

**PENGARUH KOMPOSISI KARBON AKTIF PADA PROSES  
CARBURIZING TERHADAP KEKERASAN DAN KOMPOSISI  
KIMIA PADA BAJA ST41**

**(Skripsi)**

**Oleh :**

**RIZKI AKBARI**



**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2019**

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH KOMPOSISI KARBON AKTIF PADA PROSES *CARBURIZING* TERHADAP KEKERASAN DAN KOMPOSISI KIMIA PADA BAJA ST41**

**OLEH**

**RIZKI AKBARI**

Carburizing adalah suatu proses perlakuan panas dimana material menyerap karbon dari arang maupun karbon monoksida. Secara umum pack carburizing merupakan proses pengerasan permukaan dengan penambahan unsur karbon pada permukaan material. Metode ini juga menguntungkan dan banyak digunakan untuk proses pengerasan permukaan pada baja karbon rendah. Pada pengujian ini menggunakan baja karbon rendah ST41 dengan komposisi karbon aktif (60%, 70%, 80%, 90%) dan variasi katalisator(40%, 30%, 20%, 10%) untuk mencari kekerasan dan komposisi kimia. Temperature pemasakan pada proses carburizing 850oC dengan waktu penahanan 30 menit dan proses pendinginan cepat (quenching). Penambahan nilai kekerasan pada saat di carburizing yaitu kekerasan terbaik pada komposisi arang 60% dan katalis 40%. Dan bertambah komposisi kimia di Variasi yang sama

Kata kunci: pack carburizing, Komposisi kimia, ST41, difusi

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECTS OF ACTIVE CARBON COMPOSITION ON THE CARBURIZING PROCESS OF VIOLENCE AND THE CHEMICAL COMPOSITION OF ST41 STEEL**

**By:**

**RIZKI AKBARI**

Carburizing was a heat-treatment process in which materials absorb carbon from both charcoal and carbon monoxide. Generally pack carburizing is a surface hardening process with the addition of carbon particles to the material surface. The method is also profitable and is widely used for the surface hardening process of low-carbon steel. This test USES st41 low-carbon steel with active carbon composition (60%, 70%, 80%, 90%) and catalytic variations (40%, 30%, 20%, 10%) in search of violence and chemical composition. Temperature enlarging the carburizing 850oc with 30 minute detention time and rapid cooling process (quenching). The increased violence value at carburizing was the best compression of arang 60% and the 40% catalyst. And increasing the chemical composition in the same variation.

Key word: *pack carburizing, chemical composition, ST41, difusi*

**PENGARUH KOMPOSISI KARBON AKTIF PADA PROSES  
CARBURIZING TERHADAP KEKERASAN DAN KOMPOSISI  
KIMIA PADA BAJA ST41**

Oleh

***RIZKI AKBARI***

**Skripsi  
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2019**



Judul Skripsi : **PENGARUH KOMPOSISI KARBON AKTIF PADA  
PROSES CARBURIZING TERHADAP KEKERASAN  
DAN KOMPOSISI KIMIA PADABAJA ST41**

Nama Mahasiswa : Rizki Akbari

Nomor Pokok : 1215021067

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing



**Hernojo Supriadi, S.T., M.T.**  
NIP. 196909091997031002



**Moh. Badaruddin, S.T., M.T., Ph.D**  
NIP. 197212111998031002

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Ahmad Su'udi, S.T., M.T.**  
NIP. 197408162000121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : Moh. Badaruddin, S.T, M.T., Ph.D.....




Penguji  
Bukan Pembimbing : Zulhanif, S.T., M.T.



Dekan Fakultas Teknik



  
Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 196207171987031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 Mei 2019

## PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rizki Akbari

NPM : 1215012067

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Universitas : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan merupakan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam Pasal 36 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor No : 06 Tahun 2016.

Dandar Lampung, Mei 2019  
Yang Menyatakan,



Rizki Akbari  
NPM, 1215021067

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pesisir Selatan, Kabupaten Pesisir Barat pada tanggal 03 Agustus 1993. Yang merupakan anak dari pasangan Bpk. Mat Yusuf bin Mat Sunan bin Mat Aliyun dan Ibu Yurnalis bin Hilmi yang merupakan anak pertama dari enam bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Biha pada tahun 2006, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 02 Pesisir Barat pada tahun 2009, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 01 Pesisir Selatan pada tahun 2012, kemudian menuntaskan pendidikan sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung pada tahun 2012.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung (HIMATEM UNILA). Pada Bidang Universitas Penulis mengikuti Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas Lampung (BEM U) Pada bidang akademik, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di PT. Daya Radar Utama, salah satu perusahaan swasta pembuatan kapal laut. Penulis juga menjadi asisten di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Lampung. Selanjutnya pada tahun 2018 penulis menulis skripsi dengan judul “Pengaruh Komposisi Karbon Aktif Pada Proses *Carburizing* Terhadap Kekerasan Dan Komposisi Kimia Pada Baja ST41,” dengan bimbingan Bpk. Harnowo S.T, M.T. dan Bpk. Moh. Badarrudin, S.T., M.T., Ph.D

Bandar Lampung, 4 Mei 2019

Rizki Akbari

## **MOTTO**

“Jadilah berguna buat orang lain sejatinya manusia baik adalah  
manusia yang berguna bagi manusia lain”

“Berdirilah di Kakimu sendiri Kau sudah dewasa saatnya punya Jati Diri”

“Jangan Kau kejar BIS, Kereta dan Wanita”

“Selesaikan pekerjaan yang sudah anda mulai, jangan buat dia Menunggu”

**Bismillahirrohmanirrohim**

Kuniatkan karyaku ini karena :

**Allah SWT**

Aku persembahkan karyaku ini untuk :

Ayah Mat Yusuf, Ibu Yurnalis, Mamak Wan, Wo Sinta Novia, Udo Obet  
meyonda, Saudaraku Nita Yusefa, Restu Akbari, Ramadhania, Ridho Ananda dan  
Riskon Yusuf yang telah mendoakanku serta menyemangatiku sepanjang waktu.

Dosenku Harnowo S.T, M.T. , Moh. Badarrudin, S.T., M.T, Ph.d , Zulhanif, S.T.,  
M.T , Ibu Arinal Hamni Ir. M.T, dan Mas Marta , 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 “Pengaruh Komposisi Karbon Aktif Pada Proses *Carburizing* Terhadap Kekerasan dan Komposisi Kimia Pada baja ST41”. 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 masi terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 10 Mei 2019

Penulis,

Rizki Akbari

## SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat ALLAH SWT karena berkat rahmat, hidayah dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Komposisi Karbon Aktif Pada Proses *Carburizing* Terhadap Kekerasan dan Komposisi Kimia Pada baja ST41”. 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 sangat berterima kasih dan memberikan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada seluruh pihak yang membantu penulis menyelesaikan penelitian dan skripsi ini. Penulis terutama ingin mengucapkan terima kasih dengan setulus hati kepada:

1. Kedua orang tuaku (Ayah dan Ibu) yang senantiasa memberikan doa, semangat dan motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan pendidikan S1 di Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Bapak Ahmad Su'udi S.T., M.T. sebagai ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.



3. Bapak Harnowo Supriadi S.T, M.T. dan Bapak Moh. Badarrudin S.T., M.T. Ph.D sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan segala bantuan, pengetahuan, saran dan motivasi kepada penulis.
4. Bapak Zulhanif, S.T., M.T. sebagai dosen pembahas skripsi penulis, yang telah memberikan saran dan komentar agar penulis dapat menyelesaikan laporan dengan sebaik mungkin.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan.
6. Staf Akademik serta Asisten Laboratorium yang telah banyak membantu kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman BAXIAN seperjuangan Faisal Muhammad, Purnadi Sri Kuncoro, Agus Priyanto, Muhammad Yusuf, Muhammad Faris Aldi Rizaldi, Suef Supriyadi, Imam Rosyid dan Joel Aritonang yang telah menemani berbagi cerita dan pengalaman selama di masa perkuliahan.
8. Seseorang berinesial yang selalu memberikan semangat tiada henti dan doa sekaligus menjadi inspirator bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhirnya.
9. Seluruh rekan-rekan teknik mesin khususnya rekan seperjuangan angkatan 2012, yang tidak dapat saya sebutkan semua, terimakasih untuk kebersamaan yang telah dijalani. Tiada kata yang dapat penulis utarakan untuk mengungkapkan perasaan senang dan bangga menjadi bagian dari angkatan 2012. "Salam Solidarity Forever".
10. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan dalam penulisan dan penyusunannya, sehingga penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca. Penulis sangat berharap agar laporan kerja praktik ini dapat memberi inspirasi dan bermanfaat bagi penulis, kalangan civitas akademik Unila, dan masyarakat yang membacanya

Bandar Lampung, Mei 2019

Penulis,

**Rizki Akbari**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	ii
HALAMAN JUDUL .....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN .....	iv
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
PERNYATAAN PENULIS.....	vi
RIWAYAT HIDUP .....	vii
MOTTO .....	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
SANWACANA .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan .....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Sistematika Penulisan.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Baja Karbon.....	6
B. Baja ST41 .....	8

C. Perlakuan Panas .....	9
D. <i>Carburizing</i> .....	13
E. Komposisi Karbon dan Katalis .....	15
F. Pengujian Kekerasan.....	18
G. Difusi Atom .....	24
III.    METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat .....	26
B. Alat dan Bahan .....	26
C. Prosedur Penelitian .....	30
D. Diagram Alir Pengambilan Data .....	34
IV.    HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Uji Kekerasan .....	35
B. Komposisi Kimia .....	47
C. Struktur Mikro .....	48
V.    SIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan .....	54
B. Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Diagram Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	11
Gambar 2. Diagram CCT .....	13
Gambar 3. Proses pack carburizing .....	15
Gambar 4. Jejak yang dihasilkan oleh penekanan indentor .....	19
Gambar 5. Permukaan jejak pada benda uji .....	20
Gambar 6. Proses terjadinya difusi .....	24
Gambar 7. Dimensi spesimen uji .....	26
Gambar 8. Kotak sementasi .....	27
Gambar 9. <i>Furnace</i> .....	28
Gambar 10. <i>Polisher</i> .....	28
Gambar 11. Mesin <i>Ball Mill</i> .....	29
Gambar 12. Air Garam Skema Pengujian Kekerasan Mikro .....	36
Gambar 13. Mikrostruktur baja ST41 sebelum <i>pack carburizing</i> .....	49
Gambar 14. Mikrostruktur baja ST41. setelah <i>pack carburizing</i> , .....	50
Gambar 15. Setelah <i>pack carburizing</i> dan <i>quenching</i> .....	52

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1.	Komposisi Baja ST 41 .....8
Tabel 2.	Nilai kekerasan Vickers dari beberapa material .....22
Tabel 3.	Hasil pengujian kekerasan mikro <i>vicker</i> baja ST41 sebelum pelapisan <i>pack carburizing</i> .....37
Tabel 4.	Hasil pengujian kekerasan mikro <i>vicker</i> baja ST41 <i>pack carburizing</i> tanpa <i>quenching</i> dengan komposisi karbon dan katalis 60%-40% .....37
Tabel 5.	Hasil pengujian kekerasan mikro <i>Vickers</i> baja ST41 <i>pack carburizing</i> menggunakan pendinginan <i>quenching</i> dengan komposisi 60%-40%.....38
Tabel 6.	Hasil pengujian kekerasan mikro <i>vicker</i> baja ST41 <i>pack carburizing</i> tanpa <i>quenching</i> dengan komposisi karbon dan katalis 70%-30%.....38
Tabel 7.	Hasil pengujian kekerasan mikro <i>Vickers</i> baja ST41 <i>pack carburizing</i> menggunakan pendinginan <i>quenching</i> dengan komposisi 70%-30%.....39
Tabel 8.	Hasil pengujian kekerasan mikro <i>vicker</i> baja ST41 <i>pack carburizing</i> tanpa <i>quenching</i> dengan komposisi karbon dan katalis 80%-20%.....39

Tabel 9.	Hasil pengujian kekerasan mikro <i>Vickers</i> baja ST41 pack carburizing menggunakan pendinginan quenching dengan komposisi 80%-20%.....	40
Tabel 10.	Hasil pengujian kekerasan mikro <i>vicker</i> baja ST41 pack carburizing tanpa <i>quenching</i> dengan komposisi karbon dan katalis 90%-10%.....	40
Tabel 11.	Hasil pengujian kekerasan mikro <i>Vickers</i> baja ST41 pack carburizing menggunakan pendinginan quenching dengan komposisi 90%-10% .....	41
Tabel 12.	Persentase kandungan unsur kimia penyusun baja ST41 sebelum dan sesudah di <i>pack carburizing</i> .....	42

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Penerapan teknologi rekayasa material saat ini semakin bervariasi. Hal ini disebabkan oleh tuntutan untuk memenuhi kebutuhan manusia yang beraneka ragam, sehingga manusia dituntut untuk semakin kreatif dan produktif dalam mengembangkan teknologi rekayasa material. Tujuan utama rekayasa material adalah menghasilkan material baru yang mempunyai sifat lebih baik. Kebutuhan akan material logam dengan sifat mekanik yang baik semakin meningkat dibidang industri. Sedangkan saat ini untuk memenuhi karakteristik material yang baik itu sangat jarang ditemukan. Untuk memenuhi karakteristik tersebut dilakukan proses rekayasa permukaan, karena proses tersebut dapat merubah sifat mekanik material tersebut seperti nilai kekerasan dan nilai kekuatan serta daya ketahanan.

Salah satu baja karbon yang bisa di tingkatkan nilai kekuatan dan nilai kekerasan adalah karbon rendah. contohnya baja ST41. Baja ST41 adalah salah satu baja yang banyak digunakan dalam keperluan industri. Baja ST41 merupakan baja



yang memiliki kandungan karbon (C) rendah yaitu sebesar 0,10 - 0,20 %. Pada penggunaannya baja ST41 biasanya digunakan sebagai Baja ST41 banyak digunakan untuk kawat, paku, kawat elektroda untuk pengelasan dan peralatan otomotif.

Baja karbon rendah memiliki kekerasan yang sempurna, tapi memiliki nilai kekuatan rendah dan nilai tahan aus rendah. Oleh karena itu, baja karbon rendah perlu dilakukan perbaikan sifat mekanik dengan cara *carburizing*. *Carburizing* adalah suatu proses perlakuan panas dimana material menyerap karbon dari arang maupun karbon monoksida. Secara umum *pack carburizing* merupakan proses pengerasan permukaan dengan penambahan unsur karbon pada permukaan material. Metode ini juga menguntungkan dan banyak digunakan untuk proses pengerasan permukaan pada baja karbon rendah (Akay, 2008).

Dengan adanya metode perlakuan panas seperti *carburizing* bisa menghindari gesekan dari gaya luar seperti keausan. Keausan merupakan faktor yang sering terjadi kerusakan permesinan seperti berkurangnya usia pakai dan menurunnya performa berbagai komponen mesin. Karena hal tersebut maka secara tidak langsung meningkatkan biaya perawatan komponen-komponen mesin semakin tinggi, seperti perawatan roda gigi, poros, piston dan komponen lainnya.

Dari pengujian sebelumnya yang dilakukan oleh Supriyono, dkk (2015) pada uji baja ST41 pada 3 plat yang hasil pengujian kekerasan ketiga specimen uji plat

baja karbon ST41 sebelum dilakukan pengerolandra-rata nilai kekerasan specimen 1 yaitu 62.6 HRc, specimen 2 yaitu 62 HRc, dan specimen 3 yaitu 62 HRc. Sehingga kekerasan rata-rata ketiga specimen tersebut yaitu 62.2 HRc dan jika dibandingkan dengan kekerasan standard baja karbon rendah yaitu 64 HRc, maka baja karbon ST41 yang digunakan dalam penelitian ini sedikit lebih lunak dibandingkan dengan nilai baja karbon rendah standard.

Abdul, dkk( 2016) melakukan penelitian pada baja St 42 sebelum di karburasi yaitu nilai kekerasan 71,82 HRB, setelah karburasi nilai kekerasannya meningkat yaitu 37,39 %, pada material yang dicampur dengan 10 % berat cangkang keong mas ( $\text{CaCO}_3$ ) terjadi kenaikan kekerasan sebesar 40,3 %, Penambahan serbuk 20 % berat cangkang keong mas kenaikan kekerasan sebesar 54 %, penambahan serbuk 30 % berat cangkang keong mas kenaikan kekerasan sebesar 65,7 % dan kekerasan tertinggi pada penambahan serbuk 40 % berat cangkang keong mas dengan kenaikan kekerasan sebesar 76,52 %. Tetapi pada penambahan serbuk 50 % berat cangkang keong mas nilai kekerasannya menurun sebesar 18,32 % dari material 40 % cangkang keong mas.

Berdasarkan uraian di atas penulis tertarik melakukan penelitian yang berjudul **“Pengaruh komposisi karbon aktif pada proses *carburizing* terhadap kekerasan dan komposisi kimia pada Baja ST41”** yang dilakukan menggunakan baja karbon rendah ST41 dengan komposisi karbon aktif (60%, 70%, 80%, 90%) dan variasi katalisator(40%, 30%, 20%, 10%) untuk mencari kekerasan dan komposisi kimia.

## **B. Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh komposisi karbon aktif 60%, 70%, 80%, dan 90% terhadap nilai kekerasan pada baja ST41 setelah dilakukan *pack carburizing*
2. Mengetahui pengaruh komposisi karbon aktif 60%, 70%, 80% dan 90% terhadap komposisi kimia pada baja ST41 setelah dilakukan *pack carburizing*.

## **C. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Baja yang digunakan adalah baja karbon rendah ST41
2. Karbon aktif yang digunakan adalah tempurung kelapa
3. Katalisator yang digunakan adalah cangkang telur
4. Komposisi karbon aktif adalah 60%, 70%, 80%, dan 90%
5. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan dan komposisi kimia

## **D. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematis penulisan dari penelitian ini adalah sbagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini terdiri dari latar belakang, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

## B AB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini memuat teori mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian.

## B AB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini terdiri atas hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat penelitian, bahan penelitian, pralatan, dan prosedur pengujian.

## B AB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan hasil dan pembahasan dari data-data yang diperoleh saat pengujian dilaksanakan.

## B AB V : SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi hal-hal yang dapat disimpulkan dan saran-saran yang ingin di sampaikan dari penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.

## LAMPIRAN

Berisikan perlengkapan laporan penelitian

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Baja Karbon**

Baja adalah material baja yang terbentuk dari unsur utama yaitu Fe (besi) dan juga merupakan jenis baja yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai unsur campurannya yaitu fosfor, sulfur dan mangan. Umumnya baja sangat berpengaruh pada persentase karbon dan struktur mikro yang berpengaruh oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Kandungan karbon (C) yang terdapat pada baja menentukan sifat mekanik dari baja tersebut, seperti dalam hal keuletan, kekerasan, kemampuan bentuk dan sifat mekanik lainnya. Kandungan karbon (C) yang terkandung di dalam baja berkisar antara 0,2 % sampai 1,7 % dari berat baja itu sendiri (Akay, 2008).

Baja karbon dibagi menjadi tiga berdasarkan unsur karbon dan klasifikasi yang di miliki, yaitu:

##### **1. Baja karbon rendah**

Baja karbon rendah adalah baja karbon mengandung unsur campuran karbon 0.3%C. Baja karbon ini memiliki keuletan yang lebih baik akan

tetapi kekerasan dan tingkat ketahanan haus lebih rendah dari pada jenis baja karbon lain. Nilai kekerasan tersebut dipengaruhi karena sedikitnya karbon pada baja tersebut. Sehingga perlakuan panas baja tersebut tidak dapat menghasilkan fase *martensit*. Umumnya baja karbon rendah digunakan pada benda –benda yang memiliki keuletan tinggi seperti kawat , ulir, dan baja profil. Contoh baja karbon yang tergolong baja karbon rendah seperti ST40, ST41, ST42 dan lain sebagainya

## 2. Baja karbon sedang

Baja karbon sedang merupakan baja karbon menengah yang mengandung unsur campuran karbon antara  $0,31 < C < 0,71\%$ . Baja karbon ini memiliki kelebihan nilai kekerasan dibandingkan dengan baja karbon rendah. Sifat mekanis yang dimiliki akan lebih mudah dalam memberikan perlakuan panas yang sesuai dengan banyaknya jumlah karbon yang dimiliki sehingga memiliki nilai keuletan dan nilai kekerasan yang baik. Baja karbon sedang biasanya dalam perdagangan biasanya digunakan sebagai alat perkakas, baut, poros, engkol, roda gigi, ragum, pegas, dan lain-lain

## 3. Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi merupakan logam yang memiliki unsur karbon diatas  $0,71\%$  sampai dengan  $1,5\%$  dibandingkan dengan berat besi yang digunakan pada baja tersebut. Baja jenis ini memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dari jenis baja karbon lainnya. Namun memiliki nilai keuletan yang jauh lebih rendah. Baja jenis ini biasanya digunakan untuk alat-alat

yang memerlukan tingkat ketahanan yang tinggi terhadap gesekan dan defleksi serta beberapa alat seperti bearing, mata bor, mata pahat dan lain lain (Anggi, 2012).

## B. Baja ST 41

Baja ST 41 merupakan baja karbon rendah yang merupakan hasil dari campuran baja yang memiliki unsur utama besi (Fe) dan karbon (C). selain unsure tersebut baja ST 41 fosfor (P), Sulfur (S) dan Mangan (Mn) serta unsur baja campuran lainnya. Baja ST 41 adalah baja yang memiliki kadar karbon 0.16 %, karena kadar karbon kurang dari 0.30 % maka baja jenis ini termasuk baja karbon rendah dan mempunyai regangan sebesar 36-24 % (wiryo-sumarno, 2004). Sedangkan untuk penulisan ST sendiri merupakan standarisasi baja dari *Deutsches Institute Fur Normung* (DIN) 17100. Yang memiliki arti stahl dalam bahasa jerman atau steel dalam bahasa inggris dan 41 memiliki makna baja tersebut memiliki kekuatan tarik sebesar 41 kg/mm<sup>2</sup> atau sekitar 400-410 N/mm<sup>2</sup>.

Tabel 1. Komposisi Baja ST 41.

Unsur	Komposisi (%)	Unsur	Komposisi (%)
Fe	98.1	Mo	0.022
C	0.101	Cu	0.071
Si	0.365	Pb	0.0029
Mn	0.264	V	0.089
P	0.008	Ti	0.003
S	0.012	Nb	0.016

Ni	0.001	Al	0.026
Cr	0.04	W	0

Baja karbon rendah yang mempunyai sifat lunak dan keuletan tinggi. Tujuan dari proses karburasi adalah untuk meningkatkan ketahanan aus dengan jalan mempertinggi kekerasan permukaan baja karbon dan meningkatkan karakteristik fatik dari baja karbon tersebut. Manfaat yang patut dipertimbangkan dalam penerapan proses karburasi adalah bahwa proses karburasi akan menghasilkan deformasi yang sangat kecil dibandingkan pada proses pengerasan yang diperoleh melalui pendinginan.

### C. Perlakuan Panas Baja

Perlakuan panas baja adalah metode proses pemanasan atau pendinginan suatu material dengan tujuan untuk mengubah sifat mekanik dari suatu material tersebut. Material yang dilakukan perlakuan panas lalu dibiarkan pada temperatur tertentu sampai mencapai temperatur ruangan.(surdia, Tata. 1998.1860). Perlakuan panas meliputi tiga proses yang masing-masing memiliki tujuan yang berbeda yaitu:

#### 1. Hardening

Hardening adalah proses perlakuan panas untuk memperbaiki nilai kekerasan baja tanpa merubah struktur mikro dalam baja. Proses ini untuk memperoleh sifat tahan uas yang tinggi atau untuk mendapatkan kekuatan



yang lebih baik. Pengerasan dilakukan dengan cara memanaskan baja dan didinginkan dengan cepat terbentuk martensit yang kuat.

## 2. Annealing

Annealing adalah proses pelunakan yang dilakukan dengan memanaskan baja sampai temperature yang cukup tinggi kemudian didinginkan secara perlahan dalam furnace yang dipakai untuk pelunakan. Proses pemanasan melalui suhu pengkristalan dengan menahankan pada suhu tinggi untuk membuat pertumbuhan butir-butiran dan struktur austenik, seterusnya perlahan untuk membentuk struktur perlit.

## 3. Normalizing

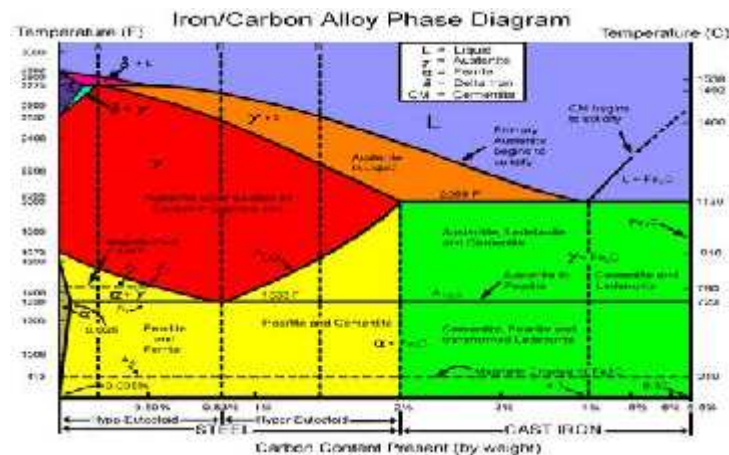
Proses normalizing adalah proses pemanasan dengan mempertahankan suhu diatas batas austenik kemudian didinginkan di udara terbuka sampai suhu yang sama dengan lingkungan. Hal tersebut membuat ukuran butir-butiran menjadi seragam dan untuk memperbaiki sifa-sifat mekanik baja yang dilakukan normalizing (surdia, Tata. 1998.1860).

Selain perlakuan panas diatas ada perlakuan panas yang mengubah dan menambah unsur kimia dalam baja yang disebut dengan *Chemical Heat Treatment*, yaitu antara lain: *Carburizing* (penambahan kadar karbon ke dalam baja atau baja), *Nitriding* (menambahkan kadar nitrogen ke dalam baja), *Sianiding* (menambahkan sianida ke dalam baja). Baja campuran yang dilakuan perlakuan panas dalam temperatur ruangan akan terjadi dua

fase atau lebih, sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi, fase-fase tersebut akan larut dalam satu fase

### Diagram fase

Diagram fase adalah diagram yang dirancang untuk menunjukkan hubungan antara berbagai fase yang muncul dalam sistem di bawah kondisi kesetimbangan. Dengan demikian, diagram ini banyak disebut diagram konstitusi, diagram ekuilibrium, atau diagram fase. Diagram fase satu-komponen dapat berupa bagian satu atau dua dimensi, yang menunjukkan perubahan fasa dalam komponen yang diberikan (misalnya, dalam besi) saat suhu dan tekanan berubah. Kebanyakan diagram, bagaimanapun, adalah bagian dua dimensi menggambarkan hubungan fase dalam sistem yang terdiri dari dua komponen lagi. Ini biasanya berisi bidang (area) yang terdiri bidang fase ganda, serta bidang fase tunggal. (TB Massalski dkk, 2017)

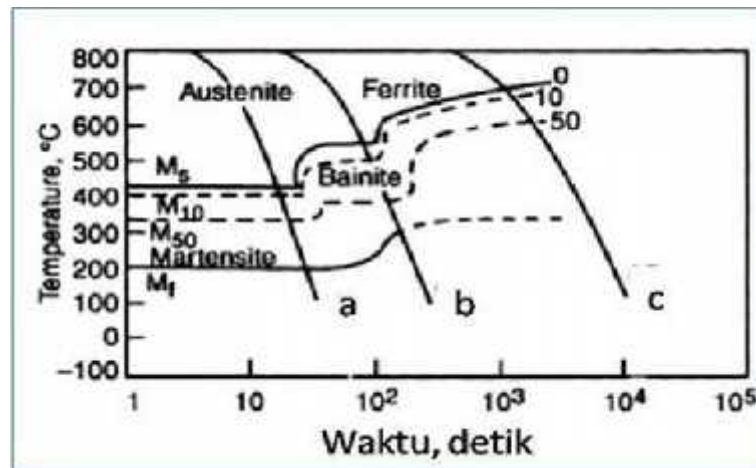


Gambar 1. Diagram Fasa Fe-C (Callister, 2000)

Pada gambar diatas menunjukkan diagram Fe-C untuk kandungan karbon hingga 6,5 % Baja merupakan paduan dari besi, karbon dan elemen-elemen lain, yang kandungan karbonnya kurang dari 2%. Wilayah pada diagram dengan kadar karbon dibawah 2% menjadi perhatian utama untuk proses *heat treatment* pada baja. Diagram fasa hanya berlaku untuk perlakuan panas pada baja hingga mencair. Sedangkan pada proses pendinginan cepat, menggunakan diagram CCT (*continuous cooling transformation*) (Murtiono,2012).

#### **Diagram CCT (*continuous cooling transformation*)**

Diagram CCT adalah diagram tentang data kuantitatif yang berkaitan dengan kekuatan struktur baja dan kekerasan pada suhu dan waktu baja mencapai titik austenik terendah, bagian plot satu transformasi (untuk setiap jenis transformasi) dimulai, fraksi spesifik transformasi dan transformasi menyelesaikan suhu terhadap waktu transformasi pada setiap kurva pendinginan sedangkan bagian plot dua (untuk setiap jenis transformasi) mulai transformasi, fraksi spesifik transformasi dan transformasi menyelesaikan suhu terhadap laju pendinginan atau diameter bar untuk setiap jenis media pendingin.



Gambar 2. Diagram CCT (Smith, 1996)

Diagram diatas adalah diagram yang memberikan penjelasan perkiraan dari struktur mikro yang terbentuk pada suatu periode perlakuan panas pada temperatur konstan serta diikuti dengan pendinginan yang berlanjut. Bila kecepatan pendinginan naik maka waktu pendinginan dari suhu austenite turun, struktur akhirpun berubah dari fase campuran ferlit-perlit ke campuran ferit-perlit-bainit-martensit kemudian menjadi bainit-martensit dan akhirnya pada kecepatan yang sangat tinggi struktur yang terjadi adalah martensit.

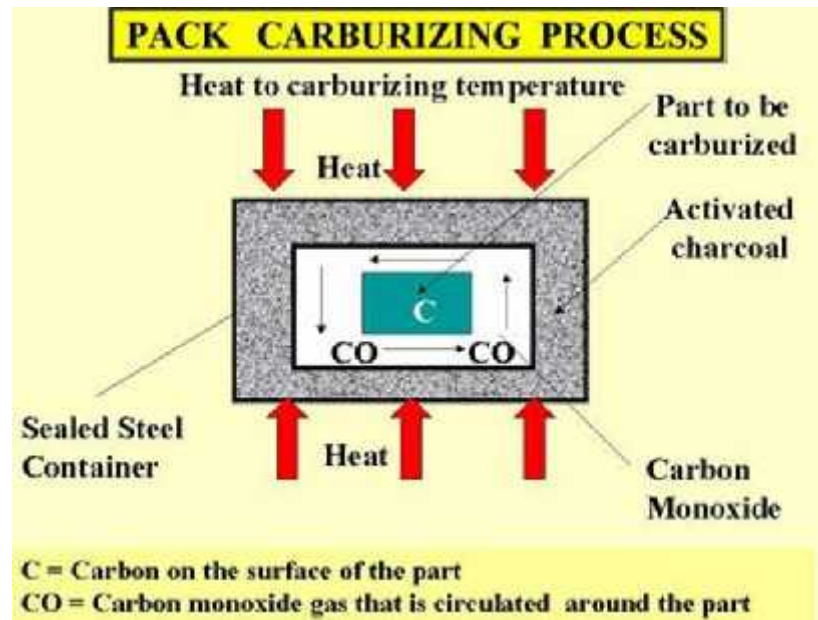
#### D. *Carburizing*

*Carburizing* adalah metode pengerasan baja karbon rendah yang paling baik dan paling banyak digunakan metode perlakuan panas. Ini disebabkan proses dimana kandungan karbon meningkat. Karena tujuan perlakuan ini untuk

mendapatkan permukaan yang keras dan tahan aus. Baja yang dipakai adalah baja dengan nilai Carbon yang rendah yaitu kurang dari 0.20% karbon.

*Carburizing* merupakan penambahan karbon ke permukaan baja karbon rendah pada suhu antara 850 dan 950°C. Pada suhu ini struktur austenit stabil memiliki campuran karbon yang lebih tinggi yang menyebar dari lingkungan sekitar baja yang di *carburizing*. Pengerasan dicapai ketika lapisan permukaan karbon tinggi didinginkan untuk membentuk martensit. Ini menghasilkan kasus martensit karbon tinggi dengan sifat ketahanan aus dan tahan lelah yang baik sementara inti martensit karbon rendah memberikan sifat ketangguhan dan ketahanan guncangan yang tinggi.

Komposisi karbon pada baja harus berkisar antara 0,3 sampai 0,9 % karbon. Bila lebih dari 0,9 % harus dihindarkan karena dapat menimbulkan pengelupasan dan bahkan keretakan. Sumber karbon aktif didapat dari tempurung kelapa, kayu, tulang dan lain sejenisnya. Selain karbon aktif katalisator adalah zat pengikat dari proses *carburizing* antara lain  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{NaCO}_3$ , cangkang telur, cangkang kerang dan lain sebagainya (Nanulaitta dan Lillipaly, 2012) Metode *carburizing* dibagi menjadi tiga bagian yaitu *solid or pack carburizing*, *liquid carburizing*, dan *gas carburizing*



Gambar 3. Proses *pack carburizing* (Santoso, 2014)

#### E. Komposisi Karbon dan Katalis

Karbon adalah unsur campuran yang sangat penting dalam pembentukan baja, jumlah, persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang sangat besar pada sifat baja. Unsur karbon yang bercampur dalam baja sekitar 0,1-2,0%C, jika kandungan karbon pada baja kurang dari 0,15% maka tidak terjadi perubahan sifat-sifat baja setelah dikeraskan dengan cara dipanaskan dan didinginkan (hardening).

### **Komposisi kimia Arang**

Komposisi tempurung kelapa Hasil pengujian yang telah dilakukan dari penelitian oleh Rahmadi, 2004, menunjukkan bahwa Arang tempurung kelapa ini memiliki berat jenis 0,5 gram/cm<sup>3</sup> dan komposisi campuran

Komponen	Kadar
K <sub>2</sub> O	45,01
Na <sub>2</sub> O	15,42
CaO	6,26
MgO	1,32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dan Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,39
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,64
SO <sub>3</sub>	5,75
SiO <sub>2</sub>	4,64

(Muh. Alwi, 1998)

Unsur karbon dapat bercampur dengan besi dan baja setelah di dinginkan secara perlahan-lahan pada temperatur kamar dalam bentuk sebagai berikut:

1. Larut dalam besi untuk membentuk larutan pada ferit yang mengandung karbon diatas 0,006 % pada temperatur kamar. Unsur karbon akan naik lagi sampai 0,03 % pada temperatur 725. Ferit bersifat lunak, tidak kuat dan kenyal.

2. Sebagai campuran kimia dalam besi, campuran ini disebut sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) yang mengandung 6,67 % karbon. Sementit bersifat keras dan rapuh.

Katalis Penggunaan katalis sangat berpengaruh pada proses karbonasi, Pada suhu yang tinggi katalis berfungsi membentuk atau mempercepat pembentukan gas CO. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai katalisator pada proses *carburizing* sehingga dapat mempercepat pembentukan gas CO, yaitu  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  yang berfungsi sebagai pengubah bentuk karbon sehingga menjadi gas  $\text{CO}_2$  secara keseluruhan (Robina,2012).

#### **Komposisi cangkang telur**

Komponen	Berat (%)
Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )	94
Magnesium karbonat( $\text{MgCO}_3$ )	1
Kalsium Fosfat( $\text{CaPO}_4$ )	1
Bahan Organik	1

Jaso (2009)

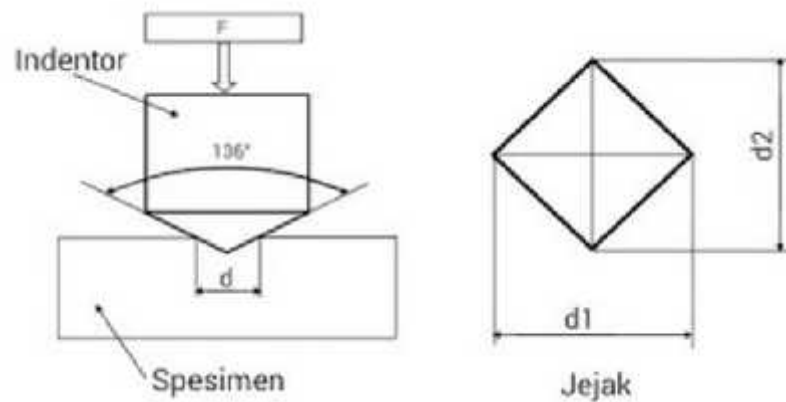


## F. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan mengetahui angka kekerasan baja yang akan dicari kekerasannya. Metode pengujian kekerasan telah disepakati melalui tiga metode pengujian kekerasan dengan satuan yang baku, yaitu penekanan, goresan, dan dinamik. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan banyak digunakan oleh industri permesinan, dikarenakan prosesnya sangat mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan logam tersebut apabila dibandingkan dengan metode pengujian lainnya. Pengujian kekerasan dengan cara penekanan terdiri dari tiga jenis, yaitu pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell*, *Brinell*, dan *Vickers*

### 1. Metode Vickers

Metode pengujian kekerasan Vickers dilakukan dengan menekan benda uji atau spesimen menggunakan indenter intan yang memiliki bentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan yang berhadapan  $136^\circ$  (gambar 5). Penekanan oleh indenter akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan benda uji (Sofyan, 2011).



Gambar 4. Jejak yang dihasilkan oleh penekanan indenter

(Dahlan, 2000)

Untuk mengetahui nilai kekerasan benda uji, maka diagonal rata-rata dari jejak tersebut harus diukur terlebih dahulu dengan memakai mikroskop. Angka kekerasan Vickers dapat diperoleh dengan membagi besar beban uji yang digunakan dengan luas permukaan jejak.

$$HV = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

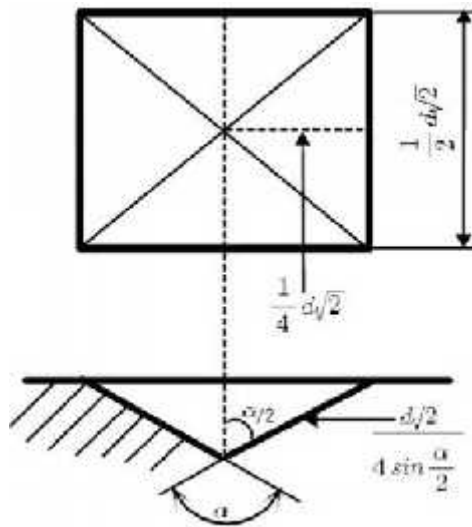
Keterangan:

HV = Angka kekerasan Vickers

P = Beban yang diberikan

A = Luas permukaan jejak

Jika  $d$  merupakan diagonal rata-rata dari jejak, maka luas permukaan jejak (gambar 5) dapat ditentukan sebagai berikut:



Gambar 5. Permukaan jejak pada benda uji (Dahlan, 2000)

$$A = 4 \times \frac{1}{2} d \sqrt{2} \times \frac{1}{2} \left( \frac{d \sqrt{2}}{4 \sin \frac{\alpha}{2}} \right) \dots \dots \dots (2)$$

$$A = \frac{d^2}{2 \sin \frac{136^\circ}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

Jadi angka kekerasan Vickers dapat diperoleh dengan mensubtitusi persamaan (3) ke dalam persamaan (1) sehingga menjadi :

$$HV = \frac{P}{\frac{d^2}{2 \sin \frac{136^\circ}{2}}} \dots \dots \dots (4)$$

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

HV = Nilai kekerasan Vickers (kgf/mm<sup>2</sup>)

P = Beban yang diberikan (kgf)

d = rata-rata diagonal jejak (mm)

Rentang beban uji yang digunakan pada pengujian kekerasan Vickers berkisar antara 1 kgf sampaj 120 kgf dan beban uji yang umum digunakan adalah 5, 10, 30 dan 50 kgf. Sedangkan waktu penerapan beban uji (*dwel time*) standar biasanya dilaksanakan selama 10-15 detik. Di dalam pengujian kekerasan Vickers perlu diperhatikan mengenai jarak minimal dari titik pusat jejak ke bagian pinggir spesimen, di mana menurut standar ASTM adalah sebesar 2,5 kali diagonal jejak dan jarak minimal antara jejak-jejak yang berdekatan juga 2,5 kali diagonal jejak. Sedangkan menurut standar ISO, jarak minimal dari titik pusat jejak ke bagian pinggir benda uji adalah 2,5 d untuk baja dan paduan tembaga dan 3 d untuk logam-logam ringan sementara jarak minimal antara jejak adalah 3 d untuk baja dan paduan tembaga, dan 6 d untuk logam-logam ringan.

Berbeda dengan pengujian kekerasan Brinell dan pengujian kekerasan Rockwell yang menggunakan lebih dari satu jenis atau ukuran indenter, pengujian kekerasan Vickers hanya menggunakan satu jenis indenter, yaitu

indentor intan berbentuk piramid yang dapat digunakan untuk menguji hampir semua jenis logam mulai dari yang lunak hingga yang keras. Ada beberapa jenis mesin yang digunakan untuk melaksanakan pengujian kekerasan Vickers, seperti mesin Vickers dengan tenaga hidrolik, mesin Vickers mekanis, mesin Vickers digital, mesin Vickers semi otomatis, dan mesin Vickers otomatis penuh (Hadijaya, 1992).

Cara penulisan kekerasan Vickers biasanya ditulis dalam bentuk angka yang diikuti dengan huruf HV (Hardness Vickers) dan besarnya beban uji. Sebagai contoh : 186 HV 30, artinya angka kekerasan material yang diuji adalah 186, beban uji yang digunakan adalah 30 kgf, dan lamanya waktu penerapan beban (*dwell time*) adalah 10-15 detik. Bila waktu penerapan beban tidak terletak antara 10-15 detik, maka waktu penerapan beban ujinya harus dicantumkan. Contoh: 472 HV 50/20, artinya angka kekerasan benda uji adalah 472, besar beban uji yang diterapkan 50 kgf, dan lamanya waktu penerapan beban adalah 20 detik. Tabel di bawah ini merupakan contoh kekerasan Vickers dari beberapa bahan.

Tabel 2. Nilai kekerasan Vickers dari beberapa material

Bahan	HV
Timah	5
Aluminium	25
Tembaga	40
Paduan Perunggu-seng	65

Baja Karbon	55-120
Perunggu Tuang	160
Stainless Steel	180
Mild Steel	230
Baja dikeraskan penuh	1000
Tungsten Karbida	2500

(Dahlan, 2000)

### 1. Keuntungan dan kekurangan pengujian kekerasan Vickers

Dibandingkan dengan pengujian kekerasan lainnya, pengujian kekerasan Vickers mempunyai beberapa keuntungan dan juga kerugian (kekurangan), seperti berikut :

#### a. Keuntungan :

- 1.) Menggunakan hanya satu jenis indentor untuk menguji material yang lunak hingga yang keras.
- 2.) Pembacaan ukuran jejak dapat dilakukan lebih akurat.
- 3.) Jenis pengujian yang relatif tidak merusak.
- 4.) Metode Vickers dapat digunakan pada hampir semua logam.

#### b. Kekurangan :

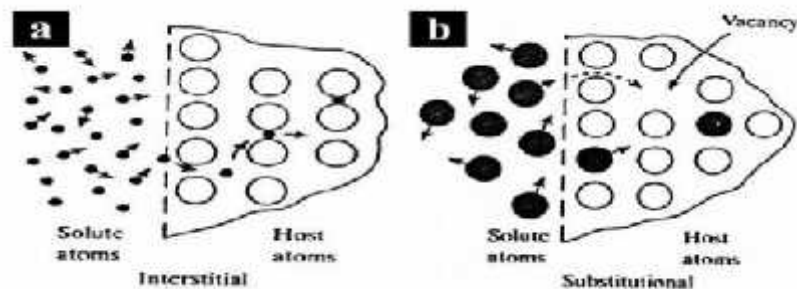
- 1.) Secara keseluruhan, waktu pelaksanaan pengujian lama.
- 2.) Memerlukan pengukuran diagonal jejak secara optik.
- 3.) Permukaan benda uji harus dipersiapkan dengan baik.

## 2. Kekerasan mikro Vickers

Selain untuk pengujian kekerasan makro, metode Vickers dapat juga digunakan untuk melaksanakan pengujian kekerasan mikro. Rentang beban uji yang digunakan pada pengujian kekerasan mikro Vickers ini adalah kecil, yaitu antara 1 gf hingga 1000 gf (1 kgf). Pengujian kekerasan mikro Vickers sangat cocok diterapkan pada bahan yang tipis, lapisan dari benda uji yang permukaannya dikeraskan, keramik, dan komposit.

### G. Difusi Atom

Jika kita ingin melakukan pengerasan pada baja dimana tidak memiliki banyak kandungan karbon dan paduan lain untuk dikeraskan dengan *quenching*, perlakuan difusi dapat diterapkan untuk menambah elemen paduan pada permukaan yang akan dikeraskan.



Gambar 6. Proses terjadinya difusi (Budinski 1999)

Difusi adalah perpindahan secara spontan dari atom atau molekul dalam suatu bahan yang cenderung untuk menjaga keseragaman komposisi secara keseluruhan. Ada dua cara berbeda suatu atom padat dapat terdifusi ke dalam

logam induk. Gambar 2.3 memperlihatkan atom padat yang kecil menuju ruang kosong antara atom-atom logam induk. Ini disebut *interstitial diffusion*. Jika kita ingin mencoba mendifusikan atom yang besar ke dalam logam induk, tentu akan terlalu besar untuk dapat mengisi ruang kosong yang ada. Dalam kasus ini, *substitutional diffusion* mungkin dapat terjadi. Atom padat mencari jalannya sendiri untuk menemukan kekosongan atom dalam logam induk dan menempatnya. Kekosongan atom adalah tempat atom yang seharusnya terisi atom tetapi tidak terdapat atom ditempat tersebut. Beberapa teori difusi secara praktis dapat dijelaskan sebagai berikut (Budinski, 1999) :

1. Proses difusi untuk pengerasan baja biasanya membutuhkan temperature operasi yang tinggi.
2. Agar difusi dapat terjadi logam induk harus memiliki konsentrasi unsur pendifusi yang rendah dan harus terdapat konsentrasi yang lebih banyak pada lingkungan atau sebaliknya.
3. Difusi hanya akan terjadi ketika ada atom yang cocok antara atom pendifusi dan logam induk.



### **BAB III**

## **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu**

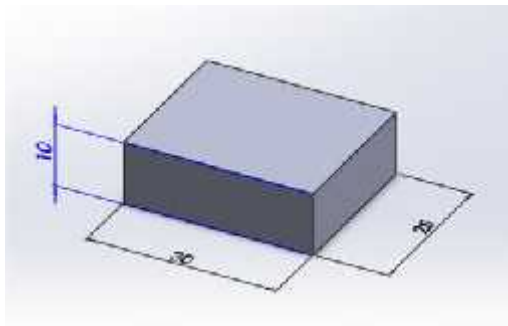
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Fakultas Teknik, lab. Biomassa FMIPA Universitas Lampung, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Tanjung Bintang dan Institut Teknologi Bandung (ITB).

#### **B. Alat dan bahan**

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

##### 1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan baja ST41 yang berbentuk plat dan dipotong dengan ketebalan 10 mm, lebar 25 mm, dan panjang 30 mm yang digunakan sebagai spesimen uji.



Gambar 7. Dimensi spesimen uji (satuan mm)

## 2. Arang tempurung kelapa

Arang tempurung kelapa digunakan sebagai sumber karbon aktif untuk melapisi permukaan material yang akan di-*carburizing*. Karbon aktif yang terkandung di dalam arang tempurung kelapa sebesar 82-88%.

## 3. Cangkang telur

Cangkang telur ( $\text{CaCO}_3$ ) digunakan sebagai katalisator pada proses *carburizing*. Pada *carburizing* katalisator berfungsi untuk mempercepat laju difusi karbon ke dalam permukaan baja. Kandungan  $\text{CaCO}_3$  pada cangkang telur sekitar 90,9%

## 4. Kotak Sementasi

Kotak sementasi (gambar 10) digunakan sebagai tempat diletakkannya karbon aktif dan spesimen pada saat proses *carburizing*. Kotak sementasi yang digunakan memiliki dimensi lebar 20 cm, panjang 25 cm dan tinggi 15 cm.



Gambar 8. Kotak sementasi

### 5. *Furnace*

Tungku pemanas (*furnace*) seperti pada gambar 11 digunakan sebagai tempat untuk melakukan proses *carburizing*. Tungku pemanas yang digunakan merk Naberthem tipe L 64/14 dengan daya 13.0 kW dan temperatur operasi maksimal 1400°C.



Gambar 9. *Furnace*

### 6. *Mesin polisher*

Mesin *polisher* digunakan untuk meratakan (*grinding*) dan menghaluskan (*polishing*) permukaan spesimen dengan menggunakan kertas amplas *grade* 80-1000. Mesin *polisher* yang digunakan merk METKON tipe DIGISET – 2V tegangan 220V.



Gambar 10. *Polisher*

## 7. Ball Mill

Mesin *Ball Mill* (gambar adalah mesin penggiling atau mesin gerinding yang berfungsi dan digunakan untuk menggiling suatu bahan material keras untuk menjadi bubuk yang sangat halus. Pada penelitian ini mesin *ball mill* digunakan untuk menggiling dan menghaluskan arang tempurung kelapa. Merek *Ball Mill* yang digunakan adalah *Retsch*, tipe PM 400 i= 1:-3, dengan daya 1~ 220- 230V 50/60Hz.



Gambar 11. Mesin *Ball Mill*

## 8. Timbangan analitik digital

Timbangan digunakan untuk mengitung berat spesimen, arang tempurung kelapa dan cangkang telur sebelum melakukan pengujian. Timbangan yang digunakan merk ADAM tipe PW 254 dengan ketelitian 0.0001 gr.

### C. Prosedur penelitian

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

#### 1. Persiapan spesimen uji

Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah baja karbon rendah ST41. Berikut adalah tahap proses pembuatan spesimen uji

- a. Pemotongan spesimen uji
- b. Pemotongan spesimen uji ini dilakukan dengan menggunakan mesin potong blander. Potongan bahan harus sesuai dimensi yang diinginkan yaitu memiliki panjang 30 mm , lebar 2,5 mm, dan tebal 10 mm untuk pengujian kekerasan dan untuk pengujian komposisi kimia pada ukuran yang sama
- c. Proses *polishing*
- d. Proses ini menggunakan ampelas 400, 800 dan 1200 dimaksudkan untuk menghilangkan kontaminasi, kotoran dan membentuk struktur permukaan spesimen yang baik.
- e. Proses pembilasan
- f. Proses pembilasan dengan menggunakan air yang berfungsi untuk membersihkan sisa bekas pengampelasan.

#### 2. Persiapan *carburizing compound*

Berikut adalah tahap proses pembuatan *carburizing compound* :

- a. Menyiapkan karbon aktif

Sumber karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang tempurung kelapa, karbon aktif ini diperoleh dengan cara

menghaluskan tempurung kelapa yang kemudian diayak sampai mendapatkan butiran yang paling halus.

b. Menyiapkan katalisator ( $\text{CaCO}_3$ )

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

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 karbon dan katalis yang diinginkan.

3. Proses *pack carburizing*

a. Benda uji (ST41) setelah diambil data laju keausan awal, benda uji dililitkan dengan kawat baja sebagai tempat pengait untuk mempermudah proses pengangkatan benda uji (ST41) dalam keadaan panas.

b. Buat adonan campuran karbon dan katalisator dengan komposisi 60%-40%, 70%-30%, 80%-20% dan 90%-10%

c. Benda uji (ST41) diletakkan ke dalam kotak sementasi ditimbun dengan karbon (arang tempurung kelapa) dan bubuk cangkang telur ( $\text{CaCO}_3$ ) hingga menutupi permukaan seluruhnya.

- d. Masukkan kotak sementasi ke dalam *furnace*, dan *furnace* ditutup, nyalakan *furnace* lihat temperatur awal 27–30°C. Tunggu sampai temperatur akhir pemanasan 850°C, dengan waktu penahanan 30 menit.
- e. Matikan *furnace* lalu buka *furnace* keluarkan kotak sementasi dari dalam dengan menggunakan tang penjepit.
- f. Angkat beberapa benda uji (ST41) dari dalam kotak sementasi dengan menggunakan gancu lalu dilakukan dengan dibiarkan dingin di lingkungan terbuka sampai dengan temperature spesimen menjadi sama.
- g. Mengangkat benda uji dari semua media pendingin dan bersihkan dari sisa-sisa *carburizing* untuk uji kekerasan dan komposisi kimia.

#### 4. Pengujian Baja ST41

Pengujian Kekerasan dengan metode mikro Vickers. Adapun tahapan dari pengujian kekerasan adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji disiapkan untuk dilakukan uji kekerasan.
- b. Mengatur beban alat uji sebesar 1 gf-1 kgf.
- c. Meletakkan penetrator pada benda uji hingga menyentuh permukaan.
- d. Mengkalibrasi alat uji ke titik nol.
- e. Menarik tuas beban, tunggu hingga 10-20 detik.
- f. Mengangkat pembebanan dari permukaan bahan.
- g. Melihat hasil uji kekerasan yang ditampilkan pada layar monitor.
- h. Mengulangi pengujian seperti langkah-langkah diatas.

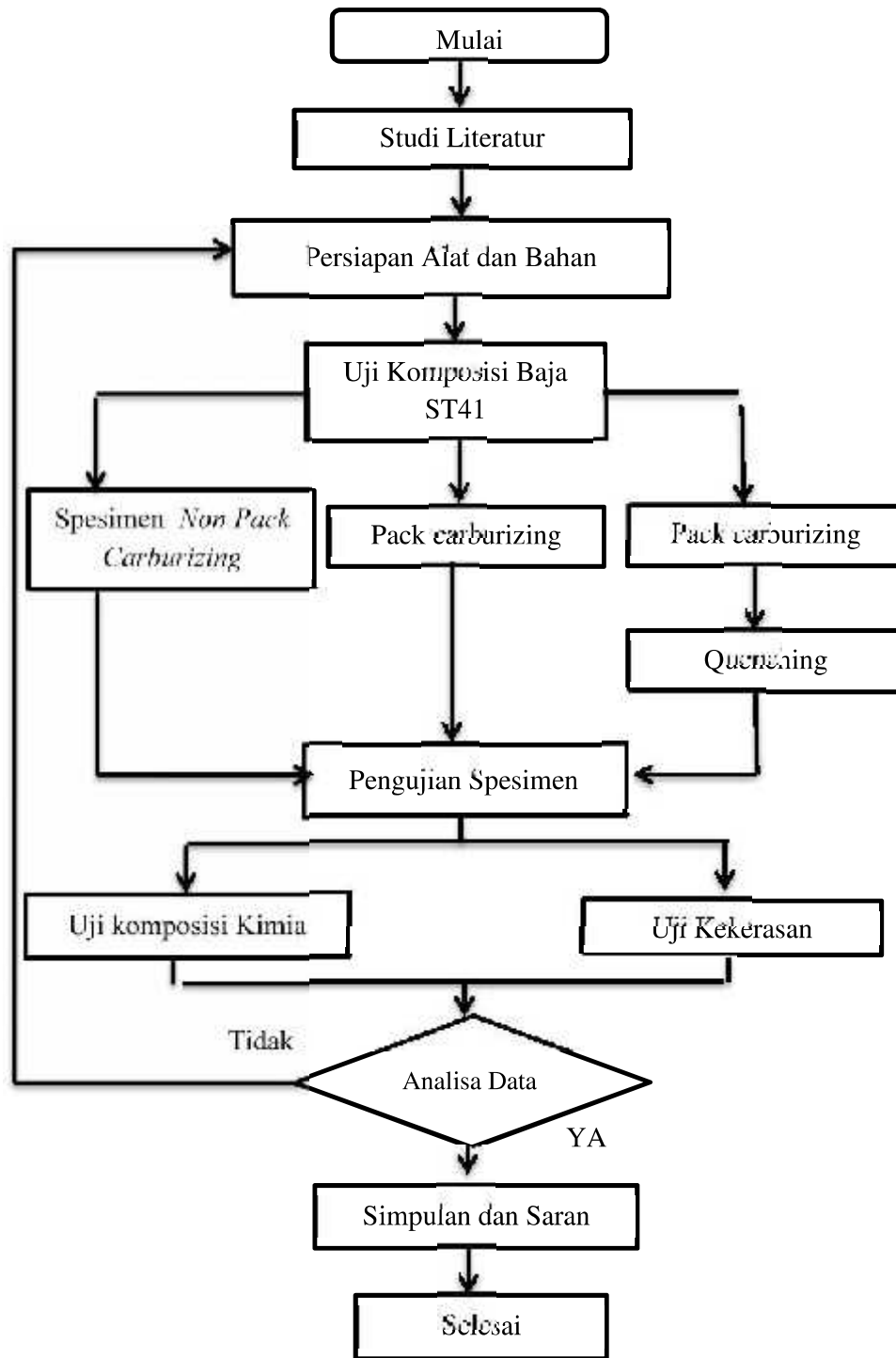
i. Panjang diagonal diukur dengan skala pada mikroskop pengukur jejak.

#### 5. Pengujian Komposisi Kimia

Adapun langkah-langkah untuk mengamati uji komposisi kimia adalah sebagai berikut:

- a. Memotong sampel baja sesuai dengan bentuk dan ukuran alat uji komposisi kimia.
- b. Membersihkan sampel dengan pengikiran.
- c. Mengampelas sampel yang telah dilakukan proses pengikiran.
- d. Menguji sampel dengan alat uji Optical Emission Spectroscopy (OES) untuk melihat komposisi kimia serta unsur-unsur yang terkandung pada baja yang digunakan



**D. Diagram Alir Pengambilan Data**

Gambar 14. Diagram Alir penelitian

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari penelitian dan pelapisan pada baja ST41 dengan metode *pack carburizing* ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil uji kekerasan mikro *vickers* terhadap baja ST41 sebelum *pack carburizing* adalah 140.41 HV. Pada komposisi karbon aktif 60% dan katalis 40% meningkat menjadi 297.6 HV setelah *pack carburizing* dan 488.0 HV setelah *quenching*. Komposisi karbon aktif 70% dan katalis 30% setelah *pack carburizing* 291.2 HV dan 415.0 HV, komposisi karbon aktif 80% dan katalis 20% sebesar 264.3 HV dan 404.4 HV, komposisi karbon aktif 90% dan katalis 10% sebesar 259.4 HV dan 389.0 HV,
2. Semakin jauh titik identasi dari permukaan baja yang telah *pack carburizing* nilai kekerasan baja semakin rendah, hal ini dikarenakan kemampuan atom atau unsur karbon melakukan difusi. Pada jarak identasi 2 mm, masih terjadi difusi karena nilai kekerasan masih lebih tinggi dari pada nilai kekerasan sebelum dilakukan *pack carburizing*.

3. Jumlah karbon sebelum dilakukan *pack carburizing* awalnya yaitu 0.101 (wt.%). Pada variasi karbon dan katalis 60%- 40% jumlah karbon pada baja ST41 menjadi 0.328 (wt.%), selanjutnya pada variasi karbon dan katalis 70%-30% jumlah karbon menjadi 0.283 (wt.%), kemudian pada variasi karbon dan katalis 80%-20% yaitu 0.247 (wt.%) dan jumlah karbon dengan variasi 90%-10% menjadi 0.206 (wt.%).

## **B. Saran**

1. Adapun saran untuk pengujian selanjutnya 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

- Akut, Dika .Yuananta. 2019. *Pengaruh Carburizing Arang Kayu Jati dan Sengon terhadap Kekerasan dan Komposisi Kimia Baja Karbon rendah ST41*. Fakultas Teknik Universitas Lampung. Lampung
- Akay, S.K., Yazici, M., Avinic, A., 2008. *The Effect of Heat Treatment on Physical Properties of Low Carbon Steel*. Proceeding of Romanian Academy Series A, Vol 10.
- Anggi, Awal. 2012. *Proses Pembuatan Baja Karbon*. Dapat diakses pada <http://tsffarmasiunsoed2012.wordpress.com> diakses pada tanggal 10 Maret 2018.
- Arifin M. Kowser dan Md. Abdul Motalleb, 2014. *Effect of Quenching Medium on hardness of Carburied low carbon steel for manufacturing of spindle in spinning mill*. Prozedian engineering 105(2015) 814. Bangladesh
- ASTM E8. 2004, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*, West Conshohocken, United States
- Budinski, K.G., and Budinski, M.K. 1999. *Engineering Materials, 6<sup>th</sup> Edition*, Prentice – Hall Inc., New Jersey.
- Callister, W.D., 2000. *Fundamental of Materialis Science and Engineering fifth edition*. USA: Jhon Willey and Sons, Inc.
- Dahlan, H. 2000. *Pengaruh Variasi Beban Indentor Micro Hardness Tester Terhadap Akurasi Data Uji Kekerasan Material*. URANIA.No.23-24/Thn VI. hal 57-62.
- Durand, Madeleine. 2004. *Microstructure of Steels and Cast Irons*. Berlin: Springer.
- Hadijaya. 1992. *Petunjuk Operasi Leitz Hardness Tester. Bidang Bahan Struktur dan Pendukung PEBN-BATAN*. No. EBN.2/002/92, hal. 3.
- Hamzah, S.M., Iqbal, M., 2008, *Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah Dengan Metode Carburizing*, Jurnal SMARTek, Vol. 6, pp. 169-175.

- Hay, Abdul dan Darmawa, arif. 2016. Katalisator cangkang keong mas terhadap sifat mekanik baja st42 melalui proses karburasi. *Jurnal Energi dan Manufaktur* Vol. 9 No. 1, April 2016 (39-43)
- Iqbal, Muhammad dan Defri Arisandi. 2017. *Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil Yang Mendapatkan Proses Pack Carburizing Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit*. *Jurnal Mekanikal*, Vol. 8 No.1: Januari 2017: 686-696.
- Ismail, M.I, 1981. Carburizing Of Steels. *Surface Technology* 12 (1981) 341, Canada
- Khadijah, Siti Alias, Bulan Abdullah dan Ahmed Jaffar. 2013. Mechanical Properties Of Paste Carburized ASTM A516 Steel. Malaysia. *Procedia engineering* 68 (2013) 525
- Leman S., Arianto dan Mujiyono. 2008. *Meningkatkan Efektifitas Karburasi Padat pada Baja Karbon Rendah dengan Optimasi Ukuran Serbuk Arang Tempurung Kelapa*. *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 10, No. 1, April 2008: 8-14. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Martiono, Arif. 2012. *Jurnal e-Dinamis*, Vol. 2, No. 2, September 2012. Hal: 42-45. Sumatra Utara.
- Nanulaitta, Nevada J. M dan Eka. R. M. A. P. Lillipaly. 2012. *Analisa Sifat Kekerasan Baja St-42 Dengan Pengaruh Besarnya Butiran Media Katalisator (Tulang sapi (CaCO<sub>3</sub>)) Melalui Proses Pengarbonan Padat (Pack Carburising)*. *Jurnal TEKNOLOGI*. Vol. 9, No. 1, 985-994.
- Novadany. 2015. Baja dan Paduan. [https://novadany11.wor\\_dpress.com/2015/06/04/baja-paduan/](https://novadany11.wor_dpress.com/2015/06/04/baja-paduan/) diakses pada tanggal 13 Maret 2018.
- Pertek, A dan M. kulka. 2003. Two step treatment carburizing followed by boriding on Medium carbon steel. Poland. *Surface and coatings technology* 173 (2003) 309
- Santoso, Redi. 2014. *Pengaruh Hardening Terhadap Sifat Mekanis dengan Variasi Media Pendingin Air (TDS Nol, TDS Nol + Garam, TDS Nol + Gula) Pada Material HSS*, UNISMA, Malang.
- Smith, W.F., 1996, *Principles of Material Science and Engineering, 3<sup>rd</sup> Edition*, McGraw-Hill Inc., New York.
- Sofyan, Bondan T. 2011. *Pengantar Material Teknik*. Jakarta : Salemba Teknika.
- Yin, Longcheng, Xinxin Ma dan Guangze Tang. 2019. Characterization of carburized 14Cr14CoLeMo4 stainless steel by low pressure carburizing. China