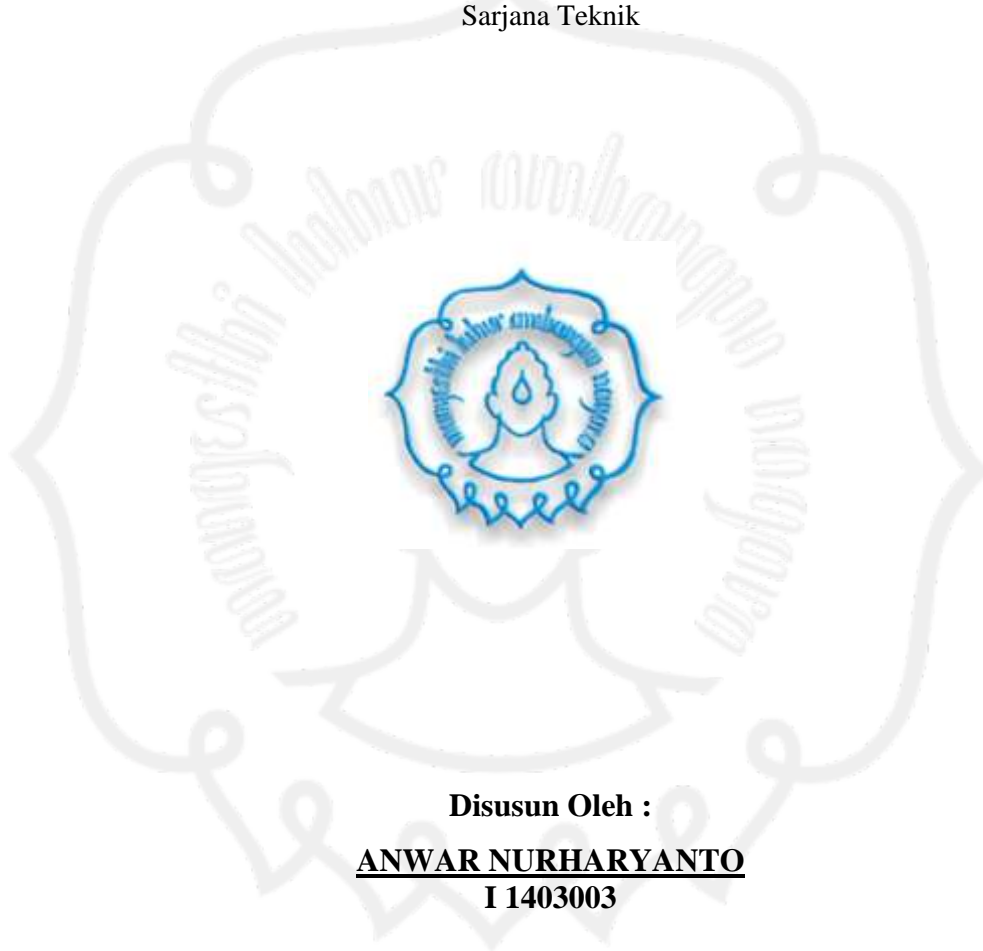


**PENGARUH MEDIA *CARBURIZING* ARANG SEKAM PADI DAN
ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP NILAI KEKERASAN
BAJA KARBON RENDAH**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

ANWAR NURHARYANTO

I 1403003

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2009**

PENGARUH MEDIA *CARBURIZING* ARANG SEKAM PADI DAN ARANG
TEMPURUNG KELAPA TERHADAP NILAI KEKERASAN BAJA KARBON
RENDAH

Disusun oleh

Anwar Nurharyanto

NIM.I1403003

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Eko Surojo,S.T.M.T

NIP.19690411 2000 03 1006

Bambang Kusharjanta.S.T.M.T

NIP.19691116 1997 02 1001

Telah dipertahankan dihadapan Tim Dosen Penguji pada hari Rabu tanggal
18 November 2009 .

1. Wahyu Purwo Raharjo,S.T.M
NIP. 19720229 2000 12 1001

.....

2. Ir. Wijang Wisnu Raharjo, M.T
NIP.19681004 1999 03 1002

.....

3. Muh. Nizam, S.T.M.T.Dr.
NIP.19700720 1999 03 1001

.....

Mengetahui,

a.n Ketua

Sekretaris Jurusan Teknik Mesin

Koordinator Tugas Akhir

Ir. Wijang Wisnu Raharjo, M.T
NIP.19681004 1999 03 1002

Syamsul Hadi,S.T.M.T
NIP. 19710615 1998 02 1002

Motto

Barang siapa bertaqwa kepada allah, allah akan menjadikan baginya jalan keluar dari kesulitan. Dan memberikan arah yang tidak ia sangka-sangka dan barang siapa yang bertawakal kepada allah, allah akan mencukupinya. (QS. Ath Thalaq:2)

Besarnya hasil yang kita peroleh tergantung seberapa besar yang kita usahakan.

Seorang lelaki itu bukan kesetiaannya yang dibutuhkan, melainkan tanggung jawabnya. Seorang perempuan itu kesetiaannya yang dibutuhkan bukan tanggung jawabnya.

Lakukan seperti apa yang orang lain perbuat terhadap dirimu.

PersembahaN

Karya ini kupersembahkan untuk:

Bapak dan Ibu yang aku muliakan, terima kasih atas segala kasih sayang, motivasi, nasehat, doa dan segala dukungan yang selalu diberikan selama ini.maaf aku telah membuat mu menunggu terlalu lama.

Adik ku tercinta Erna Wijayanti Amd.Keb, bersama kita hormati dan bahagiakan orangtua, tetap jaga persaudaraan kita.

Penjaga Hatiku Nufika Rachmawati,yang selalu memberi kasih sayang,semangat,doa dan selalu setia padaku, "aku akan setia menunggu untuk memiliki mu yank...."

Para leluhur pendahulu ku,,,
terimakasih aku ada karena dirimu ada.
Aku akan selalu mengenang dan mendoakanmu

ABSTRAK**PENGARUH MEDIA *CARBURIZING* ARANG SEKAM PADI DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP NILAI KEKERASAN BAJA KARBON RENDAH****ANWAR NURHARYANTO**

Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pengaruh variasi media *carburizing* terhadap kekerasan dan struktur mikro dari baja karbon rendah pada proses *pack carburizing*. Proses *pack carburizing* banyak digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik baja yang memerlukan permukaan yang keras tetapi tangguh di bagian dalam.

Pada penelitian ini media *carburizing* yang digunakan adalah arang sekam padi dan arang tempurung kelapa dengan prosentase berat sebesar 80% dan bahan kimia aktif aktif ($BaCO_3$) sebesar 20%. Dalam penelitian ini proses *carburizing* dilakukan pada temperatur $980^\circ C$ dengan waktu penahanan 1, 2, dan 3 jam untuk media arang sekam padi dan waktu penahanan 2 jam untuk media arang tempurung kelapa.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa media arang tempurung kelapa lebih efektif sebagai media *carburizing* dibandingkan arang sekam padi. Sekam padi dengan waktu penahanan selama 3 jam diperoleh nilai kekerasan sebesar 570 HV dengan kedalaman pengerasan pada 0.13 mm. Sehingga jika menggunakan media arang sekam padi untuk proses *pack carburizing* waktu yang digunakan lebih dari 3 jam.

Kata kunci : media *carburizing*, baja karbon rendah, kekerasan.

ABSTRACT***THE INFLUENCE OF PADDY CHARCOAL AND COCONUT CHARCOAL MEDIA ON THE HARDNESS OF LOW CARBON STEEL.*****ANWAR NURHARYANTO**

The aim of this research is to investigate the influence of carburizing media variation to the microstructure and hardness of low carbon steel in pack carburizing process. The pack carburizing process is after applied to get hardness in the surface and ductility in the middle of metal.

This research uses paddy and coconut charcoal media. The weight percentage of each charcoal is 80% and the active chemical $BaCO_3$ is 20%. The pack carburizing was done at $980^\circ C$ in holding time 1, 2, 3 hour for the paddy charcoal and 2 hour for the coconut charcoal media.

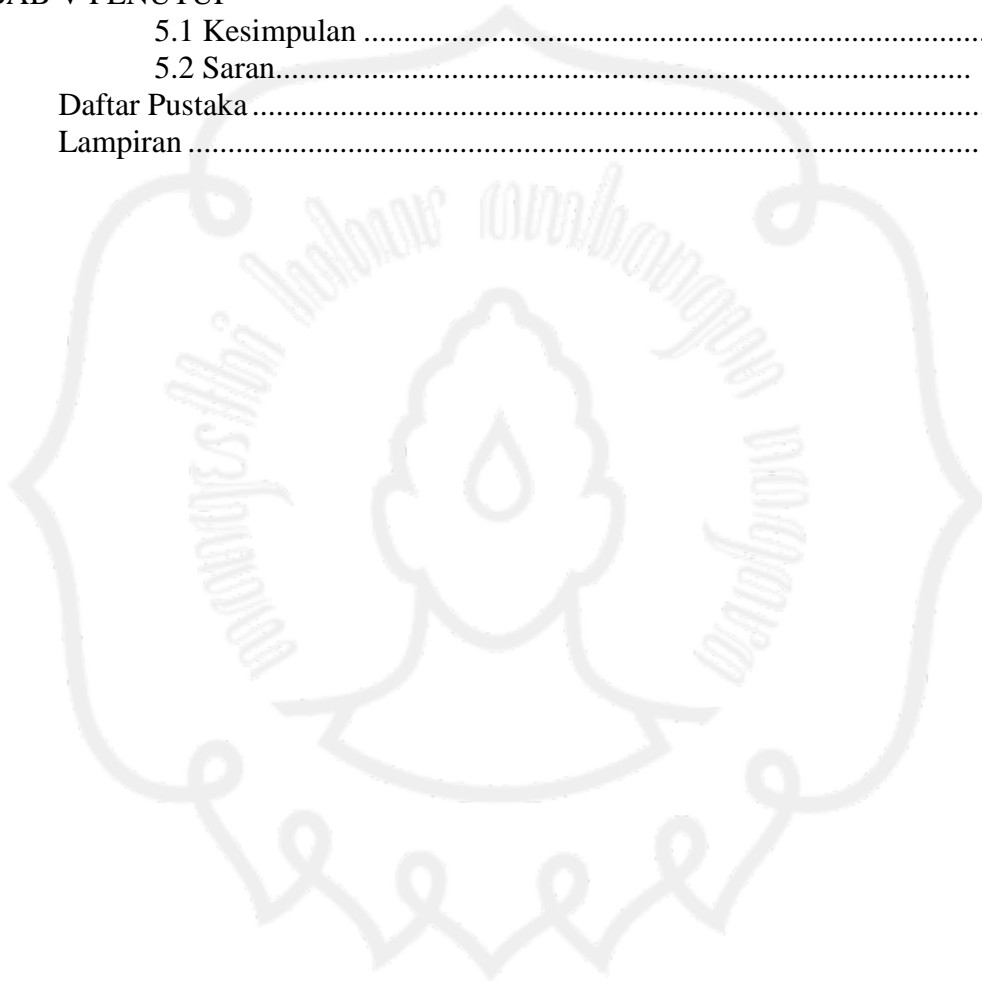
The result of this research show that coconut charcoal media is move effective as carburizing media compared with the paddy charcoal. The paddy charcoal with holding time 3 hour results the hardness 570HV and effective case depth 0,13mm.

Key word : carburizing media, low carbon steel, hardness.

DAFTAR ISI

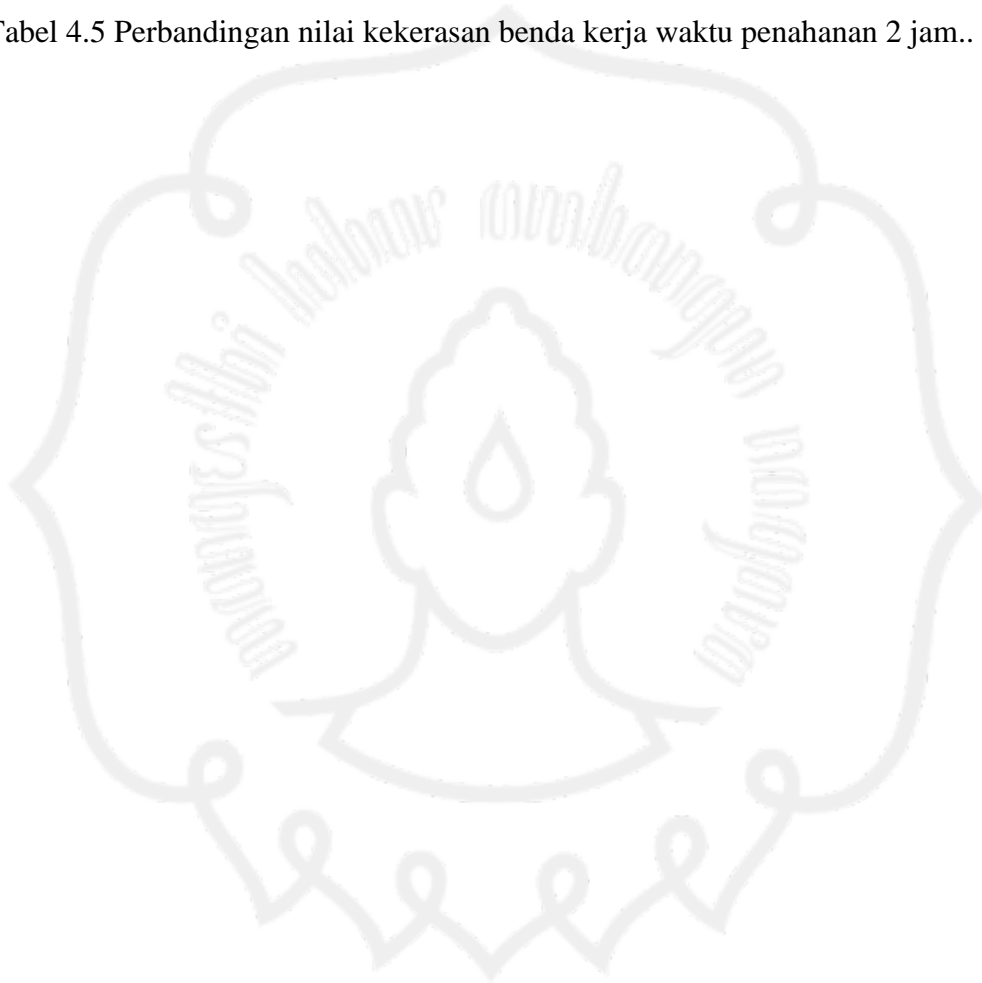
	Halaman
Abstrak	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Rumus	xiii
Daftar Lampiran	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Kajian Teoritis.....	5
2.2.1 Pengertian Baja Karbon	5
2.2.2 Perlakuan Panas pada Baja.....	8
2.2.3 Pengerasan permukaan.....	10
2.2.4 Difusi pada baja.....	10
2.2.5 <i>Carburizing</i>	11
2.2.6 Pendinginan cepat (<i>quenching</i>).....	12
2.2.7 Tinjauan uji keras pada baja.....	13
2.3 Hipotesa.....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	14
3.2 Alat dan bahan Penelitian.....	15
3.2.1 Neraca digital pegas dan mesin crushing.....	15
3.2.2 <i>Furnace</i> dan mesin bubut	15
3.2.3 Kontainer dan pemegang benda kerja.....	15
3.2.4 Alat uji komposisi kimia	16
3.2.5 Mikroskop Metalurgi dan alat uji kekerasan mikro.....	16
3.2.6 Mesin pengampelas dan <i>autosol</i>	17
3.2.7 <i>Etsa</i>	17
3.2.8 Bahan –bahan yang digunakan untuk penelitian.....	17
3.3 Pelaksanaan Penelitian	17
3.3.1 Pembuatan benda uji.....	17
3.3.2 Proses <i>carburizing</i>	18
3.3.3 Pemotongan benda uji.....	19
3.4 Pengambilan Data Uji Keras Dan Struktur Mikro	19

3.5 Teknik Analisa Data.....	20
3.5.1 Pengamatan struktur mikro	20
3.5.2 Penentuan nilai kekerasan mikro Vickers	20
BAB IV DATA DAN ANALISA	
4.1 Benda Kerja yang diteliti.....	22
4.2 Pengaruh Waktu Penahanan <i>Carburizing</i>	24
4.3 Pengaruh Media <i>Carburizing</i> Arang Sekam Padi Dan Arang Tempurung Kelapa.....	26
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran.....	29
Daftar Pustaka	30
Lampiran	31



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Komposisi kimia baja karbon.....	22
Tabel 4.2 Nilai kekerasan rata-rata benda kerja tanpa proses <i>carburizing</i>	23
Tabel 4.3 Nilai kekerasan rata-rata benda kerja benda kerja hasil pemanasan dan <i>quenching</i>	23
Tabel 4.4 Nilai kekerasan pengaruh waktu penahanan.....	24
Tabel 4.5 Perbandingan nilai kekerasan benda kerja waktu penahanan 2 jam..	26



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram fasa Fe-Fe ₃ C.....	7
Gambar 2.2 Diagram proses pendinginan fasa austenit.....	9
Gambar 2.3 Diagram CCT.....	9
Gambar 2.4 Proses terjadinya difusi.....	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 3.2 Neraca pegas dan mesin chrusing.....	15
Gambar 3.3 <i>Furnace</i> dan mesin bubut.....	15
Gambar 3.4 Kontainer dan pemegang benda kerja.....	16
Gambar 3.5 Mikroskop metaluri dan mesin uji keras mikro <i>vickers</i>	16
Gambar 3.6 Mesin pengampelas dan <i>autosol</i>	17
Gambar 3.7 Benda kerja.....	18
Gambar 3.8 ilustrasi tempat pengujian.....	20
Gambar 4.1 Foto mikro permukaan benda kerja tanpa proses carburizing.....	22
Gambar 4.2 Nilai kekerasan pengaruh waktu penahanan.....	24
Gambar 4.3 Pengaruh waktu penahanan terhadap struktur mikro.....	25
Gambar 4.4 Perbandingan kekerasan benda kerja waktu penahan 2 jam.....	27
Gambar 4.5 Pengaruh media karburasi.....	28

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Reaksi pembentukan gas CO.....	12
Rumus 2.2 Reaksi penguraian gas CO.....	12
Rumus 2.3 Reaksi penguraian $BaCO_3$	12
Rumus 2.4 Perhitungan kekerasan mikro vickers.....	13
Rumus 3.1 Perhitungan kekerasan rata-rata.....	21



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data uji komposisi kimia baja karbon.....	32
Lampiran 2. Proses Karburasi.....	33
Lampiran 3. Data uji kekerasan mikro <i>vickers</i>	34



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pemakaian logam *ferrous* baik baja maupun besi cor dengan karakteristik dan sifat yang berbeda membutuhkan adanya suatu penanganan yang tepat sehingga implementasi dari penggunaan logam tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan yang ada. Penggunaan baja karbon rendah banyak digunakan karena baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi dan mudah dimesin namun kekerasannya rendah dan ketahanan ausnya rendah. Baja ini tidak dapat dikeraskan dengan cara konvensional karena kadar karbonnya yang rendah, sehingga perlu dilakukan proses *carburizing*. Proses *carburizing* sendiri didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan unsur karbon (C) pada permukaan baja. Proses *carburizing* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan sedang pada bagian dalam tetap ulet.

Baja dipasaran biasanya dijual dalam bentuk baja padat, baik dalam bentuk plat, lonjoran, batangan maupun profil. Menaikkan maupun menurunkan prosentase unsur karbon dari baja padatan tidak semudah dalam keadaan cair, salah satu cara yaitu dengan proses *carburizing*. *Carburizing* tidak mampu merubah komposisi karbon secara menyeluruh dari material yang diproses, namun pada daerah kulit atau permukaan baja akan berubah signifikan.

Selain dari itu ada hal yang perlu diperhatikan sebelum memulai proses pengarbonan (*carburizing*), yaitu komposisi kimia khususnya perubahan unsur karbon C akan dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat mekanik baja tersebut.

Proses karburasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu waktu penahanan atau lamanya proses karburasi, temperatur pemanasan, media karburasi dan lamanya proses pendinginan. Untuk media karburasi, penggunaan prosentase bahan karbon aktif dan bahan kimia yang berfungsi sebagai *energizer* akan menghasilkan kekerasan yang berbeda pada baja.

1.2 Batasan Masalah

1. Proses *quenching* menggunakan media air.
2. Penggunaan temperatur pemanasan pada proses *carburizing* 980⁰ C.
3. Jenis bahan kimia aktif yang dipakai adalah $BaCO_3$.
4. Pengujian yang dilakukan adalah pengamatan struktur mikro dan uji kekerasan *mikro vickers*

1.3 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu “Bagaimanakah pengaruh proses *carburizing* dengan arang sekam padi dan arang tempurung kelapa terhadap nilai kekerasan baja karbon rendah”.

1.4 Tujuan Dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk menyelidiki pengaruh pengarbonan terhadap sifat fisis dan mekanis baja pada proses *carburizing*.
2. Untuk menyelidiki pengaruh kedalaman pengerasan baja pada proses *carburizing*

Hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan baru mengenai pengaruh pengarbonan dari arang sekam padi terhadap pengerasan baja karbon rendah dengan proses *carburizing*.
2. Mengembangkan metode baru dalam proses pengerasan material khususnya baja karbon rendah.
3. Dapat dijadikan acuan bagi penelitian selanjutnya, khususnya proses pengerasan dengan metode *carburizing*.
4. Dapat diaplikasikan untuk praktikum pengerasan material dalam skala laboratorium.
5. Menambah referensi sebagai pengembangan ilmu di bidang pengerasan logam, khususnya pengerasan permukaan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- BAB I : Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, perumusan masalah, batasan masalah dan sistematika penulisan.
- BAB II : Dasar teori, berisi tinjauan pustaka yang berkaitan dengan proses *Carburizing*, tinjauan tentang baja karbon, tinjauan proses *Carburizing*, tinjauan uji kekerasan pada baja.
- BAB III : Metode penelitian, menjelaskan diagram alir penelitian, bahan yang diteliti, mesin dan alat yang digunakan dalam penelitian, tempat penelitian serta pelaksanaan penelitian yang terdiri dari proses *carburizing* pada spesimen dan pengujian spesimen.
- BAB IV : Data dan analisis, berisi data hasil pengujian dan analisis data hasil pengujian.
- BAB V : Penutup, berisi kesimpulan penelitian dan saran yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Darmanto (2006) telah melakukan penelitian tentang sifat mekanis baja dipengaruhi oleh prosentase karbon dalam paduan. Kadar karbon dapat diubah prosentasenya dengan cara *carburizing*, yaitu suatu proses untuk menaikkan kadar karbon dengan cara *thermochemical heat treatment*. Proses pada penelitian ini menggunakan arang batok kelapa. Setelah dilakukan proses *carburizing* akan diperoleh sifat mekanis (kekerasan, kerapuhan, keuletan, kemampuan bentuk) yang berbeda dari sebelumnya.

Kubota dan Ochi (2003) meneliti tentang usaha mengantisipasi pengasaran butir yang terjadi pada komponen yang dibentuk dengan pembentukan dingin dan dilanjutkan dengan proses karburisasi. Penelitian dilakukan dengan menambahkan kandungan Al, Nb dan N. Komponen telah mengalami *hot forging*, *normalizing* dan karburisasi pada suhu tinggi. Hasil penelitian menunjukkan baja yang telah dikembangkan tidak mengalami pengasaran butir ketika dilakukan karburisasi pada suhu 1232 K sampai dengan 1343 K.

D.U.I.Oggo, dkk (1996) Dalam penelitian ini menggunakan barium karbonat sebagai bahan kimia aktif untuk proses pack carburizing. Media carburizing yang digunakan adalah arang kulit kerang laut dan arang tempurung kelapa. Temperatur pemanasan yang digunakan sebesar 950°C . Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa arang kerang laut dapat digunakan sebagai media carburizing. Arang kulit kerang memperlihatkan hasil yang lebih baik sebesar 82,5% dibandingkan dengan BaCO_3 dan 134,7% CaCO_3 pada temperatur 950°C . Dari penelitian diketahui bahwa dengan penambahan 30% arang kerang laut akan menghasilkan kedalaman pengerasan yang lebih baik.

Palaniradja, dkk. (2004) melakukan penelitian mengenai optimasi variabel yang berpengaruh pada proses gas karburasi. Penelitian menggunakan baja SAE 8620 serta AISI 3310 sebagai bahan penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

variabel yang paling berpengaruh pada nilai kekerasan permukaan adalah waktu *quenching*, kemudian waktu penahanan, karbon potensial dan temperatur karburasi hanya sedikit (bisa dikatakan tidak berpengaruh) pada nilai kekerasan logam. Sedangkan untuk *case depth* variabel yang paling berpengaruh adalah waktu penahanan dan secara berurutan temperatur karburasi, karbon potensial dan waktu *quenching* mempunyai pengaruh yang relatif kecil. Penelitian ini juga menunjukkan nilai kekerasan dan *case depth* baja SAE 8620 lebih tinggi dibandingkan dengan baja AISI 3310 karena unsur paduan pada baja SAE 8620 lebih tinggi.

S.K. Akay dkk. (2008) melakukan penelitian mengenai pengaruh perlakuan panas terhadap sifat fisik baja karbon rendah. Penelitian menggunakan baja karbon rendah dengan kadar karbon sebesar 0.055%. Kemudian dilakukan *annealed* pada temperatur 780° , 825° , dan 870° C dengan waktu tahan selama 60 menit dan dilanjutkan dengan proses *quenching* menggunakan media air. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui perbedaan struktur mikronya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terbentuk dua fasa struktur mikro yaitu fasa ferit dan fasa martensit. Jumlah fasa martensit meningkat seiring dengan naiknya temperatur anilnya. Dari pengujian menggunakan sinar x diketahui bahwa struktur mikro fasa martensit berbentuk *body cubic tetragonal*.

2.2 Kajian Teoritis

2.2.1. Pengertian baja karbon

Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur utama besi (*Fe*) dan karbon (*C*), serta unsur-unsur lain, seperti : mangan (*Mn*), silisium (*Si*), nikel (*Ni*), kromium (*Cr*), vanadium (*V*), wolfram (*W*), tembaga (*Cu*), molybdenum (*Mo*), dan kobalt (*Co*).

Pengaruh yang diberikan oleh unsur-unsur paduan baja adalah :

- a. Mangan (*Mn*) meningkatkan kekuatan, kekerasan, tahan aus, penguatan pada pembentukan dingin.

- b. Silisium (Si) akan meningkatkan kekuatan, kekerasan, kekenyalan, ketahanan aus, ketahanan terhadap panas dan karat. Silisium juga menurunkan regangan, mampu las dan tempa.
- c. Nikel (Ni), meningkatkan kekuatan, keuletan, tahan korosi, tahan listrik, tahan panas dan juga menurunkan kecepatan pendinginan dan regangan panas.
- d. Kromium (Cr) meningkatkan kekerasan, kekuatan, ketahanan aus, kemampuan diperkeras, mampu temper, ketahanan panas, ketahanan terhadap karat.
- e. Vanadium (V) meningkatkan kekuatan, kekerasan, sifat liat, tahan panas, juga menurunkan kepekaan terhadap panas.
- f. Wolfram (W) meningkatkan kekerasan, kekuatan, tahan korosi, tahan panas, mampu potong disamping menurunkan sifat mulur.
- g. Molybdenum (Mo) meningkatkan kekuatan tarik, ketahanan panas, batas kelelahan, menurunkan regangan dan kerapuhan pelunakan.
- h. Kobalt (Co) meningkatkan kekerasan, kekuatan, mampu potong, daya hantar listrik serta menurunkan sifat lunak dan kuat panas.

Unsur-unsur paduan pada baja akan berpengaruh terhadap mutu dari baja tersebut. Pada baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon % $C < 0,3$ %. Sifat kekerasannya relatif rendah, lunak dan keuletannya tinggi. Baja karbon rendah biasanya digunakan dalam bentuk pelat, profil, sekrup, ulir dan baut.

Baja karbon mempunyai sifat yang ditentukan oleh banyaknya kadar karbon yang ada dalam baja dan struktur mikro dari baja. Kandungan baja karbon tinggi tanpa paduan berkisar dari 0,03% - 1,7% karbon. Namun biasanya tidak melebihi 1,5% karbon.

Secara umum baja karbon diklasifikasikan menjadi tiga golongan antara lain yaitu:

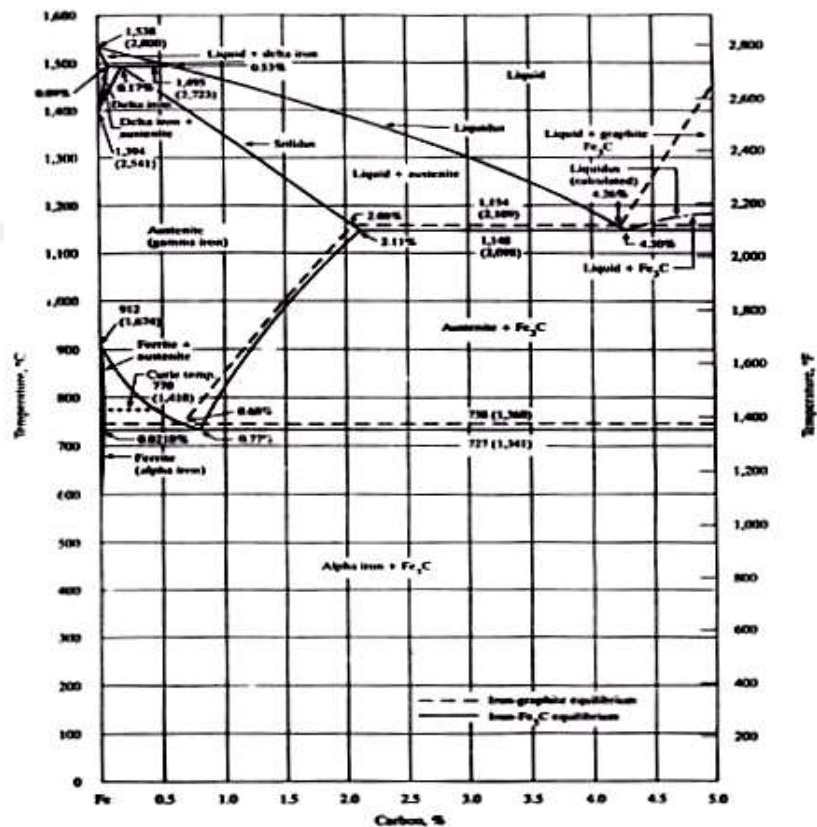
- Baja karbon rendah : kandungan karbon ini 0,10% - 0,30%, penggunaannya sangat luas, sebagai contoh untuk konstruksi kapal, konstruksi kendaraan, plat, pipa serta mur baut.
- Baja karbon sedang : kandungan karbon pada baja ini 0,30% - 0,60%, baja karbon sedang lebih kuat dan keras dibanding baja karbon rendah, penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah, untuk perancangan konstruksi

pembebanan yang lebih berat dan memerlukan kekuatan, kekerasan tinggi, maka baja karbon sedang lebih tepat.

- Baja karbon tinggi : karbon yang dikandung lebih dari 0,70% - 1,5%, kekerasannya tinggi bila dibandingkan dengan baja karbon keduanya tetapi keuletannya lebih rendah, hampir jarak tegangan luluhnya terhadap tegangan proporsionalnya tidak dapat diketahui pada grafik tegangan regangan.

Struktur baja dibedakan menjadi tiga bentuk utama, yaitu :

- *Ferrite* yaitu kristal besi murni (ferum = Fe) terletak rapat saling berdekatan tidak teratur, baik bentuk maupun besarnya. *Ferrite* merupakan bagian baja yang paling lunak. Rumus kimia *ferrit* adalah Fe_3C .
- *Pearlite*, merupakan campuran padat antara *ferrite* dan *cementite* dengan kandungan zat arang sebesar 0,8%. Kristal *ferrite* terdiri dari serpihan *cementite* halus yang memperoleh penempatan saling berdampingan dalam lapisan tipis.
- Karbida besi (Fe_3C) suatu senyawa kimia antara besi (Fe) dengan karbon (C) sebagai unsur struktur tersendiri dinamakan *cementite*.



Gambar 2.1. Diagram fasa Fe-Fe₃C (Budinski, 1999)

Gambar 2.1 menunjukkan diagram fasa Fe-Fe₃C. Wilayah pada diagram dengan kadar karbon di bawah 2% menjadi perhatian utama untuk proses *heat treatment* pada baja. Diagram fasa hanya berlaku untuk perlakuan panas pada baja hingga mencair dengan proses pendinginan secara perlahan-lahan sedangkan pada proses pendinginan cepat, menggunakan diagram CCT (*Continuous Cooling Temperatur*).

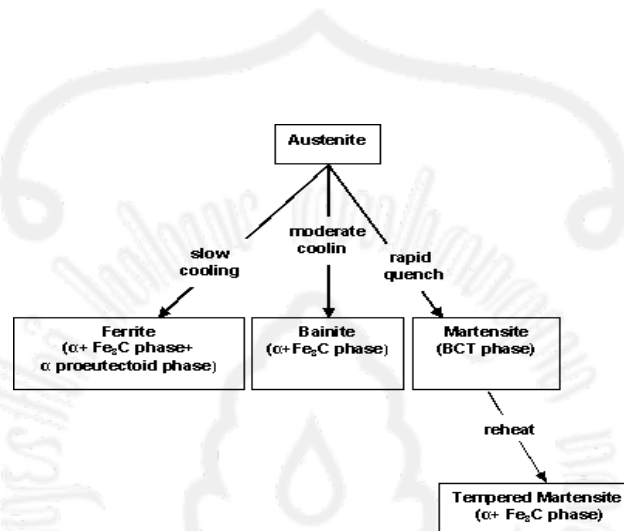
2.2.2 Perlakuan panas pada baja

Untuk memperoleh sifat mekanik dan struktur mikro yang diinginkan dari suatu baja, dapat dilakukan dengan perlakuan panas (*heat treatment*). Perlakuan panas didefinisikan sebagai suatu proses yang terdiri dari pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat (*solid state*) untuk tujuan memperoleh kondisi atau sifat bahan yang diinginkan (Clark dan Varney, 1962). Perlakuan panas dapat mengubah baja dengan cara mengubah ukuran dan bentuk butir serta mengubah struktur mikro tanpa harus mengubah bentuk dan dimensi dari benda.

Proses perlakuan panas secara umum merupakan operasi pemanasan dengan pendinginan secara terkontrol untuk mendapatkan struktur mikro khusus yang merupakan kombinasi dari penyusunnya. Elemen pokok dari beberapa perlakuan panas adalah siklus pemanasan, temperatur penahanan, waktu dan siklus pendinginan akan mempengaruhi terjadinya perubahan struktur mikro dalam baja.

Gambar 2.2 menunjukkan tahapan-tahapan transformasi untuk menghasilkan berbagai variasi struktur mikro yang terbentuk. Fasa *martensit* terbentuk dengan pendinginan cepat. Fasa *ferrit* terbentuk dengan pendinginan lambat, sedangkan fasa *bainit* diperoleh dari temperatur *austenit* ke temperatur sekitar 250°-500°C. Struktur mikro baja yang terbentuk tergantung dari kecepatan pendinginan dari

suhu daerah austenit sampai ke suhu kamar. Karena perubahan struktur ini maka dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki juga berubah.

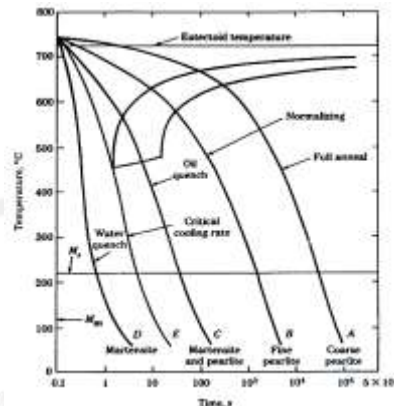


Gambar 2.2. Diagram proses pendinginan fasa austenit (Callister, 1994)

Sebagian besar perlakuan panas pada baja melibatkan pendinginan berlanjut dari spesimen menuju temperatur ruang. Diagram transformasi berlaku hanya untuk kondisi dimana temperatur transformasinya konstan, sehingga diagram tersebut harus diubah untuk transformasi yang berlangsung seiring dengan perubahan temperatur. Untuk pendinginan berlanjut, waktu yang diperlukan untuk permulaan dan akhir dari reaksi mengalami penundaan. Maka diagram transformasi isothermal digeser ke arah waktu yang lebih lama dan temperatur yang lebih rendah. Diagram transformasi yang mengandung kurva perubahan dan akhir dari reaksi disebut sebagai diagram transformasi berlanjut atau *continuous cooling transformation diagram* (CCT diagram) (Callister, 1994).

Diagram ini memberikan perkiraan dari struktur mikro yang terbentuk pada

suatu periode perlakuan panas pada temperatur konstan serta diikuti dengan pendinginan yang berlanjut. Berdasarkan diagram CCT akan terbentuk martensit pada kecepatan pendinginan yang tinggi (gambar 2.3).



Gambar 2.3. Diagram CCT (Smith, 1996)

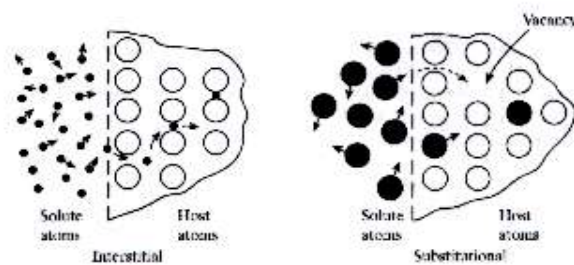
2.2.3. Pengerasan permukaan baja (*steel surface hardening*)

Pengerasan permukaan dilakukan dengan 2 cara yaitu seluruh permukaan dikeraskan atau sebagian saja dari permukaan yang dikeraskan. Tujuan pengerasan permukaan secara umum adalah memperbaiki ketahanan aus. Pengerasan permukaan pada baja meliputi dua jenis yaitu *induction hardening* dan *thermo chemical treatment*. Prinsip kerja *induction hardening* adalah memanaskan permukaan baja hingga temperatur *austenit* yang sesuai dengan baja yang bersangkutan, kemudian disemprotkan pendingin sehingga permukaan menjadi keras. Prinsip kerja dari *thermo chemical treatment* adalah menambahkan unsur karbon ke dalam baja untuk mengeraskan bagian permukaan baja tersebut. Salah satu penerapan dari proses *thermo chemical treatment* adalah *carburising* (pengarbonan). *Thermo chemical treatment* dilakukan terhadap baja yang mempunyai kadar karbon di bawah 0,3%. Kadar karbon ini tidak memungkinkan terjadinya fasa *martensit* yang keras.

2.2.4 Difusi pada baja

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. 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 2.4 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 di tempat tersebut.



Gambar 2.4. Proses terjadinya difusi (Budinski, 1999)

Beberapa teori difusi secara praktis dapat dijelaskan sebagai berikut (Budinski, 1999) :

1. Proses difusi untuk pengerasan baja biasanya membutuhkan temperatur yang tinggi, lebih besar dari 900°F (482°C)
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.

2.2.5. Carburizing

Pengarbonan (*carburizing*) merupakan suatu proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya. Kondisi ini sangat diperlukan untuk komponen-komponen yang mensyaratkan tahan aus. Pada pengarbonan padat, dipakai arang yang dicampur dengan 10% - 20% Na_2CO_3 / BaCO_3 , baja dimasukkan ke dalam campuran ini, dimasukkan pada suatu wadah dan ditutup rapat kemudian dipanaskan. Dengan demikian permukaan baja akan mempunyai kadar karbon yang lebih tinggi. Kandungan karbon akan bervariasi dalam arah menuju inti. Pada permukaan kandungan karbon tinggi, dan akan berkurang dalam arah menuju inti. Konsekuensinya struktur mikro akan berubah pula dari permukaan menuju inti. Prinsip dasar dari *carburizing* adalah difusi C dari suatu media yang kaya dengan karbon, seperti arang ke dalam besi - γ (*austenite*) melalui pemanasan diatas suhu kritisnya beberapa lama sehingga terbentuk lapisan C sampai kedalaman tertentu.

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah *pack carburizing* yang merupakan proses perlakuan panas secara kimia berupa penambahan karbon ke baja dalam bentuk padat. Metode ini paling luas digunakan dalam proses pengerasan permukaan karena sederhana dan murah.

Pada Proses *carburizing* terjadi proses kimia sebagai berikut :

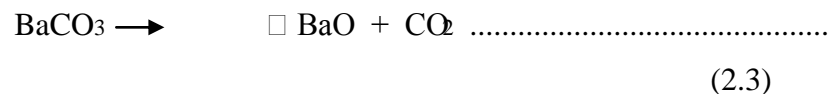


Pada permukaan benda uji, gas CO akan membebaskan atom-atom C



Atom – atom C ini akan masuk ke dalam baja secara difusi interstisi (*interstitial diffusion*).

Kecepatan *carburizing* dapat ditingkatkan dengan penambahan 10 – 15% BaCO_3



Selanjutnya CO_2 akan bereaksi dengan arang (C) dan membentuk CO



2.2.6. Pendinginan cepat (*quenching*)

Quench (celup cepat) adalah salah satu perlakuan panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam suatu media pendingin misalkan air atau oli. Untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih keras. Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang lazim dilakukan pencelupan dengan air. Untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak sebagai media pencelupan, pendinginannya tidak secepat air. Tersedia berbagai jenis minyak, seperti minyak mineral dengan kecepatan pendinginan yang berlainan sehingga dapat diperoleh baja dengan berbagai tingkat kekerasan. Untuk pendinginan yang cepat dapat digunakan air garam atau air yang disemprotkan. Beberapa jenis logam dapat. Dikeraskan melalui pendinginan udara terlalu lambat. Benda yang agak besar biasanya dicelup dalam minyak. Suhu media celup harus merata agar dapat dicapai pendinginan yang merata pula. Media pendinginan yang digunakan dalam produksi harus dilengkapi dengan perlengkapan pendinginan.

2.2.7. Tinjauan uji kekerasan pada baja

Kekerasan logam dapat didefinisikan sebagai ketahanan terhadap penetrasi, dan memberikan indikasi cepat mengenai perilaku *deformasi*. Alat uji kekerasan menekankan bola kecil, piramida, atau kerucut ke permukaan logam dengan beban tertentu, dan bilangan kekerasan diperoleh dari diameter jejak.

Kekerasan dapat dihubungkan dengan kekuatan luluh atau kekuatan tarik logam, karena sewaktu indentasi material di sekitar jejak mengalami deformasi plastis mencapai beberapa persen tertentu.

Pengujian kekerasan sangatlah penting, baik untuk pengendalian kerja maupun penelitian, khususnya jika diperlukan informasi mengenai material getas pada temperatur tinggi.

Pada metoda *mikro vickers* digunakan penekan intan berbentuk piramida yang diberi beban 25-1000 gf, dengan waktu penekanan 10-15 s. Nilai kekerasan *HVN* dapat dihitung dengan rumus:

$$HVN = \frac{1,854P}{l^2}$$

Dimana: P = Beban penekan (Kgf)

l^2 = Rata-rata diagonal jejak (mm)

2.3. Hipotesa

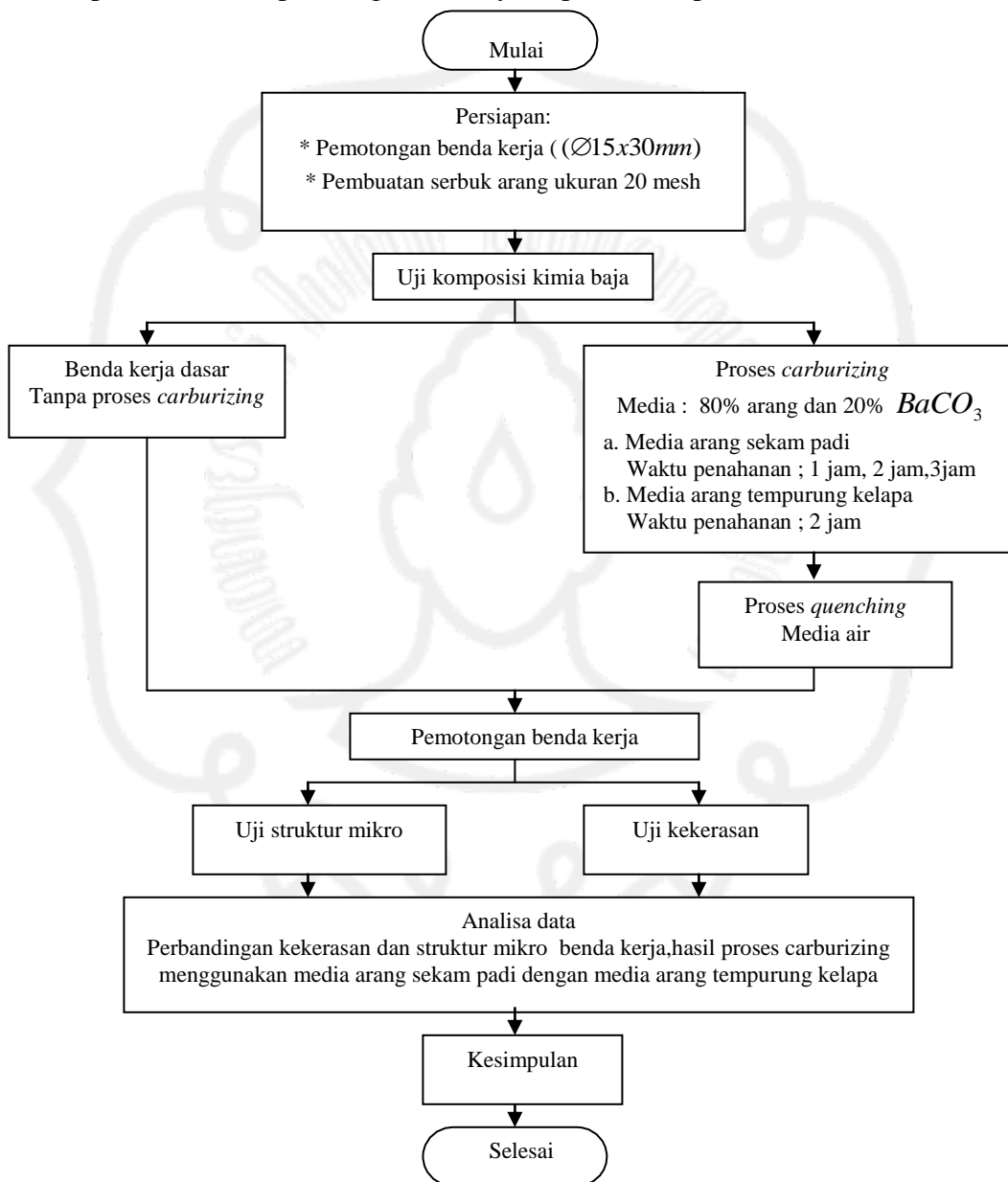
Berdasarkan tinjauan pustaka dan kajian teoritis diatas hasil penelitian ini dimungkinkan akan terjadi perbedaan nilai kekerasan baja karbon rendah akibat jenis media karburasi yang digunakan.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dibuat untuk mengurutkan langkah – langkah dalam penelitian. Adapun diagram alirnya dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Neraca digital pegas dan mesin *chrusing*

Neraca digital digunakan untuk menimbang arang dan BaCO_3 yang akan digunakan untuk proses *carburizing* sesuai dengan prosentase berat arang dan BaCO_3 yang diinginkan. Sedangkan untuk menghancurkan arang menggunakan mesin *chrusing*



Gambar 3.2. a. Neraca pegas dan b. mesin *crushing*

3.2.2 *Furnace* dan mesin bubut

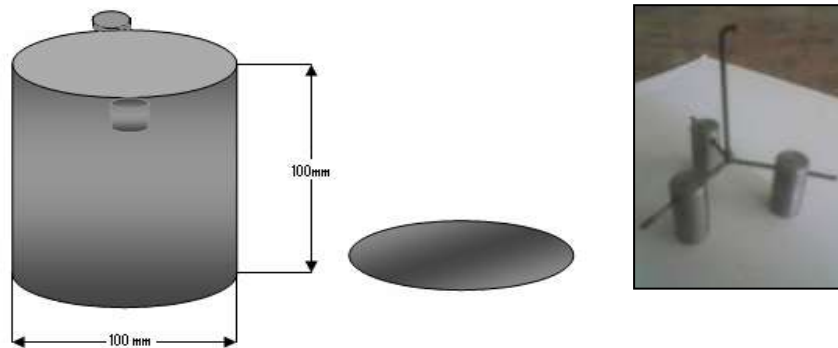
Furnace yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace* dengan kapasitas pemanasan sampai 1200°C yang berada di Laboratorium Material Jurusan Teknik Mesin. Mesin bubut dalam penelitian ini digunakan untuk persiapan spesimen dan mencampur arang dengan bahan kimia BaCO_3 .



Gambar 3.3 a. *Furnace* dan b. mesin bubut

3.2.3 Kontainer dan pemegang benda kerja

Kontainer (wadah) adalah tempat untuk meletakkan spesimen, media karburasi dan bahan kimia aktif. Wadah ini ikut serta dipanaskan dengan benda uji pada proses karburasi. Dan pemegang benda kerja digunakan untuk memudahkan pengambilan spesimen setelah proses karburasi untuk dilakukan *quenching*.



Gambar 3.4 Kontainer dan pemegang benda kerja

3.2.4 Alat uji komposisi kimia

Alat ini digunakan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung di dalam baja karbon. Pengujian komposisi kimia dilakukan menggunakan spektrometer. Pengujian tersebut dilakukan di PT. ITOKOH CEPERINDO, Klaten.

3.2.5 Mikroskop metallurgi dan alat uji kekerasan *mikro vickers*

Alat ini digunakan untuk mengamati dan mengambil gambar struktur mikro baja karbon pada material awal dan hasil dari proses karburasi yang dilakukan. Mikroskop metalurgi yang digunakan untuk uji foto mikro adalah merk *Olympus*. Pengujian dilakukan di Laboratorium Material D3 Teknik Mesin UGM. Alat untuk menguji kekerasan baja karbon dari hasil proses *carburizing* menggunakan mesin uji keras mikro vickers. Uji kekerasan mikro dilaksanakan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta. alat yang digunakan adalah *micro hardness vickers tester*.



(a)



(b)

Gambar 3.5. a. Mikroskop metalurgi dan b. mesin uji keras mikro *vickers*

3.2.6 Mesin pengampelas dan *autosol*

Mesin ini digunakan untuk mengampelas benda uji agar dapat dilihat struktur mikronya . Ampelas yang di gunakan nomor 120, 320, 600, 800, dan 1200. sedangkan *autosol* pada penelitian ini digunakan untuk mengkilapkan permukaan bidang benda uji setelah dilakukan proses pengampelasan, sehingga bentuk dari struktur mikronya nanti akan terlihat lebih bagus ketika dilihat di bawah mikroskop cahaya.



Gambar 3.6. a. Mesin ampelas dan b. *autosol*

3.2.7 *Etsa*

Pengetsaan dilakukan untuk benda uji yang akan diamati struktur mikronya. Bahan *etsa* menggunakan HNO_3 (*asam nitrad*). Tujuannya untuk menampakkan struktur mikro di bawah mikroskop agar tampak jelas

3.2.8 Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian

- Baja karbon rendah
- Arang sekam padi
- Arang tempurung kelapa
- $BaCO_3$

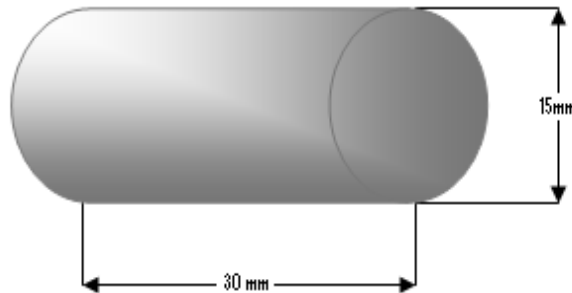
3.3. Pelaksanaan penelitian

3.3.1 Pembuatan benda uji

Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah baja karbon rendah. Sedangkan banyaknya benda uji adalah 14 buah, yaitu 9 untuk proses *carburizing* dengan arang sekam padi, 3 buah untuk proses *carburizing* dengan arang tempurung kelapa, 1 benda kerja untuk uji kekerasan dan sekaligus juga untuk uji struktur

mikro, dan 1 benda kerja untuk uji komposisi kimianya agar dapat diketahui kandungan yang terdapat dalam baja karbon ini. Pengujian komposisi kimia dilakukan di PT. ITOKOH CEPERINDO, Klaten.

Pemotongan benda kerja ini dilakukan dengan menggunakan gergaji tangan yang dibilasi dengan air. Benda uji dibuat dengan memotong baja silinder dengan ukuran diameter = 15 mm dan panjang = 30 mm seperti terlihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Benda Kerja

3.3.2. Proses *carburizing*

Langkah-langkah proses karburasi adalah sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan karburasi, spesimen dibersihkan dan dihaluskan permukaannya dari kotoran dan karat yang melekat dengan cara mengikir dan mengamplas spesimen.
2. Menghancurkan arang tempurung kelapa dan arang sekam padi hingga menjadi serbuk arang yang digunakan sebagai bahan karbon aktif. Dengan ukuran serbuk 20 *mesh*.
3. Mencampurkan serbuk arang dengan $BaCO_3$ dengan prosentase berat $BaCO_3$ sebesar 20%.
4. Benda kerja dimasukkan ke dalam kontainer yang telah terisi campuran serbuk karbon dan $BaCO_3$ kemudian kontainer ditutup. Peletakan spesimen di dalam kontainer harus diperhatikan dengan baik. Seluruh permukaan spesimen harus tertutup seluruhnya oleh campuran serbuk

karbon dan BaCO_3 , jarak antara spesimen satu dengan yang lain sama dan jarak spesimen dengan dinding kontainer harus sama.

5. Kontainer yang telah diisi spesimen dimasukkan ke dalam *furnace* sampai mencapai suhu 980°C . Setelah suhu 980°C tercapai, kemudian ditahan sesuai variasi waktu yang telah ditentukan yaitu 1, 2, dan 3 jam untuk media sekam padi. Waktu penahanan 2 jam untuk media tempurung kelapa.
6. Kontainer dikeluarkan dari *furnace* sesuai variasi waktu penahanan yaitu 1, 2, dan 3 jam untuk media arangsekam padi dan waktu penahanan 2 jam untuk media arang tempurung kelapa. Benda kerja dikeluarkan dari kontainer dan dilakukan *quenching* menggunakan media air.

3.3.3 Pemotongan benda uji

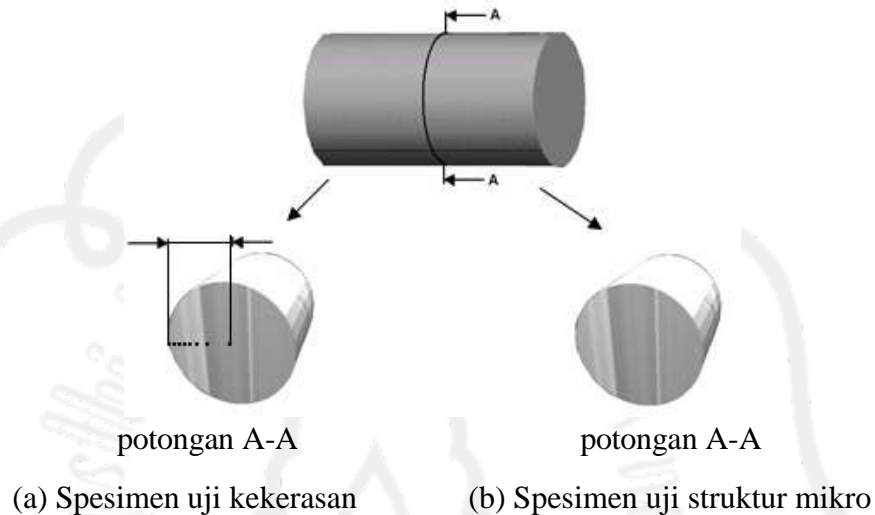
Proses pemotongan dilakukan setelah proses *carburizing*. Benda uji dipotong pada bagian tengah. Sebagian dari spesimen digunakan untuk uji kekerasan mikro Vickers dan sebagian lagi digunakan untuk uji struktur mikro. Khusus untuk uji struktur mikro hanya menggunakan satu benda uji dari tiga benda uji yang ada untuk masing masing variasi media *carburizing*.

Benda uji kemudian diampas dengan menggunakan amplas ukuran 120–1000 mesh, kemudian digosok dengan *autosol*. Untuk memunculkan struktur mikro baja dilakukan etsa dengan menggunakan nital 2%.

3.4. Pengambilan Data Uji Keras Dan Struktur Mikro

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dan *effective case depth* baja karbon yang diperoleh setelah mengalami proses karburasi. Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak 8 titik, yaitu pada jarak 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7, 1 dan 7.5 mm. dari permukaan. Pengujian kekerasan ini menggunakan alat uji kekerasan mikro vickers dan menggunakan standar pengujian ASTM E 384-89 yaitu dengan pembebanan 200 gf selama 10 detik. Sedangkan tujuan dari pengamatan struktur mikro adalah untuk mengetahui fasa yang terbentuk dari

logam sebelum dan sesudah mengalami proses karburasi. Foto struktur mikro diambil masing-masing satu titik pada permukaan spesimen. Sebelum dilakukan foto mikro, spesimen terlebih dahulu dihaluskan menggunakan amplas mulai dari ukuran 120 – 1200 mesh, kemudian digosok dengan autosol. Untuk memunculkan struktur mikro baja, dilakukan etsa dengan menggunakan HNO_3 (*asam nitrad*).



Gambar 3.8. Ilustrasi tempat pengujian

3.5. Teknik Analisa Data

3.5.1 Pengamatan struktur mikro

Struktur mikro diamati dan dianalisis dengan cara melihat struktur yang terjadi pada baja karbon hasil karburasi dan dihubungkan dengan teori - teori yang mendasari terbentuknya struktur mikro pada proses *carburizing*. Dari hasil pengamatan ini dapat diprediksi sifat - sifat mekanik khususnya kekerasan baja karbon hasil proses *carburizing*.

3.5.2 Penentuan nilai kekerasan mikro vickers

Dalam penelitian ini, pengukuran nilai kekerasan dari baja hasil proses karburasi dilakukan pada daerah seperti yang terlihat pada gambar 3.7. Nilai kekerasan rata - rata dapat dihitung dengan persamaan :

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana, \bar{x} = kekerasan rata – rata (VHN)

$\sum x_i$ = jumlah kekerasan dari semua spesimen uji

n = jumlah spesimen



BAB IV

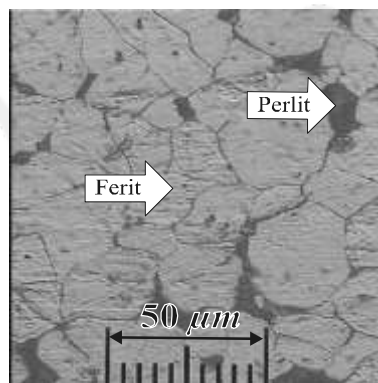
DATA HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Benda Kerja Yang Diteliti

Material yang digunakan berupa baja tulangan yang sering digunakan untuk konstruksi sebuah bangunan. Untuk mengetahui kandungan unsur-unsur paduan yang terdapat dalam baja tersebut dilakukan uji komposisi kimia. Dari pengujian menunjukkan bahwa baja tersebut tergolong baja karbon rendah karena unsur karbon baja kurang dari 0.3%. Komposisi kimia yang terkandung dalam baja karbon tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi kimia baja karbon

UNSUR	KOMPOSISI (%)	UNSUR	KOMPOSISI (%)
Fe	98.38	Mo	0.047
C	0.138	Cu	0.147
Si	0.672	Mg	0.000
Mn	0.238	V	0.009
P	0.094	Ti	0.007
S	0.025	Nb	0.016
Ni	0.061	Al	0.046
Cr	0.057	W	0.047



Gambar 4.1. Foto mikro permukaan benda kerja tanpa proses *carburizing*

Tabel 4.2. Nilai kekerasan rata-rata benda kerja tanpa proses *carburizing*

No.	Jarak dari tepi (mm)	HV Rata-rata
1	0.1	231
2	0.2	213
3	0.3	221
4	0.4	213
5	0.5	211
6	0.7	217
7	1	207
8	7.5	218

Gambar 4.1. menunjukkan struktur mikro benda kerja tanpa proses *carburizing*. Struktur mikronya berupa fasa *ferit*. Hal ini dikarenakan karbon yang terkandung di dalam benda kerja tanpa *carburizing* sangat sedikit, sehingga seluruh atom karbon dapat terlarut ke dalam atom - atom *Fe* membentuk larutan padat intertisi yang dinamakan *ferit* dan terdapat sedikit perlit. Kesimpulan ini diperkuat dari hasil pengujian kekerasan, seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2 diperoleh nilai kekerasan material awal mendekati nilai kekerasan fasa *ferit*.

Tabel 4.3. Nilai kekerasan rata-rata benda kerja dasar hasil pemanasan dan *quenching*

No.	Jarak dari tepi (mm)	HV Rata-rata
1	0.1	207
2	0.2	225
3	0.3	240
4	0.4	237
5	0.5	237
6	0.7	230
7	1	207
8	7.5	236

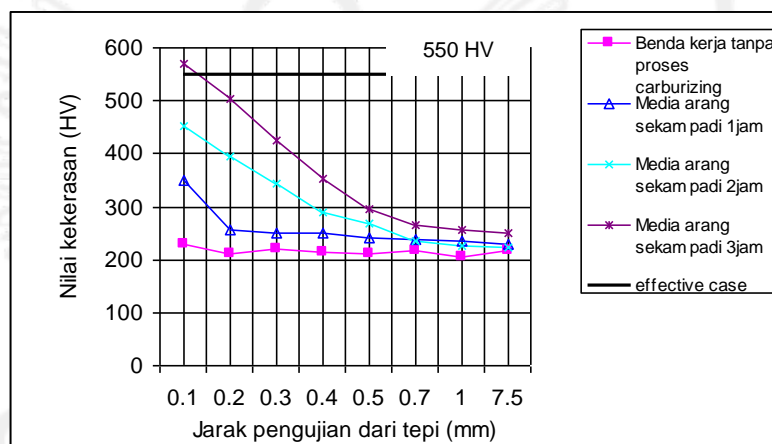
Pada tabel 4.3 dapat dilihat nilai kekerasan benda kerja dasar hasil pemanasan dan *quenching* tidak jauh berbeda dengan benda kerja dasar tanpa pemanasan. Pemanasan ini dilakukan dengan temperatur yang sama digunakan dalam proses *carburizing* yaitu 980° . Ini bertujuan untuk mengetahui apakah kekerasan yang

didapatkan merupakan pengaruh *quenching* atau memang dikarenakan difusi atom karbon kedalam benda kerja.

4.2. Pengaruh Waktu Panahanan *Carburizing*

Tabel 4.4. Nilai kekerasan pengaruh dari waktu penahanan

NO	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)			
		Benda kerja tanpa proses carburizing	Media arang sekam padi 1jam	Media arang sekam padi 2jam	Media arang sekam padi 3jam
1	0.1	230	351	452	570
2	0.2	212	255	396	503
3	0.3	220	250	345	426
4	0.4	213	249	288	353
5	0.5	210	242	269	296
6	0.7	217	237	236	264
7	1	206	234	227	255
8	7.5	218	230	222	250

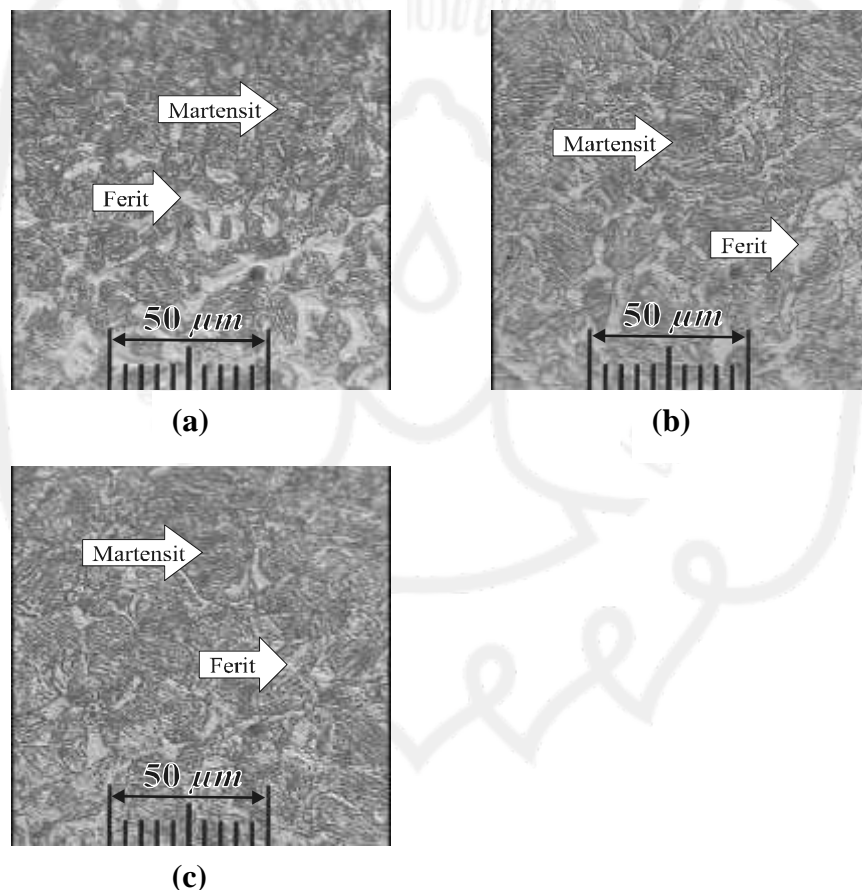


Gambar 4.2. Nilai kekerasan pengaruh dari waktu penahanan

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.2 dapat dilihat nilai kekerasan permukaan benda kerja menggunakan media arang sekam padi dengan waktu penahanan *carburizing* selama 1 jam sebesar 351 *HV*, pada waktu penahanan 2 jam nilai kekerasan permukaannya naik menjadi 452 *HV*, dan pada waktu penahanan 3 jam nilai kekerasan permukaannya naik sebesar 570 *HV*. Dari data di atas dapat diketahui bahwa waktu penahanan *carburizing* akan mempengaruhi nilai kekerasan benda kerja dan kedalaman permukaan yang dikeraskan. Semakin lama waktu penahanannya

mengakibatkan kekerasan pada benda kerja akan semakin tinggi dan semakin dalam pula permukaan benda kerja yang akan dikeraskan.

Dari data di atas nilai kekerasan yang paling tinggi terdapat pada benda kerja yang di *carburizing* dengan waktu penahanan 3 jam yaitu sebesar 570 HV. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama proses *carburizing* berlangsung semakin banyak pula atom karbon yang berdifusi ke dalam permukaan logam. Berdasarkan standar ISO no. 2639-1973, *effective case depth pack carburizing* sebesar 550 HV. Dari hasil penelitian nilai kekerasan yang mendekati *effective case depth* hanya pada waktu penahanan 3 jam yaitu pada titik 0.13mm, sedangkan pada waktu penahanan 1 dan 2 jam tidak dapat mencapai standar kekerasan yang diinginkan.



Gambar 4.3 Pengaruh waktu penahanan terhadap struktur mikro

- a. Waktu penahanan 1 jam.
- b. Waktu penahanan 2 jam.
- c. Waktu penahanan 3 jam.

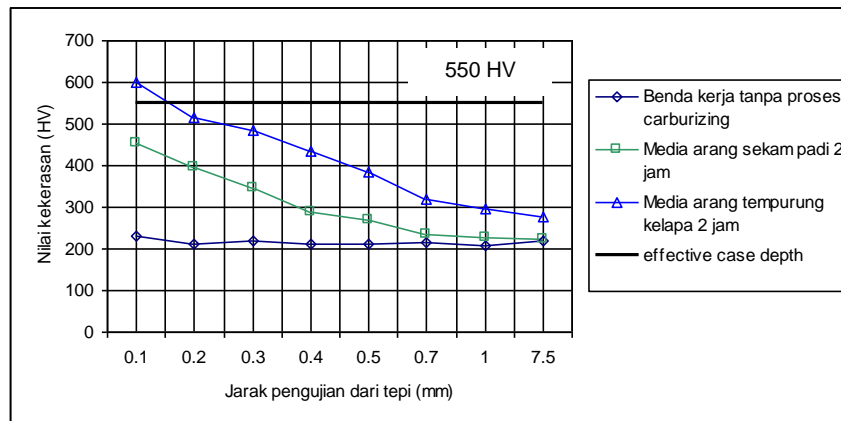
Pada gambar 4.3 dapat dilihat struktur mikro baja setelah mengalami proses *carburizing* dengan variasi waktu penahanan. Pada permukaan terdapat fasa martensit yang berwarna gelap, berbentuk seperti jarum tak beraturan. Fasa martensit terbentuk karena pendinginan yang sangat cepat. Di dalam matrik martensit terdapat fasa ferit tetapi jumlahnya sedikit, warnanya putih kusam. Fasa martensit sifatnya sangat keras hal ini yang menyebabkan nilai kekerasan pada permukaan baja meningkat.

Pada gambar 4.3.a dan b dapat dilihat bahwa jumlah feritnya masih banyak sehingga peningkatan kekerasannya pun kecil. Hal ini disebabkan karena waktu penahannya pendek sehingga atom karbon yang terdifusi jumlahnya sedikit dibandingkan dengan waktu penahanan 3 jam.

4.3. Pengaruh Media *Carburizing* Arang Sekam Padi Dan Arang Tempurung Kelapa

Tabel 4.5. Perbandingan nilai kekerasan benda kerja waktu penahanan 2 jam

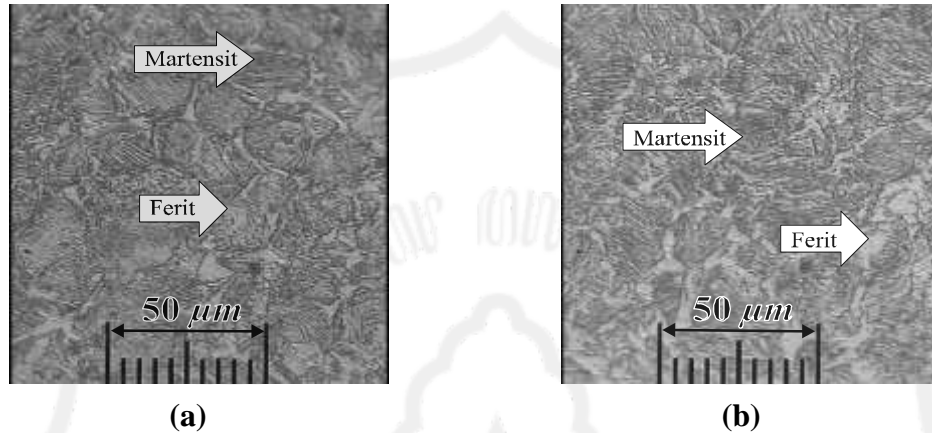
No.	Jarak dari tepi (mm)	Nilai kekerasan (HV)		
		Benda kerja tanpa proses carburizing	Media arang sekam padi 2 jam	Media arang tempurung kelapa 2 jam
1	0.1	230	452	601
2	0.2	212	396	514
3	0.3	220	345	483
4	0.4	213	288	435
5	0.5	210	269	384
6	0.7	217	236	318
7	1	206	227	295
8	7.5	218	222	278



Gambar 4.4 Perbandingan kekerasan benda kerja waktu penahanan 2 jam

Dari Tabel 4.5. dan Gambar 4.4 dapat dilihat hasil dari proses *carburizing* dengan media arang tempurung kelapa dengan waktu penahanan 2 jam nilai kekerasan permukaannya sebesar 601 *HV*. Pada proses carburizing dengan media arang sekam padi waktu penahanan 2 jam kekerasan permukaannya sebesar 452 *HV*. Apabila di bandingkan nilai kekerasan kedua benda kerja tersebut nilai kekerasan yang lebih tinggi terdapat pada benda kerja yang di *carburizing* dengan arang tempurung kelapa. Hal ini dipengaruhi oleh potensial karbon yang terkandung dalam arang. Pada penelitian yang dilakukan oleh *M. Sami, K. Annamalai, M. Woldridge* pada tahun 2000 menyebutkan bahwa kandungan karbon pada arang sekam padi sebesar 15,02 %, dan kandungan karbon pada arang tempurung kelapa lebih banyak yaitu sebesar 20,2 %. Semakin banyak potensial karbon pada arang maka atom – atom karbon yang akan terdifusi ke dalam benda kerja lebih banyak. Dengan banyaknya atom – atom karbon yang terdifusi ke dalam benda kerja maka pada proses *quenching* akan mudah terbentuk fasa martensit yang mengakibatkan kekerasan benda kerja tersebut semakin tinggi. Selain itu dari pengujian kerapatan serbuk menggunakan standar ASTM-D1895 diketahui bahwa nilai tertinggi diperoleh pada serbuk tempurung kelapa yaitu sebesar 0.5823 g/cm^3 sedangkan untuk arang sekam padi sebesar 0.3879 g/cm^3 sehingga pada proses karburasi atom karbon tempurung kelapa lebih banyak dibandingkan karbon sekam padi.

Berdasarkan standar ISO no. 2639-1973, *effective case depth pack carburizing* sebesar 550 HV. Dari hasil penelitian nilai kekerasan yang mendekati *effective case depth* hanya pada media tempurung kelapa yaitu pada titik 0.15 mm, sedangkan pada media sekam padi tidak dapat mencapai standar kekerasan yang diinginkan.



Gambar 4.5 Pengaruh media karburasi

- a. media arang tempurung kelapa.
- b. media arang sekam padi.

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa fasa martensit terbentuk pada semua media *carburizing*. Pada gambar 4.5.b yaitu *carburizing* dengan media arang sekam padi jumlah fasa ferit yang terdapat pada permukaan baja lebih banyak jika dibandingkan jumlah fasa ferit yang terdapat pada media arang tempurung kelapa. Sedangkan pada gambar 4.5.a fasa martensit yang terbentuk semakin banyak. Hal ini di karenakan nilai potensial karbon pada arang tempurung kelapa prosentasenya lebih tinggi sehingga karbon yang terdifusi ke dalam benda kerja jauh lebih banyak.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Media arang tempurung kelapa lebih efektif sebagai media *carburizing* dibandingkan arang sekam padi.
2. Sekam padi dengan waktu penahanan selama 3 jam diperoleh nilai kekerasan sebesar 570 HV dengan kedalaman pengerasan pada 0.13 mm. Oleh karena itu jika menggunakan media arang sekam padi untuk proses *pack carburizing* waktu yang digunakan lebih dari 3 jam.
3. Pada struktur mikro benda kerja setelah proses *carburizing* terbentuk fasa ferit dan martensit.
4. Semakin banyak karbon yang terdifusi ke dalam benda kerja, menyebabkan mudah terbentuk fasa *martensit* saat *quenching*.
5. Fasa *martensit* menyebabkan kekerasan benda kerja naik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan media *carburizing* selain sekam padi dan tempurung kelapa sehingga mendapatkan jenis media yang paling baik untuk proses *pack carburizing*.
2. Perlu diteliti lebih lanjut adanya pengaruh unsur paduan terhadap proses *carburizing*.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Budinski, K.G., and Budinski, M.K., 1999, *Engineering Materials, 6th Edition*, Prentice – Hall Inc., New Jersey.
- Callister, William D, 1994, *Material Science and Engineering 4th Edition*, John Wiley and Sons Inc
- Clark, D.S., Varney W.R., 1962, *Physical Metallurgy for Engineering*, D. Van Nostrand Company, INC.
- Darmanto, 2006, *Pengaruh Holding Time Terhadap Kekerasan Dengan Refining Core Pada Proses Carburizing Baja Karbon Rendah*. UNWAHAS
- Djaprie, S., 1983, *Ilmu Dan Teknologi Bahan*, Erlangga, Jakarta.
- Kubota, M., and Ochi, T., 2003, *Development of Anti-coarsening Extra-fine Steel for Carburizing*, Nippon Steel Technical Report, No. 88.
- Oggo, D.U.I, Ette, E.O and Iyorchir, A.I, 1996, *Feasibility of Sea and Coconut Shells as Substitute to Barium Carbonat $BaCO_3$ in Small Scale Foundry and Heat Treatment Shop*, ISIJ International, No.2, pp.203-209.
- Palaniradja, K., Alagumurthi, N., and Soundararajan, V., 2004, *Optimization of Process Variables in gas Carburizing Process: A Taguchi Study with Experimental Investigation on SAE 8620 and AISI 3310 Steels*, Turkish Journal, Vol. 29
- Sami, M., K. Annamalai, M. Wooldridge, 2000, *Co-firing of coal biomass fuel blends*, Departmen of mechanical engineering Texas A & M University.
- Smith, W.F., 1996, *Principles of Material Science and Engineering, 3rd Edition*, McGraw-Hill Inc., New York.
- The ASTM Committe on Standart, 1916, *Standart Methods for Apparent Density, Bulk Factor, And Pourability*, Philadelphia.



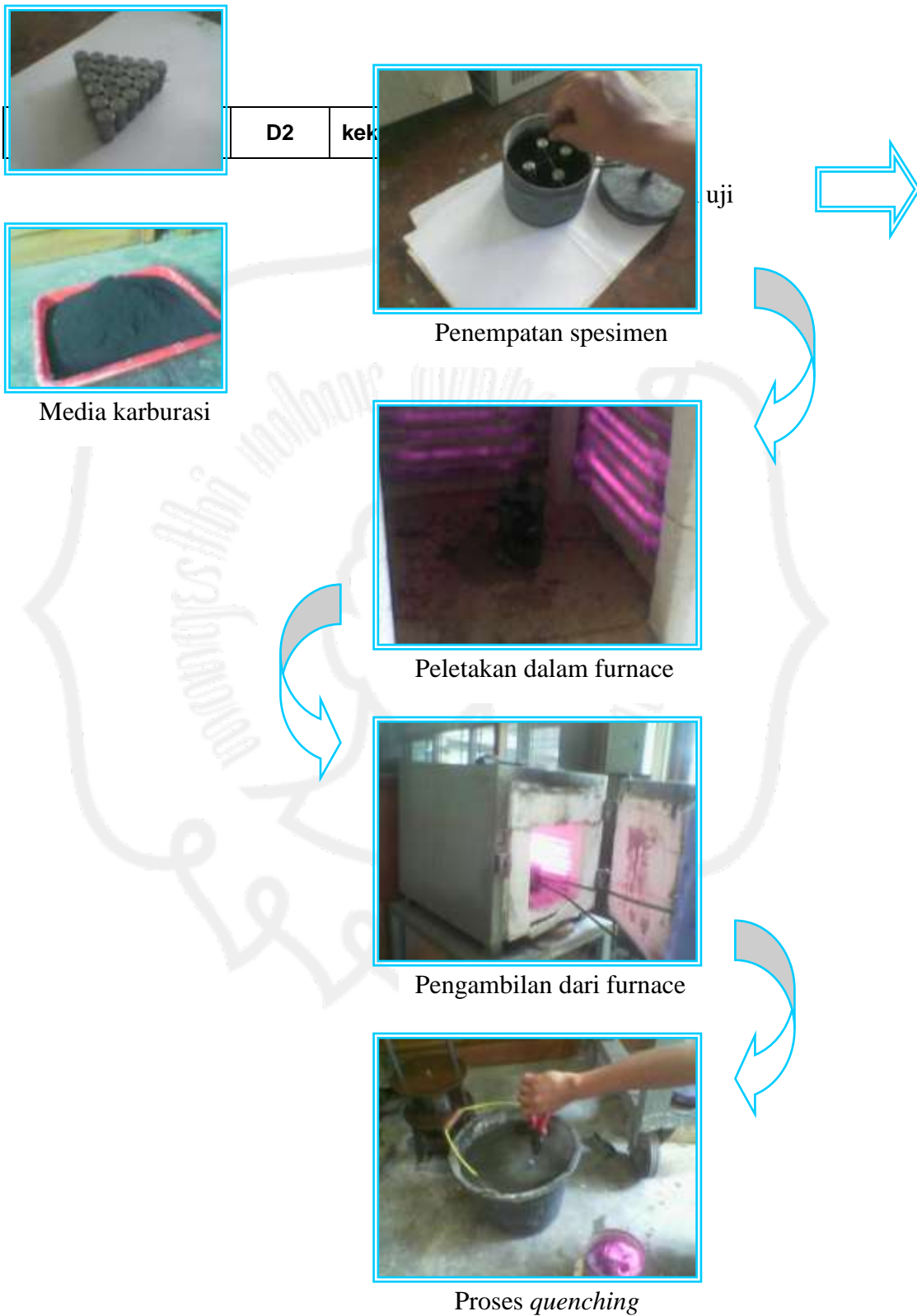
LAMPIRAN

Lampiran 1. Data uji komposisi kimia baja karbon

COMPANY	: PT. ITOKOH CEPERINDO				
SAMPLE NAME	: SEMPEL_ANWAR/AZIZ				
FURNACE	: ML1744A02/1071				
OPERATOR	: EKO.Y				
Alloy : CI	Mode : PA	17-Dec-1997	Time 11:13		
Burn 1					
Fe 98.38	C 0.138	Si 0.674	Mn 0.239	P > 0.094	
S 0.024	Ni 0.062	Cr 0.058	Mo 0.047	Cu 0.145	
Mg 0.000	V 0.009	Ti 0.007	Nb 0.017	Al 0.045	
W 0.047					
Burn 2					
Fe 98.38	C 0.139	Si 0.679	Mn 0.238	P > 0.094	
S 0.025	Ni 0.058	Cr 0.056	Mo 0.046	Cu 0.147	
Mg 0.000	V 0.009	Ti 0.007	Nb 0.016	Al 0.047	
W 0.045					
Burn 3					
Fe 98.39	C 0.137	Si 0.663	Mn 0.236	P > 0.094	
S 0.026	Ni 0.064	Cr 0.056	Mo 0.046	Cu 0.149	
Mg 0.000	V 0.009	Ti 0.007	Nb 0.014	Al 0.046	
W 0.048					
Average					
Fe 98.38	C 0.138	Si 0.672	Mn 0.238	P > 0.094	
S 0.025	Ni 0.061	Cr 0.057	Mo 0.047	Cu 0.147	
Mg 0.000	V 0.009	Ti 0.007	Nb 0.016	Al 0.046	
W 0.047					

PT. ITOKOH CEPERINDO

Lampiran 2. Proses karburasi



0.1	27	25.74	533.3
0.2	36	36.86	277.9
0.3	39.96	39.99	232
0.4	38.69	38.62	248.2
0.5	39.15	39.79	238
0.7	39.33	39.18	240.6
1	39.45	39.44	238.3
7.5	37.2	37.99	263.3

Lampiran 3

**Hasil uji kekerasan mikro
Vickers media arang sekam
padi waktu penahanan 1 jam
Benda uji 1**

Benda uji 2

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (HVN)
0.1	37.33	42.68	231.7
0.2	39.16	42.23	223.9
0.3	36.09	37.31	275.3
0.4	40.09	43.6	211.8
0.5	40.31	41.67	220.7
0.7	41.93	40.59	217.8
1	39.64	44.21	211
7.5	38.46	44.23	216.9

Benda uji 3

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (HVN)
0.1	35.8	35.71	290.1
0.2	37.42	37.53	264
0.3	38.1	39.69	245.1
0.4	38.69	38.59	248.4
0.5	38.21	39.42	245.6
0.7	39.54	38.91	241
1	38.72	39.18	244.4
7.5	38.43	36.08	245.1

Lampiran 3 (lanjutan)

Hasil uji kekerasan mikro *Vickers* media arang sekam padi waktu penahanan 2 jam

Benda uji 1

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (HVN)
0.1	25.2	23.37	628.8
0.2	26.59	25.55	545.6
0.3	27.58	27.71	485.2
0.4	30.51	31	392.1
0.5	33.32	34.41	323.3
0.7	35.96	36.65	281.3
1	37.01	38.01	263.5
7.5	37.59	38.48	256.3

Benda uji 2

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (HVN)
0.1	27.6	28.44	472.3
0.2	30.76	28.15	427.4
0.3	31.42	32.64	361.5
0.4	36.7	35.68	283.1
0.5	37.39	37.13	267.1
0.7	39.85	39.6	245.4
1	39.23	39.66	238.7
7.5	38.07	39.6	245.5

Benda uji 3

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (HVN)
0.1	25.39	23.9	610.6
0.2	260.9	25.66	537
0.3	28.82	29.79	431.8
0.4	31.1	30.92	385.6
0.5	35.32	34.94	300.5
0.7	36.54	37	274.3
1	37.33	38.48	253.1
7.5	38.13	38.08	255.4

Lampiran 3 (lanjutan)

Hasil uji kekerasan mikro *Vickers* media arang sekam padi waktu penahanan 3 jam

Benda uji 1

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (HVN)
0.1	32.61	33.82	336.1
0.2	36.55	34.81	291.3
0.3	36.04	36.03	285.6
0.4	39.98	37.85	244.9
0.5	40.3	41.44	222
0.7	43.42	42.07	202.9
1	39.74	39.94	233.6
7.5	41.47	41.82	213.8

Benda uji 2

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (HVN)
0.1	24.84	24.93	598.9
0.2	27.6	25.68	522.5
0.3	29.44	31.08	405
0.4	32.2	32.42	355.2
0.5	33.55	34.7	318.4
0.7	36.68	37.08	272.6
1	39.47	40.2	233.7
7.5	39.55	39.92	234.9

Benda uji 3

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (HVN)
0.1	29.1	29.48	432.3
0.2	31.29	31.48	376.5
0.3	32.56	32.83	346.9
0.4	37.27	37.36	266.3
0.5	37.2	37.24	267.7
0.7	39.57	39.89	234.9
1	41.27	41.58	216.1
7.5	41.3	41.27	217.5

Lampiran 3 (lanjutan)

Hasil uji kekerasan mikro *Vickers* media arang tempurung kelapa waktu penahanan 2 jam

Benda uji 1

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (<i>HVN</i>)
0.1	26.38	28.05	500.7
0.2	29.9	29.64	418.4
0.3	30.32	30.33	404.5
0.4	32.75	31.09	364
0.5	33.5	33.97	325.8
0.7	37.08	35.98	277.9
1	39.89	41.5	223.9
7.5	36.66	38.06	265.7

Benda uji 2

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (<i>HVN</i>)
0.1	24.23	23.82	642.5
0.2	25.91	26.22	545.82
0.3	25.66	25.37	569.6
0.4	26.69	26.79	518.6
0.5	28.23	28.76	456.7
0.7	30.99	31.22	383.3
1	31.01	31.9	374.8
7.5	35.16	35.39	298.39

Benda uji 3

Jarak dari tepi	D1	D2	kekerasan (<i>HVN</i>)
0.1	23.67	23.7	661.1
0.2	24.95	25.67	578.9
0.3	27.73	28.08	476.2
0.4	30.26	28.95	423.1
0.5	31.34	31.8	372.1
0.7	35.29	35.7	294.3
1	36.49	35.42	286.8
7.5	36.72	37.1	272.2

Lampiran 4

M. Sami et al. / Progress in Energy and Combustion Science 27 (2001) 171–214

Table 2
Chemical analysis and properties of selected biomass fuels

Fuel type	Corn stover ^a	Cotton gin ^b	Coconut shell ^c	Rice husk ^d	Olive husk ^e	Corn cobs ^f	Mustard stalk ^g	Barley straw ^h	Wheat straw ^f
Agricultural residue									
Moisture	35	11.5	25 (% wet)	9.96	33	15	35	–	–
Ash	3.25	14.5	0.8 (% dry)	20.61	1.6	1.4	3.25	10.3	8.9
Volatiles	54.6	–	79 (% dry)	54.68	–	76.6	7.15	20.9	19.8
Fixed carbon	7.15	–	20.2	15.02	–	7	–	39.92	43.2
C	42.5	42	–	34.94	47.8	48.4	–	5.27	5.0
H	5.04	5.4	–	5.46	5.1	5.6	–	43.81	39.4
O	42.6	35	–	38.86	45.4	44.3	–	1.25	0.61
N	0.75	1.4	–	0.11	0.1	3	–	–	0.11
S	0.18	0.5	–	–	–	–	10,730	17,310	17,510
HHV (kJ/kg)	10,730	15,500	20,000	13,524	–	15,549	–	17,288	17,499
HHV (kJ/kg) ^g	10,718	15,459	–	13,515	17,993	15,549	–	4.48	6.8
A:F ^h	3.24	4.58	–	3.7	5.28	4.72	–	2302	1981
AFT (K) ⁱ	1895	2273	–	2315	2342	2179	–	–	–

^a Paul and Buchele [24].

^b LePori [23].

^c Mendis [67].

^d Hariniati et al. [68].

^e Maschio et al. [83].

^f Ebeling and Jenkins [29].

^g HHV based on Boie equation.

^h Air to fuel ratio (DAF mass basis).

ⁱ Adiabatic flame temperature calculated from the ultimate analysis.