



**PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES *PACK CARBURIZING*
BAJA ST 40 TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN *BENDING***

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

Oleh

Gian Iqbal Firdaus

NIM.5201415056

PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2020

PERSETUJUAN PEMBIMBING

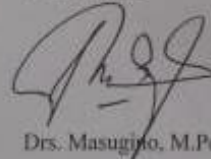
PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Gian Iqbal Fidaus
NIM : 5201415056
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Judul : PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES *PACK*
CARBURIZING BAJA ST 40 TERHADAP NILAI
KEKERASAN DAN *BENDING*

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian
Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas
Negeri Semarang

Semarang, Juli 2020

Pembimbing



Drs. Masugito, M.Pd.

NIP. 195207212017091256

PENGESAHAN

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES *PACK CARBURIZING* BAJA ST 40 TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN *BENDING* telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 3 bulan September 2020

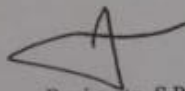
Oleh

Nama : Gian Iqbal Fidaus
NIM : 5201415056
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

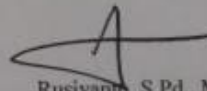
Panitia:

Ketua

Sekretaris



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002



Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP. 197403211999031002

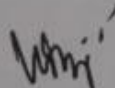
Penguji 1

Penguji 2

Pembimbing



Dr. Rahmat Doni Widodo,
S.T., M.T.
NIP. 197509272006041002



Samsudin Anis, S.T., M.T.,
Ph.D.
NIP. 197601012003121002



Drs. Masugino, M.Pd
NIP. 195207212017091256

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



UNNES
Dr. Nur Qudus, M.T., IPM.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, September 2020

Yang membuat pernyataan



Gian Iqbal Firdaus

NIM. 5201415056

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

“La Takhaf Wa La Tahzan. Innallaha Ma’ana”

Janganlah kamu takut dan janganlah kamu bersedih hati. Sesungguhnya Allah ada bersama kita.

(QS. At Taubah : 40)

“Fabiayyi ‘aalaa’i Rabbikumaa Tukadzdzibaan”

Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan.

(QS. Ar-Rahman : 13)

Persembahan

1. Ibu dan Ayah atas dukungan yang tak dapat diungkapkan dengan kata-kata.
2. Kedua kakak yang selalu memberi semangat dan motivasi.
3. Keluarga besar yang mendukung studi di perguruan tinggi.
4. Teman-teman atas waktu berharga selama menjalani proses studi.
5. Keluarga besar Teknik Mesin UNNES.

RINGKASAN

Firdaus, Gian Iqbal. 2020. Pengaruh Temperatur Pada Proses *Pack Carburizing* Baja St 40 Terhadap Nilai Kekerasan Dan *Bending*. Dosen Pembimbing Drs. Masugino, M.Pd.

Pack carburizing merupakan salah satu cara untuk mengeraskan logam, dalam prosesnya logam ditahan pada temperatur tertentu didalam wadah yang berisi media donor karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur sebesar 900°C, 925°C, dan 950°C pada proses *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan dan kekuatan *bending* baja st 40.

Metode penelitian menggunakan metode eksperimental *design*. Variasi dalam penelitian ini adalah temperatur tahan sebesar 900°C, 925°C, dan 950°C. Parameter lain seperti peningkatan temperatur, campuran karbon tempurung kelapa dan katalis barium karbonat, dan waktu penahanan dibuat seragam.

Variasi temperatur penahanan memiliki pengaruh yang berbeda terhadap nilai kekerasan dan kekuatan *bending*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh temperatur pada proses *pack carburizing* baja st 40 terhadap nilai kekerasan dan kekuatan *bending*. Spesimen pada variasi temperatur 900°C menunjukkan penurunan nilai kekerasan 10.09% terhadap *raw material*. Sedangkan spesimen pada variasi 925°C dan 950°C masing-masing menunjukkan peningkatan nilai kekerasan 3.25% dan 21.9% terhadap *raw material*. Hasil nilai kekerasan ini sejalan dengan nilai kekuatan *bending*, terdapat pengaruh temperatur pada proses *pack carburizing* baja st 40 terhadap nilai kekuatan *bending*. Spesimen pada variasi temperatur 900°C menunjukkan penurunan nilai kekuatan *bending* 20.35% terhadap *raw material*. Sedangkan spesimen pada variasi 925°C dan 950°C masing-masing menunjukkan peningkatan nilai *bending* 6.42% dan 6.78% terhadap *raw material*.

Kata kunci: *Pack Carburizing*, nilai kekerasan, kekuatan *bending*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “PENGARUH TEMPERATUR PADA PROSES *PACK CARBURIZING* BAJA ST 40 TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN *BENDING*“. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada program studi Pendidikan Teknik Mesin S1 Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaatnya di yaumul akhir nanti, aamiin.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM. Dekan Fakultas Teknik, Rusiyanto S.Pd, M.T, Ketua Jurusan Teknik Mesin sekaligus Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Drs. Masugino, M.Pd. sebagai Dosen Pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.

4. Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T. IPP. sebagai Dosen Penguji I yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
5. Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph.D. sebagai Dosen Penguji II yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
6. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
7. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat untuk pelaksanaan pembelajaran di Jurusan Teknik Mesin.

Semarang, September 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1. Kajian Pustaka.....	7
2.2. Landasan Teori.....	9
2.3. Kerangka Pikir	23

BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	25
3.2. Desain Penelitian.....	25
3.3. Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.4. Parameter Penelitian.....	29
3.5. Teknik Pengumpulan Data.....	29
3.6. Kalibrasi Instrumen Penelitian.....	32
3.7. Teknik Analisis Data.....	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1. Deskripsi Data.....	34
4.2. Analisis Data	36
4.3. Pembahasan.....	41
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Baja ST 40	10
Tabel 3. 1. Desain Penelitian.....	26
Tabel 3. 2. Pencatatan Hasil Uji Kekerasan	30
Tabel 3. 3. Perhitungan Nilai Kekerasan	31
Tabel 3. 4. Hasil Nilai Uji Kekerasan	31
Tabel 3. 5. Pencatatan Nilai Uji Bending.....	31
Tabel 3. 6. Perhitungan Nilai Kekuatan Bending	31
Tabel 4. 1. Hasil Uji Kekerasan	34
Tabel 4. 2. Hasil Uji Bending	35
Tabel 4. 3. Nilai Kekerasan Mikro Vickers	37
Tabel 4. 4. Rata-rata Nilai Kekerasan	37
Tabel 4. 5. Nilai Kekuatan Bending.....	40
Tabel 4. 6. Rata-rata Nilai Kekerasan dan Kekuatan Bending	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Pengaruh kadar karbon terhadap kekerasan	13
Gambar 2. 2. Diagram Reaksi Tanpa dan Dengan Katalis.....	15
Gambar 2. 3. Diagram Fasa Fe-C.....	18
Gambar 2. 4. Pemodelan terjadinya proses difusi.....	19
Gambar 2. 5. Pengujian Kekerasan Mikro Vickers.....	20
Gambar 2. 6. Kelebihan dan kekurangan pengujian three point <i>bending</i>	22
Gambar 2. 7. Three Point Bending.....	22
Gambar 2. 8. Desain Kerangka Pikir	24
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3. 3 Spesimen uji <i>bending</i> dan uji kekerasan ASTM E23-02	28
Gambar 4. 1. Grafik Nilai Kekerasan Mikro Vickers Terhadap Varian	38
Gambar 4. 2. Grafik Nilai Kekuatan Bending Terhadap Varian.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Dosen Pembimbing	50
Lampiran 2. Persetujuan Seminar Proposal	51
Lampiran 3. Surat Tugas Penguji Seminar Proposal	52
Lampiran 4. Berita Acara Seminar Proposal.....	53
Lampiran 5. Penggantian Dosen Pembimbing.....	54
Lampiran 6. Penetapan Dosen Pembimbing Pengganti	55
Lampiran 7. Selesai Revisi Seminar Proposal	56
Lampiran 8. Surat Izin Penelitian di Jurusan Teknik Mesin UNNES.....	57
Lampiran 9. Hasil Uji Komposisi	58
Lampiran 10. <i>Furnace</i>	59
Lampiran 11. <i>Universal Test Machine</i>	60
Lampiran 12. Sertifikat Kalibrasi Universal Test Machine	61
Lampiran 13. Mesin Uji Kekerasan Mikro Vickers.....	63
Lampiran 14. Sertifikat Kalibrasi Mesin Uji Kekerasan Mikro Vickers	64
Lampiran 15. Mesin Poles	65
Lampiran 16. Mesin Frais	66
Lampiran 17. Gergaji Potong.....	67
Lampiran 18. Pengukuran	68
Lampiran 19. Pemotongan	68
Lampiran 20. Proses Sekrap.....	69
Lampiran 21. Proses Finishing Frais.....	70

Lampiran 22. Media Arang Tempurung Kelapa dan Katalis Barium Karbonat ...	71
Lampiran 23. Pengukuran Media Donor Karbon.....	72
Lampiran 24. Penempatan Spesimen dalam Kotak	73
Lampiran 25. Penempatan Kotak Carburizing dalam Furnace	74
Lampiran 26. Pengaturan Temperatur dan Waktu Pemanasan	75
Lampiran 27. Pengambilan Spesimen Setelah Pemanasan	76
Lampiran 28. Spesimen Uji Kekerasan dan Bending	77
Lampiran 29. Hasil Uji Kekerasan Mikro Vickers	78
Lampiran 30. Spesimen Setelah Uji Bending	80
Lampiran 31. Hasil Uji Bending	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari 17.504 pulau dan populasi hampir 270 juta jiwa yang tercatat pada tahun 2018 karena itu Indonesia adalah negara berpenduduk terbesar keempat di dunia. Dengan jumlah penduduk sebesar itu tentu akan berdampak pada besarnya permintaan terhadap kebutuhan primer, sekunder dan tersier. Salah satu dari kebutuhan tersebut adalah jasa transportasi untuk memenuhi kebutuhan mobilitas masyarakat, ada berbagai macam jasa transportasi diantaranya yaitu bus, kereta, kapal, dan pesawat oleh karena itu perkembangan pada sektor industri berkembang dengan pesat.

Dan diantara berbagai macam industri, manufaktur pada bidang otomotif berkembang sangat pesat karena tingginya permintaan pasar untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Dalam manufaktur otomotif penggunaan logam sangat mendominasi dari keseluruhan komponen kendaraan misal *disc brake*, *gear*, poros dan komponen lain. Namun penggunaan logam dalam manufaktur otomotif bukan tanpa kendala, logam memang memiliki sifat yang getas dan ulet terutama bagi logam baja karbon rendah yang sering digunakan dalam manufaktur namun baja karbon rendah ini tidak begitu efektif dalam menerima beban yang terus menerus sehingga terjadi kelelahan yang dapat menyebabkan aus karena terkena gaya sehingga terjadi deformasi atau perubahan bentuk. Oleh karena itu diperlukan bahan yang memiliki sifat mekanis yang keras dan ulet, baja karbon rendah

memang memiliki sifat mekanis yang keras dan ulet, namun pada dasarnya baja karbon yang dijual bebas memiliki ketahanan yang terbatas terhadap kelelahan dan gaya yang diterima, hal ini sangat merugikan karena suatu mesin kehilangan sebagian besar fungsinya dipengaruhi oleh kerusakan pada permukaan berupa keausan ataupun korosi. Jika sifat pada permukaan suatu komponen mesin dapat diubah sesuai kebutuhan maka masa pakai komponen tersebut dapat bertambah.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut ada beberapa metode yang dapat dilakukan yaitu karburising, karbonitriding, *cyaniding*, *nitriding* (Kuswanto, 2010). Penulis memutuskan menggunakan karburising karena dalam suatu material unsur karbon adalah yang bertanggung jawab terhadap kekerasan material tersebut, dan hasil penyerapan karbon yang merata. Proses pengarbonan (*pack carburizing*) merupakan proses *chemical heat treatment* yang dilakukan dengan cara memanaskan spesimen pada suhu austenitnya dalam ruang yang mengandung serbuk karbon. Pengarbonan ini bertujuan untuk menaikkan kadar karbon pada lapisan permukaan baja sehingga diperoleh baja yang memiliki permukaan keras (Fahreza, et al., 2017).

Karburasi dianggap sebagai salah satu perlakuan panas tertua, yang digunakan untuk pengerasan permukaan. Proses ini dikembangkan untuk peningkatan lebih lanjut dari sifat mekanik benda kerja khususnya alat pemotong. Tujuan dari teknik ini adalah untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus dari lapisan luar dengan menambahkan karbon yang lebih tinggi dengan yang selanjutnya dilakukan pendinginan tanpa mempengaruhi sifat inti. Baja karbon rendah biasanya tidak menanggapi pengerasan langsung, tetapi akan menanggapi

pengerasan permukaan seperti karburasi. Karburisasi adalah modifikasi permukaan spesimen dengan penambahan karbon pada kisaran temperatur tertentu, yang biasanya antara 850-950°C. Difusi karbon dalam austenit dipengaruhi oleh konsentrasi karbon dan temperatur karbon, sehingga ketebalan lapisan dan distribusi karbon di zona difusi tergantung pada parameter karburisasi. Nilai pengerasan permukaan yang tinggi memiliki efek besar pada peningkatan nilai ketahanan aus dan karenanya meningkatkan ketahanan permukaan. Karburisasi adalah salah satu teknik pengerasan permukaan bekas pakai yang terkenal, yang memiliki nilai minimum distorsi termal.

Lapisan karburisasi yang diperoleh pada proses ini dikendalikan oleh parameter karburisasi. Banyak penelitian menemukan bahwa efek dari parameter karburisasi yang dapat dikendalikan, dan teknik karburasi diturunkan untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus dan ketahanan korosi baja. Sebagian besar peneliti menemukan pengaruh parameter karburisasi seperti temperatur karburasi, waktu perendaman, metode pendinginan, dan temperatur temper. Temperatur karburasi dan waktu perendaman berpengaruh pada nilai kekerasan dan kedalaman lapisan baja (Hussein, et al., 2018). Penelitian ini akan dilakukan pengerasan pada permukaan spesimen dengan metode *pack carburizing* dengan perantara zat padat yaitu dengan penggunaan media arang tempurung kelapa dengan katalis barium karbonat dan variasi temperatur pada saat *hold time* dan melihat perbedaan kekerasan yang terjadi. Baja karbon yang dijadikan spesimen dalam penelitian ini adalah baja st 40 karena memiliki kadar karbon sebesar 0,22% sehingga tergolong sebagai baja karbon rendah, karena hal ini penulis menganggap

bahwa perlu meningkatkan kekerasan permukaan pada baja st 40. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai kekerasan dan *bending* baja st 40 akibat variasi temperatur. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi yang berguna tentang pengaruh temperatur pada proses *pack carburizing* dengan menggunakan media arang tempurung kelapa dengan harapan nantinya dunia industri pada umumnya dapat memanfaatkan penelitian ini untuk mengoptimalkan produk yang dihasilkan.

Berdasarkan uraian diatas yang menjadi perhatian dalam penelitian ini adalah perbandingan nilai kekerasan dan *bending* akibat temperatur pada proses *pack carburizing* baja st 40.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diidentifikasi masalah pada penelitian ini adalah:

1. Dalam proses *pack carburizing* terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi hasil karburasi, kesalahan pada penentuan parameter yang digunakan dapat menyebabkan hasil tidak sesuai rencana
2. Kesalahan dalam penentuan temperatur waktu tahan dapat menyebabkan karbon tidak terserap secara optimal jika temperatur terlalu rendah dan dapat merusak bentuk spesimen jika temperatur terlalu tinggi
3. Baja st 40 dengan tingkat kekerasan permukaan yang rendah tidak begitu efektif apabila terkena guncangan dalam penerapannya sebagai bahan mentah sehingga dapat terjadi aus atau perubahan bentuk.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembahasan dalam penelitian ini dapat menjadi sangat luas, agar jelas dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan maka peneliti perlu membatasi beberapa masalah, yaitu:

1. Bahan spesimen uji yang digunakan adalah baja st 40
2. Media yang digunakan adalah arang tempurung kelapa sebagai sumber karbon dan senyawa kimia barium karbonat sebagai katalis
3. Temperatur *furnace* yang digunakan adalah 900°C, 925°C, dan 950°C
4. Waktu tahan proses *pack carburizing* adalah 2 jam
5. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan *Micro Vickers* dan *Three Point Bending*.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas, maka didapatkan permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh temperatur sebesar 900°C, 925°C, dan 950°C pada proses *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan baja st 40?
2. Bagaimana pengaruh temperatur sebesar 900°C, 925°C, dan 950°C pada proses *pack carburizing* terhadap nilai *bending* baja st 40?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan permasalahan di atas, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh temperatur sebesar 900°C, 925°C, dan 950°C pada proses *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan baja st 40?
2. Untuk mengetahui pengaruh temperatur sebesar 900°C, 925°C, dan 950°C pada proses *pack carburizing* terhadap nilai *bending* baja st 40?

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat-manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan sumbangan positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya ilmu logam.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan kajian atau informasi bagi dunia kerja khususnya pengetahuan bahan, perlakuan panas, dan juga pengujian bahan.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang perlakuan panas baja tentang *pack carburizing* yang menghasilkan peningkatan kekerasan bahan pada proses *pack carburizing* st 40, yang pada akhirnya dapat bermanfaat untuk kemajuan dunia industri dan teknologi.
4. Memberikan referensi bagi adik tingkat dalam menyelesaikan skripsinya sehingga menjadi ilmu yang bermanfaat
5. Bentuk penerapan ilmu yang diperoleh penulis selama proses studi di perguruan tinggi.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Penelitian yang relevan dengan analisis pengaruh temperatur pada proses *pack carburizing* baja st 40 terhadap nilai kekerasan dan *bending* telah banyak dilakukan oleh peneliti lain. Berikut kajian pustaka yang dapat penulis kutip dari penelitian tersebut:

1. Dalam penelitian Iqbal (2008) yang berjudul “Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanis Pada Proses Pengkarbonan Padat Baja Karbon Rendah” melakukan proses heat treatment *pack carburizing* pada temperatur 850°C, 900°C dan 950°C dengan waktu proses penahanan 2 jam dari penelitian tersebut didapatkan hasil pengujian kekerasan lapisan karburasi spesimen uji dengan variasi temperatur 850°C, 900°C dan 950°C dengan penambahan barium karbonat sebesar 25% berat media karburasi selama 2 jam dengan perlakuan tanpa pengerasan, memberikan nilai kekerasan tertinggi berturut-turut 230,17 kg/mm², 266,55 kg/mm² dan 303,95 kg/mm². Nilai kekerasan pada proses pengkarbonan dengan penambahan barium karbonat sebesar 25% berat media karburasi, pada temperatur 850°C, 900°C dan 950°C dibandingkan dengan kekerasan *raw material* (125 kg/mm²) memberikan peningkatan sebesar 184%, 213% dan 243 %. Dari hasil penelitian tersebut penulis menetapkan batas atas

temperatur penahanan dan perbandingan barbon dan katalis yang akan digunakan pada penelitian ini.

2. Menurut Robbina (2012) dalam skripsi yang berjudul “Perbandingan Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Akibat Variasi Katalis Pada Proses Carburizing Baja S45C” mendapatkan hasil dari ketiga katalis yang digunakan sebagai variasi yaitu Barium Karbonat, Kalium karbonat, dan Natrium Karbonat dengan perbandingan 75% untuk media donor arang dan 25% untuk campuran katalis. Spesimen dengan katalis barium karbonat mengalami pengerasan dengan nilai tertinggi dari spesimen yang lain yaitu sebesar 222,8 VHN. Dari hasil penelitian tersebut penulis menetapkan katalis barium karbonat akan digunakan pada penelitian ini.
3. Shaifudin (2018) dalam penelitian “Optimalisasi difusi karbon dengan metode *pack carburizing* pada baja ST 42” melakukan proses *pack carburizing* pada temperatur 950°C mendapatkan hasil spesimen dengan nilai kekerasan tertinggi dari media donor arang tempurung kelapa sebesar 815,39 VHN. Dari hasil penelitian tersebut penulis menetapkan media donor arang tempurung kelapa akan digunakan pada penelitian ini.
4. Kuswanto (2010) dalam penelitian “Perubahan Harga Tegangan Tarik *Yield* Material Baja Karbon Rendah Setelah Melalui Proses *Pack Carburizing*” melakukan proses *pack carburizing* pada material baja karbon rendah pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan 2 jam dan mendapatkan hasil meningkatnya kekuatan tarik yieldnya kenaikan dari harga rata-rata 31,766 kg/mm² menjadi 43,53 kg/mm². Dari hasil penelitian tersebut penulis

menetapkan waktu penahanan 2 jam yang akan digunakan pada penelitian ini.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Baja

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya (MURTIONO, 2012). Bila satu atau lebih logam ditambahkan kedalam baja karbon dalam jumlah yang cukup maka akan diperoleh sifat-sifat baja yang baru, hasil ini dikenal dengan baja paduan. Logam paduan yang umum digunakan adalah nikel, mangan, khrom, vanad, dan molibden. Baja karbon biasanya diklasifikasikan seperti ditunjukkan sebagai berikut:

1. Baja karbon rendah Mengandung karbon antara 0,05 hingga 0,30 wt% C. Memiliki kekuatan luluh (yield strength) 275 MPa (40.000 psi), kekuatan tarik (*tensile strength*) antara 415 dan 550 MPa (60.000 dan 80.000 psi), dan keuletan (*ductility*) dari 25% EL. Relatif lunak dan lemah tetapi memiliki ketangguhan dan keuletan yang luar biasa. Di samping itu, baja karbon rendah memiliki sifat mudah ditempa, mudah dimesin, dan mudah dilas.
2. Baja karbon menengah Memiliki konsentrasi karbon berkisar antara 0,30 hingga 0,60 wt% C. Memiliki tingkat kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan baja karbon rendah. Mempunyai sifat yang sulit dibengkokkan, dilas, dan dipotong.

3. Baja karbon tinggi Biasanya mengandung karbon sebesar 0,60 hingga 1,4 wt% C. Merupakan baja karbon yang paling sulit untuk dibentuk, ditempa, dilas, dan dipotong tetapi memiliki tingkat keuletan paling tinggi. Memiliki sifat yang sangat keras dan tahan aus. Baja karbon tinggi ini biasa digunakan untuk mesin pemotong, pisau, pisau gergaji besi, per (spring), dan kawat baja berkekuatan tinggi (Afandi, et al., 2015).

Tabel 2. 1 Komposisi Baja ST 40 (Ardin dan Nugraha, 2018)

Baja ST 40	
Unsur	Persentase (% wt)
Iron (fe)	98,23
Chrome (Cr)	0,0313
Manganese (Mn)	1,0593
Carbon (C)	0,2267
Silicon (Si)	0,2552
Molibdenum (Mo)	0,0050
Copper (Cu)	0,0815
Nikel (Ni)	0,0194
Alumunium (Al)	0.0203
Zinc (Zn)	0,0051
Titanium (Ti)	0,0043

Baja ST 40	
Unsur	Persentase (% wt)
Phosphorus (P)	0,0016
Sulfur (S)	0,0111
Calcium (Ca)	0,0028
Tin (Sn)	0,0041

Baja St 40 adalah baja yang memiliki gaya tarik maksimal 40 kg/mm², baja St.40 termasuk dalam baja karbon rendah yaitu memiliki kandungan karbon antara 0,025% - 0,25% C. Setiap 1 ton baja karbon rendah memiliki 10-30 kg karbon (Rohadi, et al., 2013).

2.2.2. Karbon

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf, yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas serta memiliki “permukaan dalam“ (*internal surface*) sehingga mempunyai kemampuan daya serap yang baik. Keaktifan untuk menyerap dari karbon aktif ini umumnya tergantung pada jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85 % sampai 95 % karbon bebas (Saparin, 2016).

Secara umum, ada dua jenis karbon aktif yaitu karbon aktif fasa cair dan karbon aktif fasa gas. Karbon aktif fasa cair dihasilkan dari material dengan berat jenis rendah, seperti arang dari bambu kuning yang mempunyai bentuk butiran (powder), rapuh (mudah hancur), mempunyai kadar abu yang tinggi berupa silika

dan biasanya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna, dan kontaminan organik lainnya. Sedangkan karbon aktif fasa gas dihasilkan dari material dengan berat jenis tinggi. Proses pembuatan karbon aktif secara garis besar ada 3 tahap pembuatan karbon aktif, yaitu: 1) Proses Dehidrasi Adalah proses penghilangan air pada bahan baku. Bahan baku dipanaskan sampai temperatur 170°C. 2) Proses Karbonisasi Adalah proses pembakaran bahan baku dengan menggunakan udara terbatas dengan temperatur udara antara 300°C sampai 900°C sesuai dengan kekerasan bahan baku yang digunakan. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar, dan hidrokarbon. Material padat yang tertinggal setelah proses karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan permukaan spesifik yang sempit. 3) Proses Aktivasi Proses aktivasi dibedakan menjadi 2 bagian, yaitu:

1. Proses Aktivasi Fisika

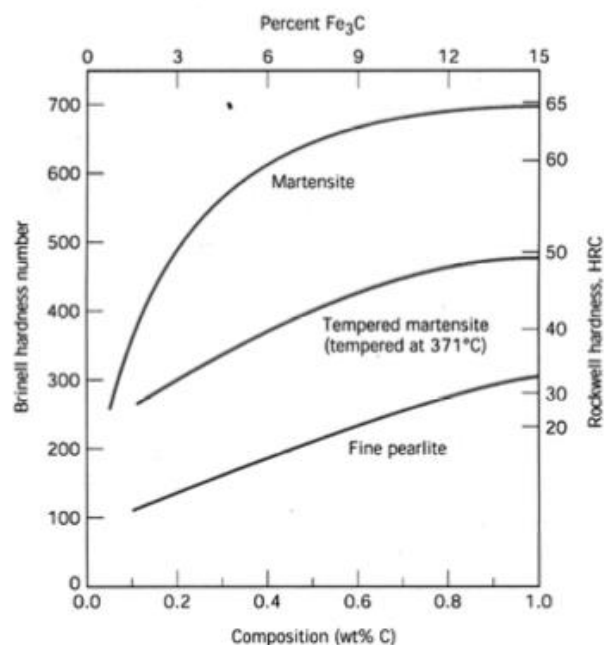
Pada proses aktivasi fisika, biasanya karbon dipanaskan didalam furnace pada temperatur 800-900°C. Beberapa bahan baku lebih mudah untuk diaktivasi jika diklorinasi terlebih dahulu. Selanjutnya dikarbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang terklorinasi dan akhirnya diaktivasi dengan uap.

2. Proses Aktivasi Kimia

Proses aktivasi kimia merujuk pada pelibatan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktif. Menurut Kirk and Othmer (1940), bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktif diantaranya CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCl , MgCl_2 , HNO_3 , HCl , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, H_3PO_4 , ZnCl_2 , dan sebagainya. Hessler (1951) dan

Smith (1992) menyatakan bahwa unsur-unsur mineral aktivator masuk diantara plat heksagon dari kristalit dan memisahkan permukaan yang mula-mula tertutup. Dengan demikian, saat pemanasan dilakukan, senyawa kontaminan yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terlepas. Hal ini menyebabkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan daya serap karbon aktif (Ramdja, et al., 2008).

Jumlah kadar karbon sangat berpengaruh terhadap karakteristik baja. Salah satu sifat mekanis baja yang dipengaruhi oleh karbon adalah kekerasan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Semakin tinggi kadar karbon dalam baja, kekerasannya juga akan bertambah. Namun, kondisi ini suatu saat akan mencapai kekerasan maksimum



Gambar 2. 1. Pengaruh kadar karbon terhadap kekerasan (Nurjito dan Soemowidagdo, 2008)

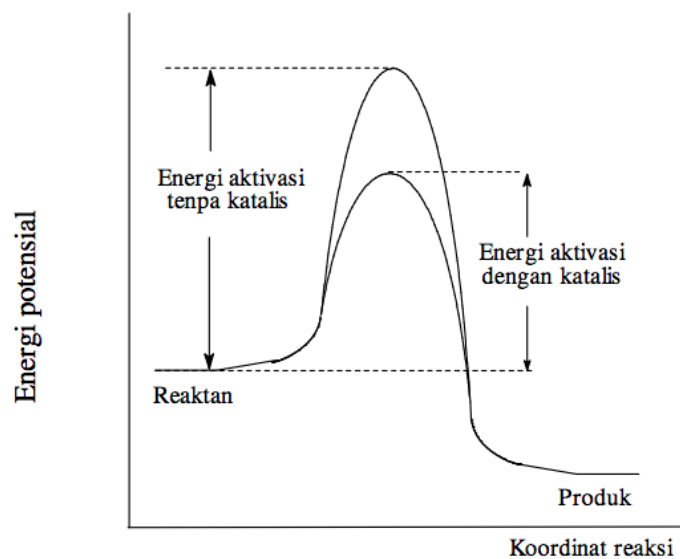
Pada proses *pack carburizing*, jumlah karbon yang dapat didifusikan ke permukaan baja karbon rendah sangat bergantung pada kadar karbon yang terdapat dalam media karburasi, sesuai hukum Fick's. Hukum pertama Fick's menyatakan bahwa difusi dari sebuah elemen dalam suatu bahan substrat merupakan fungsi koefisien difusi dan gradien konsentrasi. Koefisien difusi bergantung pada jenis bahan substrat, khususnya pada jenis atomnya. Gradien konsentrasi adalah jumlah atom/molekul yang terdapat disekitar substrat dibandingkan dengan jumlah atom/molekul yang terdapat di dalam substrat. Oleh sebab itu, jumlah atom karbon dalam media karburasi juga merupakan variabel pada sebuah proses karburising (Nurjito dan Soemowidagdo, 2008).

2.2.3. *Energizer* (Katalis)

Definisi katalis pertama kali dikemukakan oleh Ostwald sebagai suatu substansi yang mampu mengubah laju reaksi kimia tanpa mengubah besarnya energi yang menyertai reaksi tersebut. Lebih lanjut Ostwald juga mendefinisikan katalis sebagai substansi yang mengubah laju suatu reaksi kimia tanpa didapati sebagai produk akhir reaksi. Menurut Satterfield (1980) konsep dasar katalis adalah zat yang dalam jumlah kecil dapat menyebabkan perubahan yang besar. Definisi katalis yang lebih tepat belum ada karena katalis selalu berkembang dari waktu ke waktu. Akan tetapi definisi katalis yang dapat diusulkan bahwa katalis adalah suatu zat yang dapat meningkatkan laju reaksi tanpa zat tersebut dikonsumsi dalam proses reaksi. Konsep dasar ini berasal dari pendekatan secara kimiawi terhadap katalis, yaitu bahwa reaksi terkatalisis adalah proses siklis dimana katalis membentuk kompleks dengan reaktan, kemudian katalis terdesorpsi dari produk

akhirnya kembali ke bentuk semula.

Menurut Agustine (1996), katalis adalah substansi yang dapat meningkatkan laju reaksi pada suatu reaksi kimia yang mendekati kesetimbangan dimana katalis tersebut tidak terlibat secara permanen. Kata kunci pada definisi ini adalah permanen, karena terdapat cukup bukti bahwa katalis dan reaktan saling berinteraksi sebelum terjadinya suatu zat antara (intermediate) yang reaktif. Dari zat antara tersebut akan terbentuk suatu produk. Interaksi katalis dengan reaktan dapat terjadi secara homogen (mempunyai fasa yang sama) maupun heterogen (mempunyai fasa yang berbeda).



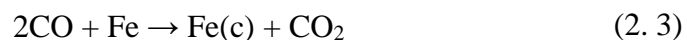
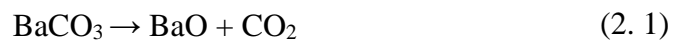
Gambar 2. 2. Diagram Reaksi Tanpa dan Dengan Katalis (Utomo dan Laksono , 2007).

Gambar diatas merupakan diagram reaksi tanpa dan dengan katalis dapat dilihat bahwa katalis meningkatkan laju reaksi dengan cara mempengaruhi energi pengaktifan suatu reaksi kimia. Keberadaan katalis akan menurunkan energi

pengaktifan, sehingga reaksi dapat berjalan dengan cepat (Utomo dan Laksono , 2007).

2.2.4. *Pack Carburizing*

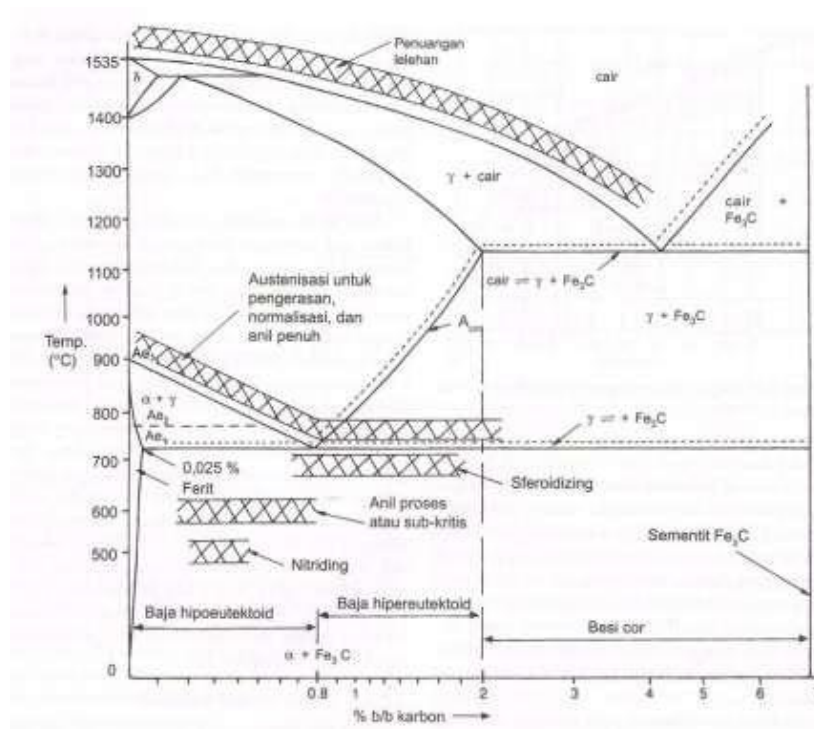
Karburisasi adalah penyerapan atom karbon ke dalam permukaan logam pada suhu tinggi, yang mengurangi keefektifan lapisan oksida sebelumnya dengan pembentukan karbida kromium (Schweitzer, 2004). Pengerasan permukaan pada logam dapat dilakukan dengan menambahkan unsur–unsur tertentu ke logam dasar tersebut seperti karbon, kalsium karbonat, nitrogen, dan yang lainnya. Untuk mempercepat proses maka ditambahkan barium karbonat (BaCO_3), kalsium karbonat (CaCO_3) atau natrium karbonat (NaCO_3) sebagai energizer yang bersama-sama material dimasukkan ke dalam kotak kedap udara untuk dipanaskan pada dapur pemanas pada temperatur *carburizing* (Sujita, 2016). Penggunaan panas dengan temperatur austenisasi antara 850°C sampai 950°C , media karbon akan teroksidasi menghasilkan gas CO_2 dan CO . Gas CO akan bereaksi dengan permukaan baja membentuk atom karbon (C), dan selanjutnya berdefusi ke dalam baja. Reaksi pengkarbonan dapat dijelaskan sebagai berikut :





Gas CO₂ ini sebagian akan bereaksi kembali dengan media karbon membentuk CO dan sebagian lagi akan menguap. Ketersediaan oksigen yang cukup di dalam kotak dapat membantu kelancaran reaksi pengkarbonan. Oksigen didalam kotak tertutup membutuhkan ruang. Ketersediaan ruang-ruang tersebut berada diantara butir-butir media karbon padat yang digunakan di dalam proses *pack carburizing* (Kuswanto, 2010). Ukuran serbuk yang besar juga akan mengurangi efektifitas proses karburisasi padat, terutama jika komponen yang dikarburisasi memiliki bentuk yang rumit. Di sisi lain, semakin kecil ukuran serbuk semakin kecil rongganya sehingga mengurangi jumlah Oksigen dalam kotak. Bagaimanapun juga, rongga ini diperlukan untuk menjamin pergerakan gas-gas yang muncul selama proses di dalam kotak. Oleh sebab itu, ukuran butir serbuk yang efektif pada proses karburising padat perlu ditentukan agar proses menjadi optimal (Mujiyono dan Sumowidagdo, 2008).

Diagram kesetimbangan besi karbon seperti pada gambar 2.3 adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon. Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi-operasi perlakuan panas (MURTIONO, 2012).

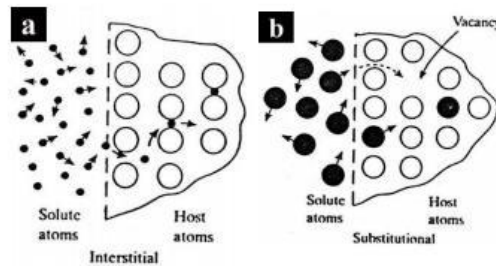


Gambar 2. 3. Diagram Fasa Fe-C (Shaifudin, et al., 2018)

Struktur *ferrit* (besi α) dan *austenit* (besi γ) memiliki kemampuan untuk menampung atom-atom penyisip seperti atom karbon untuk membentuk larutan padat. Ukuran atom karbon yang relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan atom besi, memungkinkan atom karbon masuk kedalam kisi besi α dan besi γ sebagai atom yang larut secara intersisi. Sebaliknya unsur paduan logam lain seperti mangan, nikel dan krom memiliki ukuran atom lebih besar sehingga bila masuk kedalam besi akan membentuk larutan padat substitusi (Kuswanto, 2010). Proses ini terdiri dari dua proses perlakuan terhadap komponen, yaitu:

- a. Perlakuan termokimia karena komposisi kimia permukaan baja karbon diubah dengan difusi karbon dan/atau nitrogen dan terkadang dengan elemen lainnya.

- b. Transformasi fasa akibat pemanasan dan pendinginan cepat permukaan luar.



Gambar 2. 4. Pemodelan terjadinya proses difusi: (a) Secara Interstisi, (b) Secara Substitusi (Bethony, 2016)

Difusi adalah gerak spontan dari atom atau molekul di dalam bahan yang cenderung membentuk komposisi yang seragam (Bethony, 2016).

2.2.5. Pengujian Kekerasan Mikro Vickers

Pengujian kekerasan dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan bahan atau logam terhadap deformasi yaitu deformasi tekan atau indentasi. Pada umumnya pengujian kekerasan bertujuan untuk mengukur tahanan dari bahan atau logam terhadap deformasi plastis. Prinsip pengukurannya adalah dengan memberi gaya tekan melalui sebuah indentor pada permukaan bahan atau logam. Kemudian luas atau dimensi atau diameter dari jejak penekanan/indentasi diukur (Jaman, et al., 2017).

Metode Vickers ini berdasarkan pada penekanan oleh suatu gaya tekan tertentu oleh sebuah indentor berupa pyramid diamond terbalik dengan sudut puncak 136° ke permukaan logam yang akan diuji kekerasannya, dimana permukaan logam yang diuji ini harus rata dan bersih. Angka kekerasan Vickers

(VHN) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan (Robbina, 2012). Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode vickers.

$$VHN = \frac{1,854 \times P}{d^2} \quad (2.5)$$

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (2.6)$$

Keterangan:

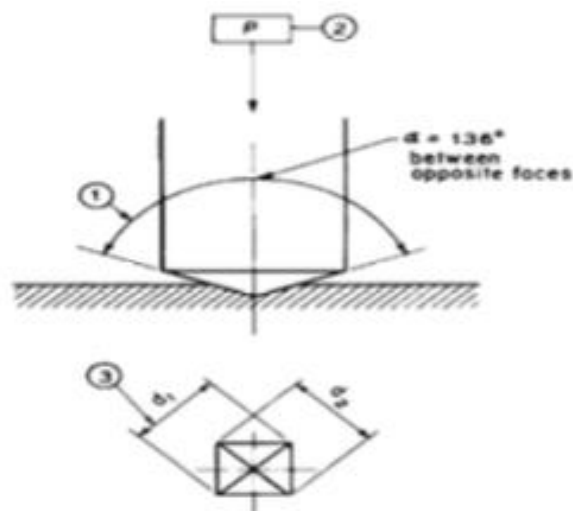
VHN = Vickers Hardness Number (kgf/mm²)

P = Beban yang diberikan (kgf)

d = Panjang diagonal rata-rata hasil indentasi (mm)

d₁ = Panjang diagonal 1 (mm)

d₂ = Panjang diagonal 2 (mm)



Gambar 2. 5. Pengujian Kekerasan Mikro Vickers (Bethony, 2016)

Pengujian Vickers memiliki banyak keuntungan. Pengujian Vickers dapat dilakukan tidak hanya pada benda yang lunak akan tetapi juga dapat dilakukan pada bahan yang keras. Bekas penekanan yang kecil pada pengujian Vickers mengakibatkan kerusakan bahan percobaan relatif sedikit. Pada benda kerja yang tipis atau lapisan permukaan yang tipis dapat diukur dengan gaya yang relatif kecil (Sujita, 2016).

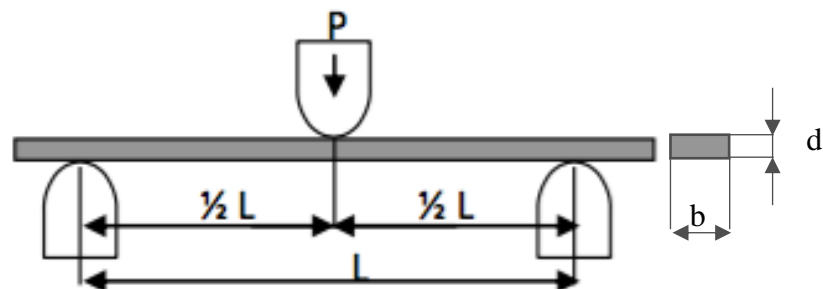
2.2.6. Uji *Bending*

Pengujian *bending* ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan lentur dari spesimen. Pengujian dilakukan dengan jalan memberikan beban lentur secara perlahan-lahan sampai spesimen mencapai titik lelah (Naharuddin, et al., 2015). Berdasarkan titik penekanan uji bending dibagi menjadi dua jenis yaitu, *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan dari kedua cara pengujian ini hanya terletak dari bentuk dan jumlah *point* yang digunakan, *three point bending* menggunakan 2 *point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 1 *point* pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan sedangkan *four point bending* menggunakan 2 *point* pada bagian bawah yang berfungsi sebagai tumpuan dan 2 *point* pada bagian atas yang berfungsi sebagai penekan. Selain itu juga terdapat beberapa kelebihan dan kelemahan dari cara pengujian three point dan four point (Syafii, 2019). Pengujian *three point bending* dan *four point bending* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing yang dapat dilihat pada gambar 2.6 karena setiap metode pengujian memiliki perhitungan yang berbeda.

<i>Three Point Bending</i>	<i>Four Point Bending</i>
Kelebihan	
Kemudahan persiapan spesimen dan pengujian	Penggunaan rumus perhitungan lebih mudah
Pembuatan <i>point</i> lebih mudah	Hasil pengujian lebih akurat
Kekurangan	
Kesulitan menentukan titik tengah, karena jika posisi <i>point</i> tidak ditengah penggunaan rumus berubah	Pembuatan <i>point</i> lebih rumit
Kemungkinan terjadi pergeseran menyebabkan benda uji pecah dan patah tidak di tengah maka rumus yang digunakan kombinasi tegangan lengkung dengan tegangan geser	Dua <i>point</i> atas harus menekan dengan bersamaan pada benda uji. Jika salah satu <i>point</i> terlebih dahulu menekan maka terjadi <i>three point bending</i> , sehingga rumus yang digunakan berbeda

Gambar 2. 6. Kelebihan dan kekurangan pengujian three point *bending* dan four point *bending* (Firdaus, 2019)

Kekuatan *bending* adalah tegangan terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis spesimen dan pembebanan. Akibat pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik.



Gambar 2. 7. *Three Point Bending* (Syahrani, et al., 2013)

$$M = \frac{P}{2} \times \frac{L}{2} \quad (2.7)$$

Sehingga kekuatan *bending* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2.8)$$

Keterangan :

σ_b = Kekuatan *bending* (Mpa)

P = Beban (N)

L = Panjang span (mm)

b = Lebar (mm)

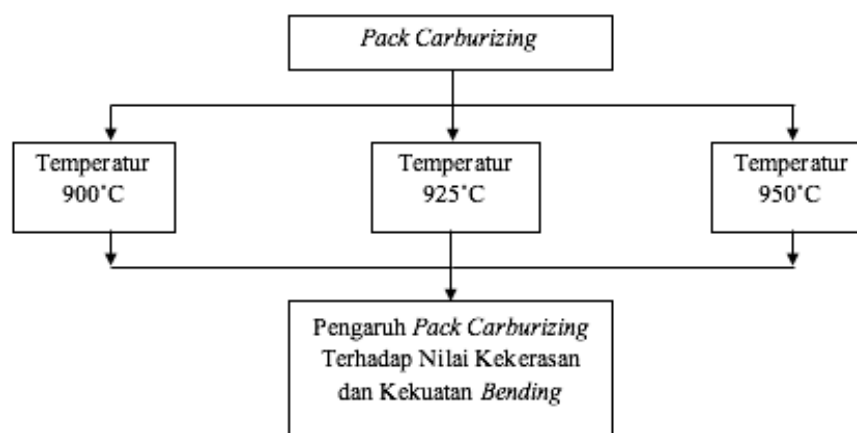
d = Tebal (mm)

Dalam material logam kekuatan tekannya lebih tinggi daripada kekuatan tariknya, karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian material (Syahrani, et al., 2013).

2.3. Kerangka Pikir

Pack carburizing merupakan proses penambahan karbon dengan cara memanaskan bahan sampai temperatur tertentu dalam lingkungan tertutup dengan melakukan penahanan pada temperatur yang ditentukan dalam beberapa waktu dan selanjutnya didinginkan. Pendapat serupa menyatakan bahwa karbonasi merupakan suatu proses memanaskan bahan sampai temperatur 900-950°C dalam lingkungan yang menyimpan karbon lalu dibiarkan beberapa waktu lamanya pada temperatur tersebut dan kemudian didinginkan.

Penelitian ini menggunakan baja st 40 sebagai spesimen, temperatur waktu tahan yang digunakan pada proses carburizing adalah 900°C, 925°C, dan 950°C. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur waktu tahan terhadap kekerasan dan nilai *bending* dari hasil *heat treatment*. Bertambahnya ketebalan lapisan karbon maka bertambah pula kekerasan baja tersebut.



Gambar 2. 8. Desain Kerangka Pikir

Besar tingkat kekerasan dari bahan dapat dianalisis melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan tersebut. Pengujian yang banyak dipakai adalah dengan cara menekankan penekanan tertentu kepada benda uji dengan beban tertentu dan mengukur bekas hasil penekanan yang terbentuk di atasnya (Arif, 2017). Berdasarkan perbedaan nilai kekerasan dan *bending* spesimen baik sebelum dan sesudah perlakuan maka dapat membuktikan ada tidaknya perbedaan kekerasan bahan yang terjadi akibat treatment pada spesimen.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh temperatur pada proses *pack carburizing* baja st 40 terhadap nilai kekerasan. Spesimen pada variasi temperatur 900°C menunjukkan penurunan nilai kekerasan 10.09% terhadap *raw material*. Sedangkan spesimen pada variasi 925°C dan 950°C masing-masing menunjukkan peningkatan nilai kekerasan 3.25% dan 21.9% terhadap *raw material*.
2. Terdapat pengaruh temperatur pada proses *pack carburizing* baja st 40 terhadap nilai kekuatan *bending*. Spesimen pada variasi temperatur 900°C menunjukkan penurunan nilai kekuatan *bending* 20.35% terhadap *raw material*. Sedangkan spesimen pada variasi 925°C dan 950°C menunjukkan peningkatan nilai *bending* 6.42% dan 6.78% terhadap *raw material*.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan terhadap penelitian pengaruh temperatur pada proses *pack carburizing* baja st 40 terhadap nilai kekerasan dan *bending* adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan peningkatan nilai kekerasan tertinggi dalam proses *pack carburizing* baja st 40, sebaiknya menggunakan temperatur 950.

2. Untuk mendapatkan peningkatan kekuatan *bending* tertinggi dalam proses *pack carburizing* baja st 40, sebaiknya menggunakan temperatur 950.
3. Penelitian selanjutnya agar lebih memperhatikan kemungkinan temperatur yang lebih optimal, pencampuran karbon dan katalis agar tercampur secara merata, serta penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh pada beban puntir dan struktur mikro.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., I. S. Arief, dan Amiadji. 2015. Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *JURNAL TEKNIK ITS* 4(1): G1-G5.
- Ardin, M. B. dan A. Nugraha. 2018. TENSILE STRENGTH AND VIOLENT CONNECTION LAS STEEL ST 40 WITH EMPLOYING VARIATIONS ELECTROTECHNICS AND VARIATIONS OF CURRENT. *VANOS Journal Of Mechanical Engineering Education* Desember, 3(2): 111-118.
- Arif, S. 2017. PENGARUH KULIT TELUR SEBAGAI ENERGIZER PADA PROSES CARBURIZING TERHADAP NILAI KEKERASAN PERMUKAAN MEDIUM CARBON STEEL. *Jurnal Teknik Mesin* 6(1): 21-26.
- Bethony, F. R. 2016. EFEK PERSENTASE BARIUM KARBONAT DENGAN ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON AISI 2015. *JDS II*(2): 372-379.
- Fahreza, M. I., Fakhriza, dan Hamdani. 2017. ANALISA PENGARUH WAKTU PENAHANAN TERHADAP NILAI KEKERASAN BAJA AISI 1050 DENGAN METODE *PACK CARBURIZING*. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 1(1): 53-57.
- Firdaus, Y. 2019. Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Serat Goni-Epoxy Terhadap Kekuatan *Bending* Dan *Impact*. *Skripsi*. Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Hussein, A. K., L. K. Abbas, dan A. K. Hameed. 2018. Multiple Performance Optimization of Carburized Steel Using Taguchi Based Moora Approach. *Engineering and Technology Journal* 36(7): 770-776.
- Iqbal, M. 2008. PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA PROSES PENGKARBONAN PADAT BAJA KARBON RENDAH. *Jurnal SMARTek* 6(2): 104-112.
- Jaman, W. S., S. B. Pratomo, M. Dwiharsanti, dan K. N. Saleh. 2017. POTENSI BAJA KARBON RENDAH SEBAGAI BAHAN BAKU ALTERNATIF PEMBUATAN DODOS (ALAT PANEN BUAH KELAPA SAWIT). *METAL INDONESIA* 39(1): 27-32.
- Kuswanto, B. 2010. PENGARUH PERBEDAAN UKURAN BUTIR ARANG TEMPURUNG KELAPA-BARIUM KARBONAT TERHADAP PENINGKATAN KEKERASAN PERMUKAAN MATERIAL BAJA ST 37 DENGAN PROSES *PACK CARBURIZING*. *Tesis*. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.

- Kuswanto, B. 2010. PERUBAHAN HARGA TEGANGAN TARIK YIELD MATERIAL BAJA KARBON RENDAH SETELAH MELALUI PROSES *PACK CARBURIZING*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim. Semarang. D14-D19.
- Mujiyono dan Sumowidagdo, A. L. 2008. Meningkatkan Efektifitas Karburisasi Padat pada Baja Karbon Rendah dengan Optimasi Ukuran Serbuk Arang Tempurung Kelapa. *JURNAL TEKNIK MESIN* 10(1): 8-14.
- MURTIONO, A. 2012. PENGARUH QUENCHING DAN TEMPERING TERHADAP KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK SERTA STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG UNTUK MATA PISAU PEMANEN SAWIT. *Jurnal e-Dinamis* II(2): 57-70.
- Naharuddin, A. Sam, dan C. Nugraha. 2015. KEKUATAN TARIK DAN *BENDING* SAMBUNGAN LAS PADA MATERIAL BAJA SM 490 DENGAN METODE PENGELASAN SMAW DAN SAW. *Jurnal Mekanikal* 6(1): 550-555.
- Nurjito, dan A. L. Soemowidagdo. 2008. Campuran Arang Tempurung Kelapa Bekas dan Arang Tempurung Kelapa Baru untuk Media Karburasi Baja Karbon Rendah. *Media Teknika* 8(1): 52-60.
- Ramdja, F., M. Halim, dan J. Handi. 2008. PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI PELEPAH KELAPA (*Cocus nucifera*). *Jurnal Teknik Kimia* 15(2): 1-8.
- Robbina, M. A. 2012. PERBANDINGAN NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO AKIBAT VARIASI KATALIS PADA PROSES CARBURIZING BAJA S45C. *Skripsi*. Program S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Rohadi, A., Darmanto dan I. Syafaat. 2013. ANALISIS KEAUSAN BAJA St.40 MENGGUNAKAN TRIBOTESTER PIN-ON-DISC DENGAN VARIASI KONDISI PELUMAS. *Momentum* 9(2): 38-40.
- Saparin. 2016. Pemanfaatan Cangkang Buah Karet Sebagai Alternatif Carburizer Pada Proses *Pack Carburizing* Baja Karbon Rendah. *Jurnal Teknik Mesin* 2(2): 17-22.
- Schweitzer, P. A. 2004. *Encyclopedia of CORROSION TECHNOLOGY*. Second Edition ed. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Shaifudin, A., H. Istiasih, dan A. Mufarrih. 2018. Optimalisasi difusi karbon dengan metode *pack carburizing* pada baja ST 42. *Jurnal Mesin Nusantara* 1(1): 27-34.
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Cetakan ke-23. Bandung: Alfabeta.

- Sujita. 2016. Proses *Pack Carburizing* dengan Media Carburizer Alternatif Serbuk Arang Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara. *Jurnal Mechanical* 7(2): 36-41.
- Syafii, I. 2019. Analisa Kekuatan Mekanis Pada Material Produk Berbahan Dasar Limbah Daun Bawang Merah. *Skripsi*. Program Studi Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal. Tegal.
- Syahrani, A., A. Sam, dan Chairulnas. 2013. VARIASI ARUS TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN *BENDING* PADA HASIL PENGELASAN SM490. *Jurnal Mekanikal* 4(2): 393-403.
- Trihutomo, P. 2014. PENGARUH PROSES ANNEALING PADA HASIL PENGELASAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BAJA KARBON RENDAH. *JURNAL TEKNIK MESIN* April 22(1): 81-88.
- Utomo, M. P. dan E. W. Laksono. 2007. TINJAUAN UMUM TENTANG DEAKTIVASI KATALIS PADA REAKSI KATALISIS HETEROGEN. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. UNY. Yogyakarta. 110-115.