

**PENGARUH PROSES *PACK CARBURIZING* VARIASI
HOLDING TIME TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON
RENDAH ST 37**

SKRIPSI

Oleh :

Agung Fathir Arjasdo

NIM : 06121182025010

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2023

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT beserta junjungan kita Nabi Muhammad SAW, karena berkat dan rahmat-nya lah saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Terima kasih juga saya ucapkan kepada para dosen yang telah membantu dan membimbing saya dalam proses penyusunan proposal penelitian ini, pada Bapak Drs, Harlin M.Pd. Selaku pembimbing akademik, Bapak Elfahmi Dwi Kurniawan, S.Pd., M.Pd.T. Selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Bapak Edi Setiyo S.Pd., M.Pd.T. Selaku pembimbing skripsi saya yang memberikan saran dan masukan yang membangun demi kebaikan proposal skripsi ini. Tak lupa pula saya ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya, serta kepada teman-teman dan kepada beberapa pihak yang juga telah membantu saya dalam proses penulisan skripsi saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Pada penulisan ini tentunya saya selaku penulis, memiliki beberapa kekurangan baik itu dalam segi tata bahasa dan sebagainya, oleh karnanya saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pada para pembaca agar dapat menjadi acuan bagi saya sehingga penulisan dapat menjadi baik kedepannya.

Demikianlah yang dapat saya sampaikan, semoga penelitian proposal ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca.

Indralaya, 4 Agustus 2023

Penulis



Agung Fathir Arjasdo
NIM.06121182025010

**PENGARUH PROSES PACK CARBURIZING VARIASI
HOLDING TIME TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON
RENDAH ST 37**

SKRIPSI

Oleh

Agung Fathir Arjasdo

NIM: 06121182025010

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

Disetujui untuk Diajukan dalam Ujian Akhir Program Sarjana

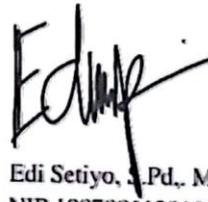
Mengesahkan

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Pendidikan Teknik Mesin



Elfahmi Dwi Kurniawan, S.Pd., M.Pd.T
NIP.199208072019031017

Pembimbing Skripsi



Edi Setiyo, S.Pd., M.Pd. T
NIP.198708112015061201



**PENGARUH PROSES *PACK CARBURIZING* VARIASI
HOLDING TIME TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON
RENDAH ST 37**

SKRIPSI

Oleh

Agung Fathir Arjasdo

NIM: 06121182025010

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

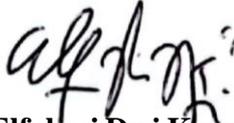
Disetujui untuk Diajukan dalam Ujian Akhir Program Sarjana

Telah di ujikan dan lulus

Hari / Tanggal : Rabu, 20 Desember 20223

Mengesahkan

**Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Pendidikan Teknik Mesin**



**Elfahmi Dwi Kurniawan, S.Pd., M.Pd.T
NIP.199208072019031017**

Pembimbing Skripsi



**Edi Setiyo, S.Pd., M.Pd. T
NIP.198708112015061201**





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN
TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Indralaya Ogan Ilir 30662, Telp: (0711) 580085
Laman : www.fkip.unsri.ac.id, Pos-el : support@fkip.unsri.ac.id

BUKTI PERBAIKAN SKRIPSI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan dengan sesungguhnya bahwa mahasiswa Berikut:

Nama : Agung Fathir Arjasdo
NIM : 06121182025010
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Judul : Pengaruh Proses *Pack Carburizing* Variasi *Holding Time* Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah ST 37

Telah melakukan perbaikan skripsi sesuai dengan saran-saran yang disampaikan pada saat ujian akhir dan diizinkan menjilid skripsi.

TIM PENGUJI

No	Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Edi Setiyo, S.Pd., M.Pd.T	Ketua/Pembimbing	
2.	Rudi Hermawan, S.Pd., M.Pd.	Penguji	

Mengetahui,
Koorprodi Pend.Teknik Mesin


Elfahmi Dwi Kurniawan, S.Pd., M.Pd.T.
NIP.199208072019031017

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Agung Fathir Arjasdo

NIM : 06121182025010

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Menyatakan dengan sungguh – sungguh bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Proses *Pack Carburizing* Variasi *Holding Time* Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah ST 37” ini adalah benar – benar karya saya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan cara yang tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2010 Tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila di kemudian hari, ada pelanggaran yang ditemukan dalam skripsi ini dan/atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sungguh – sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Indralaya, Desember 2023

Yang membuat pernyataan,



Agung Fathir Arjasdo

PRAKATA

Puji Syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT SWT beserta junjungan kita Nabi Muhammad SAW, karena berkat dan rahmat-Nya lah saya dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik. Terima kasih juga saya ucapkan kepada para dosen yang telah membantu dan membimbing saya dalam proses penyusunan skripsi ini, pada Bapak Drs. Harlin, M.Pd selaku pembimbing akademik, Bapak Edi Setiyo, S.Pd., M.Pd.T selaku pembimbing skripsi saya yang memberikan saran dan masukan yang membangun demi kebaikan skripsi ini, Bapak Elfahmi Dwi Kurniawan, S.Pd., M.Pd.T selaku Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin sekaligus dosen pada mata kuliah penelitian Pendidikan Teknik Mesin. Tak lupa pula saya ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya, serta kepada teman-teman dan kepada beberapa pihak yang juga telah membantu saya dalam proses penulisan skripsi saya ucapkan terima kasi yang sebesar-besarnya

Pada penulisan ini tentunya saya selaku penulis, memiliki beberapa kekurangan baik itu dalam segi tata bahasa dan sebagainya, oleh karnanya saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pada para pembaca agar dapat menjadi acuan bagi saya sehingga penulisan dapat menjadi baik kedepannya. Demikianlah yang dapat saya sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca.

Indralaya, 12 Desember 2023

Penulis



Agung Fathir Arjasdo
06121182025010

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang memberikan segala nikmat sehingga saya sampai pada titik ini dan dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Shalawat beriring salam tak lupa selalu tercurahkan kepada Baginda Rasulullah Muhammad Shalallahu Allaihi Wasalam, semoga mengalir keberkatan dan syafaat kepada kita semua, Aamiin.

Setelah proses panjang yang dilalui dalam penyelesaian skripsi ini, pada akhirnya saya sangat bersyukur dan sangat berterima kasih atas segala do'a dan dukungan yang tidak henti-hentinya diberikan kepada saya. Skripsi ini saya persembahkan untuk orang-orang yang saya cintai dan sayangi, yang selalu memberikan saya motivasi dan semangat hingga saat ini dan mereka yang selalu ada meskipun tanpa diminta.

- ❖ Terima kasih sebesar – besarnya kepada kedua orang tua yang selalu ada dan yang selalu mendukung selama perkuliahan ini, khususnya yang pertama dan panutanku papa saya (Reza Fahlevi Bin M.Djamil) beliau memang tidak sempat merasakan Pendidikan sampai bangku perkuliahan, namun beliau mampu mendidik penulis, memotivasi, memberi dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Kemudian, pintu surgaku yaitu mama saya (Amalia Juliarti,Sp. Binti H. Amat Sudarmadi) beliau sangat berperan penting dalam menyelesaikan program study penulis, semangat, motivasi serta do'a yang selalu beliau berikan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
- ❖ Terima kasih kepada ketiga adikku, Naufal, Aldo, dan Haikal yang telah menjadi moodbooster dan menjadi alasan penulis untuk pulang ke rumah setelah beberapa bulan meninggalkan rumah demi menempuh Pendidikan dibangku perkulihan Universitas Sriwijaya.
- ❖ Terima kasih kepada my grandmother, pakwo, bukwo dan seluruh keluarga besar penulis yang sangat ingin melihat penulis sampai ke jenjang sarjana, mereka tak hentinya mengingatkan penulis untuk selalu rajin, tekun selama

menjalankan study ini, sehingga perkataan mereka yang selalu melekat diingatan penulis.

- ❖ Terima kasih kepada Bapak Edi Setiyo, S.Pd., M.Pd.T sebagai pembimbing skripsi saya. Terimakasih atas ilmu, bimbingan dan waktu yang telah Bapak berikan kepada saya, semoga Allah SWT senantiasa memberikan Kesehatan, rezeki, dan menjadikan semua dedikasi yang telah Bapak berikan menjadi amal jariah.
- ❖ Terima kasih kepada Bapak Elfahmi Dwi Kurniawan, S.Pd., M.Pd.T sebagai koordinator program studi Pendidikan Teknik Mesin yang telah mendedikasikan kinerjanya sangat baik bagi kestabilan program studi ini. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang terbaik kepada Bapak atas Keikhlasan dan kesabaran serta diberikan Kesehatan dan perlindungan oleh Allah SWT.
- ❖ Terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen Pendidikan Teknik Mesin FKIP Universitas Sriwijaya, terima kasih telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman kepada penulis dari awal perkuliahan sampai pada akhir perkuliahan ini. Semoga Allah SWT membalas ketulusan dan keikhlasan kinerja Bapak dan Ibu.
- ❖ Terima kasih kepada my best partner ex NIM 06101381924034 yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini, segala bantuan, waktu, support, dan kebaikan yang diberikan kepada penulis disaat masa sulit mengerjakan skripsi ini. semoga sehat selalu dan semoga Allah memberikan kelancaran dalam menggapai cita-cita yang diinginkan.
- ❖ Terima kasih kepada seluruh teman-teman beroyot squad yang dimana menjadi rumah bagaikan keluarga selama diperantauan kurang lebih 3 tahun ini dan secara tidak langsung sudah membantu penulis selama penulisan skripsi ini. Semoga dilain kesempatan bisa bertemu dan berkumpul seperti masa perkuliahan sebelumnya.
- ❖ Terima kasih kepada seluruh teman-teman Himabud squad yang dimana menjadi tempat gabut dan tempat berpetualang dan menjadi rumah selama

masa perkuliahan sebelumnya, semoga teman-teman sehat selalu, tercapai cita-cita dan semoga dilain waktu bisa berkumpul dan bertemu kembali.

- ❖ Terima kasih kepada keluarga besar HIMAPTEK yang telah memberikan rumah untuk saya berkembang, belajar, berpendapat dengan nyaman selama perkuliahan ini. Semoga HIMAPTEK terus berkembang dan menjadi Himpunan yang dikenal baik dimata mahasiswa/i maupun masyarakat umum
- ❖ Seluruh teman – teman Angkatan 2020 Pendidikan Teknik Mesin, terima kasih telah kebersamai selama perkuliahan, sangat banyak pelajaran yang saya dapatkan dari kalian semua. Semoga kelak kita akan bertemu kembali dengan kesuksesan yang kita kita raih, Aamiin.
- ❖ Terima kasih buat diri sendiri yang sudah kuat, sabar, dan tetap semangat hingga sampai detik ini.
- ❖ Terima kasih kepada almamater kuning kebanggan saya, Universitas Sriwijaya.
- ❖ Terakhir terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendoakan saya.

MOTTO

“ Semua perlu patah, agar bisa tumbuh “

“ Jangan cuma cari uangnya tapi kejar ilmunya, kuasai skillnya kalau sudah berilmu kemanapun kita melangkah pasti akan hidup “

“ Disaat kamu sedang malas-malasan, disaat kamu sedang tidur-tiduran ingatlah ribuan bahkan jutaan pesaingmu sedang berusaha keras untuk mengalahkanmu “

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
PERNYATAAN	vi
PRAKATA	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN	viii
MOTTO	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	7
1.3 Batasan Masalah Penelitian	8
1.4 Rumusan Masalah Penelitian.....	8
1.5 Tujuan penelitian	8
1.6 Manfaat penelitian	8
BAB II	9
TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Landasan Teori	9
2.1.1 Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>)	9
2.1.2 Penahanan Waktu (<i>Holding Time</i>)	10
2.1.3 Uji Kekerasan	11
2.1.4 Baja	12
2.1.5 Struktur Mikro Baja Karbon	14
2.1.6 Pengerasan Permukaan (<i>Surface Hardening</i>)	15
2.2 Kajian Penelitian yang Relevan	22
2.3 Kerangka Konseptual.....	25
2.4 Hipotesis	26

BAB III	27
METODE PENELITIAN	27
3.1 Jenis Penelitian	27
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.3 Objek Penelitian	29
3.4 Variabel Penelitian	29
3.3.1 Variabel bebas	29
3.3.2 Variabel Terikat	29
3.5 Alat dan Bahan	29
3.5.1 Alat	29
3.5.2 Bahan	30
3.5.3 Prosedur Penelitian	30
3.5.4 Gambar Spesimen Uji	31
3.6 Teknik Pengumpulan Data	31
3.7 Teknik Analisis Data	31
3.1.7 Analisis Data	32
3.8 Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV	34
HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Deskripsi Pelaksanaan Penelitian	34
4.2 Langkah Penelitian	34
4.3 Deskripsi Penelitian	36
4.4 Hasil Penelitian	36
4.5 Pembahasan	43
4.6 Implementasi Penelitian	44
BAB V	46
KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan	46

5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Vickers hardness test (Sumber :.....)	11
Gambar 2 Pengujian Kekerasan Mikro Vickers (Bethohy, 2016).....	12
Gambar 3 Pengaruh Kadar Karbon Terhadap Kekerasan	18
Gambar 4 Diagram Fase Fe-C (Shaifudin, et al., 2018).....	21
Gambar 5 Pemodelan terjadinya proses difusi: (a) Secara Ineterstisi, Bethony, 2016) ...	22
Gambar 6 Kerangka Konseptual	26
Gambar 7 Grafik Spesimen Murni.....	38
Gambar 8 Grafik Batok Kelapa 30 menit	38
Gambar 9 grafik Batok kelapa 60 menit	39
Gambar 10 Grafik Batok Kelapa 90 menit	40
Gambar 12 Grafik Akasia 30 menit	40
Gambar 13 Grafik Akasia 60 menit	41
Gambar 14 Grafik Akasia 90 menit	42
Gambar 15 Hasil Rata – Rata Uji kekerasan.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Komposisi Baja ST 37 %	13
Tabel 2 Time Schedule Penelitian.....	28
Tabel 3 Alat yang digunakan dalam penelitian.....	29
Tabel 4 Gambar Spesimen Uji (Sumber : Dokumen Pribadi).....	31
Tabel 5 Nilai Kekerasan.....	32
Tabel 6 Hasil Uji kekerasan	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 alat dan bahan	53
Lampiran 2 Proses Pembuatan Karbon	56
Lampiran 3 Proses Pack Carburizing	57
Lampiran 4 Proses Pengujian Kekerasan	59
Lampiran 5 Data Uji Kekerasan.....	60
Lampiran 6 Verifikasi Pengajuan Judul Skripsi.....	64
Lampiran 7 Lembar Pengesahan Reviewer.....	65
Lampiran 8 Ketersediaan Pembimbing	66
Lampiran 9 Permohonan SK Pembimbing	67
Lampiran 10 SK Pembimbing.....	68
Lampiran 11 Permohonan Izin Penelitian.....	70
Lampiran 12 Izin Penelitian Di Laboratorium Pendidikan Teknik mesin	71
Lampiran 13 Izin Penelitian Di Laboratorium Metalurgi FT.....	72
Lampiran 14 SKM Penelitian Di Laboratorium Metalurgi FT	73
Lampiran 15 Kartu Bebas Pustaka Ruang Baca	74
Lampiran 16 Kartu Bebas Pustaka Unsri	75
Lampiran 17 RPS Pengujian Bahan	76
Lampiran 18 Kartu Bimbingan Skripsi	85
Lampiran 19 Persetujuan Ujian Akhir	87
Lampiran 20 Cek Plagiat.....	88

**PENGARUH PROSES *PACK CARBURIZING* VARIASI *HOLDING TIME*
TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON RENDAH ST 37**

Oleh :

Agung Fathir Arjasdo

NIM : 06121182025010

Pembimbing : Edi Setiyo, S.Pd., M.Pd. T

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin

ABSTRAK

Pack Carburizing merupakan proses perlakuan dimana pada saat melakukan uji kekerasan permukaan baja dengan menggunakan kandungan karbon sebagai unsur penambah kekerasan. Pada penelitian ini peneliti menggunakan Baja ST 37 yang memiliki kandungan karbon 0,5% sehingga memiliki sifat yang lunak dan kekuatan yang lemah dibandingkan baja karbon menengah dan baja karbon tinggi pada umumnya. *Pack carburizing* adalah proses perlakuan panas yang mana digunakan untuk mengeraskan permukaan baja dengan menggunakan kandungan karbon sebagai unsur penambah kekerasan. Pada Penelitian ini karbon yang di gunakan adalah arang kayu akasia dan arang batok kelapa. Spesimen yang digunakan baja karbon rendah ST 37. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh dari variasi penahanan waktu yang digunakan. Waktu penahanan yang digunakan adalah 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Setelah proses carburizing dilakukan spesimen didinginkan dengan suhu ruangan kemudian dilakukan proses uji kekerasan vickers. Hasil dari pengujian kekerasan vickers mendapatkan hasil nilai kekerasan pada spesimen murni yaitu 190,265 kgf/mm². Nilai kekerasan tertinggi pada spesimen arang batok kelapa yang ditahan selama 60 menit dengan nilai sebesar 221,609 kgf/mm², kemudian nilai kekerasan tertinggi pada spesimen arang kayu akasia yang ditahan selama 90 menit dengan nilai 292,820 kgf/mm². Dapat disimpulkan bahwa variasi holding time beserta jenis karbon arang batok kelapa dan arang kayu akasia yang digunakan mempengaruhi hasil dari kekerasan pada spesimen.

Kata Kunci : *Pack Carburizing*, Variasi *Holding Time*, Arang kayu akasia, arang kayu batok kelapa, baja karbon rendah ST 37, Pengujian kekerasan *Vickers*.

**THE EFFECT OF PACK CARBURIZING PROCESS HOLDING TIME
VARIATION ON HARDNESS OF LOW CARBON STEEL ST 37**

Created by :

Agung Fathir Arjasdo

NIM : 06121182025010

Supervisor : Edi Setiyo, S.Pd., M.Pd. T

Mechanical Engineering Education

ABSTRAK

Pack Carburizing is a treatment process where when testing the hardness of the steel surface using carbon content as a hardness enhancer element. In this study, researchers used ST 37 steel which has a carbon content of 0.5% so that it has soft properties and weak strength compared to medium carbon steel and high carbon steel in general. Pack carburizing is a heat treatment process which is used to harden the surface of steel using carbon content as a hardness enhancing element. In this study, the carbon used was charcoal, wood, acacia and coconut shell charcoal. Specimens used low carbon steel ST 37. This study aims to see the effect of variations in the time held used. The hold times used are 30 minutes, 60 minutes, and 90 minutes. After the carburizing process is carried out, the specimen is cooled to room temperature, then a vickers hardness test process is carried out. The results of vickers hardness testing get a hardness value on pure specimens, which is 190.265 kgf/mm². The highest hardness value in coconut shell charcoal specimens held for 60 minutes with a value of 221.609 kgf/mm², then the highest hardness value in acacia wood charcoal specimens held for 90 minutes with a value of 292.820 kgf/mm². It can be concluded that the variation in holding time along with the type of carbon coconut shell charcoal and acacia wood charcoal used affects the results of hardness in the specimen.

Keywords: Pack Carburizing, Holding Time Variation, Acacia wood charcoal, coconut shell wood charcoal, ST 37 low carbon steel, Vickers hardness testing.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era perkembangan saat ini perminatan bahan logam di industry semakin berkembang dengan begitu pesat. Adapun perminatan logam harus mempunyai sifat mekanik dan fisik yang baik. Akan tetapi material logam yang ada pada saat ini tidaklah sepenuhnya memiliki sifat dan ciri – ciri yang sesuai kita butuhkan (Sakura dkk, 2017). Seiring berjalannya waktu logam merupakan sesuatu yang sangat dibutuhkan dan berkembang secara cepat. Pada dunia industry salah satu material yang dibutuhkan tentu akan mempengaruhi kualitas bahan logam yang unggul. Dunia industry besi dan baja menjadi suatu tuntutan besar perindustrian, berikut merupakan beberapa jenis logam yang umum digunakan yaitu besi (Fe), alumunium (Al), Seng (Zn), kromium (Cr), tembaga (Cu) dan nikel (Ni). Bahan logam terdiri dari jenis atom. Logam merupakan elemen dari tabel periodic, atom logam bergabung bersama diantara atom yang terhubung dengan jenis atom lain sebagai ikatan logam electron valensinya bebas dalam bergerak. Material pada logam ini bergerak sesuai dengan kemampuan yang memiliki kualitas yang baik sehingga untuk menghantarkan panas atau listrik dan tidak dapat menembus cahaya. Logam memiliki kekuatan yang cukup tinggi, akan tetapi sewaktu-waktu bentuknya dapat berubah (Sofyan, 2021).

Baja merupakan bahan yang mempunyai peran penting didunia. Bagian baja sering digunakan pada bahan baku pembuatan suku cadang mesin dan bangunan. Dengan banyaknya jenis baja yang tersedia di pasaran tentu akan menyebabkan perlunya ketelitian dalam memilih baja yang sesuai dengan efesiensi dan efektifitas yang tinggi agar mencapai hasil yang optimal (Nurhilal, 2017). Kandungan logam yang ada pada baja yaitu besi (Fe) dan karbon (C), yang dimana besi merupakan unsur yang mendominasi dalam komposisinya dibandingkan dengan unsur karbon. Baja karbon rendah merupakan baja yang memiliki kandungan unsur karbon dari 0,04 hingga 0,30% karbon dan kandungan yang dimiliki. Namun nyatanya diperusahaan beberapa material yang digunakan ada beberapa kekurangan seperti, keausan mengalami kerusakan pada material, menurunnya tingkat kekerasan

material, hingga terciptanya material yang kurang maksimal dan kualitas material yang tidak sesuai dengan komposisinya sehingga sangat memungkinkan kekerasan baja dapat ditingkatkan kembali melalui proses tersebut. Pemulihan panas logam, besi dan baja adalah jenis logam yang paling umum digunakan sebagai bahan baku dalam proses produksi perindustrian perusahaan. Produksi yang dihasilkan tentu berdampak untuk kebutuhan masyarakat umum yaitu untuk produksi alat, alat-alat permesinan otomotif, alat-alat pertanian dan peralatan rumah tangga. Sifat-sifat logam terdiri dari sifat mekanik (kekerasan, daya tahan, kekakuan dan kekuatan), sifat termal (penghantar panas), sifat fisik (intensitas, terukur dan berubah-ubah) (Syahri dkk, 2017).

Sampel yang digunakan dalam melakukan proses penelitian yaitu baja karbon rendah dengan ukuran 10cm x 10cm sebanyak 5 sampel utama dan 1 sampel tanpa proses perlakuan panas (Hermawan, R. dkk. 2023) seperti namanya, jenis baja karbon rendah merupakan baja yang mengandung unsur karbon dalam kadar yang rendah yaitu sekitar 0,05 hingga 0,3%. Jenis yang satu ini memiliki sifat utama yang dapat dengan mudah ditempah dan mudah diolah dengan memanfaatkan bantuan mesin. Baja karbon rendah yang memiliki kadar sebesar 0,05 hingga 0,2 % banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, contohnya saja pada pembuatan body mobil, pipa, rantai, bearing, roda gigi, struktur sebuah bangunan, sekrup, hingga paku (Syahri dkk, 2017).

Contoh baja yang dapat mengalami proses *heat treatment* yaitu baja karbon rendah ST 37 yang sesuai dengan baja AISI 1045 dan memiliki kandungan kimia 0,5% karbon, 0,8% mangan dan 0,3% Silikon, salah satu baja siap pakai. Untuk meningkatkan sifat mekanik baja ST 37 dilakukan *heat treatment* dengan *carburizing*. Metode yang digunakan untuk proses pengerasan permukaan padat / keras adalah *pack carburizing*, tujuan dari dilaksanakan proses *pack carburizing* yaitu untuk peningkatan kandungan karbon (C) pada bagian permukaan baja tingkat kekerasan permukaan baja lebih tinggi dari pada bagian dalamnya. Proses karburasi padat dapat meningkatkan sifat mekanik komponen mesin diantaranya : 1. kekerasan permukaan lebih tinggi. 2. Meningkatnya ketahanan kehausan pada permukaan kontak. Baja paduan merupakan baja yang akan dibentuk sesuai dengan

tujuan yang diinginkan, untuk memperbaiki sifat mekanik atau sifat dasar baja, yang disesuaikan dengan elemen dasar baja tersebut. Disini, baja paduan dibagi menjadi dua jenis, yaitu: Baja paduan rendah (elemen paduan khusus < 8> 8,0%) Baja St 37 (AISI 1045) Karakteristik Baja karbon rendah ST 37 adalah baja karbon rendah yang sesuai dengan AISI 1045 yang komposisi kimianya adalah karbon: 0,5%, mangan: 0,8%,silikon: 0,3% ditambah unsur lainnya Kekerasan ± 170 HB dan kekuatan tarik 650 -800 N/mm². Secara umum, baja St 37 dapat digunakan langsung tanpa perlakuan panas kecuali jika diperlukan penggunaan khusus (Junaidi, 2018).

Perlakuan panas merupakan suatu proses pemanasan dan pendinginan terhadap bahan yang dapat dikendalikan untuk mengubah sifat fisik untuk memperoleh suatu tujuan tertentu. Secara umum perlakuan panas terdapat sebagai berikut : 1. Material yang dipanaskan menggunakan pemanasan dan kecepatan tertentu, 2. Penahan suhu pada waktu tertentu sehingga mendapatkan temperatur yang merata. 3. Proses pendinginan menggunakan media pendingin (udara, oli atau air).

Pada proses *carburizing*, penambahan karbon (C) pada logam terutama yang terjadi pada permukaan material, dimana unsur karbon diekstraksi dari bahan karbon, selanjutnya peningkatan kekerasan permukaan didapatkan dari kekerasan logam. Pada logam dasar banyak penambahan elemen – elemen bahan kimia seperti *kalsium karbonat*, karbon, nitrogen dan sejenis lainnya, selanjutnya untuk mempercepat prosesnya, tambahkan *natrium karbonat* (NaCO₃) sebagai *energizer*. Bahannya ditempatkan dalam wadah kedap udara dan kemudian dipanaskan hingga suhu karbonisasi dalam oven (Sujita, 2016).

Pack carburizing merupakan proses terurainya senyawa padatan karbon monoksida ke permukaan logam menjadi karbon monoksida baru. Karbon monoksida yang baru diserap kedalam logam dan karbon dioksida akan bereaksi dengan bahan karbon dalam komposisi *pack carburizing* karbon monoksida yang baru. Apabila karbon monoksida ditingkatkan oleh *energizer* maka akan terjadi pembentukan seperti BaCO₃, CaCO₃, K₂CO₃ dan NaCO₃ yang ada pada senyawa

dikarbonisasi. *Energizer* ini karbon dioksida dengan karbon untuk membentuk karbon monoksida. Maka dalam sistem tertutup, jumlah energi nol tidak dapat berubah. *Carburizing* akan terus berlanjut selama memiliki karbon yang cukup agar terjadinya suatu reaksi dengan kelebihan karbon dioksida (Fikara & Rudi, 2021).

Holding time atau penahan waktu yang dilakukan untuk mendapatkan kekerasan tertinggi bahan dalam proses perlakuan panas pada penahanan suhu perawatan hingga homogen, sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida tersebar ke austenite dan karbon dengan elemen paduan. *Holding time* yang tepat dan pemilihan media pendingin yang digunakan pada heat treatment merupakan parameter yang dapat mempengaruhi kekerasan, sehingga mengakibatkan kekerasan pada material baja yang digunakan (Bangsawan, 2015).

Holding time dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses perlakuan panas dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon pada unsur paduannya. Waktu penahanan sangat berpengaruh pada saat transformasi karena apabila waktu penahanan yang diberikan kurang tepat atau terlalu cepat, maka transformasi yang terjadi tidak sempurna. Penahanan waktu yang pendek akan menghasilkan kekerasan yang rendah, hal ini terjadi karena kurangnya karbida yang larut dalam difusi karbon. Sedangkan apabila waktu penahanan yang diberikan terlalu lama, transformasi terjadi namun diikuti dengan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan ketangguhan (Pramono, 2011).

Karburasi merupakan bagian proses termokimia yang dilakukan dengan mengubah komposisi kimia permukaan baja dengan cara memperkaya unsur karbon pada permukaannya. Karburasi bertujuan untuk meningkatkan kandungan karbon pada lapisan permukaan baja karbon rendah. Karburasi dapat dilakukan pada rentang suhu 815°C-955°C bahkan sampai suhu 1095°C. Proses perlakuan panas media pendingin *quenching* dan kekerasan baja, spesimen yang berbentuk silinder kecil berukuran diameter 25mm dan tebal 20mm, kemudian spesimen tersebut dipanaskan dalam tungku pemanas dengan suhu 850°C dan *holding time* selama 28 menit (Anugrah, A.R. dkk, 2023) objek penelitian pada baja ST 37 dengan diameter

20 mm dan tebal 8 mm yang di *quenching* pada suhu 800 – 900 °C (Zaki, M. dkk. 2021). Perlakuan terhadap sampel baja karbon rendah dilakukan melalui tungku pemanas dengan suhu 900°C (Rachman, A. dkk. 2020). Karburasi padat menggunakan zat padat sebagai sumber karbon yang diantaranya berasal dari kokas, briket batubara, dan arang kayu. Untuk memperoleh hasil yang maksimal maka media karburasi dicampuri dengan zat pengaktif karbon (energizer) antara lain berupa barium karbonat (BaCO_3), kalsium karbonat (CaCO_3) maupun natrium karbonat (Na_2CO_3). Penambahan energizer dapat mencapai 10-40% berat sumber karbon (Suryanto, H. 2007).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh M.Iqbal Putra Pratama (2022) dengan judul “Pengaruh Variasi Media Karburisasi Terhadap Kekerasan Baja ST 40 Pada Proses *Pack Carburizing*”. Pada penelitian yang dilakukan oleh M.Iqbal Putra pratama dari pengujian kekerasan menggunakan pengujian kekerasan vickers diperoleh nilai kekerasan pada spesimen murni 251,081 kgf/mm². Nilai kekerasan tertinggi dalam proses pack carburizing ini yaitu diperoleh pada spesimen arang batok kelapa kadar air 7% dengan nilai 347,756 kgf/mm² dan diikuti spesimen arang kayu gelam kadar air 7% dengan nilai 313,696 kgf/mm², spesimen arang batok kelapa kadar air 5% dengan nilai 304,884 kgf/mm² dan spesimen arang kayu gelam kadar air 8% dengan nilai 285,979 kgf/mm². Adapun suhu yang digunakan oleh M.Iqbal putra pratama (2022) sebesar 850°C dengan *holding time* yang dilakukan oleh peneliti selama 60 menit. Dapat disimpulkan bahwa variasi arang kayu gelam dan batok kelapa beserta kandungan kadar air yang terkandung dalam arang tersebut mempengaruhi kekerasan pada spesimen tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Salsabila (2022) dengan judul “Pengaruh Variasi *Holding Time* dengan Media *Quenching* Air Radiator Terhadap Kekerasan Material Kuningan (*Brass Round Bar*)” penelitian ini melakukan perlakuan paanas dengan penambahan *Holding time* dan media pendingin. Penelitian yang dilakukan oleh Salsabila (2022) menggunakan suhu sebesar 600°C Namun ada perbedaan dalam penelitian saya, penelitian yang dilakukan yaitu menggunakan variasi *Holding Time* dan media *quenching* air radiator dengan variasi *holding time* yang dilakukan oleh peneliti selama 30 menit dan 60 menit.

Dalam penelitian yang saya lakukan ini menggunakan *variasi holding time* 30 menit, 60 menit dan 90 menit yang kemudian di lanjutkan dengan proses *pack carburizing*, Proses *pack carburizing* menggunakan arang salah satu untuk penambahan unsur karbonisasi, arang yang digunakan yaitu arang aktif dicampur dengan 10-40% NaCO_3 , kemudian baja dimasukkan ke dalam campuran yang telah disediakan, ikat ke dalam kotak lalu ditutup rapat dipanaskan sampai suhu 850-950°. Setelah *holding time* terlewati, proses dilanjutkan dengan proses *hardening* untuk mencapai kekerasan maksimal dan *quenching* untuk mengurangi kegetasan dan tegangan sisa yang berlebihan (Sujita, 2016).

Karbon aktif adalah karbon yang dapat menyerap baik anion, kation maupun molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, dapat berupa larutan atau gas. Beberapa bahan yang dikandung atau dikandungnya adalah ekstrak karbon dan pori yang dapat digunakan untuk membuat karbon aktif. Karbon aktif dapat diproduksi secara fisik atau kimia dengan mengolah aktivitas karbon di dalam retort. Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa karbon aktif yang dapat dibuat dari beberapa bahan organik atau anorganik yang mengandung kandungan karbon yang tinggi. Dari beberapa penelien tentang karbon aktif biasanya dibuat dari limbah kayu, tempurung kelapa, cangkang buah karet dan sebagiannya (Lempang, 2014). Salah satu contoh penelitian yang telah dilakukan oleh M.Iqbal Putra Pratama (2022) dengan judul “Pengaruh Variasi Media Karburisasi Terhadap Kekerasan Baja ST 40 Pada Proses *Pack Carburizing*” penelitian ini memiliki jenis penelitian yang sama dengan menggunakan pengujian kekerasan *Vickers* pada Baja ST 40 untuk melihat pengaruh variasi arang kayu gelam dengan menggunakan proses *Pack Carburizing*. Namum ada perbedaan dalam penelitian saya. Penelitian yang mereka lakukan yaitu variasi pada media carburizing.

Masih banyak yang dapat digunakan dalam pembuatan karbon aktif, seperti salah satu contohnya yaitu kayu akasia (*Acacia Mangium*) Merupakan salah satu tumbuhan yang ada di daerah Muara Enim, Sumatera Selatan. Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan menggunakan pohon akasia bagian batang dengan suhu 500°C selama 1 jam dengan penambahan zat avator aquades pada suhu 23°C – 33°C. Bahan baku memiliki kadar air yang cukup beragam. Untuk kasus produksi arang

siram, kadar air bahan kayu berkisar 20,25–39,12% dengan rata-rata 29,32%. Sedangkan untuk kasus arang tanpa siram, kadar air bahan baku lebih bervariasi dari 9,16% hingga 33,29 dengan nilai rata-rata 23,25%. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa produksi arang rata-rata menggunakan 1335 kg dengan hasil arang 346 kg yang berarti rendemen sebesar 26%. Sedangkan arang tanpa siram memproduksi lebih besar dari arang siram yakni dengan bahan baku sebanyak 1424,33 kg/produksi, akan tetapi output arang lebih kecil pada kisaran 295,4–330,6 kg. Produksi rata-rata arang tanpa siram adalah 275 kg sehingga diperoleh rendemen sebesar 19%. Dengan demikian rendemen arang siram lebih tinggi 7% dibandingkan arang tanpa siram. Cara pendinginan dengan menyiram air mengakibatkan arang menyerap air sehingga arang menjadi lebih berat. Rendemen atau efisiensi rata-rata 19% dengan kisaran 17–22% (Kinanti dkk, 2022).

Uji kekerasan dapat diartikan sebagai kekuatan material menyebabkan perubahan tegangan permukaan. Ada beberapa ujian Kekerasan yang memiliki tiga jenis metode pengujian yaitu metode *Brinell*, *Vickers* dan *Rockwell*. Salah satu dari tiga jenis metode adalah pengujian kekerasan uji kekerasan *Vickers* dilakukan pada penelitian ini, dimana uji Kekerasan *Vickers* menggunakan lekukan berupa piramida intan yang saling mengunci menghadap permukaan sehingga membentuk bentuk persegi.

Berdasarkan latar belakang diatas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Proses *Pack Carburizing* Variasi *Holding Time* Terhadap Kekerasan Baja Karbon Rendah ST 37”**

1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan, didapatkan beberapa identifikasi masalah yaitu sebagai berikut :

- 1.2.1 Variasi *holding time* berpengaruh dalam pencapaian kekerasan tertinggi dari suatu baja.
- 1.2.2 Sifat kekerasan material setelah dilakukan proses perlakuan *pack carburizing* pada waktu penahanan (*holding time*).
- 1.2.3 Hasil dari pengujian kekerasan yang diperoleh melalui uji kekerasan *Vickers*
- 1.2.4 Media karbon yang digunakan arang kayu akasia dan arang batok kelapa

1.3 Batasan Masalah Penelitian

Berdasarkan identifikasi masalah, maka masalah yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi pada:

1.3.1 Spesimen yang digunakan adalah baja ST 37 berjumlah 7 buah yang berdiameter 20 mm dan tebal 20 mm.

1.3.2 Proses perlakuan yang digunakan pada benda kerja adalah *pack carburizing*.

1.3.3 Media arang yang digunakan adalah arang kayu akasia sebanyak 500 gram dan arang batok kelapa sebanyak 500 gram

1.3.4 Zat pengaktif karbon yang digunakan adalah *natrium karbonat* (NaCO_3) sebanyak 100 gram

1.3.5 Suhu yang digunakan pada proses *pack carburizing* 850°C

1.3.6 Proses perlakuan *holding time* menggunakan 3 variasi waktu, 30 menit, 60 menit dan 90 menit

1.3.7 Uji kekerasan yang dilakukan adalah uji kekerasan *Vickers*.

1.4 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah penelitian dan batasan masalah penelitian yang sudah dijelaskan maka pada rumusan masalah penelitian ini adalah Bagaimana pengaruh variasi *holding time* atau lama penahanan proses *pack carburizing* terhadap kekerasan baja karbon rendah ST 37?.

1.5 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dituliskan, adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* atau lama penahanan proses *pack carburizing* terhadap kekerasan baja karbon rendah ST 37.

1.6 Manfaat penelitian

Berdasarkan penelitian yang akan dilakukan, peneliti berharap agar memberikan manfaat sebagai berikut :

1.6.1 Secara teoritis, penelitian ini dapat menambah pengetahuan terhadap metode proses perlakuan panas, khususnya *pack carburizing*. Selain dari itu

penelitian ini juga dapat digunakan untuk mengetahui variasi *holding time* yang optimal pada proses *pack carburizing* serta mengetahui sifat kekerasan pada baja karbon rendah ST 37.

- 1.6.2 Secara praktis, hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi acuan bagi pembaca yang memerlukan pemahaman lebih dalam pengelolaan logam khususnya pada proses perlakuan panas, pengujian kekerasan *Vickers*, *pack carburizing* menggunakan variasi *holding time*.

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): G1G5.
- Aldo, F & Hariyono (2022). Pengaruh Media Pendingin Terhadap Struktur Mikro Baja Karbon Sedang. *Jurnal Wicida*. ISSN: 1410-3737. Vol. 26 (2).
- Bangsawan, I. G. (2015). Pengaruh Variasi Temperatur Dan Holding Time Dengan Media Quenching Oli Mesran Sae 40 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Baja Assab 760. *Statewide Agricultural Land Use Baseline* 2015, 1.
- Bethony, F. R. 2016. Efek Persentase Barium Karbonat Dengan Dieter, G.E. 1998.
- Budi, E., Nasbey, H., Budi, S., Handoko, E., Suharmanto, P., Sinansari, R., Fisika, J., & Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, J. (2012). Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa. *Seminar Nasional Fisika*, 62–66.
- Fikara, F.A & Rudi, S. (2021). Pengaruh Holding Time dan Media Pendingin Pada Carburing Material SUS 630 Terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro. *Jurnal Rotary*. ISSN : 2745-6331. Vol. 3 No. 1
- Herizen, D dan Siswanto, R. 2020. Pengaruh Variasi Holding Time Dan Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja SUS 630 Metode Hardening. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat Kalimantan Selatan.
- Hermawan. R. dkk. (2023). Peran Metode *Coating* Limbah *Radiator Coolant* dan Cat Minyak Sebagai Uji Laju Korosi Terhadap Logam *Ferro* (Fe) Berbasis *Quenching Treatment*. *Jurnal Pendidikan Teknik mesin Undisha*. Vol. 11 No. 2.
- Junaidi. (2018). Karakteristik Material Baja ST.37 dengan Temperatur dan Waktu Pada Uji Heat Treatment Menggunakan Furnace. *Jurnal Kumpulan Hasil Penelitian & Ulasan Ilmiah*. Vol. 08 : Lembaga Penerbit dan Publikasi Ilmiah (LPPI) : Universitas Amir Hamzah.
- Kinanti, S., dkk. (2022). Kajian Industry Arang dari Kayu Akasia (Acacia mangium) di Kecamatan Bumi Nabung Kabupaten Lampung Tengah. *Jurnal Agricultural Byosystem Engineering*. ISSN : 2830-4430. Vol.1 No.3
- Kirano, S dan Azhari, A. 2015. Pengaruh Tempering Pada Baja ST 37 Yang Mengalami Karburasi Dengan Bahan Padat Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. Jurusan Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta.

- 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.
- Lempang, M. (2014). Pembuatan dan Kegunaan Karbon Aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65–80.
- Mechanical Metallurgy. Second Edition. John Willey and Sons: New
- 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.
- Nurhilal, M (2017). Pengaruh Temperatur, Holding Time Proses Pack Carburizing Baja Karbon Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik. *Jurnal Teknologi*. Vol. 10 No. 2
- Nurjito, dan A. L. Soemowidagdo. (2018). Campuran Arang Tempurung Kelapa Bekas dan Arang Tempurung Kelapa Baru untuk Media Karburasi Baja Karbon Rendah. *Media Teknika* 8(1): 52-60.
- 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.
- Pratama, M. I. P (2022). *Pengaruh Variasi Media Karburisasi Terhadap Kekerasan Baja ST 40 Pada Proses Pack Carburizing*. Tugas Akhir Skripsi; Universitas Sriwijaya
- Rachman, A. dkk. (2020). Pengaruh Proses *Carburizing* Pada Pengelasan SMAW Terhadap Uji Kekerasan Dan Perubahan Struktur Mikro. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*. Vol. 7 No. 2.
- Ramadhan, A.A. dkk. (2023). Pengaruh Variasi Media Pendingin *Quenching* Terhadap Kekerasan Baja Aisi 1045. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*. Vol. 11 No. 1.
- Sakura, dkk. (2017). Pengaruh Variasi Karbon Aktif dan Waktu Tahan Terhadap Kekerasan Material JIS G-3123 Menggunakan Metode Pack Carburizing. *Rekayasa Energi Manufaktur (R.E.M) Jurnal*. Vol.2, No.1. *Institut Teknologi Adhi Tama. Surabaya*.
- Salsabila. (2022). *Pengaruh Variasi Holding Time dengan Media Quenching Air Radiator Terhadap Kekerasan Material Kuningan (Brass Round Bar)*. Tugas Akhir Skripsi; Universitas Sriwijaya.
- Saparin. 2016. Pemanfaatan Cangkang Buah Karet Sebagai Alternatif Carburizer

- 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.
- Sofyan, B. T (2021). Pengantar Material Teknik. Bogor: UNHAN RI PRESS.
- Stywan, R. D. (2021) *Pengaruh Proses Carburizing Dengan Variasi Holding Time Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik dari Bearing Non Pabrik Resmi Sepeda Motor*. Tugas Akhir Skripsi; Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Sugiyono, D. (2013). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan
- Sujita. (2016). Proses Pack Carburizing dengan media Carburizer Alternatif Serbuk Arang Tongkol Jagung dan Serbuk Cangkang Kerang Mutiara. *Jurnal Mechanical*. Vol. 7. No. 2
- Suwardi, D. (2018). Teknik Fabrikasi Pengerjaan Logam. *Gava Media*.
- Syahri, B., Putra, Z. A., & Helmi, N. (2017). Analisis Kekerasan Baja Assab 705 Yang Diberikan Perlakuan Panas Hardening Dan Media Pendingin. *Jurnal Inovasi, Vokasional dan Teknologi*. Vol. 17, No. 1.
- Zaki, M. dkk. (2021). Pengaruh Perlakuan Panas Quenching Terhadap Laju Korosi Pada Material Baja ST 37. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesinn*. Vol. 8. No. 2.