SIFAT KEKERASAN DAN KOMPOSISI KIMIA BAJA AISI 1020 HASIL PROSES *PACK CARBURIZING* MENGGUNAKAN ARANG TEMPURUNG KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA KARBON DENGAN KATALIS CANGKANG TELUR

(Skripsi)

Oleh

AGUNG BARLIANTO

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2022

ABSTRACT

HARDNESS PROPERTIES AND CHEMICAL COMPOSITION OF AISI 1020 STEEL RESULTS OF *PACK CARBURIZING PROCESS*USING PALM OIL SHELL CHARCOAL AS A CARBON MEDIA WITH EGG SHELL CATALYST

By:

AGUNG BARLIANTO

AISI 1020 steel is a low carbon steel with an elemental carbon content of < 0.3 wt%. Steel is an element of carbon as a mixture and contains other elements such as sulfur (S), phosphorus (P), silicon (Si), manganese (Mn). Palm shell charcoal as activated carbon and eggshell powder as a catalyst to accelerate the rate of reaction (diffusion) during the carburizing process . The AISI 1020 test object was placed in a cementation box and then filled with a mixture of carbon from 90% palm shell charcoal with catalyst powder from 10% egg shell, to cover the entire surface, turn on the furnace and see the initial temperature (27 - 30)^{0}C wait until the final heating temperature is 850^{0}C enter the cementation box into the furnace , and the furnace is closed, with a holding time of 60, 120 and 180 minutes later after the process, turn off the furnace , then open the furnace , and remove the cementation box from the inside using clamping pliers, then disassemble it and *quench* it with 10 liters of water. The results of the chemical composition test of raw material have a carbon content of 0.0284 (wt.%) and after pack carburizing and quenching , the holding time of 180 minutes increases the amount of carbon by 0.410 (wt.%). Hardness value of low carbon steel AISI 1020 pack carburizing and quenching process using activated carbon palm shell charcoal and eggshell powder catalyst, for raw material obtained an average value of 140.66 HV. And the average value after the *pack* carburizing and quenching process with austenite temperature 850°C holding time 60 minutes is 186.2 HV, at 120 minutes 193.6 HV, and at 180 minutes the highest hardness value is 306.6 HV.

Keywords: AISI 1020 Steel, Palm Shell Charcoal Activated Carbon, Eggshell Powder Catalyst, *Micro Vicker* Test, *Spark-OES Spectromaxx Test* .

ABSTRAK

SIFAT KEKERASAN DAN KOMPOSISI KIMIA BAJA AISI 1020 HASIL PROSES *PACK CARBURIZING* MENGGUNAKAN ARANG TEMPURUNG KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA KARBON DENGAN KATALIS CANGKANG TELUR

Oleh:

AGUNG BARLIANTO

Baja AISI 1020 adalah baja karbon rendah dengan kandungan unsur karbon <0,3 wt%. Baja merupakan unsur karbon sebagai campurannya dan mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur(S), fosfor(P), silikon(Si), mangan(Mn). Arang tempurung kelapa sawit sebagai karbon aktif dan serbuk cangkang telur sebagai katalis untuk mempercepat laju reaksi (difusi) saat proses karburasi. Benda uji AISI 1020 diletakkan ke dalam kotak sementasi lalu ditimbun dengan campuran antara karbon dari arang tempurung kelapa sawit 90% dengan serbuk katalis dari cangkang telur 10%, hingga menutupi permukaan seluruhnya, nyalakan *furnace* dan lihat temperatur awal (27 - 30)℃ tunggu sampai temperatur akhir pemanasan 850℃ masukan kotak sementasi ke dalam *furnace*, dan *furnace* ditutup, dengan waktu penahanan 60, 120 dan 180 menit kemudian setelah proses tersebut, matikan *furnace*, lalu buka *furnace*, dan keluarkan kotak sementasi dari dalam dengan menggunakan tang penjepit kemudian dibongkar dan di *quenching* dengan media air sebanyak 10 liter. Hasil uji komposisi kimia raw material jumlah karbonnya sebesar 0,0284 (wt.%) dan setelah dilakukan *pack carburizing* dan *quenching* waktu penahanan 180 menit jumlah karbonnya meningkat sebesar 0,410 (wt.%). Nilai kekerasan baja karbon rendah AISI 1020 proses *pack carburizing* dan *quenching* dengan menggunakan karbon aktif arang tempurung kelapa sawit dan katalisator serbuk cangkang telur, untuk *raw material* diperoleh nilai rata -rata 140,66 HV. Dan nilai rata-rata setelah proses *pack carburizing* dan *quenching* dengan suhu *austenite* 850℃ waktu penahanan 60 menit sebesar 186,2 HV, pada waktu 120 menit sebesar 193,6 HV, dan pada waktu 180 menit mendapat nilai kekersan paling tinggi sebesar 306,6 HV.

Kata kunci : Baja AISI 1020, Karbon Aktif Arang Tempurung Kelapa Sawit, Katalis Serbuk Cangkang Telur, Uji *Micro Vicker*, Uji *Spark- OES Spectromaxx.*

SIFAT KEKERASAN DAN KOMPOSISI KIMIA BAJA AISI 1020 HASIL PROSES *PACK CARBURIZING* MENGGUNAKAN ARANG TEMPURUNG KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA KARBON DENGAN KATALIS CANGKANG TELUR

Oleh

AGUNG BARLIANTO

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022

Judul Skripsi	:	**SIFAT KEKERASAN DAN KOMPOSISI KIMIA BAJA AISI 1020 HASIL PROSES *PACK CARBURIZING* MENGGUNAKAN ARANG TEMPURUNG KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA KARBON DENGAN KATALIS CANGKANG TELUR**
Nama Mahasiswa	:	*Agung Barlianto*
Nomor Pokok Mahasiswa	:	**1515021068**
Jurusan	:	**Teknik Mesin**
Fakultas	:	**Teknik**

MENYETUJUI

Komisi Pembimbing

Harnowo Supriadi, S.T., M.T.	**Zulhanif, S.T., M.T.**
NIP. 19690909 199703 1 002	NIP. 19730402 200003 1 002

MENGETAHUI

Ketua Jurusan Teknik Mesin	Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin
Dr. Amrul, S.T., M.T.	**Novri Tanti, S.T., M.T.**
NIP. 19710331 199903 1 003	NIP. 19701104 199703 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

   Anggota Penguji : **Zulhanif, S.T., M.T.** .....

   Penguji Utama : **Prof. Dr. Sugiyanto, M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **14 April 2022**

PERNYATAAN PENULIS

SKRIPSI INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN REKTOR No.3187/H26/PP/2010

Yang Membuat Pernyataan

AGUNG BARLIANTO

NPM : 1515021068

Riwayat Hidup

Penulis dilahirkan pada tanggal 23 November 1997 di Pelita Jaya Kecamatan Pesisir Selatan Kabupaten Pesisir Barat (Krui) sebagai anak kedua dari empat bersaudara, dilahirkan dari pasangan Bapak Bahti dan Ibu Sarmani. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 1 Biha Kabupaten Pesisir Barat pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Pesisir Selatan Kabupaten Pesisir Barat pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 1 Pesisir Tengah Kabupaten Pesisir Barat pada tahun 2015 Setelah itu penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2015.

Selama menjadi mahasiswa, penulis berhimpun dalam Forum Silaturahmi dan Studi Islam Fakultas Teknik Universitas Lampung (FOSSI-FT) untuk periode 2015-2016, sebagai Pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota devisi olah raga untuk periode 2016-2017 dan anggota divisi kreativitas untuk periode 2017-2018 selanjutnya penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di PT. Pupuk Sriwijaya Palembang. Sejak bulan Mei tahun 2021, penulis mulai melakukan penelitian tugas akhir (skripsi) dengan judul **"Sifat Kekerasan Dan Komposisi Kimia Baja AISI 1020 Hasil Proses *Pack Carburizing* Menggunakan Arang Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Media Karbon Dengan Katalis Cangkang Telur"** Penulis mengerjakan skripsi dibawah bimbingan Bapak Harnowo Supriadi, S.T.,M.T. sebagai pembimbing pertama dan Bapak Zulhanif, S.T.,M.T. sebagai pembimbing kedua dan Bapak Prof. Dr. Sugiyanto, M.T. sebagai penguji utama.

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri "

(QS Ar Rad 11)

"Sesungguhnya dibalik kesulitan ada kemudahan"

(Agung Barlianto)

"Tiadanya keyakinanlah yang membuat orang takut menghadapi tantangan, dan saya percaya pada diri saya sendiri"

(Muhammad Ali)

"Kegagalan terjadi karena terlalu banyak berencana tapi sedikit berpikir"

(Agung Barlianto)

"Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras, Tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan, Tidak ada kemudahan tanpa doa "

(Ridwan Kamil)

SKRIPSI INI KUPERSEMBAHKAN SEPENUHNYA
KEPADA KEDUA ORANG TUA YANG PALING HEBAT
DAN KUAT DALAM HIDUP SAYA

KEDUANYALAH YANG MEMBUAT SEGALANYA
MENJADI MUNGKIN SEHINGGA SAYA BISA SAMPAI
PADA TAHAP DIMANA SKRIPSI INI AKHIRNYA
SELESAI DAN MENYANGDANG GELAR
SARJANA TEKNIK

TERIMAKASIH ATAS SEGALA PENGORBANAN
NASEHAT DAN DOA YANG TIDAK PERNAH
BERHENTI KALIAN BERIKAN KEPADAKU

AKU SELAMANYA BERSYUKUR DENGAN
KEBERADAAN KALIAN SEBAGAI ORANGTUA KU

Bismillahirrohmanirrohim

Kuniatkan karyaku ini karena

Allah SWT

Aku persembahkan karyaku ini untuk :
Kedua orang tuaku Bahti S.Pd dan Sarmani. S.Pd
Rohman Sartiyoga A.Md.Kep
Riza Maulana, dan Annisa Mulya Sari
yang telah mendoakanku serta menyemangatiku
sepanjang waktu.

Dosenku Harnowo Supriadi, S.T.,M.T., Zulhanif, S.T.,MT.
Prof. Dr. Sugiyanto, M.T., M. Dyan Susila E.S., S.T., M.Eng.
Yang telah membimbing, memberi semangat dan mendoakanku

Sahabat dan teman-teman seperjuanganku

Almamater tercinta :
Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT karena berkat rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Sifat Kekerasan Dan Komposisi Kimia Baja AISI 1020 Hasil Proses *Pack Carburizing* Menggunakan Arang Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Media Karbon Dengan Katalis Cangkang Telur". Tujuan penulisan skripsi adalah untuk persyaratan menyelesaikan pendidikan strata 1 dan melatih mahasiswa berfikir secara kreatif, inovatif serta ilmiah dalam menulis sebuah karya ilmiah.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 16 Febuari 2022
Penulis.

Agung Barlianto

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi wabarakatuh…

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT karena berkat rahmat serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Shalawat serta salam juga penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang dinantikan syafa'atnya di yaumil akhir nanti.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang selama ini telah membantu, mendukung, dan membimbing hingga selesainya skripsi ini, Oleh karena itu, sebagai wujud rasa hormat, penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak sebagai berikut :

1. Kedua orang tuaku yang sangat kucintai dan kusayangi, Bapak Bahti S.Pd dan Ibu Sarmani S.Pd yang senantiasa memberikan kasih sayang dan dukungan yang tak terbatas dan takkan terbalaskan, dan Udo ku Rohman Sartiyoga yang selalu memberikan semangat dan motivasi agar bisa membanggakan Bak dan Mak dan mengingatkanku tentang persaingan di dunia kerja dan berlomba-lomba menjadi pegawai negeri sipil agar saat sudah menyangdang pangkat Sarjana Teknik siap dalam segi apapun. Dan adikku tercinta Riza Maulana yang selalu menjadi motivasi bagiku dan satu lagi adik bungsu satu-satunya perempuan dari empat bersaudara Annisa Mulya Sari yang membuatku bersemangat agar bisa menyekolahkan hingga kuliah dan sukses menggapai cita-citanya.

2. Orang spesial dihidupku Dian Efri Willia yang tiada hentinya memberikan dukungan serta semangat dalam menyelesaikan tugas akhir dan selalu mengingatkan ku shalat lima waktu dan berdoa kepada ALLAH SWT agar dipermudah jalannya dalam mengerjakan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T sebagai Kajur Teknik Mesin Unila.
5. Bapak Harnowo Supriadi, S.T.,M.T selaku Pembimbing I, yang telah banyak memberikan banyak pelajaran baru dan bimbingan dalam kelancaran skripsi ini.
6. Bapak Zulhanif, S.T.,M.T. selaku Pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktu berdiskusi untuk kelancaran skripsi ini.
7. Bapak Prof. Dr. Sugiyanto, M.T. selaku Penguji, yang telah memberikan koreksi dan masukan untuk kelayakan skripsi ini.
8. Bapak M.Dyan Susila E.S., S.T., M.Eng. selaku Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan masukan selama menempuh perkuliahan.
9. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin atas ilmu yang telah diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik dan motivasi untuk masa yang akan datang. Tak lupa juga terima kasih kepada staff dan karyawan Gedung H Teknik Mesin Universitas Lampung.
10. Orang terdekatku sekaligus satu partner dan saling support dalam mengerjakan tugas akhir Ari Yansah dan Fery Kurnia.
11. Untuk teman-teman yang selalu memberikan motivasi dan semangat serta yang sudah berkontribusi dalam mengerjakan tugas akhir saya Ari Gunawan Sianturi, Riski Firmando, Muhammad Dhuha Syahbana, Teten Beliantara, Dani Kurniawan, Muhammad Azka, Ayoga Tri Ismiaji, M. Irvan Ramadhan, Rizki Susanto dan Disky Klm.
12. Kepada teman-teman seperjuangan **"TEKNIK MESIN 2015''** yang menjadi teman penulis dari awal mengenyam pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung selama ini. **"SOLIDARITY M FOREVER"**
13. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung.
14. Semua pihak yang tidak mungkin penulis sebutkan, yang telah ikut serta membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan yang terdapat pada skripsi ini. Karenanya, penulis mengharapkan kritikan dan masukan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis juga mengharapkan skripsi yang sederhana ini dapat memberikan inspirasi dan berguna bagi kalangan civitas akademik maupun masyarakat Indonesia. Aamiiiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi wabarakatuh…

Bandar Lampung, 16 Febuari 2022
Penulis,

Agung Barlianto

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAC……i
ABSTRAK…….……..ii
HALAMAN JUDUL…….……iii
LEMBAR PERSETUJUAN……..iv
LEMBAR PENGESAHAN.....v
PERNYATAAN PENULIS……...vi
RIWAYAT HIDUP…….....vii
MOTTO.....viii
PERSEMBAHAN KEPADA KEDUA ORANG TUA…….…….....ix
PERSEMBAHAN……..…….. x
KATA PENGANTAR…….....xi
SANWACANA xii
DAFTAR ISI.....xv
DAFTAR GAMBAR.....xvii
DAFTAR TABEL.....xix
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang.....1
1.2 Tujuan Penelitian.....4
1.3 Batasan Masalah.....5
1.4 Sistematika Penulisan.....5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Definisi *Carburizing*.....7
2.2 Mekanisme Proses Difusi.....9
2.3 Katalisator.....11
2.4 Baja Karbon Rendah.....13
2.5 Baja *AISI* 1020.....15

2.6 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*).....16
2.7 Pengerasan *(Quenching).*.....18
2.8 *Hardening*.....22
2.9 Uji Kekerasan Mikro……..…...23
2.10 Uji Komposisi Kimia *(Spektrometer Emisi)*…….…… 25
2.11Tempurung Kelapa Sawit.....27
2.12 Cangkang Telur……..…….29
BAB III. METODELOGI PENELITIAN
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....36
3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan..... 36
3.3 Prosedur Pelitian.....43
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Komposisi kimia material sebelum dan sesudah *pack carburizing*.....49
4.2 Hasil pengujian kekerasan…….....50
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan.....67
5.2 Saran.....68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

Gambar 2.1 Pemodelan proses difusi…….……...…8

Gambar 2.2 Proses *Pack Carburizing*……..9

Gambar 2.3 Grafik pendinginan langsung…….…….21

Gambar 2.4 Pendinginan Tunggal (*Single Quenching*)…….…….22

Gambar 2.5 Cangkang Telur Ayam……...…..….....…30

Gambar 3.1 Baja *AISI* 1020……....…….…...37

Gambar 3.2 Katalis dari cangkang telur…….37

Gambar 3.3 Arang tempurung kelapa sawit…….……38

Gambar 3.4 Tungku pemanas *(furnace)*…….38

Gambar 3.5 Alat uji kekerasan *(micro vickers)*…….…….39

Gambar 3.6 *Optical Emission Spectroscopy*…….39

Gambar 3.7 Gerinding listrik…….…….40

Gambar 3.8 Kotak sementasi…….…….40

Gambar 3.9 Bak media *quenching*…….……41

Gambar 3.10. Tang penjepit…….……...…41

Gambar 3.11 kawat baja…….…….……....42

Gambar 3.12 pinset…….…….……42

Gambar 4.1. (a). Titik pertama uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*.....53
Gambar 4.2. (b). Titik kedua uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*…....54
Gambar 4.3. (c). Titik ketiga uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*.....54
Gambar 4.4. (d). Titik keempat uji kekerasan setelah proses *pack carburiz*ing....55
Gambar 4.5. (e). Titik kelima uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*…...56
Gambar 4.6. (a). Titik pertama uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*….57
Gambar 4.7. (b). Titik kedua uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*.....57
Gambar 4.8. (c). Titik ketiga uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*…....58
Gambar 4.9. (d). Titik keempat uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*....58
Gambar 4.10 (e). Titik kelima uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*…...59
Gambar 4.11 (a). Titik pertama uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*.....60
Gambar 4.12 (b). Titik kedua uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*…....61
Gambar 4.13 (c). Titik ketiga uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*…....61
Gambar 4.14 (d). Titik keempat uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*....62
Gambar 4.15 (e). Titik kelima uji kekerasan setelah proses *pack carburizing*…...62
Gambar 4.16 Grafik diatas menunjukan perbandingan nilai kekerasan rata-rata spesimen baja *AISI* 1020 sebelum proses *pack carburizing* (raw material) dan sesudah *pack carburizing* dengan suhu *austenit* 850℃…….....64

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja *AISI* 1020……..15

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1020……16

Tabel 2.1 Bahan yang terkandung dalam cangkang telur ayam ras komersil……32

Tabel 3.1 Nilai kekerasan baja karbon rendah (AISI 1020) sebelum proses *pack carburizing raw material* AISI 1020…….….46

Tabel 3.2 Nilai kekerasan baja karbon rendah (AISI 1020) sesudah proses *pack carburizing* dan *quenching*…….……47

Tabel 3.3 Penambahan jumlah karbon (C) pada baja karbon rendah (AISI 1020) sebelum dan sesudah proses *pack carburizing*…….…..47

Tabel 4.1 Perubahan kandungan komposisi kimia baja *AISI* 1020……...…50

Tabel 4.2 Nilai kekerasan baja AISI 1020 sebelum proses *pack carburizing* (raw material)…….52

Tabel 4.3 Nilai kekerasan setelah proses *pack carburizing* baja AISI 1020 dengan waktu penahanan selama 60 menit…….……53

Tabel 4.4 Nilai kekerasan setelah proses *pack carburizing* baja AISI 1020 dengan waktu penahanan selama 120 menit……..….56

Tabel 4.5 Nilai kekerasan setelah proses *pack carburizing* baja AISI 1020 dengan waktu penahanan selama 180 menit…….…….…….60

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 diolah 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.

Untuk mendapatkan sifat yang keras pada permukaan dan tetap lunak pada intinya maka dilakukan proses pengerasan permukaan (*face hardening*), sehingga produk tersebut tercapai hasil menurut fungsi yang diinginkan. Proses pengerasan permukaan (*face hardening*) dipengaruhi oleh jumlah kadar karbon yang terkandung pada baja (Hafni, 2014).

Baja karbon adalah campuran antara besi dengan karbon serta tambahan unsur-unsur sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh

presentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja (Julisman, 2015).

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 sifatsifat mekanik lainya. Sifat kerasnya baja sangat tergantung pada karbon yang terkandung pada baja.

Dengan luasnya penggunaan baja karbon rendah, maka baja karbon rendah perlu diberi perlakuan untuk meningkatkan kualitasnya, seperti kekuatan dan tampilannya. Untuk meningkatkan mutu permukaan baik dari sisi tampilan (dekoratif), ketahanan terhadap korosi maupun kekerasannya maka logam harus dilapisi dengan unsur lain yang dapat memberi sifat-sifat yang diinginkan. Pada dasarnya proses pelapisan pada baja karbon yaitu proses pengerasan permukaan baja karbon yang sifatnya mengeraskan permukaan dengan merubah atau menambah komposisi unsur kimia baja karbon.

Carburizing merupakan proses peningkatan kekerasan permukaan dengan pemanasan logam (baja) pada suhu di atas 850^{o}C pada tempat yang mengandung karbon. Baja pada suhu sekitar 850^{o}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 (*gas carburizing*).

Proses pelapisan logam dengan *carburizing* pada baja karbon rendah bertujuan untuk menambah kandungan karbon agar bisa ditingkatkan kekerasannya. *Pack carburizing* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menambah kandungan karbon didalam baja dengan menggunakan media padat. Sumber media karbon sendiri bisa didapatkan dari limbah alam yang banyak tersedia disekitar kita, seperti tempurung kelapa, cangkang sawit, dan kayu. Pengerasan langsung hanya dapat dilakukan pada baja dengan kandungan karbon di atas 0,3%. Sementara untuk baja dengan kandungan karbon dibawah 0,3%, harus melalui proses penambahan karbon (Schonmetz, Gruber, 1985).

Penelitian ini menggunakan arang tempurung kelapa sawit sebagai sumber karbon aktif dan cangkang telur sebagai katalisator. Dalam proses *pack carburizing* setiap sumber karbon aktif mempunyai hasil nilai kekerasan yang berbeda beda. Semakin tinggi kandungan karbon dalam arang, maka difusi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula (W.G. Satrio, 2011). Peneliti terdahulu telah melakukan percobaan untuk meningkatkan efektifitas karburasi padat dengan optimasi ukuran serbuk arang kelapa sawit, dari hasil penelitian diketahui bahwa peningkatan kandungan karbon pada baja terbesar adalah dengan ukuran terkecil butiran arang kelapa sawit (Mujiyono dan Arianto, 2008).

Pada penelitian ini penulis menggunakan baja AISI 1020 sebagai material percobaan untuk proses *pack carburizing*. Baja AISI 1020 adalah jenis baja konstruksi yang memiliki sifat kuat dan kekerasan yang cukup tinggi, dengan *tensile strength* (kekuatan tarik) sebesar 40 kg/mm2. Baja ini memiliki kandungan karbon (C) sebesar 0,20 % memiliki *ferrite* yang lebih banyak dibandingkan *pearlite*, jadi termasuk baja karbon rendah. Kualitas baja karbon rendah dapat ditingkatkan, khususnya untuk ditingkatkan dari tidak mampu dikeraskan menjadi mampu dikeraskan (Kuswanto Bambang, 2010).

Untuk mendapatkan parameter lain pada proses *pack carburizing* dengan beberapa variasi, maka sehubungan dengan uraian diatas peneliti akan meneliti mengenai, "SIFAT KEKERASAN DAN KOMPOSISI KIMIA BAJA AISI 1020 HASIL PROSES *PACK CARBURIZING* MENGGUNAKAN ARANG TEMPURUNG KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA KARBON DENGAN KATALIS CANGKANG TELUR"

1.2 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu penahanan karburasi terhadap kekerasan baja karbon rendah AISI 1020.
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu penahanan karburasi terhadap perubahan komposisi kimia baja karbon rendah AISI 1020.

1.3 Batasan masalah

Berdasarkan uraian diatas agar penelitian berjalan dengan sesuai, maka peneliti membatasi masalah penelitiannya sebagai berikut :

1. Baja yang dipakai adalah baja karbon rendah AISI 1020.
2. Temperatur karburisasi yang digunakan adalah 850℃
3. Waktu penahanan karburisasi yang digunakan adalah 60 menit, 120 menit dan 180 menit.
4. Karbon yang digunakan arang berasal dari serbuk tempurung kelapa sawit.
5. Katalisator yang digunakan adalah serbuk cangkang telur.
6. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan *micro vickers* dan uji komposisi kimia.
7. Media *quenching* yang digunakan adalah air.
8. Tungku pemanasan yang digunakan adalah mesin *furnace.*

1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dari penulisan yang digunakan penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah yang akan diambil dengan jelas, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori dasar yang berkaitan dengan materi yang diangkat pada laporan tugas akhir ini.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan mengenai metode-metode yang dilakukan dalam mengumpul kan data dan menjabarkan tahapan-tahapan kegiatan yang dilakukan selama penelitian berlangsung sampai pada penyusunan laporan serta pengujian yang dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil dan data dari penelitian yang telah dilakukan, serta pembahasan dari hasil-hasil penelitian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin disampaikan dari pembahasan pengujian selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan referensi-referensi yang digunakan dalam penelitian ini.

LAMPIRAN

Berisikan data-data yang mendukung pada penelitian ini.

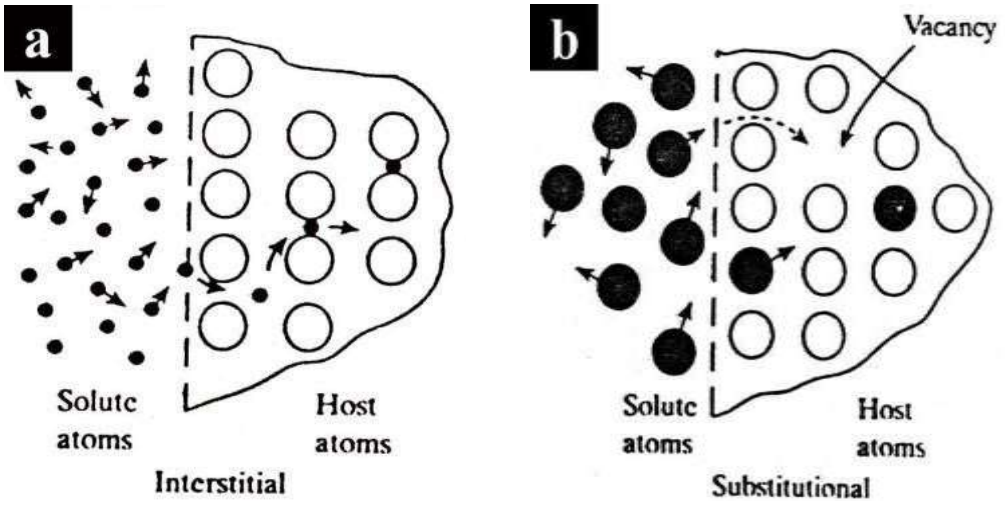
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi *Carburizing*

Penambahan karbon yang disebut *carburizing* atau karburasi, dilakukan dengan cara memanaskan pada temperatur yang cukup tinggi yaitu pada temperatur austenit dalam lingkungan yang mengandung atom karbon aktif, sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu. Setelah proses difusi, diikuti perlakuan pendinginan cepat (*quenching*), sehingga diperoleh permukaan yang lebih keras, tetapi liat dan tangguh bagian tengahnya.

Difusi adalah gerak spontan dari atom atau molekul di dalam bahan yang cenderung membentuk komposisi yang seragam. Hukum pertama Fick's menyatakan bahwa difusi dari sebuah elemen dalam suatu bahan substrat merupakan fungsi koefisien difusi dan gradien konsentrasi. Gradien konsentrasi adalah jumlah atom yang terdapat disekitar substrat dibandingkan dengan jumlah atom yang terdapat di dalam substrat. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan difusi yaitu, temperatur, komposisi dan waktu (Smallman, Bishop, 2000).

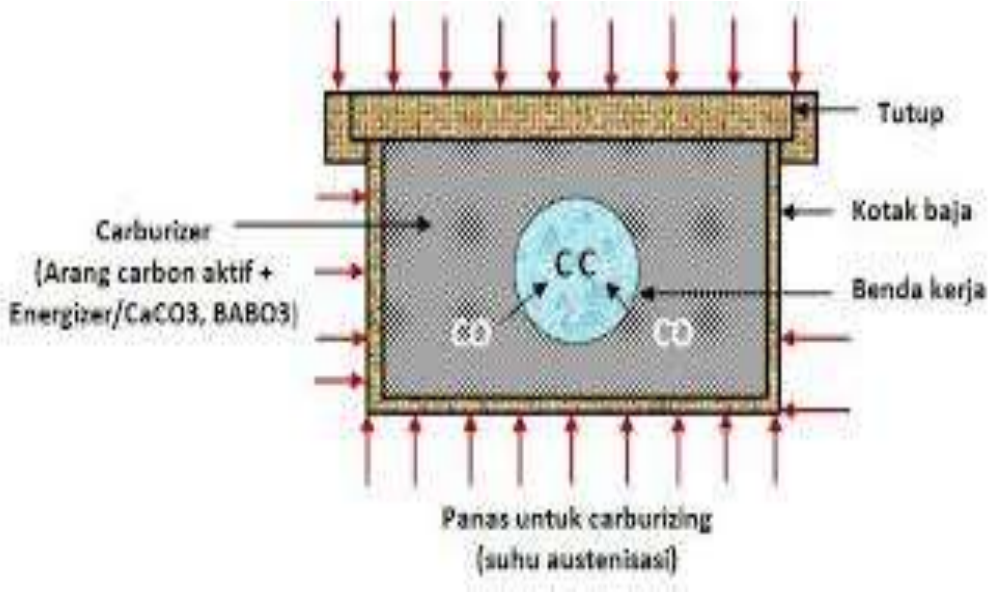
Pendinginan cepat dalam proses carburizing bertujuan untuk memperoleh permukaan yang lebih keras akibat perubahan struktur mikro pada permukaan baja yang telah dikarburasi. Dari bermacam-macam struktur mikro, martensit merupakan yang paling keras dan kuat namun paling getas (Callister, 2007).



Gambar 2.1 Pemodelan proses difusi : (a) Secara Iterasi, (b) Secara Subsitusi

Metode proses *carburizing* dibedakan berdasarkan media karburasinya, yaitu gas, cair dan padat. *Pack carburizing* adalah metode *carburizing* yang paling sederhana dibanding metode cair dan gas, karena dapat dilakukan dengan peralatan yang sederhana. Pada metode ini, komponen ditempatkan dalam kotak berisi media karburasi yang saat pemanasan pada suhu austenisasi (842 – 953 ^{o}C) akan mengeluarkan gas CO_2 dan CO. Pembentukan karbon monoksida ditingkatkan oleh *energizer* atau katalis, seperti barium karbonat ($BaCO_3$), kalsium karbonat ($CaCO_3$), kalium karbonat (K_2CO_3), dan natrium karbonat (Na_2CO_3), yang hadir di kompleks karburasi. Kandungan karbon dari setiap jenis

arang berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon dalam arang, maka penetrasi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula (Y. Lakhtin,1975).



Gambar 2.2 Proses *Pack Carburizing*
(Sumber: ASM *Hanbook* volume 4, *heat treating* (ASM *International*), 1990)

Gas CO ini bereaksi dengan permukaan baja karbon rendah membentuk atom karbon yang kemudian terdifusi masuk ke dalam baja mengikuti persamaan:

$$2CO + Fe \rightarrow Fe\,(C) + CO_2 \qquad (2.1)$$

2.2 Mekanisme Proses Difusi

Mekanisme difusi dapat terjadi dengan dua cara yaitu interstisi dan substitusi. Pada prose *pack carburizing*, pembentukan dan pertumbuhan lapisannya merupakan proses difusi dengan mekanisme kekosongan (*vacancy*) dimana prinsip dari mekanisme kekosongan ini adalah jika suatu atom mengisi

kekosongan yang terdapat pada susunan atom-atomnya maka akan terjadi kekosongan baru pada susunan atom tersebut. Kekosongan baru ini dapat diisi oleh atom lain yang letaknya berdekatan dengan lubang yang ditinggalkan oleh atom yang pertama tadi. Gerakan keseluruhan dari atom-atom disebut sebagai difusi dengan mekanisme kekosongan. Atom mampu bergerak didalam kisi-kisi kristal dari satu atom ke atom lainnya apabila, (Van Vlack, Lawrence, 2004).

1. Memiliki cukup energi aktivasi
2. Memiliki agitasi panas yang cukup dari atom-atom
3. Terdapat kekosongan atau cacat kristal lainnya pada kisi kristalnya
4. Ukuran atom dimana perbedaan atom terlarut dan pelarut kurang dari 15%. Kekosongan dalam logam atau paduan akan menghasilkan ketidakstabilan yang mengakibatkan terjadinya pergerakan dari atom-atom untuk mengisi kekosongan itu dengan mekanisime interstisi dan subtitusi.

Selain itu, temperatur sangat berpengaruh pada proses difusi. Hal ini dikarenakan kenaikan temperatur akan memperbanyak terjadinya kekosongan dalam logam, (Van Vlack, Lawrence, 2004). Gambar 2.1-a untuk menggambarkan energi aktivasi secara skematik. Atom karbon yang cukup kecil (r = 0,07 nm) dan dapat menempati posisi interstisial di antara sejumlah atom besi. Jika atom karbon ini memiliki cukup energi, atom tersebut dapat pindah dari posisi diantara atom besi ke lokasi interstisial berikutnya apabila bergetar dalam arah itu (Van Vlack, Lawrence, 2004).

Mekanisme difusi lain digambarkan secara skematik pada Gambar 2.1-b. Bila semua atom yang ukurannya sama, atau hampir sama, maka mekanisme kekosongan menjadi dominan. Kekosongan dapat terjadi sebagai bagian dari suatu struktur yang cacat (Van Vlack, Lawrence, 2004).

2.3 Katalisator

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 pengemban atau bisa pula berasal dari pengemban sendiri. Logam-logam tersebut umumnya adalah logam-logam transisi yang menyediakan orbital 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

diseluruh fasa. Walaupun banyak keuntungan dari katalis logam homogen, kekurangannya adalah pada proses pemisahan dari campuran terkadang juga menghambat penggunaannya dalam industri.

Katalis Heterogen menghasilkan kegampangan 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 adsorspsi. 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. Dalam penelitian ini digunakan NiMoFe2O4 sebagai katalis heterogen dan diharapkan sebagai nanokatalis.

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. 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.

2.4 Baja Karbon Rendah

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 presentase 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, salah satunya adalah baja karbon rendah.

Baja kabon rendah (*low carbon steel)* mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3% karbon. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Purwanto, 2012).

Baja karbon randah juga memiliki ciri khusus antara lain :

a. Tidak responsif terhadap perlakuan panas yang bertujuan membentuk martensit.
b. Metode penguatannya dengan "*cold working*" struktur mikronya terdiri ferit dan perlit.
c. Relatif lunak, ulet dan tangguh.
d. Mampu las dan mampu mesin yang baik.
e. Harga murah.

2.5 Baja *AISI* 1020

Baja *American Institute and Steel Iron (AISI)* 1020 adalah baja paduan rendah dengan kandungan unsur karbon <0,3 wt%, dengan unsurunsur penyusun lainnya (wt%), sebagaimana dituturkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja *AISI* 1020 (Matweb, 2018)

Unsur	Jumlah dalam wt.%
C	0,17 – 0,23
Fe	99,08 – 99,53
Mn	0,30 – 0,60
P	<= 0,40
S	<= 0,50

Baja AISI 1020 memiliki harga yang cukup murah dan terjangkau sehingga dapat ditemukan dimana-mana. Selain itu, baja AISI 1020 juga memiliki keuletan yang tinggi dan mudah dibentuk. Disisi lain, baja AISI 1020 memiliki kekuatan yang rendah seperti yang kita ketahui, karena baja AISI 1020 adalah baja dengan paduan karbon rendah. Pada penggunaan baja AISI 1020 sendiri, banyak dalam hal perpipaan khususnya pada pipa-pipa pembangkit dan pipa uap panas (Matweb, 2018). Sifat mekanik baja AISI 1020 ditujukkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Baja AISI 1020 (Matweb, 2018)

Nama	Satuan
Kekuatan Tarik	420 Mpa
Kekuatan Luluh	350 Mpa
Perpanjangan (Elongasi)	15 %
Modulus Elastisitas	200 Gpa
Kekerasan (Brinnel)	111 HB

2.6 Perlakuan Panas *(Heat Treatment)*

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 menbisa karakter tertentu. Dari sini tampak proses perlakuan panas bisa dipakai untuk manipulasi karakter mekanik dan beberapa karakter fisik sesuai beserta kebutuhan atau keperluan. Proses perlakukan 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 perlakuaan 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 menbisai 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)

2.7 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 *diquenching.*

Seperti yang telah dijelaskan 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 untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara 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 0^0C dan titik didih 100^0C. Air memiliki koefisien viskositas sebesar 0,001 Pa. pada suhu hawa 20 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 di miliki air besarnya 10 kali dari minyak (Soedjono,1978). Sehingga akan dihasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Pendinginan menggunakan air membuahkan 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 30^0C memiliki koevisien viskositas 200 x 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^{o}C dan nilai koefisien viskositasnya 0,018 x 10^{-3}Pa.s (Giancoli, 1999).

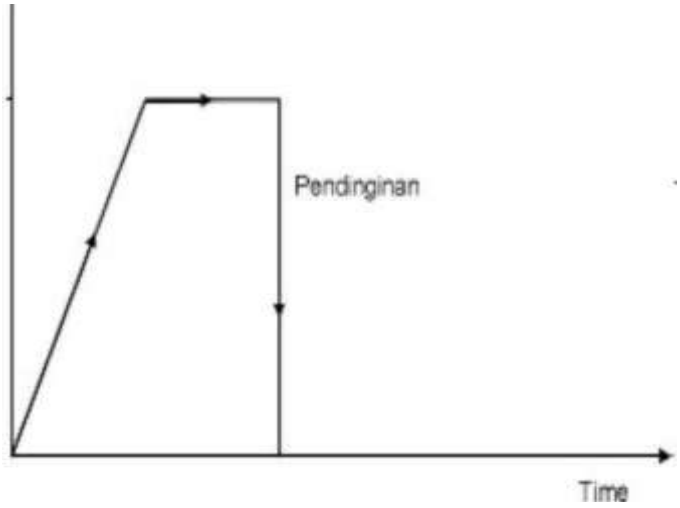
4. Garam

   Garam dipakai sebagai bahan pendinginan karena memiliki karakter pendingin yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan 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 sebagi 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.

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.



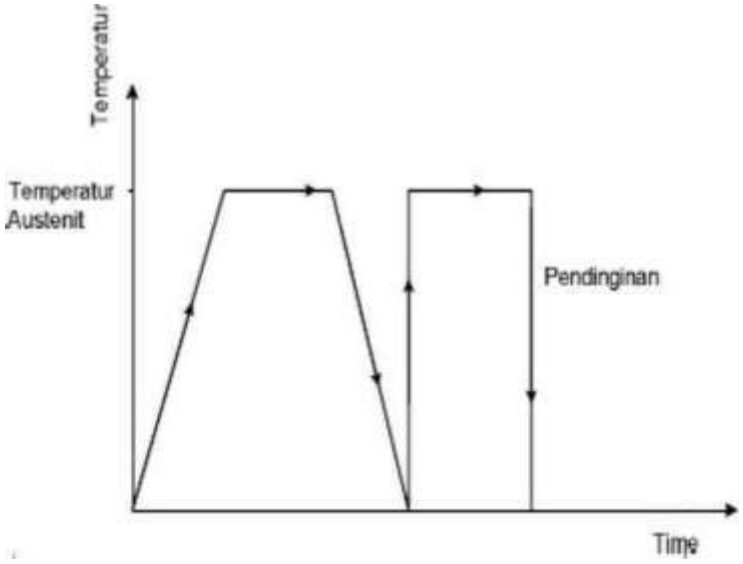
Gambar 2.3. Grafik pendinginan langsung

(Sumber : AALFani, 2016)

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

(Sumber : Muhnaabil, 2017)

Tujuan dari metode ini adalah untuk memperbaiki difusifitas dari atom ± 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.

2.8 *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 a*ustenite* yang bisa bertrans formasi menjadi *martensit*. Bila pada saat pemanasan terbisa struktur lain maka setelah di *quenching* akan di peroleh struktur yang tidak seluruhnya terdiri dari martensit (Dalil. M., 1999).

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)

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan suatu material terhadap daya tembus dari bahan lain yang kian keras (Karmin dan Ginting, 2012).

2.9 Uji Kekerasan Mikro

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastis (Dieter, 1998).

Terdapat tiga jenis ukuran kekerasan, tergantung pada cara melakukan pengujian, yaitu:

1. Kekerasan goresan *(scratch hardness)*
2. kekerasan lekukan *(indentation hardness)*
3. kekerasan pantulan *(rebound)*

Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa (Callister, 2001).

Kekerasan mikro menggunakan indentor piramida intan dengan beban antara 100-1000 g. Pengukuran kekerasan mikro digunakan untuk permukaan benda yang sempit dan ketebalan yang tipis, serta daerah kritis. Jenis metode pengukuran kekerasan mikro:

1. Metode *Vickers*

   Mirip dengan metode *vickers* namun *vickers* untuk *micro hardness test* menggunakan beban yang lebih kecil. Pengujian kekerasan dengan *vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indentor intan dan mempunyai bentuk geometri.

$$\mathrm{VHN} = \frac{1{,}854 \times \mathrm{P}}{d^2} \quad \text{………………………..………(2.2)}$$

Dimana : VHN = *Vickers Hardness Number*

P = Beban yang diberikan (kgf)

d2 = Panjang diagonal rata-rata hasil identasi

2. Metode *Knoop*

Geometri indentor *knoop* yang memiliki alas dengan perbandingan diameter 7:1 memungkinkan indentor *knoop* menjangkau daerah-daerah yang lebih sempit dan tipis dari *vickers*.

2.10 Uji Komposisi Kimia (*Spektrometer Emisi*)

Uji komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung di dalam suatu material tersebut. *Spektrometer emisi* atau *Optical Emission Spectrometer* (OES) adalah suatu nama alat uji yang digunakan sebagai alat untuk menganalisa unsur-unsur logam dan campurannya dengan akurat, cepat dan mudah dioperasikan. Alat uji *spektrometer* ini di industry pengecoran logam memiliki *fleksibilitas* tinggi karena dapat digunakan untuk mengembangkan produknya dari satu komposisi ke komposisi lain maupun membuat paduan logam yang bervariasi dengan tepat. Alat uji *spektrometer* mendeteksi komposisi atau kadar unsur-unsur yang terkandung dalam suatu logam, hasil dapat diketahui melalui panjang gelombang dan *intensitas* sinar yang terpancar. Sinar yang terpancar memiliki panjang gelombang tertentu sesuai dengan jenis atom unsurnya dan *intensitas* sinar yang terpancar sebanding dengan kadar konsentrasi unsurnya (BBLM Bandung, 1997).

Proses pengujian *spektrometer* diperlukan persiapan sampel yang akan diuji untuk mendapatkan hasil analisa dengan komposisi yang tepat. Persiapan yang kurang baik tentunya akan berakibat pada sampel yang akan diuji. Persiapan sampel tersebut adalah :

1. Logam cair yang diambil untuk sampel uji bebas dari slag atau oksida dan dituang ke dalam cetakan logam,
2. Permukaan sampel uji harus rata, - Baja memakai *belt sander*, - *Cast iron* memakai *grinder*, - *Non ferous* memakai mesin bubut.
3. Sampel uji memiliki *homogenitas* yang cukup baik,
4. Memiliki area yang cukup untuk di-*spark* (dianalisa) lebih dari satu kali pada titik yang berbeda.

Beberapa keuntungan dalam analisa komposisi logam menggunakan *spectrometer* khususnya pengecoran logam yaitu antara lain : (Zaenal H. George, 1997)

1. Waktu analisa cepat

   Waktu analisa berlangsung sekitar 1 menit, kecepatan ini dapat membantu dalam proses *alloying* logam cair sebelum dituang ke *ladle* atau cetakan sehingga lebih menghemat panas dan waktu.

2. Produk coran berkualitas tinggi

   Spektrometer memiliki keakurasian yang tinggi dalam analisanya. Sebelum dituang logam cair diuji dengan spektro, dimaksudkan apakah sudah masuk standart yang dikehendaki. Spektrometer akan mengontrol ketepatan komposisi ini sehingga didapatkan logam coran yang sangat berkualitas tinggi.

3. Bahan baku tambahan dapat dihemat

   Dengan adanya kontrol yang baik maka proses alloying dapat dipantau dengan cepat dan tepat sehingga pemakaian bahan baku lebih efisien.

4. *Spektrometer* dapat menguji bermacam-macam jenis logam

   Macam dan jenis logam yang dapat diuji tergantung basic atau kebutuhan pemakai spektrometer. Basic spektrometer mempunyai range analisa standarisasi dan kalibrasi yang baku untuk mendapatkan keakurasian hasil pengujiannya.

2.11 Tempurung Kelapa Sawit

Tempurung kelapa sawit sering juga disebut cangkang kelapa sawit (*Palm kernel shell*) adalah bagian keras yang terbisa 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 tempurung kelapa sawit

   Komposisi tempurung 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 tersusundari D-glukosa yang terhubung sacara 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-xsilosa, D-arabinosa, dan monokasarida 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 bahanbahan 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 dibumi.

2.12 Cangkang Telur

Cangkang telur merupakan lapisan luar dari telur yang berfungsi melindungi semua bagian telur dari luka atau kerusakan. Cangkang telur ayam yang membungkus telur umumnya beratnya 9-12% dari berat telur total. Warna kulit telur ayam bervariasi, mulai dari putih kekuningan sampai cokelat. Warna cangkang luar telur ayam ras (ayam boiler) ada yang putih, ada yang cokelat. Bedanya pada ketebalan cangkang, yang berwarna cokelat lebih tebal daripada yang berwarna putih (Wirakusumah, 2011).

Telur merupakan salah satu jenis makanan yang cukup populer bagi masyarakat Indonesia. Makanan ini digemari karena dapat diolah menjadi berbagai jenis sajian makanan serta dapat dikonsumi baik oleh anak kecil

maupun orang dewasa. Selain itu, telur juga dapat dibeli dengan harga murah sehingga dapat dinikmati setiap kalangan masyarakat mulai dari kelas bawah sampai kelas atas. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) tahun 2015, konsumsi telur per kapita dapat mencapai sekitar 112 butir telur ayam per tahun. Jika pada tahun 2017 terdapat sekitar 67.851.944 KK di Indonesia maka konsumsi telur di Indonesia dapat mencapai sekitar 7,6 miliar butir dalam setahun. Artinya akan terdapat cukup banyak limbah dari cangkang telur yang terdapat di Indonesia setiap tahunnya. Tidak seperti telur, cangkang telur biasanya hanya dibuang begitu saja ke tempat pembuangan sampah. Cangkang telur merupakan lapisan keras yang melindungi telur dari kondisi lingkungan sekitar. Cangkang ini berbentuk keras serta memiliki kandungan kalsium yang cukup tinggi.

Gambar 2.5 Cangkang Telur Ayam

Cangkang telur tersusun atas struktur berlapis tiga, yaitu lapisan kutikula, lapisan *sponge* (busa) dan lapisan lamellar. Lapisan kutikula merupakan protein transparan yang melapisi permukaan cangkang telur. Lapisan ini melapisi pori-pori pada cangkang telur, tetapi sifatnya masih dapat dilalui gas sehingga keluarnya uap air dan gas CO_2 masih dapat terjadi (Rivera, 1999).

Lapisan *sponge* (busa) dan lamellar membentuk matriks yang tersusun oleh serat-serat protein yang terikat dengan kristal kalsium karbonat ($CaCO_3$) atau disebut juga kalsit dengan perbandingan 1:50. Lapisan busa ini merupakan bagian terbesar dari lapisan cangkang telur. Lapisan ini terdiri dari protein dan lapisan kapur yang terdiri dari kalsium karbonat, kalsium fosfat, magnesium karbonat, dan magnesium fosfat (Rivera, 1999).

Lapisan lamellar *(mamilary)* merupakan lapisan ketiga dari cangkang telur yang terdiri dari lapisan yang berbentuk kerucut dengan penampang bulat atau lonjong. Lapisan ini sangat tipis dan terdiri dari anyaman protein dan mineral. Di bawah lapisan lamellar terdapat lapisan membrana yang merupakan bagian lapisan cangkang telur yang terdalam. Lapisan membrana terdiri dari dua lapisan selaput yang menyelubungi seluruh isi telur dan tebalnya lebih kurang 65 mikron. Lapisan membran (membran *shell*) terdiri dari lapisan membran dalam dan membran luar, keduanya mirip dinding yang menghalangi bakteri masuk dalam telur. Membran *shell* sendiri terdiri dari serabut-serabut protein yang membentuk membran yang semipermeabel (Wirakusumah, 2011).

Komposisi utama dalam cangkang ini adalah kalsium karbonat ($CaCO_3$) sebesar 94% dari total bobot keseluruhan cangkang, kalsium fosfat (1%), bahan bahan organik (4%) dan magnesium karbonat (1%) (Rivera, 1999). Berdasarkan hasil penelitian, serbuk cangkang telur ayam mengandung kalsium sebesar 401 ± 7,2 gram atau sekitar 39% kalsium, dalam bentuk kalsium karbonat. (Schaafsma, 2000).

Sementara itu menurut penelitian yang dilakukan di IPB, bahan-bahan yang terkandung dalam cangkang telur ayam ras dapat dilihat pada tabel.

Tabel 2.3 Bahan yang terkandung dalam cangkang telur ayam ras komersil

Bahan- bahan yang terkandung	**Jumlah (%)**
Bahan Kering (BK)	98,77
Abu	57,06
Protein Kasar (PK)	5,60
Serat Kasar (SK)	8,47
Beta-N	26,46
Calsium (Ca)	19,20
Phosphor (P)	0,39
Tembaga (Cu)	Td
Crom (Cr)	Td
Timbal (Pb)	Td
Magnesium (Mg)	2,501
Zinc (Zn)	0,001
Natrium (Na)	0,084
Besi (Fe)	0,037
Kalium (K)	0,047
Aspartat	0,44
Threonin	0,21
Histidin	0,15
Arginin	0,34
Lysin	0,14
Leusin	0,25
Valin	0,29
Tyrosin	0,11

Alanin	0,20
Glisin	0,31
Serin	0,26
Glutamat	0,61

Sumber : Laboratorium Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak IPB (2008)

Penelitian yang dilakukan berupa analisis proksimat untuk mengetahui kadar air, abu, protein, lemak kasar, serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (Beta -N) atau karbohidrat kasar dalam cangkang telur ayam. Dalam tabel tersebut, kadar zat makro yang terbesar adalah beta-N (karbohidrat kasar), kemudian serat kasar dan protein kasar. Fungsi beta-N, protein kasar, dan serat kasar tidak jauh berbeda dengan karbohidrat murni, protein murni, dan serat murni. Hanya saja perlu perhitungan lebih lanjut untuk memperoleh kandungan karbohidrat, protein, dan serat murni dalam cangkang telur.

Kandungan mineral yang paling besar dari cangkang telur adalah kalsium dan magnesium, yaitu sebesar 19,20% dan 2,5%. Sedangkan kadar mineral lainnya tidak sampai 1% dari berat keseluruhan cangkang telur. Kadar asam amino yang diperoleh dari penguraian protein kasar juga sangat kecil. Asam amino yang paling besar kandungannya adalah glutamat, yaitu 0,61%.

Adapun fungsi asam amino yang terdapat dalam cangkang telur memiliki pengaruh yang baik terhadap tubuh. Glutamat berperan dalam pencernaan dan mendukung kesehatan otak. Alanin berguna dalam metabolisme glukosa yang digunakan oleh tubuh sebagai sumber energi. Arginin membantu meningkatkan kadar alamiah hormon pertumbuhan, sistem imun,

metabolisme lemak, membentuk massa otot, serta membantu terapi infeksi HIV dan gangguan hati, anti kanker dan tumor. Asam aspartat berfungsi meningkatkan stamina dan ketahanan tubuh.

Glisin berfungsi untuk menunda penurunan fungsi otak, baik untuk detoksifikasi racun dalam tubuh. Histidin penting untuk pertumbuhan fisik dan mental yang sempurna, sebagai penyembuh diketahui dapat menanggulangi penyakit rematik. Leusin diperlukan dalam perkembangan anak-anak dan dalam kesetimbangan nitrogen bagi orang dewasa, meningkatkan serta menjaga kesehatan tulang, kulit, dan otot mempunyai peran penting dalam proses produksi energi tubuh terutama dalam mengontrol sintesa protein. Lysin berguna dalam pengobatan terhadap penyakit herpes, menghambat pertumbuhan virus, meningkatkan hormon pertumbuhan, perbaikan jaringan serta produksi antibodi, hormon dan enzim.

Sering penting bagi metabolisme karena terlibat dalam biosintesis senyawa senyawa purin dan pirimidin, sistein, triptofan (pada bakteria), dan sejumlah besar metabolit lain, berguna untuk menjaga keseimbangan metabolisme lemak dan asam lemak, pertumbuhan sel otot serta meningkatkan imunitas tubuh karena terlibat dalam produksi immunoglobulin dan antibodi. *Tyrosin* berguna untuk pertumbuhan sel-sel serta meningkatkan imunitas tubuh dan antibodi untuk mendukung perkembangan otak yang optimal. *Valine* berfungsi mempertahankan massa otot, menjaga keseimbangan nitrogen dalam tubuh serta membantu dalam terapi gangguan hati dan kandungan

empedu, bagus dan diperlukan dalam pertumbuhan dan penampilan terutama dalam system saraf dan pencernaan. *Valine* juga membantu gangguan saraf otot, mental dan emotional, insomnia, dan keadaan gugup. *Valine* dengan *threonine* juga berfungsi menyeimbangkan nitrogen.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan mei 2021 sampai oktober 2021 di Laboratorium Material Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pengujian kekerasan dan pengujian komposisi kimia dilakukan di UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung, LIPI Tanjung Bintang, Lampung.

3.2 Alat dan Bahan yang Digunakan

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

1. Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut :

a. Baja karbon rendah (*AISI* 1020)

Adapun bahan yang digunakan pada pengujian adalah Baja *AISI* 1020, dimana spesimen asli dapat dilihat pada gambar.

Gambar 3.1. Baja *AISI* 1020

b. Katalis dari cangkang telur

Sebagai media pada proses *pack carburizing*.

Gambar 3.2 Katalis dari cangkang telur

c. Arang tempurung kelapa sawit

Sebagai karbon aktif untuk mempercepat laju reaksi (difusi) saat proses karburisasi.

Gambar 3.3 Arang tempurung kelapa sawit

d. Air

Sebagai media pendinginan proses *quenching*

2. Alat yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut :

a. Tungku pemanas (*furnace*)

Sebagai dapur pemanas saat proses *karburisasi*.

Gambar 3.4. Tungku pemanas (*furnace*)

b. Alat uji kekerasan (*micro vickers*)

Sebagai alat uji yang digunakan untuk mengukur kekerasan baja.

Gambar 3.5 Alat uji kekerasan (*micro vickers*)

c. Alat uji komposisi kimia

Sebagai alat yang digunakan untuk mengetahui komposisi unsur-unsur kimia pada material logam.

Gambar 3.6 *Optical Emission Spectroscopy*

d. Gerinding listrik

Sebagai alat yang digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen baja.

Gambar 3.7 Gerinding listrik

e. Kotak sementasi

Kotak sementasi terbuat dari plat baja berukuran (8 x 10 x 12) cm sebagai tempat untuk menimbun baja dengan campuran cangkang telur dan arang tempurung kelapa sawit saat proses karburisasi

Gambar 3.8 Kotak sementasi

f. Bak air

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

Gambar 3.9 Bak media *quenching*

g. Tang penjepit

Sebagai alat untuk membentuk kawat baja yang akan dipasang di spesimen baja.

Gambar 3.10 Tang penjepit

h. Kawat baja

Sebagai alat yang akan dipasang di spesimen baja agar mempermudah dalam pengambilan baja dalam keadaaan panas.

Gambar 3.11 kawat baja

i. Pinset

Sebagai alat dalam pengambilan kawat yang menempel pada baja dalam keadaan panas.

Gambar 3.12 pinset

3.3 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian pada tugas akhir ini terbagi menjadi beberapa tahapan antara lain sebagai berikut :

1. Persiapan spesimen

Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah baja karbon rendah *AISI* 1020. Berikut adalah tahapan proses pembuatan spesimen :

a. Pemotongan spesimen

Pemotongan spesimen ini dilakukan dengan menggunakan mesin potong. Dengan ukuran spesimen (4 x 3 x 2)cm.

b. Proses *polishing*

Proses ini menggunakan amplas ukuran 500, 800 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.

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 tempurung kelapa sawit. Karbon aktif ini diperoleh dengan cara menghaluskan arang tempurung kelapa sawit yang 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 mencampurkan karbon aktif dan katalis sampai merata didalam wadah yang telah disediakan dengan komposisi 90% karbon aktif dan 10% katalis.

3. Pelaksanaan karburisasi

Berikut adalah tahapan proses karburisasi :

a. Benda uji (*AISI* 1020) sebelumnya diambil data kekerasan dan komposisi kimia awal, kemudian benda uji dililitkan dengan kawat baja sebagai tempat pengait untuk mempermudah proses pengangkatan benda uji (*AISI* 1020) dalam keadaan panas.

b. Benda uji (*AISI* 1020) diletakkan ke dalam kotak sementasi lalu ditimbun dengan campuran antara karbon dari arang tempurung kelapa sawit dengan bubuk katalis dari cangkang telur, hingga menutupi permukaan seluruhnya.

c. Masukan kotak sementasi ke dalam *furnace*, dan *furnace* ditutup, nyalakan *furnace* dan lihat temperatur awal (27 - 30)℃. Tunggu sampai temperatur akhir pemanasan 850℃ dengan waktu penahanan 60 menit. Kemudian setelah proses tersebut, Matikan *furnace*, lalu buka *furnace*,

dan keluarkan kotak sementasi dari dalam dengan menggunakan tang penjepit.

d. Angkat benda uji (*AISI* 1020) dari dalam kotak sementasi dengan menggunakan gancu dan salah satu spesimen di masukkan ke dalam media pendingin berupa air, biarkan hingga dingin.

e. Angkat benda uji (*AISI* 1020) dari dalam media pendingin tersebut, bersihkan dari sisa-sisa proses karburisasi, lalu amplas salah satu sisi hingga bersih untuk proses pengujian kekerasan dan komposisi kimia.

f. Untuk penahanan waktu 120 menit dan 180 menit, gunakan langkah langkah proses *pack carburizing* dengan cara yang sama.

4. Pengujian spesimen

a. Pengujian kekerasan

Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat *Micro Hardness Vickers Testing Machine* di Balai Pengolahan Mineral LIPI, Tanjung Bintang, Lampung, dengan skala *micro vickers*. Uji kekerasan *micro vickers* menggunakan indentor piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Pengujian kekerasan ini dilakukan pada bagian atas permukaan rata sebanyak 5 titik untuk tiap masing-masing variasi waktu spesimennya dengan beban indentor 500 gf dan lama indentasi selama 10 detik.

b. Pengujian komposisi kimia

Uji komposisi kimia ini dilakukan di UPT. Balai Pengolahan Mineral

Uji komposisi kimia ini dilakukan di UPT. Balai Pengolahan Mineral LIPI, Tanjung Bintang, Lampung, dengan alat OES (*Optical Emission Spectroscopy*). Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui perubahan dan peningkatan unsur karbon (C) sebelum dan sesudah proses karburisasi. Titik pengujian komposisi kimia dilakukan pada permukaan baja.

c. Pengujian *quenching*

Uji *quenching* ini dilakukan di Laboratorium Material Teknik , Teknik Mesin, Universitas Lampung, dengan media pendingin air. Pengujian *quenching* ini dilakukan untuk menghasilkan baja karbon rendah dengan sifat kekerasan tinggi.

Data-data yang ditampilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah :

Tabel 3.1. Nilai kekerasan baja karbon rendah (AISI 1020) sebelum proses *pack carburizing raw material* AISI 1020

Titik	Kekerasan (HV)
1	
2	
3	
4	
5	

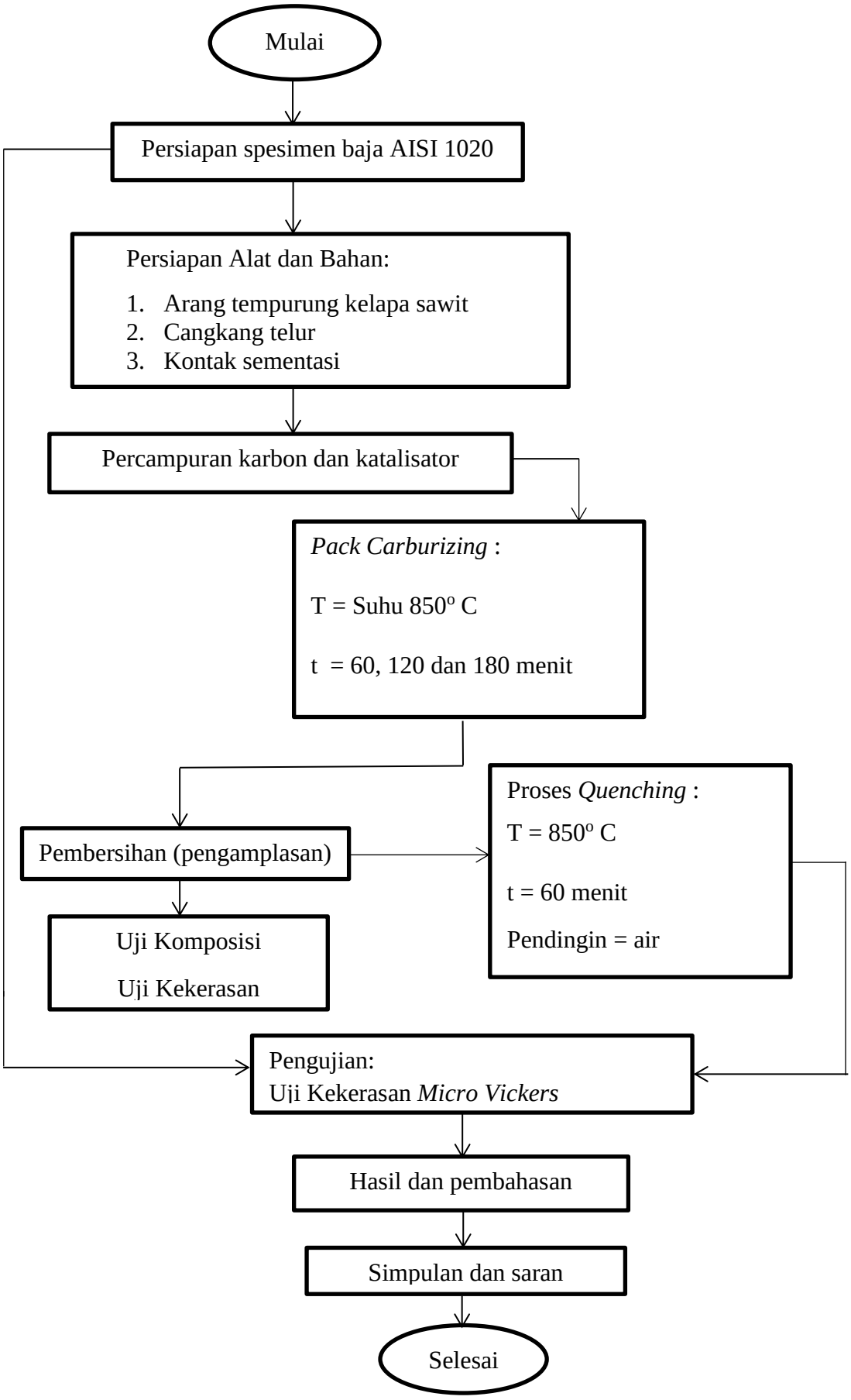
Tabel 3.2. Nilai kekerasan baja karbon rendah (AISI 1020) sesudah proses *pack carburizing* dan *quenching*.

Titik	Kekerasan (HV)
1	
2	
3	
4	
5	

Tabel 3.3. Penambahan jumlah karbon (C) pada baja karbon rendah (AISI 1020) sebelum dan sesudah proses *pack carburizing*.

No	Sampel uji	Unsur utama baja (wt.%)					
		C	Si	Mn	p	S	Fe
1	Tanpa pelapisan						
2	180 menit						

d. Diagram alir penelitian



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini pada baja karbon rendah AISI 1020 dengan metode *pack carburizing* dan *quenching* dengan variasi waktu 60 menit, 120 menit, dan 180 menit adalah sebagai berikut :

1. Hasil uji komposisi kimia sebelum dilakukan proses *pack carburizing* dan *quenching* jumlah karbonnya sebesar 0,0284 (wt.%). Dan kemudian setelah proses *pack carburizing* dan *quenching* dengan suhu *austenite* 850℃ dengan karbon aktif arang tempurung kelapa sawit dengan katalisator serbuk cangkang telur waktu penahanan 180 menit jumlah karbonnya meningkat sebesar 0,410 (wt.%).
2. Hasil penelitian menunjukan nilai kekerasan baja karbon rendah AISI 1020 proses *pack carburizing* dan *quenching* dengan menggunakan karbon aktif arang tempurung kelapa sawit dan katalisator serbuk cangkang telur, untuk *raw material* diperoleh nilai rata -rata 140,66 HV. Dan nilai rata-rata setelah proses *pack carburizing* dan *quenching* dengan suhu *austenite* 850℃ waktu penahanan 60 menit sebesar 186,2 HV, pada waktu 120 menit sebesar 193,6 HV, dan pada waktu 180 menit sebesar 306,6 HV. Dapat dilihat dari nilai kekerasan yang paling tinggi di waktu penahanan 180 menit.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan agar penelitian ini dapat dikembangkan lebih baik lagi adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar pengujian ini bisa lebih baik dan memiliki hasil yang lebih baik dari pengujian sebelumnya.
2. Perlu adanya sikap yang teliti agar pada proses *pack carburizing* tidak mengalami kesalahan dan mendapat hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Callister Jr, W. D. 2001. *Fundamentals Of Materials Science and Engineering*. John Willey and sons : New York.

Callister, William D. 2007.*Material Science and Engineering an Introduction*. John Willey sons : New York.

Dalil, M., Pryitno, A., Inonu, I.1999. *Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (Holding Time) Terhadap Kekerasan Logam.* Jurnal Natur Indonesia Vol. II No. 1

Dieter, G. E. 1998. *Mechanical Metallurgy*. Second Edition. John Willey and Sons : New York.

Gary, M. 2011. *(Makalah Proses Produksi) Heat Treatment.* Palembang: Universitas Sriwijaya.

Giancoli, D. C. 1998. *Fisika*. Penterjemah Yuhisa Hanum. Erlangga : Jakarta.

Hafni dan Nurzal. 2014. *Pengujian Tungku Pack Carburizing Untuk Pengerasan Permukaan Baja Karbon Rendah Dengan Media Karburisasi Campuran Arang Tempurung Kelapa ($BaCo_3$).* Institut Teknologi Padang : Padang.

Karmin dan Ginting, M. 2012. *Analisis Peningkatan Kekerasan Baja Amutit Menggunakan Media Pendingin Dromus.* Jurnal Austentite Vol. 4 No. 1.

Kuswanto Bambang. 2010. *Perlakuan Pack Carburizing pada Baja Karbon Rendah sebagai Material Alternatif untuk Pisau Potong pada Penerapan Teknologi Tepat Guna*. Politeknik Negeri Semarang : Semarang.

Lakhtin, Y. 1975. *Engineering Physical Metallurgy.* Moscow: Foreign Language Publishing House.

Lawrence, H. Van Vlack. 2004. *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*. Sixth Edition. Penterjemah Sriati Djaprie. Erlangga : Jakarta.

Purwanto, H. 2012. *Diktat Material Teknik*.Teknik Mesin UNWANAS Semarang.

Schonmetz dan Gruber, A. K. 1985. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam. Bandung: Aksara.*

Soedjono. 1978. *Pengetahuan Logam* 1. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

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

Zaenal, H. George, B. E. 1997.*Aplikasi Metalurgical spectrometer*. Balai Besar Industri Logam dan Mesin : Bandung.