



**PENGARUH WAKTU *PACK CARBURIZING* TERHADAP
TINGKAT KEKERASAN DAN PERUBAHAN STRUTUR
MICRO PADA POROS DENGAN BAHAN BAJA VCN 150**

Skripsi

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

Oleh

M. Ihsan Nurtaufik

NIM. 5201415023

**PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : M. Ihsan Nurtaufik

NIM : 5201415023

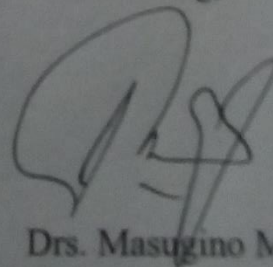
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Judul : **PENGARUH WAKTU *PACK CARBURIZING* TERHADAP
TINGKAT KEKERASAN DAN PERUBAHAN STRUKTUR *MICRO* PADA
POROS DENGAN BAHAN BAJA VCN 150**

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

Semarang, 22 Juni 2020

Pembimbing,



Drs. Masugino M. Pd.

NIP. 196601051990021002

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “PENGARUH WAKTU *PACK CARBURIZING* TERHADAP TINGKAT KEKERASAN DAN PERUBAHAN STRUKTUR *MICRO* PADA POROS DENGAN BAHAN BAJA VCN 150” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 24 Agustus 2020

oleh:

Nama : M. Ihsan Nurtaufik
NIM : 5201415023
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin, S1

Panitia:

Ketua

Sekretaris

Rusiyanto, S.Pd., M.T

NIP. 197403211999031002

Rusiyanto, S.Pd., M.T

NIP. 197403211999031002

Penguji 1

Penguji 2

Pembimbing 1

Dr. Wirawan Sumbodo, M.T.

NIP. 1966010551990021002

Drs. Sunyoto, M.Si

NIP. 196511051991021001

Drs. Masugino, M.Pd

NIP. 195207212017091256

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qadus, M.T., IPM

NIP. 196911301994031001

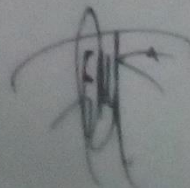
PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), 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. 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.
3. 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.
- 4.

Semarang, 22 Juni 2020

Yang membuat pernyataan,



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

“Tidak ada balasan kebaikan kecuali kebaikan pula”

~Q.S. Ar-Rahman:60~

“Muslim itu harus seperti air laut, meskipun ratusan sungai mengalirkan air tawar dia tetap asin, dan tidak pernah memaksa ikan didalamnya menjadi asin”

~Habib Muhammad Luthfi Bin Yahya~

“Lebih utama-utamanya warisan adalah ilmu, dan yang dinamakan *qona'ah* itu setelah *ikhtiar* (berusaha)”

~K.H. Almamnuhin Kholid~

Persembahan

1. Kedua orang tua, adik, dan keluarga besar semua selaku penyemangat utama dalam hidup saya.
2. K.H. Almamnuhin Kholid, Ust. Khoironi dan ustadz-ustadz *ghoiru muqim* Pon-Pes bAl-asror Semarang selaku tauladan bagi hidup saya.
3. Teman-teman santri Pon-Pes Al-asror Semarang dan Teknik mesin UNNNEs senasib dan seperjuangan yang kebersamaan setiap hari.
4. Dosen pembimbing skripsi saya Bapak Drs. Masugino M. Pd dan dosen-dosen teknik mesin lainnya yang memberikan ilmu yang bermanfaat kepada para mahasiswanya

ABSTRAK

Nurtaufik, M. Ihsan. 2020. Pengaruh Waktu *Pack Carburizing* Terhadap Tingkat Kekerasan Dan Perubahan Struktur *Micro* Pada Poros Dengan Bahan Baja VCN 150. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Kata kunci: Baja VCN 150, *pack carburizing*, tingkat kekerasan, perubahan struktur mikro

Kualitas Poros dari hasil pembubutan CNC (*Computer Numerical Control*) dapat ditinjau dari berbagai faktor, salah satunya adalah tingkat kekerasan dan perubahan struktur mikro pada permukaan benda kerja. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi waktu *pack carburizing* terhadap tingkat kekerasan dan perubahan struktur mikro pada baja VCN 150.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Spesimen yang diuji berjumlah 4 buah dalam bentuk silinder dengan dimensi panjang 50 mm dan diameter 20 mm. Salah satu spesimen tanpa *pack carburizing* dan 3 lainnya di *pack carburizing* dengan variasi waktu 2 jam, 4 jam dan 6 jam dengan suhu 900°C didalam oven. Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah statistik deskriptif.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa semakin lama proses *pack carburizing* maka semakin besar persentase kenaikan nilai kekerasan dan perubahan struktur mikro yang dimana semakin bertambahnya waktu maka akan semakin bertambah pula struktur *perlit* pada proses tersebut.

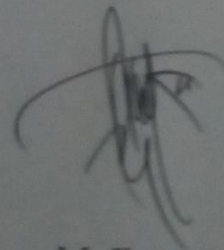
PRAKATA

Segala rasa puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi/TA yang berjudul **“PENGARUH PROSES *PACK CARBURIZING* TERHADAP TINGKAT KEKERASAN DAN PERUBAHAN STRUKTUR *MICRO* PADA POROS DENGAN BAHAN BAJA VCN 150”** Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam yang tak lupa disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumul akhir nanti, Amin. Penyelesaian karya tulis 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. Bapak Dr. Nur Qudus, MT, Dekan Fakultas Teknik, bapak Rusiyanto S. PD, M.T, Ketua Jurusan dan Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Bapak Drs. Masugino M. Pd, sebagai dosen pembimbing dan penguji yang penuh perhatian dan atas berkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini

4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
5. K.H. Almamnuhin Kholid, sebagai pengasuh pondok pesantren Al-Asror Semarang dan selaku tauladan bagi saya yang tidak bosan-bosannya memberikan semangat dan dorongan kepada santri-santrinya untuk menjadi pribadi yang baik dan bermanfaat bagi masyarakat
6. Teman-teman santri pondok pesantren Al-Asror Semarang dan berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis



M. Ihsan Nurtaufik

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL.....	xiv
DAFTAR RUMUS.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
1.6.1 Manfaat Teoritis	6
1.6.2 Manfaat Praktis	6

BAB II. KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASA TEORI.....	8
2.1 Kajian Pustaka.....	8
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 Baja	13
2.2.2 Baja VCN 150	14
2.2.3 Poros	16
2.2.4 Fungsi Poros	17
2.2.5 Chemical heat treatment	18
2.2.6 Penambahan carbon (carburizing)	19
2.2.7 Karburasi padat (pack carburizing)	20
2.2.8 Media carbon dari tempurung kelapa	21
2.2.9 Uji kekerasan benda kerja	22
2.2.10 Pengamatan struktur micro	26
2.2.11 Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C	28
2. 3 Kerangka pikir	32
BAB III. METODE PENELITIAN	34
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	34
3.2 Desain.....	35
3.3 Alat dan bahan penelitian.....	35
3.4 Parameter penelitian.....	35
3.5 Teknik pengumpulan data.....	37
3.5.1 Diagram alir penelitian	37
3.5.2 Persiapan bahan	38

3.5.3	Persiapan alat	38
3.5.4	Pembuatan tabung carburizing	39
3.5.5	Membuat bubuk (powder) Arang tempurung kelapa	39
3.5.6	Membuat raw material specimen	40
3.5.7	Membuat Spesimen Uji Benda Kerja	40
3.5.8	Menguji specimen hasil pac karburizing	41
3.6	Teknik analisis data	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1.	Hasil Penelitian.....	43
4.1.1.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro Vickers.....	43
4.1.2.	Data Hasil Pengamatan struktur micro.....	46
BAB IV PENUTUP		56
5. 1.	Kesimpulan	56
5.2.	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN		60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.7 Komposisi VCN 150.....	15
Tabel 4.1. Data Hasil Nilai Kekerasan Tiap Variasi	44
Tabel 4.2. grafik batang Data Hasil Nilai Kekerasan Tiap Variasi.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2.9 Pengujian Kekerasan <i>Vickers</i> (<i>Kumayasari dan Sultoni 2017</i>)...	25
Gambar 2.2.10 Metallurgical Microscope	27
Gambar 2.2.11 Diagram kesetimbangan Fe-Fe ₃ C (<i>De gamo, 1969</i>).....	29
Diagram 2. 3 Kerangka pikir	33
Gambar 3.5.1 Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3.5.2 Sketsa Benda Kerja Hasil Pembubutan.....	38
Gambar 4.4. Foto Struktur Mikro <i>Raw Material</i>	47
Gambar 4.5. Foto Struktur Mikro bagian pinggir.....	48
Gambar 4.5. Foto Struktur Mikro bagian transisi.....	49
Gambar 4.5. Foto Struktur Mikro bagian tengah	50

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

Simbol	Kepanjangan	Arti	Satuan	Ditulis Pertama Kali pada Halaman
<i>VCN</i>	<i>Vanadium Carbon Nikel</i>	Vanadium Karbon Nikel	-	3
<i>P</i>	Pressure	Gaya tekan	Kg	25
<i>d</i>	Diagonal	Diagonal tampak tekan rata rata	mm	25
<i>a</i>	<i>alfa</i>	Sudut puncak indentor Angka kekerasan vickers	®	25
<i>HV</i>	Hardness Vickers	Kekerasan vickers	P/d ²	25
<i>F</i>	Feeding	Besarnya Pemakanan	mm/rev	40
<i>Cs</i>	<i>Cutting speed</i>	Kecepatan Pemakanan Mesin	meter/menit	40

DAFTAR RUMUS

Rumus angka kekerasan vickers.....	25
Rumus perhitungan kecepatan putar mesin.....	40

DAFTAR LAMIRAN

Lampiran 1. Contoh perhitungan pada Tabel 4.1.	62
lampiran 2. Data hasil pengujian kekerasan <i>vickers</i>	63
Lampiran 3. Surat perizinan penelitian laboratorium	64
Lampiran 4. Spesifikasi Material VCN 150	65
Lampiran 5. Surat bukti penelitian	66

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sangat maju sekarang ini. Mesin-mesin dan transportasi yang dahulu dioperasikan secara manual kini sudah beralih fungsi menggunakan teknologi kontrol secara otomatis, sehingga tenaga manusia akan lebih terbantu dengan adanya teknologi yang canggih tersebut. Bidang pemesinan baik mesin transformasi, perkakas, metalurgi, konstruksi dan sebagainya juga berperan penting pada kegiatan industri. Pengerjaan bidang pemesinan khususnya mesin transformasi. Dengan demikian adanya mesin transportasi akan mempermudah mobilitas manusia.

Oleh karena itu, alat transportasi sudah menjadi suatu kebutuhan pokok. Akan tetapi seiring dengan meningkatnya alat transformasi yang sangat pesat dan krisis energi pada tahun 1970-an dan 1980-an hal tersebut menyebabkan persediaan Bahan Bakar Minyak (BBM) yang ada mulai berkurang. Salah satu solusi untuk mengatasi berkurangnya Bahan Bakar Minyak (BBM) pada saat ini adalah dengan menggunakan bahan bakar bertenaga listrik, salah satunya adalah dengan menggunakan mobil listrik. Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan dengan menggunakan motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya. Mobil listrik sangat populer pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20, tapi kemudian popularitasnya meredup karena teknologi mesin pembakaran dalam yang semakin maju dan harga

kendaraan berbahan bakar bensin yang semakin murah para produsen kendaraan baru menaruh perhatian yang serius pada kendaraan listrik tersebut.

Salah satu komponen yang sangat penting pada mobil listrik yaitu poros sebagai salah satu komponennya, karena pada poros tersebut diperlukan sifat yang keras dan tahan aus pada permukaannya, sedangkan pada bagian inti atau bagian dalamnya tetap dalam keadaan keras dan ulet. Karena hal ini akan berdampak pada ketahanan benda terhadap keausan dan keuletan sesuai setandar atau kebutuhan yang ada. Oleh karena itu perlu adanya proses pembubutan yang baik untuk dapat menghasilkan permukaan yang halus dan presisi. Selain itu, diperlukan juga perlakuan penambahan carbon dan waktu pemanasan yang tepat pada permukaan poros tersebut untuk dapat menghasilkan permukaan yang keras dan kuat.

Carburising adalah proses dimana benda akan dikeraskan pada kulitnya dengan cara penambahan karbon ke permukaan benda, karburising dilakukan dengan cara memanaskan benda kerja dalam lingkungan yang banyak mengandung karboin aktif, sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan baja (Wahid Suherman, 1998: 147). Pada temperature karburising melalui pemanasan pada suhu 750–950°C, media karbon terurai menjadi CO yang selanjutnya terurai menjadi karbon aktif yang dapat berdifusi masuk ke dalam baja dan menaikkan kadar karbon pada permukaan kulit baja. Pada proses perlakuan panas, termasuk karburising selalu mengacu pada diagram fase yang berdasarkan pada karbon dari baja. Baja pada dasarnya adalah paduan besi dan karbon (Fe-C), besi dan karbon selain dapat membentuk larutan padat juga dapat membentuk senyawa karbid besi

(*sementit*, Fe₃C). kita ketahui bahwa carbon memiliki sifat keras tapi getas, sedangkan besi mempunyai sifat ulet. biasanya karburising padat dilakukan dengan cara penambahan karbon pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari bubuk arang. Bahan karburisasi ini biasanya adalah arang tempurung kelapa, arang kokas, arang kayu, arang kulit atau arang tulang pada spesimen.

Salah satu bahan yang tepat untuk proses penambahan karbon tersebut adalah baja VCN 150. Karena, baja jenis ini termasuk dalam golongan machinery steel (baja mesin) dan juga baja VCN 150 juga mempunyai kadar : 0,38% C, 0,20% Si, 0,70% Mn, 1,50% Cr, 96,79% Fe, 0,20% Mo dan 1,64% Ni (Grade Bohler PT. Bohlindo Baja) Yang dimana cocok digunakan untuk bahan pembuatan komponen-komponen mesin seperti poros, rel, roda gigi, baut, ragum dan lainnya. khususnya pada pembuatan poros kendaraan mobil listrik.

Berdasarkan uraian di atas maka perlunya diadakan penelitian mengenai proses penambahan karbon pada permukaan poros (*pack carburizing*) untuk mengetahui tingkat kekerasan dan ketebalan permukaan pada benda kerja baja VCN 150. Untuk itu, penelitian ini mengambil judul “ **PENGARUH WAKTU *PACK CARBURIZING* TERHADAP TINGKAT KEKERASAN DAN PERUBAHAN STRUKTUR *MICRO* PADA POROS DENGAN BAHAN BAJA VCN 150**”.

1. 2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas didapat beberapa permasalahan yang mempengaruhi kekasaran dan ketebalan permukaan benda kerja, diantaranya:

1. *Carburizing* adalah proses pelapisan permukaan baja dengan media carbon melalui pemanasan baja pada suhu 750–950°C untuk menghasilkan hasil yang optimal.
2. Tebal lapisan karbon yang terbentuk pada permukaan baja tergantung pada lama pemanasan yang dilakukan pada baja tersebut, yaitu bervariasi dari 0,5 – 2 mm dengan laju pelapisan 0,1 mm/ jam.
3. Baja VCN 150 adalah jenis baja yang sering dipakai untuk pembuatan komponen mesin seperti poros, rel, roda gigi, baut, ragum dan lainnya.
4. Media carbon yang sering digunakan pada proses carburizing tersebut menggunakan arang dari sisa pembakaran tempurung kelapa

1. 3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi diatas, penulis membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Pada proses *pack carburizing* menggunakan suhu 900°C.
2. Waktu pemanasan dalam oven dengan waktu: 2 jam, 4 jam, dan 6 jam.
3. Material yang digunakan adalah VCN 150 dengan kadar karbon 0,38%.
4. Media karbon yang digunakan yaitu tempurung kelapa.

5. Proses pemanasan dilakukan menggunakan tungku pemanas
6. Metode yang digunakan untuk menguji kekerasan yaitu menggunakan metode *vickers*.
7. Untuk mengetahui perbedaan struktu *micro* benda yaitu menggunakan alat *Metallurgical Microscope*.

1. 4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, perumusan masalah penelitian antara lain:

1. Adakah pengaruh variasi waktu terhadap tingkat kekerasan pada baja VCN 150?
2. Adakah pengaruh waktu perlakuan panas terhadap perubahan struktur *micro* pada poros dengan bahan baja VCN 150?

1. 5 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan permasalahan di atas, maka tujuan penelitian ini untuk mengetahui:

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu *pack carburizing* terhadap tingkat kekerasan pada baja VCN 150.
2. Untuk mengetahui pengaruh *pack carburizing* terhadap perubahan struktur *micro* pada baja VCN 150.

1. 6 Manfaat Penelitian

1. 6. 1 Manfaat Teoritis

- a. Penelitian ini dapat menjadi bahan rujukan bagi peneliti sejenis dalam pengembangan yang lebih baik.
- b. Menambah pengetahuan dan wawasan bagi peneliti tentang proses perlakuan panas dan penambahan karbon terhadap permukaan poros pada komponen mobil listrik.
- c. Menjadi tambahan bahan pustaka bagi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

1. 6. 2 Manfaat praktis dan ekonomis

- a. Memberikan informasi terutama tentang pembuatan komponen mobil listrik pada perlakuan panas dan penambahan karbon permukaan poros.
- b. Sebagai masukan perusahaan industri maupun bengkel yang memiliki mesin bubut CNC dalam hubungannya dengan peningkatan kualitas produk hasil pembubutan.
- c. Sebagai pedoman dalam proses pembubutan dalam dunia industri untuk memberikan ketelitian pengerjaan agar menghasilkan produk dengan tingkat kekasaran dan kekerasan yang optimal.
- d. Memberikan gambaran pengaruh perlakuan panas dan penambahan karbon terhadap tingkat kekerasan poros mobil listrik sehingga dapat mempertimbangkan keuntungan dan kerugian dan juga dapat

mempertimbangkan kebijakan apa yang harus diambil dalam pengerjaan pemesanan pada pembuatan suatu komponen mesin.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2. 1 Kajian Pustaka

Haryadi (2006:8) telah melakukan penelitian tentang “Pengaruh Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja K-460”. Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa Dengan suhu temper semakin tinggi yaitu sebesar 400°C, harga kekerasan sebesar 54 HRC, hasil ini lebih kecil jika dibandingkan dengan suhu temper yang lebih rendah.

Hatta dan Tri (2018:29-34) telah melakukan penelitian tentang “Analisa Pengaruh Heat Treatment Terhadap Kekerasan Mterial Baja S45C Untuk Aplikasi Poros Roda Sepeda Motor”. Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa Semakin tinggi proses pemanasan maka nilai kekerasan semakin meningkat dan media pendingin yang memiliki viskositas yang rendah memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi..

Istiqlaliyah, dkk (2016) telah melakukan penelitian tentang “Pengaruh Variasi Media Karburasi Terhadap Kekerasan Dan Kedalaman Difusi Karbon Pada Baja ST 42”. Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa terdapat perbedaan nilai kekerasan baja St 42 yang telah mengalami proses pack carburizing menggunakan media donor arang kayu jati, arang tempurung kelapa dan grafit. Arang kayu jati menghasilkan kekerasan permukaan sebesar 715,5 HV, arang tempurung kelapa sebesar 815,39 HV, dan grafit sebesar 343,975 HV.

Herlina (2016:01) telah melakukan penelitian tentang “Analisis uji kekerasan baja VCN 150 pada poros baling-baling pisau mesin crusher”. Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa setelah melakukan penelitian dan menganalisis data yang didapatkan, penulis menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh media pendingin terhadap kekerasan material baja VCN 150 pada temperatur 700⁰C tetapi tidak disignifikan.

Hamzah dan Iqbal (2008:06) telah melakukan penelitian tentang “Peningkatan ketahanan aus baja karbon rendah dengan metode *carburizing*” pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa Hasil pengujian keausan menunjukkan bahwa pada proses carburizing dengan temperatur 950⁰C kemudian dilanjutkan dengan proses pengerasan pada temperatur 840⁰C memberikan peningkatan ketahanan aus tertinggi sebesar 836% dibandingkan dengan ketahanan aus raw material.

Gunawan dan Harton (2013:03) telah melakukan penelitian tentang “Pengaruh *pack carburizing* dan kekasaran permukaan terhadap umur fatik material baja S45C”. pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa Kekerasan rata-rata tertinggi dihasilkan pada carburizer arang sirep yaitu 629 HV. Keausan spesifik rata-rata terkecil dicapai pada proses carburizing dengan carburizer arang sirep yaitu $1,625 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$, dan keausan spesifik rata-rata terbesar diperoleh pada proses carburizing media kokas sebesar $1,867 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}$

Nurjayanti, dkk (2013: 01) telah melakukan penelitian tentang “Pengaruh Lama Pemanasan, Pendinginan secara Cepat, dan Tempering 600⁰C terhadap Sifat Ketangguhan pada Baja Pegas Daun AISI No. 9260”. pada penelitian tersebut

menghasilkan bahwa dari hasil uji ketangguhan, diperoleh bahwa sampel yang mengalami proses *tempering* memiliki nilai ketangguhan yang lebih besar dibandingkan dengan sampel asli (belum diberi perlakuan apa-apa) dan sampel yang belum mengalami proses *tempering*.

Hadi, Q. (2010) telah melakukan penelitian tentang “Pengaruh Perlakuan Panas Pada Baja Konstruksi ST Terhadap Distorsi, Kekerasan Dan Perubahan Struktur Mikro”. Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa Struktur mikro yang terjadi pada proses pengerasan akan mengubah struktur dasar baja konstruksi St 37 seperti ferit dan perlit menjadi martensit dan sedikit austenit sisa.

Hassan (2015) telah melakukan penelitian tentang “comparative of wear resistance of low carbon steel pack carburizing using different media. *International Journal of Engineering & Technology*”. Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa himpunan sifat hanya ada pada baja dengan kandungan karbon yang berbeda. Baja karbon rendah mengandung sekitar 0,1% karbon, akan sulit tetapi lunak, sedangkan baja karbon tinggi hanya akan keras..

Putra, dkk. (2015) telah melakukan penelitian tentang “hardness Distribution and Effective Case Depth of Low Carbon Steel After Pack Carburizing Process under Different Carburizer”. Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa secara umum dapat disimpulkan bahwa kekerasan didistribusikan dari permukaan ke inti dengan tingkat kekerasan yang lebih rendah.

Supriyono, (2018) telah melakukan penelitian tentang “the effects of pack carburizing using charcoal on properties of mild steel”. Pada penelitian tersebut

menghasilkan bahwa secara umum, dapat disimpulkan bahwa kekerasan didistribusikan dari permukaan ke inti dengan tingkat kekerasan yang lebih rendah.

Sabri, (2010) telah melakukan penelitian tentang “experimental study of pack carburizing of carbon Steel”. Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa karburisasi paket adalah proses pengemasan bagian dalam media karbon tinggi seperti serbuk karbon atau serutan besi cor dan dipanaskan dalam tungku selama 12 hingga 72 jam pada 900°C (1652°F)

Aramide, dkk (2010) telah melakukan penelitian tentang “pack carburization of mild steel, using pulverized bone as carburizer: Optimizing process parameters”. Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa Kekakuan baja ringan meningkat oleh proses karburisasi, tetapi menurun dengan meningkatnya suhu karburisasi.

Mujiyono dan Sumowidagdo (2008) telah melakukan penelitian tentang “Meningkatkan Efektifitas Karburisasi Padat pada Baja Karbon Rendah dengan Optimasi Ukuran Serbuk Arang Tempurung Kelapa”. Pada penelitian tersebut menghasilkan bahwa serbuk tempurung kelapa dengan ukuran antara 250 hingga 600 μm dapat digunakan untuk proses karburisasi padat pada Baja Karbon Rendah. Dengan waktu karburisasi padat selama 4 jam, maka akan terjadi difusi Karbon hingga kedalaman 1200 μm dan kekerasan permukaan baja meningkat 250% dari kekerasan semula

2. 2 Landasan Teori

2. 2. 1 Baja

Baja merupakan besi yang mempunyai kandungan karbon (C) antara 0,02 - 2,11 %. Adapun jenis- jenis baja antara lain:

1. Menurut penggunaannya; baja konstruksi, baja mesin, baja pegas, baja ketel, baja, perkakas, dan lainnya.
2. Menurut kekuatannya ; baja kekuatan lunak, baja kekuatan tinggi
3. Menurut komposisi kimianya; baja karbon, baja paduan rendah, baja paduan tinggi, dan lainnya. Berikut baja karbon menurut komposisi kimianya :

1) *Low carbon steel*

Baja ini memiliki kadar karbon sampai 0,2 %, sangat luas penggunaannya, sebagai baja konstruksi umum, untuk baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur baut, pelat, pipa dan lain-lain. Baja ini kekuatannya relatif rendah, lunak, tetapi keuletannya liuggi, mudah dibentuk dan dimachining. Baja ini tidak dapat dikeraskan.

2) *Medium carbon steel*

Baja ini memiliki kadar karbon 0,25-0,55 %, lebih kuat dan keras, dan dapat dikeraskan. Penggunaannya hampir sama dengan *low carbon steel*, digunakan untuk yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi. Juga banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin, untuk poros, roda gigi, dan lainnya.

3) *High carbon steel*

Baja ini memiliki kadar karbon lebih dari 0,55 %, lebih kuat dan lebih keras lagi, tetapi keuletan dan ketangguhannya rendah. Baja ini terutama digunakan

untuk perkakas, yang biasanya memerlukan sifat tahan aus, misalnya untuk mata bor, hamer, tap dan perkakas tangan yang lain.

4) *Low alloy steel*

Baja paduan dengan kadar unsur paduan rendah (kurang dari 10 %), mempunyai kekuatan dan ketangguhan lebih tinggi daripada baja karbon dengan kadar karbon yang sama atau mempunyai keuletan lebih tinggi daripada baja karbon dengan kekuatan yang sama. *Hardenability* dan sifat tahan korosi pada umumnya lebih baik. Banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin.

5) *High alloy steel*

Baja paduan dengan kadar unsur paduan tinggi, mempunyai sifat khusus tertentu, baja tahan karat (*stainless steel*), baja perkakas (*tool steel*, misalnya *High Speed Steel* atau HSS), baja tahan panas (*heat resisting steel*) dan lain-lain.

2. 2. 2 Baja VCN 150 (*Vanadium Carbon Nikel tipe 150*)

VCN adalah produk baja paduan rendah kekuatan tinggi (*High strength low Alloy- HSLA steel*) keluaran *Bohler* yaitu yang elevelan dengan standard *Europe EN 25* atau nama jermannya *DIN 34cr*. Sedangkan perbedaan VCN dan material lainnya adalah terletak pada kandungan Cr nya yang lebih tinggi (Herlina, 2016).

Bahan penelitian ini adalah baja V-155 (VCN 150) yang mana baja ini termasuk dalam golongan *machinery steel* (baja mesin). Baja V-155 mempunyai kadar sebagai berikut:

Tabel 2.7 Komposisi VCN 150 (Grade Bohler PT. Bohlindo Baja).

C	Si	Mn	Cr	Fe	Mo	Ni
0,38 %	0,20%	0,70%	1,50%	96,79 %	0,20%	1,64%

Menurut Herlina (2016) pengaruh unsur paduan dalam baja adalah unsur campuran. Unsur campuran adalah unsur yang sangat penting dalam pembuatan baja, jumlah persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang amat besar terhadap sifatnya. Adapun Penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Unsur Karbon (C)

Unsur ini menaikkan besaran kekuatan bengkok, tekan dan takik, tetapi menurunkan keliatan dan kemampuan tarik, kemampuan tempa dan las, sifat penghantar listrik dan panas. Penurunan keliatan akibat bertambahnya kadar C yang diikuti dengan naiknya kekerasan dapat diikuti dengan perlakuan panas.

2. Silisium (Si)

Unsur ini menurunkan kemampuan perubahan bentuk dingin oleh karena itu hanya diijinkan 0,2% Si. Si meningkatkan sifat tahan listrik dan digunakan di lempeng dinamo.

3. Mangan (Mn)

Unsur ini dapat menaikkan kekuatan dengan menurunkan kecepatan pendinginan kritis yang diperlukan untuk memperoleh struktur martensit. Penambahan unsur mangan didalam baja paduan menambah kekuatan dan ketahanan panas baja paduan itu serta penampilan yang lebih bersih dan berkilat

4. Krom (Cr)

Unsur ini memberikan kekuatan dan kekerasan baja meningkat serta tahan karat dan tahan aus. Penambahan unsur kromium biasanya diikuti dengan penambahan nikel. Biasanya baja paduan ini digunakan untuk bahan poros dan roda gigi.

5. Molibdenum (Mo)

Penambahan molibdenum akan memperbaiki baja karbon menjadi tahan terhadap suhu yang tinggi, liat, dan kuat. Untuk baja-baja perkakas Mo dapat menggantikan Wolfram (W). Baja paduan ini biasa digunakan sebagai bahan untuk membuat alat-alat potong, misalnya pahat.

6. Nikel (Ni)

Nikel mempertinggi kekuatan dan regangannya sehingga baja paduan ini menjadi liat dan tahan tarikan serta tahan karat atau korosi. Oleh karena itu, baja paduan ini biasa digunakan untuk membuat sudu-sudu turbin, roda gigi, bagian-bagian mobil dan sebagainya.

2. 2. 3 Poros

Poros adalah suatu bagian stasioner pada mesin yang berputar, biasanya berpenampang bulat dimana terpasang elemen-elemen lain seperti roda gigi (*gear*), *pulley*, *flywheel*, engkol, *sprocket* dan elemen pemindah lainnya. Poros juga dapat menerima beban lenturan, beban tarikan, beban tekan atau beban puntiran yang bekerja sendiri-sendiri atau berupa gabungan satu dengan lainnya.

2. 2. 4 Fungsi Poros

Poros dalam sebuah mesin berfungsi untuk meneruskan tenaga bersama-sama dengan sebuah putaran. Setiap elemen mesin yang berputar, seperti cakara tali, puli sabuk mesin, piringan kabel, tromol kabel, roda jalan dan roda gigi, dipasang berputar terhadap poros dukung yang tetap atau dipasang tetap pada poros dukung yang berputar. Contohnya sebuah poros dukung yang berputar, yaitu poros roda keran pemutar gerobak. Berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pembuatan poros:

1. Kekuatan Poros, Poros transmisi akan menerima beban puntir (*twisting moment*), beban lentur (*bending moment*) ataupun gabungan antara beban puntir dan lentur. Dalam perancangan poros perlu memperhatikan beberapa faktor, misalnya: kelelahan, tumbukan dan pengaruh konsentrasi tegangan bila menggunakan poros bertangga ataupun penggunaan alur pasak yang dimana terdapat pada poros tersebut. Poros yang dirancang tersebut harus cukup aman untuk menahan beban-beban tersebut.
2. Kekakuan Poros, meskipun sebuah poros mempunyai kekuatan yang cukup aman dalam menahan pembebanan tetapi jika adanya lenturan atau defleksi yang terlalu besar akan mengakibatkan ketidaktelitian (pada mesin perkakas), getaran mesin (*vibration*) dan suara (*noise*). Oleh karena itu, disamping memperhatikan kekuatan poros, kekakuan poros juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan jenis mesin yang akan ditransmisikan dayanya dengan menggunakan poros tersebut.

3. Putaran Kritis, bila putaran mesin dinaikan maka akan menimbulkan getaran (*vibration*) pada mesin tersebut. Batas poros antara putaran mesin yang mempunyai jumlah putaran normal dengan putaran mesin yang menimbulkan getaran yang tinggi disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor bakar, motor listrik, dll. Selain itu, timbulnya getaran yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jadi dalam perancangan poros perlu mempertimbangkan putaran kerja dari poros tersebut agar lebih rendah dari putaran kritisnya.

4. Material Poros, poros yang biasa digunakan untuk putaran tinggi dan beban yang sangat berat pada umumnya dibuat dari baja paduan (*alloy steel*) dengan proses pengerasan kulit (*case hardening*) sehingga tahan terhadap keausan. Beberapa diantaranya adalah jenis baja khrom nikel.

2. 2. 5 Chemical heat treatment

Chemical heat treatment pada baja merupakan proses pemanasan baja dengan menambahkan zat-zat tertentu saat pemanasan, kemudian didinginkan. *Chemical heat treatment* ini dapat berupa (1) *carburizing*, (2) *nitriding*, (3) *cyaniding* atau *carbonitriding*, dan (4) *diffusion coating*. *Carburizing* adalah proses pelapisan permukaan baja dengan karbon melalui pemanasan baja pada suhu 750–950°C. Karbon yang digunakan dapat berbentuk serbuk padat, cair atau gas. Tebal lapisan karbon yang terbentuk pada permukaan tergantung pada lama pemanasan yang dilakukan, yaitu bervariasi dari 0,5 – 2 mm dengan laju pelapisan 0,1 mm / jam. Proses *carburizing* ini akan menaikkan kadar karbon pada lapisan permukaan baja

sekitar 0,75 – 1,20%. Proses carburizing tidak dapat dilakukan pada sembarang baja, tergantung pada kadar karbon yang terdapat di dalam baja tersebut dan umumnya proses carburizing dilakukan pada baja karbon rendah.

2. 2. 6 Penambahan Karbon (*Carburizing*)

Penambahan karbon pada baja dilakukan menggunakan tiga cara yaitu: proses *solid* atau *pack carburizing*, proses *liquid carburizing* dan proses gas *carburizing*. Proses *pack carburizing* didefinisikan sebagai proses pelapisan permukaan baja dengan karbon padat di dalam kotak tertutup rapat, diikuti dengan pemanasan di atas temperatur suhu kritis. Karbon padat yang biasa digunakan umumnya berupa arang kayu atau kokas, walaupun tidak menutup kemungkinan penggunaan dari sumber karbon lainnya. *Liquid carburizing* (karburasi cair), yaitu baja dipanaskan di atas temperatur A_{c1} dalam dapur garam *cyanida* sehingga karbon dan sedikit nitrogen dapat berdifusi ke dalam lapisan luar. Proses ini mirip dengan *cyanida*, hanya disini kulit luar mempunyai kandungan karbon yang lebih tinggi dan nitrogennya lebih rendah. *Gas carburizing* (karburasi gas), adalah penambahan karbon yang dilakukan dengan menggunakan media gas seperti gas alam atau hidro-karbon dan propan (gas karbit). Metode ini digunakan untuk penambahan karbon untuk komponen mesin yang berukuran kecil yang dapat didinginkan langsung setelah pemanasan dalam dapur.

2.2.7 Karburasi Padat (*Pack Carburizing*)

Pack Carburizing adalah proses perlakuan panas dimana proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisis dan mekanis logam tersebut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dikurangi, besar butir yang dapat diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet. Laju pendinginan merupakan salah satu faktor pengendali, dimana pendinginan yang lebih cepat dari pada pendinginan kritis akan menghasilkan struktur yang keras sedangkan pendinginan yang lambat akan menghasilkan struktur yang lebih lunak. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, maka komposisi kimia baja harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya unsur karbon dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat fisis dan sifat mekanis spesimen.

Secara umum selain unsur karbon baja mengandung nikel (Ni), khromium (Cr), mangan (Mn), molybdenum (Mo), tungsten/wolfram (W), silikon (Si), vanadium (V), tembaga (Cu), belerang (S), seng (Sn) dan fosfor (P) dengan kadar yang berbeda-beda satu sama lainnya. Kandungan karbon dari setiap jenis arang adalah berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon dalam arang, maka penetrasi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula. Bahan karbonat ditambahkan pada arang untuk mempercepat proses karburisasi. Bahan tersebut berupa barium karbonat (BaCO_3) dan soda abu (NaCO_3) yang ditambahkan bersama-sama dalam 10 – 40 % dari berat arang (Y. Lakhtin, 1975: 255).

Komponen dan struktur yang terbuat dari baja mempunyai permasalahan bukan hanya dalam soal kekerasan, keuletan atau ketangguhan saja, tetapi juga dalam hal kelelahan yang disebabkan oleh keausan permukaan benda kerja karena adanya tegangan bolak-balik dan tegangan lengkung. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu memberikan kekerasan pada permukaan komponen, yaitu dapat dilakukan dengan pengarbonan, penitrasi arus frekuensi tinggi atau nyala api dan sebagainya.

2. 2. 8 Media carbon tempurung kelapa

Indonesia adalah salah satu negara penghasil kelapa yang utama di dunia. Luas areal tanaman kelapa pada tahun 2000 mencapai 3,76 juta ha, dengan total produksi diperkirakan sebanyak 14 milyar butir kelapa, yang sebagian besar (95%) merupakan perkebunan milik rakyat. Kelapa mempunyai nilai dan peran yang penting baik ditinjau dari segi aspek ekonomi maupun sosial budaya. Pemanfaatan buah kelapa umumnya hanya daging buahnya saja untuk dijadikan kopra, minyak dan santan untuk keperluan rumah tangga, sedangkan hasil sampingan lainnya seperti tempurung kelapa belum begitu banyak untuk dimanfaatkan.

Salah satu produk yang dapat dibuat dari tempurung kelapa adalah pembuatan arang tempurung kelapa yang pada proses selanjutnya akan diolah diolah menjadi arang aktif. Jadi arang tempurung kelapa merupakan bahan baku untuk industri arang aktif. Pembuatan arang tempurung ini belum banyak yang melakukannya, padahal potensi bahan baku, penggunaan dan potensi pasar cukup besar.

Tempurung kelapa mengandung karbon yang sangat baik, tidak heran dari segi pemesinan tempurung kelapa sering digunakan sebagai media carbon dari sebuah proses penambahan carbon (*carburizing*), Yang dimana pada proses tersebut specimen akan diberikan perlakuan panas dengan dimasukan kedalam wadah yang telah dicampur dengan media carbon tertentu untuk mengetahui tingkat kekerasan dan ketebalan specimen setelah dilakukannya proses karburizing tersebut.

2. 2. 9 Uji Kekerasan benda kerja

Uji kekerasan adalah sebagai ketahanan material tersebut terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Penekanan tersebut dapat berupa mekanisme penggoresan (*stratching*), pantulan ataupun indentasi dari material terhadap suatu permukaan benda uji.

2. 2. 9. 1 Pengerasan Permukaan (*surface hardening*)

Komponen mesin yang saling bergesekan dengan pasangannya pada saat mencapai fungsi rakitan (*assembling*), membutuhkan bagian permukaan yang keras dan tahan aus. Namun juga memerlukan bagian inti yang ulet agar mampu menerima beban dinamis. Sifat material seperti ini dapat diperoleh melalui pengerasan permukaan. Pengerasan permukaan terhadap material baja dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu :

1. Pengerasan permukaan pada material baja yang mengandung serendah-rendahnya 0,35 % karbon. Baja ini telah memenuhi syarat untuk dikeraskan secara langsung. Pemanasan pada temperatur pengerasan dilakukan dengan cepat, agar

panas tersebut hanya mencapai kedalaman permukaan yang tipis. Selanjutnya dilakukan proses pendinginan kejut agar dicapai struktur martensit hanya pada permukaannya saja dan intinya masih tetap ulet.

2. Pengerasan permukaan pada material baja yang mengandung setinggitingginya 0,2 % karbon. Baja ini termasuk ke dalam kelompok baja karbon rendah, yang tidak bisa langsung dikeraskan. Penambahan unsur karbon dibutuhkan agar jumlah kandungannya meningkat sehingga memenuhi syarat permukaannya saja, karena hal ini tergantung pada hasil difusi karbon kedalam struktur baja (Alois dkk, 1985). Pengerasan permukaan pada material baja karbon rendah dapat dilakukan melalui cara sebagai berikut :

(a) Karburasi (*carburizing*), adalah memanaskan baja di atas temperatur A_{c3} dalam lingkungan yang mengandung karbon. Baja pada sekitar temperatur kritis mempunyai afinitas terhadap baja karbon. Karbon diabsorpsi ke dalam logam membentuk larutan padat dengan baja dan lapisan luar memiliki karbon kadar tinggi. Bila dibiarkan lebih lama, karbon akan mempunyai kesempatan untuk berdifusi ke bagian lebih dalam dari benda kerja. Tebal lapisan tergantung pada waktu dan temperatur perlakuan panas pada benda tersebut.

(b) *Karbonitriding*, adalah memanaskan baja di atas temperatur kritis didalam lingkungan gas dan terjadi penyerapan karbon dan nitrogen. Gas amonia atau gas yang kaya akan karbon bisa digunakan untuk proses ini.

(c) *Cyaniding*, adalah proses memasukan baja kedalam dapur yang mengandung garam *cyanida natrium*, temperaturnya sedikit diatas daerah A_{c1} . Waktu penahanan pemanasan tergantung pada permukaan yang akan dikeraskan.

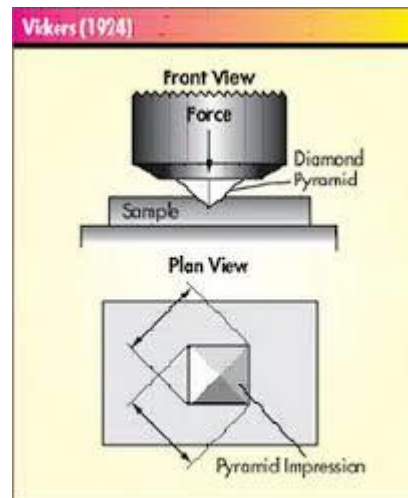
Selanjutnya baja dimasukkan ke pendingin air atau minyak untuk mendapatkan permukaan yang keras.

(d) *Nitriding*, adalah memanaskan logam sampai sekitar suhu 510° C didalam lingkungan gas amonia selama beberapa waktu. Nitrogen yang diserap oleh logam akan membentuk nitrida keras yang menyebar merata pada permukaan logam tersebut.

2. 2. 9. 2 Metode Pengujian Kekerasan

Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*), dalam hal ini bidang keilmuan yang berperan penting mempelajarinya adalah Ilmu Bahan Teknik (*Metallurgy Engineering*). Kekerasan diartikan juga sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Didunia teknik, umumnya pengujian kekerasan menggunakan **metode pengujian kekerasan Vickers**.

Pengujian kekerasan Vickers ini juga didasarkan kepada penekanan sebuah indentor dengan suatu gaya tekan tertentu kepermukaan yang rata dan bersih dari suatu logam yang diuji kekerasannya. Setelah gaya tekan dikembalikan ke gaya minor maka yang dijadikan dasar perhitungan nilai kekerasan rockwell bukanlah hasil pengukuran diameter ataupun diagonal bekas lekukan tetapi justru “dalamnya bekas lekukan yang terjadi itu”.



Gambar 2.2.9 Pengujian Kekerasan Vickers (Kumayasari dan Sultoni 2017)

Inilah cara rockwell dibandingkan dengan cara pengujian kekerasan lainnya. Angka kekerasan vickers dihitung dengan :

$$HV = 1,854 P/d^2$$

Dimana :

P = gaya tekan (kg)

d = diagonal tampak tekan rata rata (mm)

α = sudut puncak indenter = 136^0

hasil pengujian kekerasan vickers ini tidak akan bergantung pada besar gaya tekan (tidak seperti pada Brinell), dengan gaya tekan yang berbeda akan menunjukkan hasil yang sama untuk bahan yang sama. dengan demikian vickers dapat mengukur kekrasan bahan mulai dari yang sangat lunak (5 kg/mm^2) sampai yang amat keras (1500 kg/mm^2) tanpa perlu mengganti gaya tekan.

2. 2. 10 Structur *micro*

Sifat-sifat fisis dan mekanik dari material tergantung dari struktur mikro material tersebut. Struktur mikro dalam logam (paduan) ditunjukkan dengan besar, bentuk dan orientasi butirnya, jumlah fasa, proporsi dan kelakuan dimana mereka tersusun atau terdistribusi. Struktur mikro dari paduan tergantung dari beberapa faktor seperti, elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan. Pengujian struktur mikro atau mikrografi benda kerja dilakukan dengan bantuan mikroskop metalurgi dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi. Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur mikro adalah:

a. *Sectioning* (Pemotongan)

Pemotongan ini dipilih sesuai dengan bagian yang akan diamati struktur mikronya. Spesimen uji dipotong dengan ukuran seperlunya.

b. *Grinding* (Pengamplasan kasar)

Tahap ini untuk menghaluskan dan meratakan permukaan spesimen uji yang ditujukan untuk menghilangkan retak dan goresan. Grinding dilakukan secara bertahap dari ukuran yang paling kecil hingga besar.

c. *Polishing* (Pemolesan)

Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan permukaan spesimen yang mengkilap, tidak boleh ada goresan. Pada tahap ini dilakukan dengan menggunakan kain yang telah diolesi autosol.

Hasil yang baik dapat diperoleh dengan memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

1) Pemolesan

Pemolesan sebaiknya dilakukan dengan satu arah agar tidak terjadi goresan.

2) Penekanan

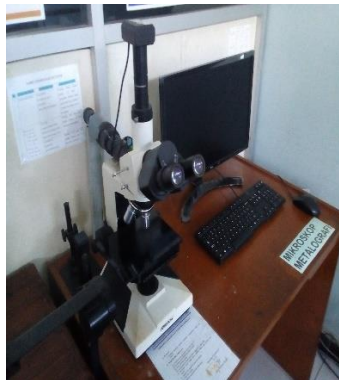
Pengamplasan pada mesin amplas jangan terlalu ditekan. Apabila terlalu ditekan maka arah dan posisi pemolesan dapat berubah dan kemungkinan terjadi goresan-goresan yang tidak teratur.

d. Etching (Pengetsaan)

Hasil dari proses pemolesan akan berupa permukaan yang mengkilap seperti cermin. Agar struktur terlihat jelas maka permukaan tersebut dietsa. Dalam pengetsaan jangan terlalu kuat karena akan terjadi kegosongan pada benda uji.

e. Pemotretan

Pemotretan digunakan untuk mendapatkan gambar dari struktur mikro dari spesimen uji setelah difokuskan dengan mikroskop.



Gambar 2.2.10 *Metallurgical Microscope*

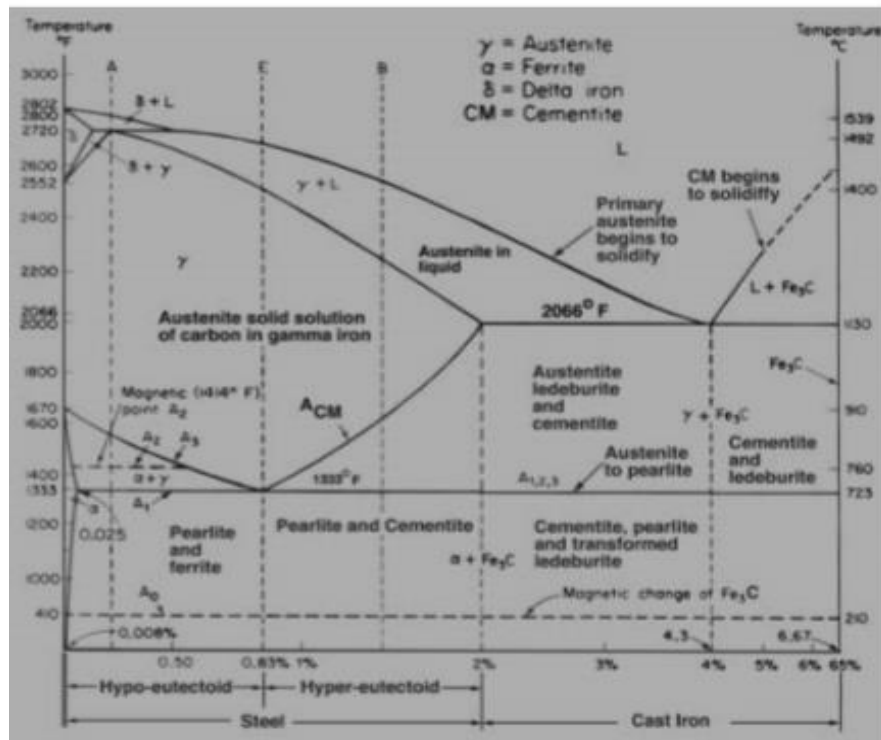
(sumber: dokumen pribadi)

2.2.11 Diagram Fasa Fe-Fe₃C

Diagram keseimbangan fasa besi-besi karbida dihasilkan pada proses pendinginan lambat. Baja dan besi tuang yang ada kebanyakan berupa paduan besi dengan karbon, dimana karbon pada besi tersebut berupa senyawa interstisial (sementit). Sementit merupakan struktur logam yang stabil. Selain unsur karbon pada besi dan baja terkandung kurang lebih 0,25% Si, 0,3% 1,5% Mn serta unsur pengotor lain seperti P, dan S. Karena unsur-unsur tadi tidak digunakan dengan menghiraukan adanya unsur-unsur tersebut. Melalui diagram keseimbangan Fe-Fe₃C secara garis besar baja dapat juga dikelompokkan sebagai berikut:

1. Baja hypoeutectoid dengan kandungan karbon 0,008%-0,80%.
2. Baja eutectoid dengan kandungan karbon 0,8%.
3. Baja hypereutectoid dengan kandungan karbon 0,8%-2%.

Diagram fasa Fe-Fe₃C sangat penting dibidang metalurgi karena bermanfaat dalam menggambarkan perubahan-perubahan fasa pada baja seperti pada Gambar 2.2.11



Gambar 2.2.11 Diagram kesetimbangan Fe-Fe₃C (De gamo, 1969).

Pada Gambar 2.2.11 ditampilkan diagram kesetimbangan Fe-Fe₃C, fasa-fasa yang terdapat pada diagram diatas dapat dijelaskan seperti berikut: A1 adalah temperatur reaksi eutectoid yaitu perubahan fasa γ menjadi α +Fe₃C (perlit) untuk baja hypoeutectoid. A2 adalah titik currie (pada temperatur 769°C), dimana sifat magnetik besi berubah dari feromagnetik menjadi paramagnetik. A3 adalah temperatur transformasi dari fasa γ menjadi α (ferit) yang ditandai pula dengan naiknya batas kelarutan karbon seiring dengan turunya temperatur. Acm adalah temperatur transformasi dari fasa γ menjadi Fe₃C (sementit) yang ditandai pula dengan penurunan batas kelarutan karbon seiring dengan turunya temperatur. sedangkan pada A123 adalah temperatur transformasi γ menjadi α +fe₃C (perlit) untuk baja hypereutecoid.

Beberapa fasa yang sering ditemukan dalam baja karbon, yaitu:

1. Austenite

Austenite adalah campuran besi dan karbon yang terbentuk pada pembekuan, pada proses pendinginan selanjutnya austenite berubah menjadi ferit, perlit dan sementit. Sifat Austenite adalah lunak, lentur dengan keliatan tinggi. Kadar karbon maksimum sebesar 2,14%.

2. Ferit

Ferit ini disebut alpha (α), ruang antar atomnya kecil dan rapat sehingga hanya sedikit menampung atom karbon. Oleh sebab itu daya larut karbon dalam ferit rendah kurang dari 1 atom karbon per 1000 atom besi. Pada suhu ruang, kadar karbonnya 0,008% sehingga dapat dianggap besi murni. Kadar maksimum karbon sebesar 0,025%, pada suhu 723°C. Ferit bersifat magnetik sampai suhu 768°C. Ferit lunak dan liat, kekerasan dari ferit berkisar antara 140-180 HVN (Vicker Hardness Number).

3. Perlit

Fasa ini merupakan campuran mekanis yang terdiri dari dua fasa, yaitu ferit dengan kadar karbon 0,025% dan sementit alam bentuk lamelar (lapisan) dengan kadar karbon 6,67% yang berselang-seling rapat terletak bersebelahan. Jadi perlit merupakan struktur mikro. Kekerasan dari perlit kurang lebih berkisar antara 180-250 HVN.

4. Bainit

Bainit merupakan fasa yang terjadi akibat transformasi pendinginan yang sangat cepat pada fasa austenite ke suhu antara 250°C- 550°C dan ditahan pada suhu tersebut (isothermal). Bainit adalah struktur mikro campuran fasa ferit dan sementit (Fe₃C). Kekerasan bainit kurang lebih berkisar antara 300-400 HVN (Vicker Hardness Number).

5. Martensit

Martensit merupakan fasa dimana ferit dan sementit bercampur, tetapi bukan dalam lamellar, melainkan jarum-jarum sementit. Fasa ini terbentuk dari austenite stabil didinginkan dengan laju pendinginan cepat. Terjadinya hanya presipitasi Fe₃C unsur paduan lainnya tetapi larut transformasi isothermal pada 260°C untuk membentuk dispersi karbida yang halus dalam matriks ferit. Martensit bilah (lath martensite) terbentuk jika kadar karbon dalam baja sampai 0,6% sedangkan di atas 1% C akan terbentuk martensit pelat (plate martensite). Perubahan dari tipe bilah ke pelat terjadi pada interval 0,6% C1,08%. Kekerasan dari martensit lebih dari 500 HVN.

6. Sementit (karbida besi)

Pada paduan besi melebihi batas daya larut membentuk fasa kedua yang disebut karbida besi (sementit). Karbida besi mempunyai komposisi kimia Fe₃C. Dibandingkan dengan ferit, sementit sangat keras. Karbida besi dalam ferit akan meningkatkan kekerasan baja. Akan tetapi karbida besi murni tidak liat, karbida

ini tidak dapat menyesuaikan diri dengan adanya konsentrasi tegangan, oleh karena itu kurang kuat. Kekerasan sementit adalah 800 HVN (Surdia, 1999)

3. 3 Kerangka pikir

Kerangka pikir merupakan arahan untuk mendapatkan jawaban atas permasalahan yang sedang diteliti. Berdasarkan kajian pustaka dan kajian teori yang ada dalam kaitannya dengan penelitian eksperimental berjudul **“PENGARUH WAKTU PACK CARBURIZING TERHADAP TINGKAT KEKERASAN DAN PERUBAHAN STRUKTUR *MICRO* PADA POROS DENGAN BAHAN BAJA VCN 150”**. Yang dimana terdapat 3 variabel yaitu: pengaruh waktu *pack carburizing* sebagai variabel bebas, tingkat kekerasan dan perubahan struktur *micro* sebagai variabel terikat,serta suhu pemanasan dan arang tempurung kelapa sebagai variabel kontrol. Suatu komponen mesin contohnya poros membutuhkan tingkat kekasaran yang rendah dan optimal, tingkat kekasaran permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya perlakuan panas dan penambahan karbon.

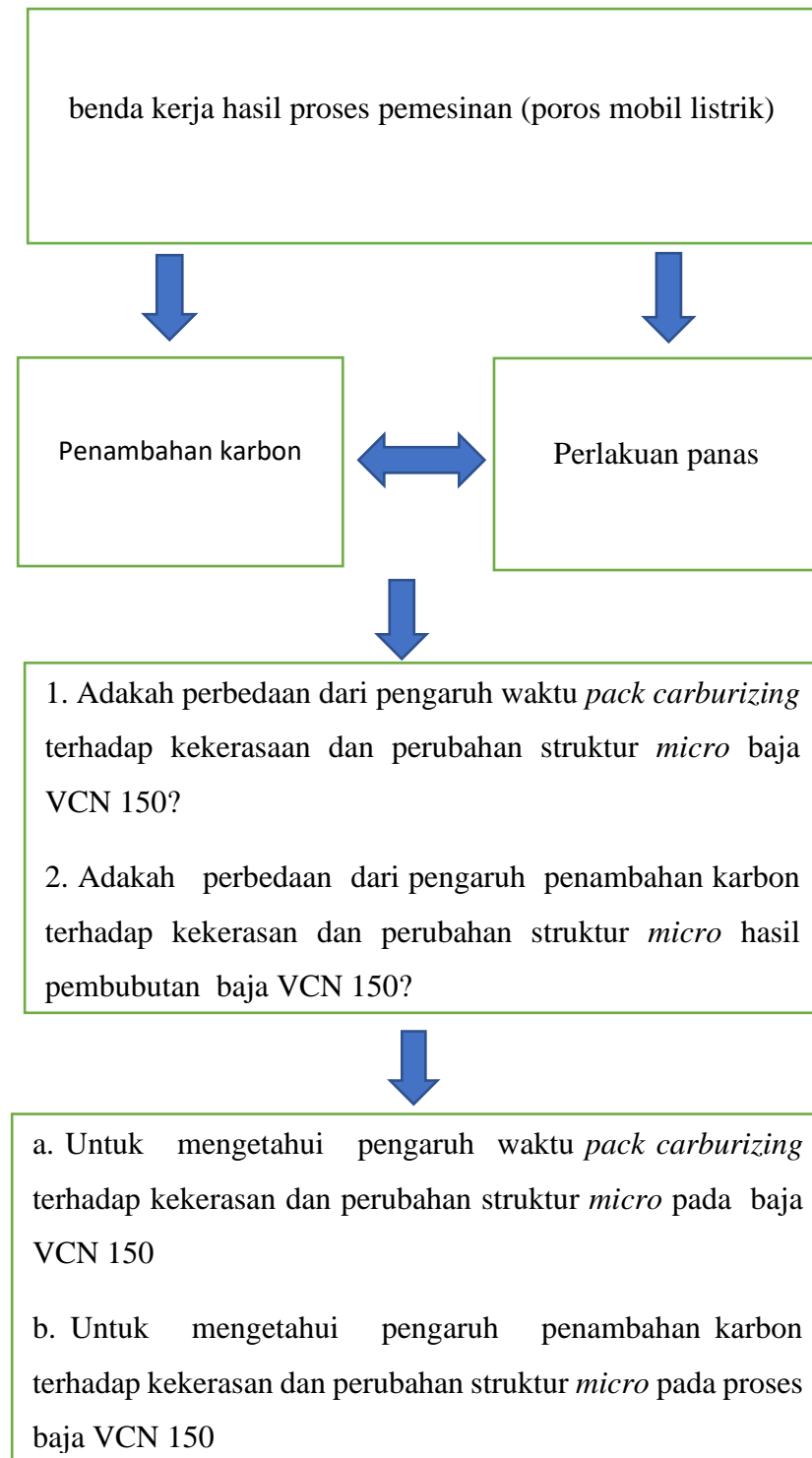


Diagram 2. 3 Kerangka Pikir

BAB V

PENUTUP

5. 1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilaksanakan, dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan nilai kekerasan pada baja jenis VCN 150 akibat variasi waktu pada proses carburizing. Data nilai kekerasan spesimen yang dicarburizing dengan variasi waktu 2 jam, 4 jam, dan 6 jam secara berturut-turut adalah 394,2 Kg/mm², 397,4 Kg/mm², dan 417,2 Kg/mm² (spesimen *raw material* 368,4 Kg/mm²). Besarnya persentase kenaikan nilai kekerasan kelompok spesimen yang telah mengalami proses *pack carburizing* berturut-turut sebesar 7%, 7,87%, dan 13, 24%. Variasi waktu 6 jam memberikan peningkatan nilai kekerasan paling tinggi dibandingkan dengan penggunaan katalis kalium karbonat dan natrium karbonat.

2. Terjadi perubahan struktur mikro baja jenis akibat variasi waktu pada proses *carburizing*. Keadaan ini terlihat dari hasil foto struktur mikro dimana ada pertumbuhan struktur perlit pada masing-masing *specimen*. pertumbuhan struktur perlit mulai terlihat dari *specimen* yang *dicarburizing* dengan variasi waktu 2 jam, struktur perlit mulai berbentuk butiran-butiran hitam yang mendominasi. Pada *specimen* dengan variasi waktu 4 jam terjadi hal yang sama dengan spesimen dengan variasi waktu 2 jam akan tetapi lebih mendominasi lapisan perlitnya,

walaupun struktur martensit sudah terbentuk, namun struktur *ferrit* masih terlihat jelas. Sedangkan pada spesimen yang telah dicarburizing dengan variasi 6 jam memiliki struktur perlit lebih besar dan struktur *ferrit* lebih kecil dari spesimen yang lain.

5.2. Saran

Setelah menganalisa hasil eksperimen terhadap nilai kekerasan dan perubahan struktur mikro pada poros, ada beberapa hal yang perlu disarankan guna memperbaiki dan mengoptimalkan hasil penelitian ini. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Penggunaan bahan tambah (katalis) pada proses *carburizing* agar mendapatkan hasil kekerasan yang optimal direkomendasikan menggunakan barium karbonat (BaCO_3) dengan suhu carburizing 750-900 %.
2. Bagi penelitian selanjutnya:
 - a. Guna memperoleh penelitian agar lebih bagus hendaknya melakukan eksperimen untuk mengetahui seberapa besar ketahanan aus akibat perubahan variasi waktu pada proses *carburizing* dan lain sebagainya.
 - b. Memperhatikan jenis katalis lain yang akan digunakan selain waktu, media karbonasi dan suhu/temperatur yang tidak dibahas dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Haryadi, G. D. 2006. Pengaruh suhu tempering terhadap kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja K-460. *ROTASI*, 8(2), 1-8.
- CATUR PRASETYO, HATTA., & HARTUTUK NINGSIH, TRI. 2018. Analisa Pengaruh Heat Treatment Terhadap Kekerasan Material Baja S45C Untuk Aplikasi Poros Roda Sepeda Motor. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2).
- Istiqlalayah, H., & Baihaqi, M. 2016. Pengaruh Variasi Media Karburasi Terhadap Kekerasan Dan Kedalaman Difusi Karbon Pada Baja ST 42. *Prosiding Seniati*, 138-A.
- Herlina, F., Firman, M., & Najib, M. 2016. Analisa Uji Kekerasan Baja VCN 150 Pada Poros Baling-baling Pisau Mesin Crusher. *AL-JAZARI JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN*, 1(1).
- Gunawan, S., & Harton, S. B. 2015. Analisis Pengaruh Media Pack Carburizing Terhadap Keausan Dan Kekerasan Sproket Sepeda Motor. *TRAK SI*, 15(2).
- Hamzah, M. S., & Iqbal, M. 2017. Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah Dengan Metode Carburizing. *SMARTek*, 6(3).
- 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 studi magister Universitas Diponegoro. Semarang.
- Nitha. 2018. Pengaruh proses *pack carburizing* arang tulang kerbau terhadap sifat mekanik baja karbon. Tesis. program studi teknik mesin Universitas Hasanudin. makasar.
- Mujiyono, M., & 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.
- Hadi, Q. 2010. "Pengaruh Perlakuan Panas Pada Baja Konstruksi ST 37 Terhadap Distorsi, Kekerasan Dan Perubahan Struktur Mikro. In *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin SNTTM ke-9*.
- Hassan, K. S. 2015. Comparative of wear resistance of low carbon steel pack carburizing using different media. *International Journal of Engineering & Technology*, 4(1), 71.

- Putra Negara, D. N. K., Muku, I. D. M. K., Sugita, I., Astika, I., Mustika, I. W., & Prasetya, D. G. R. (2015). Hardness Distribution and Effective Case Depth of Low Carbon Steel After Pack Carburizing Process under Different Carburizer. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 776, pp. 201-207). Trans Tech Publications Ltd.
- Supriyono, S. 2018. THE EFFECTS OF PACK CARBURIZING USING CHARCOAL ON PROPERTIES OF MILD STEEL. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 19(1).
- Sabri, H. A. B. A. 2010. Experimental study of pack carburizing of carbon Steel. Bachelor of engineering Universiti malaysia pahang.
- Aramide, F. O., Ibitoye, S. A., Oladele, I. O., & Borode, J. O. 2010. Pack carburization of mild steel, using pulverized bone as carburizer: Optimizing process parameters. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 16, 1-12.
- Nurjayanti, D., Ginting, E., & Karo, P. K. 2013. Pengaruh Lama Pemanasan, Pendinginan secara Cepat, dan Tempering 600° C terhadap Sifat Ketangguhan pada Baja Pegas Daun AISI No. 9260. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 1(2).
- Vlack, Lawrence H. V. 1981. *Ilmu dan teknologi bahan*, ed. ke-5. Terjemah: Sriati Djapri. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Kumayasari, M. F., & Sultoni, A. I. 2017. Studi Uji kekerasan Rockwell Superficial vs Micro Vickers. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, 2(2).