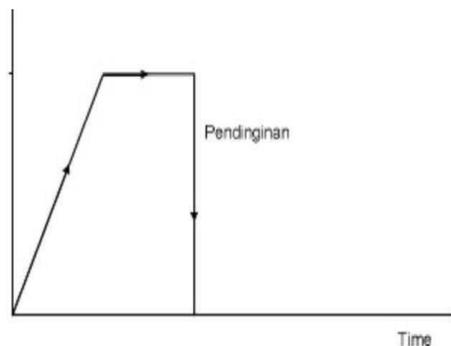
4. Garam

Garam dipakai sebagai bahan pendinginan diasalmulakan memiliki karakter mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang di dinginkan dalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi kian keras lantaran pada permukaan benda kerja tersebut akan mengikat zat arang (Soedjono, 1978).

Proses pengerasan (*quenching*) bisa dilakukan beserta 3 cara sebagai berikut :

1. Pendinginan langsung (*Direct Quenching*).

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.



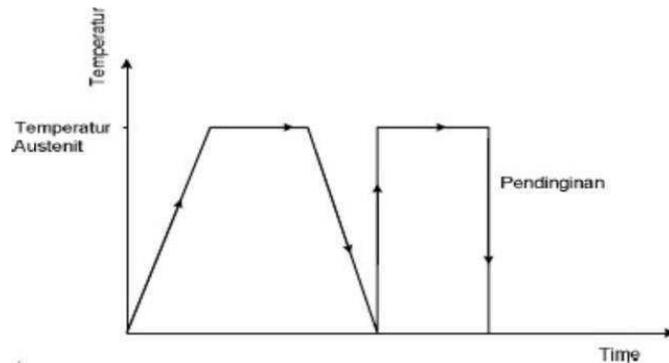
Gambar 2.3. Grafik pendinginan langsung

Gambar 2.3 merupakan pendinginan secara langsung dimana material yang telah diberikan perlakuan panas atau *heat treatment* langsung dimasukkan

kedalam pendingin dimana media yang digunakan untuk pendinginannya adalah air.

2. Pendinginan tunggal (*Single Quenching*).

Single Quenching merupakan pendinginan dari benda kerja setelah benda kerja tersebut dikarburasi dan telah didinginkan pada suhu kamar.



Gambar 2.4. Pendinginan Tunggal (*Single Quenching*)

Tujuan dari metode ini adalah untuk memperbaiki difusifitas dari atom \pm atom karbon, dan agar gradien komposisi kian halus.

3. *Double Quenching*

Double Quenching adalah proses pendinginan atau pengerasan pada benda kerja yang telah dikarburasi dan didinginkan pada suhu hawa kamar kemudian dipanaskan lagi diluar kotak karbon pada suhu hawa kamar lalu dipanaskan.

2.7 Hardening

Hardening adalah perlakuan panas terhadap baja beserta sasaran meningkatkan kekerasan alami baja. Perlakuan panas menurut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan dan pendinginan secara cepat beserta kecepatan pendinginan kritis (Schonmetz dan Gruber, 1985).

Hardening dilakukan untuk memperoleh karakter tahan aus yang tinggi, kekuatan, dan *strength* yang kian baik. Kekerasan yang bisa dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja dan kekerasan yang terjadi akan tergantung pada suhu hawa pemanasan, *holding time*, laju pendinginan yang dilakukan, dan ketebalan sampel. Untuk memperoleh kekerasan yang baik (martensit yang keras) maka pada saat pemanasan harus bisa dicapai struktur austenit, lantaran hanya austenite yang bisa bertransformasi menjadi martensit. Bila pada saat pemanasan terdapat struktur lain maka setelah di *quenching* akan diperoleh struktur yang tidak seluruhnya terdiri dari martensit (Dalil. M., 1999).

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan suatu material terhadap daya tembus dari bahan lain yang kian keras (Karmin dan Ginting, 2012). Kemampuan kekerasan merupakan kemampuan bahan untuk dikeraskan. Kekerasan maksimum bisa tercapai bila martensit 100%. Baja yang beserta cepat bertransformasi dari austenit menjadi ferit dan karbida mempunyai kemampuan kekerasan yang rendah, lantaran beserta terjadinya transformasi pada suhu yang tinggi martensit tidak terbentuk. Sebaliknya baja beserta transformasi yang lambat dari austenite ke ferit dan karbida mempunyai kemampuan kekerasan

yang kian besar. Kekerasan mendekati maksimum bisa dicapai pada baja beserta kemampuan kekerasan yang tinggi.

2.8 Cangkang Sawit

Cangkang kelapa sawit (*Palm kernel shell*) sering juga disebut tempurung sawit adalah bagian keras yang terdapat pada buah kelapa sawit yang berfungsi melindungi isi atau kernel dari buah sawit tersebut, hampir seperti tempurung kelapa yang sering kita jumpai.

Indonesia adalah salah satu negara yang banyak menghasilkan kelapa sawit, cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Tempurung ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat arang aktif. Arang aktif bisa dimanfaatkan oleh berbagai industry, antara lain industry minyak, karet, gula, dan farmasi (Pardamean dkk, 2011).

a. Komposisi cangkang kelapa sawit

Komposisi cangkang kelapa sawit terdiri dari selulosa 32.53%, hemiselulosa 31.70%, kadar lignin pada tanaman ini adalah 20.09%, lemak 5.03% dan protein 4.45% (Pratiwi, 1998).

1. Selulosa

Polisakarida yang tersusun dari D-glukosa yang terhubung secara seragam oleh ikatan β -glukosida. Rumus molekulnya adalah $(C_6H_{12}O_6)_n$. Derajat polimerasinya, ditunjukkan oleh n , beserta nilai kisaran yang lebar mulai

dari beberapa ribu hingga puluhan ribu. Hidrolisis total selulosa menghasilkan D-glukosa (sebuah monosakarida), akan tetapi hidrolisis parsial menghasilkan disakarida (selobiosa) dan polisakarida yang memiliki n beruntun dari 3 ke 10. Selulosa memiliki struktur kristal dan memiliki resistensi yang tinggi terhadap asam dan basa (Kokoyama, 2008).

2. Hemiselulosa

Polisakarida dimana unit-unitnya adalah terdiri atas monosakarida beserta 5 karbon seperti D-xilosa, D-arabinosa, dan monosakarida karbon-6 seperti D-manosa, D-galaktosa, dan D-glukosa. Jumlah monosakarida karbon-5 kian banyak dibandingkan monosakarida karbon-6 dan rumus molekul rata-ratanya adalah $(C_5H_8O_4)_n$. Lantaran derajat polimerisasi (n) hemiselulosa adalah antara 50-200, yaitu kian kecil dari selulosa, maka ia kian gampang terurai di bandingkan selulosa, dan kebanyakan hemiselulosa bisa larut dalam larutan alkali. Hemiselulosa yang umum adalah xilan, yang terdiri atas xilosa beserta ikatan 1,4. Hemiselulosa yang lain adalah glukomana, tetapi semua hemiselulosa beragam jumlahnya tergantung pada jenis pohon dan juga bagian tumbuhan itu sendiri.

3. Lignin

Lignin merupakan senyawa dimana unit komponennya, fenilpropana dan turunannya, terikat secara 3 dimensi. Strukturnya complex dan sejauh ini belum sepenuhnya dipahami. Struktur 3 dimensi yang kompleks ini membuahkan ia sulit untuk diuraikan oleh mikro organisme dan bahan-

bahan kimia. Berdasarkan pengamatan ini, maka bisa disimpulkan bahwa lignin memberikan kekuatan mekanis dan juga perlindungan untuk tumbuhan itu sendiri. Selulosa, hemiselulosa, dan lignin bisa ditemukan secara universal dalam berbagai jenis biomassa dan merupakan sumber daya karbon alami yang paling berlimpah di bumi.

2.9 Katalis

Katalis merupakan zat yang mampu meningkatkan laju suatu reaksi kimia agar reaksi tersebut bisa berjalan kian cepat. Dalam suatu reaksi sebenarnya katalis ikut terlibat, tetapi pada akhir reaksi terbentuk kembali seperti bentuknya semula. Beserta demikian, katalis tidak memberikan tambahan energi pada sistem dan secara termodinamika tidak bisa mempengaruhi keseimbangan. Katalis mempercepat reaksi beserta cara menurunkan energi aktivasi reaksi. Penurunan energi aktivasi tersebut terjadi sebagai akibat dari interaksi antara katalis dan reaktan. Katalis menyediakan situs-situs aktif yang berperan dalam proses reaksi.

Situs-situs aktif ini bisa berasal dari logam-logam yang terdeposit pada permukaan atau bisa pula berasal dari permukaan sendiri. Logam-logam tersebut umumnya adalah logam-logam transisi yang menyediakan orbital d kosong atau elektron tunggal yang akan disumbangkan pada molekul reaktan sehingga terbentuk ikatan baru beserta kekuatan ikatan tertentu.

Reaksi katalitik secara umum dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu reaksi katalitik homogen dan reaksi katalitik heterogen. Pada reaksi katalitik homogen, reaktan dan katalis berada dalam fasa yang sama dan reaksi terjadi di seluruh fasa. Walaupun banyak keuntungan dari katalis logam homogen, kekurangannya adalah pada proses pemisahan dari campuran terkadang juga menghambat penggunaannya dalam industri. Katalis Heterogen menghasilkan kemudahan dalam pemisahan dan penggunaan ulang katalis dari suatu campuran. Laporan terakhir mengungkapkan bahwa katalis berkadar nanometer merupakan katalis yang efisien dan bisa beserta gampang dipisahkan dari campuran reaksi. Tingginya luas permukaan terhadap perbandingan volume dari nano partikel logam oksida memainkan peranan penting dari kemampuan katalis tersebut.

Dalam katalis heterogen, reaktan dan katalis berada dalam fasa yang berbeda. Dalam katalis heterogen, zat padat yang bertindak sebagai katalis bisa mengikat sejumlah gas atau cairan pada permukaannya berdasarkan adsorpsi. Saat ini, proses katalitik heterogen dibagi menjadi dua kelompok besar, reaksi-reaksi reduksi-oksidasi (redoks), dan reaksi-reaksi asam-basa. Reaksi-reaksi redoks meliputi reaksi-reaksi dimana katalis mempengaruhi pemecahan ikatan secara homolitik pada molekul-molekul reaktan menghasilkan elektron tak berpasangan, dan kemudian membentuk ikatan secara homolitik beserta katalis melibatkan elektron dari katalis. Sedangkan reaksi-reaksi asam-basa meliputi reaksi-reaksi dimana reaktan membentuk ikatan heterolitik beserta katalis melewati penggunaan pasangan elektron bebas dari katalis atau reaktan.

Pada kenyataannya, proses katalis heterogen pada permukaan padatan selalu berhubungan beserta adsorpsi molekul reaktan dan desorpsi produk. Kajian kontak katalis didasarkan pada proses adsorpsi – desorpsi. Akibat terjadinya adsorpsi kimia, aktivitas molekul mengalami peralihan. Atom yang teradsorpsi menjadi kian reaktif dibandingkan molekul bebasnya, lantaran mengalami pemutusan ikatan kovalen atau ikatan hidrogen. Proses adsorpsi membuahkan berkurangnya energi bebas (G) sistem sehingga entropi (S) juga berkurang.

Berdasarkan persamaan 1,

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S \quad (1)$$

maka bisa dikatakan bahwa proses adsorpsi tersebut adalah eksotermik (Purwanto, H. 2012).

Sebagian besar industri kimia menggunakan katalis heterogen. Keuntungan pemakaian katalis heterogen (berupa padatan) adalah jenis katalisnya banyak, gampang dimodifikasi dan bisa diregenerasi pada suhu pemisahan serta bisa digunakan untuk mereaksikan senyawa yang peka terhadap suasana asam dan tidak merusak warna hasil reaksi. Persyaratan utama suatu katalis heterogen adalah permukaan yang aktif dan mampu mengadsorpsi reaktan. Kekianan utama katalis heterogen adalah kegampangannya dipisahkan dari hasil reaksi. Hal ini bisa diwujudkan beserta menyiapkan katalis dalam kadar yang kian kecil yaitu kadar nano. Oleh lantaran itu, dalam penelitian ini digunakan NiMoFe₂O₄ sebagai katalis heterogen dan diharapkan sebagai nanokatalis.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini di lakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Lampung dimulai dari bulan Januari 2018 sampai dengan Mei 2018. Jadwal rincian dapat dilihat dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 3.1. Rencana Penelitian

No.	Jenis Kegiatan	Bulan				
		Apr.	Mei	Juni	Juli	Agust
1.	Studi Pustaka	■				
2.	Persiapan Alat dan Bahan		■			
3.	Pelaksanaan penelitian			■		
4.	Analisa data penelitian				■	
5.	Pembuatan laporan					■

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Baja karbon rendah (ST-41)

Baja dipotong dengan ukuran 20mm x 20mm x 40mm sebanyak 24 spesimen, setiap variasi 3 spesimen sebagai bahan yang akan dilakukan proses *pack carburizing* dan 1 spesimen untuk raw material.



Gambar 3.1. Dimensi Baja ST-41

2. Arang cangkang kelapa sawit

Sebagai sumber karbon aktif pada proses *pack carburizing*. Arang yang digunakan adalah arang cangkang kelapa sawit.



Gambar 3.2. Arang Cangkang Kelapa Sawit

3. Cangkang telur

Sebagai katalisator (CaCO_3) untuk mempercepat laju reaksi (difusi) saat proses karburasi.



Gambar 3.3. Cangkang Telur

4. Air

Sebagai media pendinginan proses *quenching*.

3.2.2. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Tungku pemanasan

Sebagai dapur pemanasan saat proses karburasi.



Gambar 3.4. Tungku Pemanas (*Furnace*)

2. Alat uji kekerasan

Sebagai alat yang digunakan untuk mengukur kekerasanbaja.



Gambar 3.5. Alat Uji Kekerasan

3. *Grinding* listrik

Sebagai alat yang digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen baja.



Gambar 3.6. *Grinding* Listrik

4. Kotak sementasi

Kotak sementasi terbuat dari pelat baja berukuran 8x1x10 cm sebagai tempat untuk menimbun baja dengan campuran arang kayu dan cangkang telur saat proses karburasi.



Gambar 3.7. Kotak Sementasi

5. Bak air

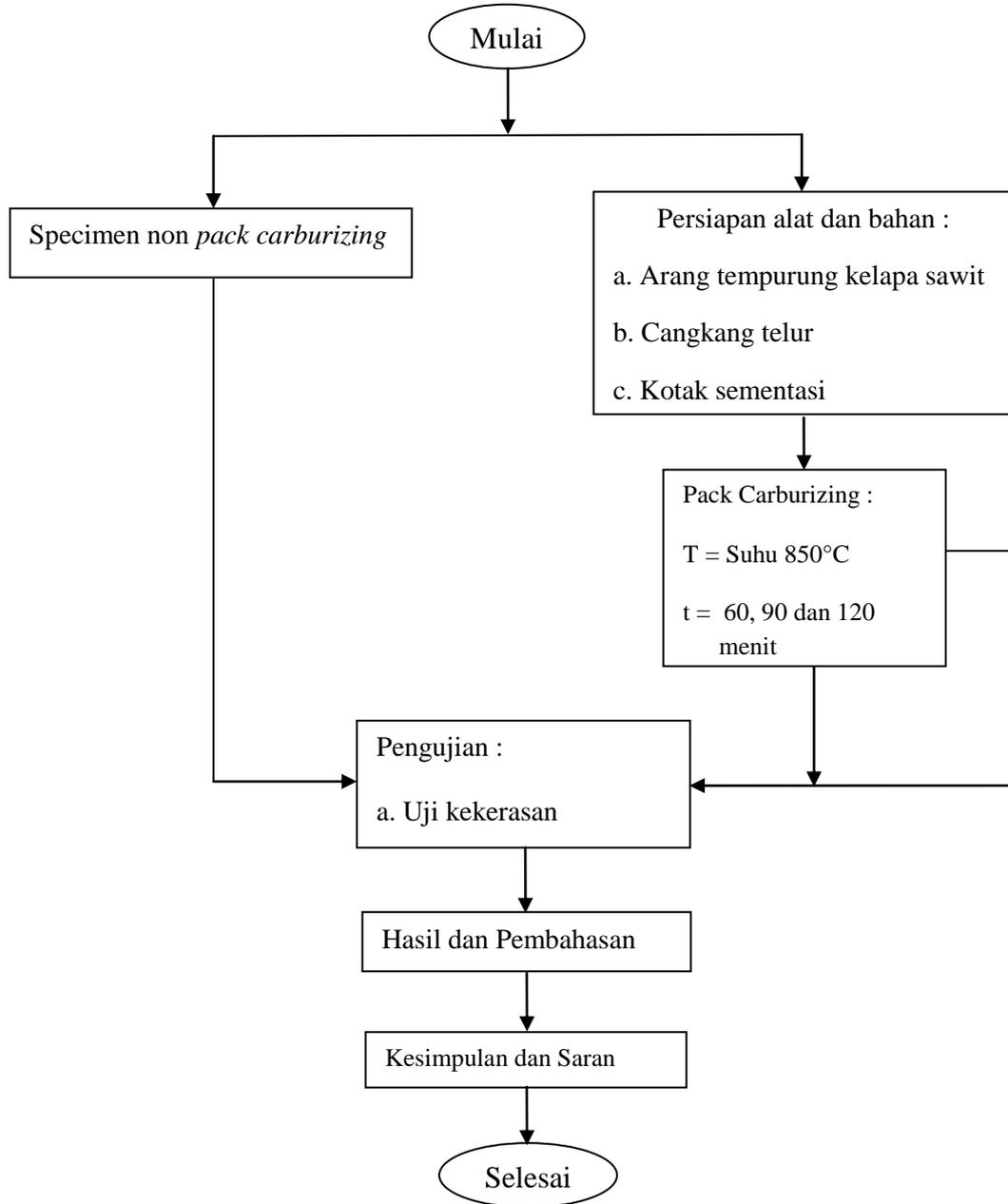
Sebagai tempat penampungan air untuk media pendinginan proses *quenching*.



Gambar 3.8. Bak Media *Quenching*

3.3. Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah :



Gambar 3.12. Diagram Alir Penelitian

3.4. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah :

3.4.1. Persiapan spesimen

Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah baja karbon rendah ST-41. Berikut adalah tahap proses pembuatan spesimen :

a. Pemotongan spesimen

Pemotongan spesimen ini dilakukan dengan menggunakan mesin potong dengan ukuran diameter 30mm dan tebal 10mm.

b. Proses *polishing*

Proses ini menggunakan amplas 500 dan 1200 dimaksudkan untuk menghilangkan kontaminasi, kotoran dan membentuk struktur permukaan spesimen yang baik.

c. Proses pembilasan

Proses pembilasan dengan menggunakan air yang berfungsi untuk membersihkan sisa bekas pengamplasan.

3.4.2. Persiapan *carburizing compound*

Berikut adalah tahapan proses pembuatan *carburizing compound* :

a. Menyiapkan karbon aktif

Sumber karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang cangkang kelapa sawit. Karbon aktif ini diperoleh dengan cara menghaluskan arang kemudian diayak sampai mendapatkan butiran yang paling halus.

b. Menyiapkan katalisator (CaCO_3)

Katalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang telur, katalis ini diperoleh dengan cara menghaluskan cangkang telur dengan alat penggiling listrik (blander) yang sebelumnya sudah dikeringkan.

c. Proses pencampuran (*compound*)

Setelah karbon aktif dan katalis tersedia, tahap selanjutnya adalah mencampur karbon aktif dan katalis sampai merata di dalam wadah yang telah disediakan dengan komposisi 85% karbon dan 15% katalis.

3.4.3. Pelaksanaan karburasi

Berikut adalah tahap proses karburasi :

- a. Benda uji (ST-41) sebelumnya diambil kekerasan dan kemudian benda uji dililitkan dengan kawat baja sebagai tempat pengait untuk mempermudah proses pengangkatan benda uji dalam keadaan panas.
- b. Benda uji (ST-41) diletakkan kedalam kotak sementasi ditimbun dengan campuran karbon (arang cangkang kelapa sawit), bubuk katalis cangkang telur (CaCO_3) hingga menutupi permukaan seluruhnya.
- c. Masukkan kotak sementasi kedalam *furnace* dan *furnace* ditutup, nyalakan lihat temperatur 27-30 °C. Tunggu sampai temperatur akhir pemanasan 850 °C, dengan waktu pemanasan 60, 90, dan 120 menit. Matikan *furnace* lalu buka *furnace* keluarkan kotak sementasi dari dalam dengan menggunakan tang penjepit.

- d. Angkat benda uji baja (ST-41) dari dalam kotak sementasi dengan menggunkan gancu dan salah satu spesimen dimasukkan kedalam media pendingin berupa air, biarkan hingga dingin.
- e. Angkat benda uji (ST-41) dari dalam media pendingin tersebut, bersihkan sisa-sisa proses karburasi, lalu amplas salah satu sisi hingga bersih untuk proses pengujian kekerasan dan komposisi kimia.

3.4.4. Pengujian kekerasan

Setelah proses karburasi selesai, tahap selanjutnya adalah pengujian kekerasan spesimen. Salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan

kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji kekerasan, material dapat dengan mudah di golongan sebagai material ulet atau getas.

Dari pengujian-pengujian yang dilakukan kemudian didapatkan suatu data. Data-data tersebut di tampilkan kedalam bentuk tabel sebagai berikut:

1. Data Hasil Uji Kekerasan

Berikut merupakan tabel data hasil uji kekerasan yang akan dilakukan :

Tabel 3.2 Kekerasan baja ST-41 sebelum proses *pack carburizing*

Titik	Kekerasan (HV)
1	
2	
3	
4	
5	

Tabel 3.3 Nilai kekerasan baja hasil proses *pack carburizing* sesudah proses *quenching*.

Jarak (mm)	Kekerasan (HV)			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
0				
0,5				
1				
1,5				
2				

3.5 Analisis data

Setelah pengujian dilakukan, tahap selanjutnya adalah menganalisis data yang telah didapat dari hasil penelitian.

3.6. Kesimpulan dan saran

Setelah melakukan analisis terhadap data hasil penelitian, kemudian dilakukan penarikan kesimpulan dan saran.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan evaluasi data serta pembahasan, maka dapat di ambil kesimpulan antara lain:

1. Dari hasil pengujian didapat data kekerasan dari hasil proses *pack carburizing*, di mana proses *quenching* memiliki nilai peningkatan sebesar 297,34% pada waktu 120 menit sedangkan proses *normalizing* hanya sebesar 44,51% pada waktu 120 menit.
2. *Holding time* sangat berpengaruh terhadap hasil kekerasan, ini dapat dibuktikan dari proses *carburizing* dengan waktu 120 menit proses *quenching* didapatkan nilai kekerasan dengan nilai 828,8 HV sedangkan proses *normalizing* dengan nilai 300,8 HV.
3. Kekerasan baja karbon proses *quenching* memiliki nilai yang lebih baik dari nilai proses *normalizing*.

5.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan sehubungan dengan proses *carburizing* terhadap bahan baja ST-41 yaitu untuk menambah kekerasan dapat dilakukan dengan penambahan waktu yang lebih lama pada proses *carburizing*, untuk penelitian selanjutnya sebaiknya digunakan waktu penahanan yang lebih lama untuk mendapat hasil yang lebih signifikan, selain sumber karbon dari tempurung kelapa sawit dapat digunakan sumber karbon yang lain dari alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Dalil, M., Pritno, A., Inonu, I. 1999. *Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (Holding Time) Terhadap Kekerasan Logam*. Jurnal Natur Indonesia Vol. II No. 1
- Gary, M. 2011. *(Makalah Proses Produksi) Heat Treatment*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Giancoli, D. C. 1999. *Fisika Jilid 1 Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Karmin dan Ginting, M. 2012. *Analisis Peningkatan Kekerasan Baja Amutit Menggunakan Media Pendingin Dromus*. Jurnal Austentite Vol. 4 No. 1.
- Lakhtin, Y. 1975. *Engineering Physical Metallurgy*. Moscow: Foreign Language Publishing House.
- Purwanto, H. 2012. *Diktat Material Teknik*. Semarang: Teknik Mesin Unwanas.
- Schonmetz dan Gruber, A. K. 1985. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*. Bandung: Aksara.
- Soedjono. 1978. *Pengetahuan Logam 1*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Suherman, W. 1998. *Ilmu Logam 1*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November

Syaefudin. 2001. (*Skripsi*) *Pengerasan Baja Karbon Rendah dengan Metode Nitridasi dan Quenching*. Semarang : Universitas Diponegoro.

Vlack, Van. 2004. *Elemen-Elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Penerjemah Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga.