

**ANALISIS KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA
BAJA TAHAN KARAT SS316L HASIL PROSES *PACK*
CARBURIZING DENGAN ARANG TEBU**

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Theofilus Limanov Lumban Tobing

3334200042

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON - BANTEN**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA
BAJA TAHAN KARAT SS316L HASIL PROSES *PACK*
CARBURIZING DENGAN ARANG TEBU**

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I



Prof. Alfirano, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197406292003121001

Pembimbing II



Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 198003072005011002

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA
BAJA TAHAN KARAT SS316L HASIL PROSES *PACK*
CARBURIZING DENGAN ARANG TEBU**

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh

Theofilus Limanov Lumban Tobing

3334200042

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 13 Januari 2025

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

Penguji I : Prof. Alfirano, S.T., M.T., Ph.D

Penguji II : Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D

Penguji III : Prof. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D.Tech



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi




Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 198003072005011002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Tahan
Karat SS316L Hasil Proses *Pack Carburizing* Dengan
Arang Tebu

Nama Mahasiswa : Theofilus Limanov Lumban Tobing

NIM : 3334200042

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 13 Januari 2025



Theofilus Limanov Lumban Tobing
NIM.3334200042

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan baja di industri nasional mendorong pengembangan material yang memiliki sifat mekanis unggul, seperti kekerasan dan ketahanan terhadap keausan. *Stainless steel* 316L merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam industri karena ketahanan korosi, kekuatan, serta fabrikasinya yang baik. Namun, untuk aplikasi yang melibatkan gesekan terus-menerus, seperti pada mesin pengisi dalam industri makanan dan minuman, kekerasannya perlu ditingkatkan. Salah satu metode efektif untuk meningkatkan kekerasan permukaan adalah *pack carburizing*. Penelitian ini menggunakan teknik *pack carburizing* pada *stainless steel* 316L dengan memanfaatkan karbon dari ampas tebu (*bagasse*), yang kaya akan lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Proses *pack carburizing* dilakukan pada suhu 950°C dengan variasi waktu tahan dan komposisi katalis dan karbon untuk memastikan difusi karbon optimal ke dalam lapisan permukaan material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi mencapai 154 HV, sedangkan nilai terendah adalah 141,6 HV. Kekerasan meningkat seiring bertambahnya waktu tahan dalam proses *carburizing*, karena lapisan karbon menjadi lebih tebal dan merata. Selain itu, komposisi arang tebu dengan katalis (BaCO_3) memengaruhi kandungan karbon yang terdifusi, di mana rasio karbon yang lebih tinggi dibanding katalis menghasilkan kekerasan yang lebih baik. Struktur mikro yang terbentuk meliputi *expanded austenite* (austenit kaya karbon), austenit murni, dan karbida kromium. Waktu tahan optimal 4 jam menghasilkan distribusi *expanded austenite* yang merata pada permukaan sampel. Selain itu, kedalaman lapisan (*case depth*) meningkat dengan bertambahnya komposisi katalis dan lamanya waktu tahan, menunjukkan bahwa difusi karbon semakin dalam dan lapisan karbon semakin tebal. Dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini, karbon tebu dapat digunakan sebagai bahan karbon dalam proses *pack carburizing* untuk menaikkan nilai kekerasan *stainless steel* 316L.

Kata kunci: *stainless steel* 316L, *pack carburizing*, kekerasan, karbon tebu, struktur mikro.

ABSTRACT

The increasing demand for steel in the national industry encourages the development of materials that have superior mechanical properties, such as hardness and wear resistance. Stainless steel 316L is one of the materials widely used in industry due to its corrosion resistance, strength, and good fabrication. However, for applications involving continuous friction, such as in filling machines in the food and beverage industry, its hardness needs to be increased. One effective method to increase surface hardness is pack carburizing. This study uses the pack carburizing technique on stainless steel 316L by utilizing carbon from bagasse, which is rich in lignin, cellulose, and hemicellulose. The pack carburizing process is carried out at a temperature of 950°C with variations in holding time and catalyst and carbon composition to ensure optimal carbon diffusion into the surface layer of the material. The results showed that the highest hardness value reached 154 HV, while the lowest value was 141.6 HV. Hardness increases with increasing holding time in the carburizing process, because the carbon layer becomes thicker and more even. In addition, the composition of sugarcane charcoal with catalyst (BaCO₃) affects the content of diffused carbon, where a higher ratio of carbon to catalyst results in better hardness. The microstructures formed include expanded austenite (carbon-rich austenite), pure austenite, and chromium carbide. The optimal holding time of 4 hours produces an even distribution of expanded austenite on the sample surface. In addition, the case depth increases with increasing catalyst composition and holding time, indicating that carbon diffusion is getting deeper and the carbon layer is getting thicker. It can be concluded that in this study, sugarcane carbon can be used as a carbon material in the pack carburizing process to increase the hardness value of 316L stainless steel.

Keywords : *stainless steel 316L, pack carburizing, hardness, sugarcane carbon, micro structure.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala berkat serta limpahan kebaikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi ini dengan judul “Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Tahan Karat SS316L Hasil Proses *Pack Carburizing* Dengan Arang Tebu.” yang merupakan salah satu syarat kelulusan untuk mendapat gelar sarjana teknik metalurgi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Abdul Aziz S.T., M.T., Ph.D selaku ketua jurusan Teknik Metalurgi dan Andinnie Juniarsih S.T., M.T. selaku Koordinator Skripsi Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
2. Bapak Prof. Alfirano, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing pertama dan Bapak Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing kedua yang membimbing penulis dalam penelitian hingga penyelesaian proposal Skripsi ini.
3. Kedua orang tua, dan adik dan seluruh keluarga atas doa dan dukungannya baik secara moriil maupun materiil.
4. Teman-teman Agagon, Cherish dan seluruh teman Metalurgi 2020 yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat kepada penulis, serta pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak supaya selanjutnya

penulis dapat merevisi kembali. Penulis berharap Skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi para pembaca pada umumnya.

Cilegon, 13 Januari 2025

Theofilus Limanov Lumban Tobing

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Ruang Lingkup	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. <i>Stainless steel</i> 316 (AISI 316)	6
2.1.1 Nikel	9
2.1.2 Kromium (Cr)	10
2.1.3 <i>Phosphorus</i> (P)	10

2.1.4	Sulfur (S)	11
2.1.5	Molibdenum(Mo)	11
2.2.	Aplikasi SS316L.....	11
2.3.	<i>Pack Carburizing</i>	13
2.4.	Karbon Ampas Tebu	20
2.5.	Kekerasan	22

BAB III METODE PERCOBAAN

3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2	Alat dan Bahan	24
3.2.1	Alat.....	24
3.2.2	Bahan	25
3.3	Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1	Pemotongan Sampel SS316L	26
3.3.2	Penyiapan Media Karburasi	26
3.3.3	Proses <i>Pack Carburizing</i>	27
3.3.4	Pengujian Sampel.....	28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Data Hasil Pengujian Kekerasan	31
4.2.	Data Hasil Pengujian <i>Optical Microscopic</i> (OM).....	35
4.3.	Hasil <i>Case Depth</i>	41

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN	50
LAMPIRAN B DATA HASIL	53
LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN BAHAN.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi <i>Austenitic Stainless steel</i>	8
Tabel 4.1 Hasil Data Uji Kekerasan Vickers.....	31
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan <i>Case Depth</i>	41
Tabel 4.3 Hasil Data <i>Case Depth</i>	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proyeksi Konsumsi, Produksi, dan Ekspor Baja Nasional	1
Gambar 2.1 Klasifikasi Baja Tahan Karat Menurut Kandungan Nikel dan Kromium.....	7
Gambar 2.2 <i>Rotary Filling and Sealing Machines</i> SS316L	12
Gambar 2.3 Difusi Intersisi	14
Gambar 2.4 Serbuk Karbon	15
Gambar 2.5 Wadah <i>Pack Carburizing</i>	16
Gambar 2.6 Arang Ampas Tebu.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 3.2 Sampel <i>Stainless Steel</i> 316L	26
Gambar 3.3 Karbon Tebu dan BaCO_3	26
Gambar 3.4 Proses <i>Pack Carburizing</i>	27
Gambar 4.1 Grafik pengaruh Waktu Tahan Terhadap Kekerasan	32
Gambar 4.2 Nilai Kekerasan Dari Permukaan Hingga Inti Baja SS316L.....	34
Gambar 4.3 Hasil Pengujian Mikrostruktur <i>Raw Material</i>	35
Gambar 4.4 Hasil Pengujian Mikrostruktur 60A40K Sampel A (2 jam), B (3 jam), dan C (4 Jam)	37
Gambar 4.5 Hasil Pengujian Mikrostruktur 70A30K Sampel D (2 jam), E (3 jam), dan F (4 Jam).....	39
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Mikrostruktur 80A20K Sampel G (2 jam), H (3 jam), dan I (4 Jam)	40

Gambar 4.7 Pengaruh <i>Holding Time</i> Pada Nilai <i>Case Depth</i>	44
Gambar B.1 Hasil Uji Kekerasan Sampel A (60A40K) Dengan Waktu Tahan 2 Jam	54
Gambar B.2 Hasil Uji Kekerasan Sampel B (60A40K) Dengan Waktu Tahan 3 Jam	54
Gambar B.3 Hasil Uji Kekerasan Sampel C (60A40K) Dengan Waktu Tahan 4 Jam	54
Gambar B.4 Hasil Uji Kekerasan Sampel D (70A30K) Dengan Waktu Tahan 2 Jam	55
Gambar B.5 Hasil Uji Kekerasan Sampel E (70A30K) Dengan Waktu Tahan 3 Jam	55
Gambar B.6 Hasil Uji Kekerasan Sampel F (70A30K) Dengan Waktu Tahan 4 Jam	55
Gambar B.7 Hasil Uji Kekerasan Sampel G (80A20K) Dengan Waktu Tahan 2 Jam	56
Gambar B.8 Hasil Uji Kekerasan Sampel H (80A20K) Dengan Waktu Tahan 3 Jam	56
Gambar B.9 Hasil Uji Kekerasan Sampel I (80A20K) Dengan Waktu Tahan 4 Jam	56
Gambar B. 10 Grafik pengaruh Waktu Tahan Terhadap Kekerasan.....	57
Gambar B.11 Hasil Pengujian Mikrostruktur 60A40K Sampel A (2 jam), B (3 jam), dan C (4 Jam).....	58

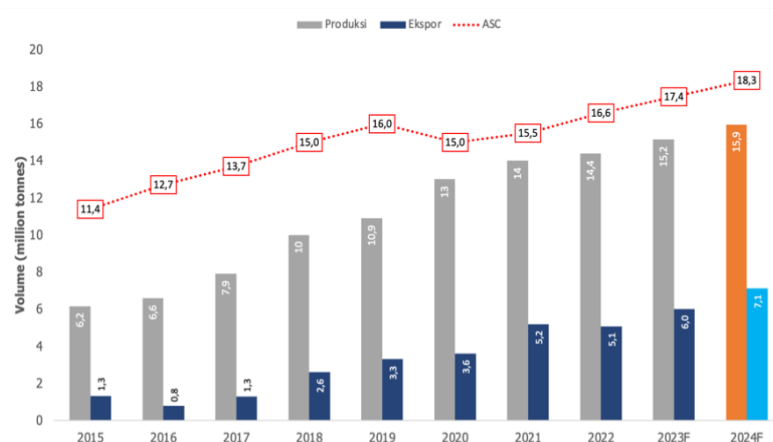
Gambar B.12 Hasil Pengujian Mikrostruktur 70A30K Sampel D (2 jam), E (3 jam), dan F (4 Jam)	59
Gambar B.13 Hasil Pengujian Mikrostruktur 80A20K Sampel G (2 jam), H (3 jam), dan I (4 Jam)	60
Gambar C.1 Alat Uji Kekerasan	62
Gambar C.2 Neraca Timbang.....	62
Gambar C.3 Ember.....	62
Gambar C.4 Tang Jepit.....	62
Gambar C.5 Wadah <i>Carburizing</i> Porselen.....	62
Gambar C.6 Alat Perlindungan Diri (APD)	62
Gambar C.7 <i>Furnace</i>	63
Gambar C.8 Nital	63
Gambar C.9 HNO ₃	63
Gambar C.10 Resin	63
Gambar C.11 Cetakan <i>Mounting</i>	63
Gambar C. 12 Amplas	63
Gambar C.13 Pasta Alumina	64
Gambar C.14 <i>Hair Dryer</i>	64
Gambar C. 15 Mikroskop Optik.....	64
Gambar C. 16 Alat <i>Grinding</i>	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri baja yang saat ini semakin meningkat, diperkirakan akan membutuhkan hingga 800.000 ton. Baja adalah besi yang dihasilkan dari dapur-dapur baja disebut juga besi karbon, yaitu campuran antara besi dengan zat arang (karbon) dan beberapa elemen lainnya seperti kromium, nikel, silikon, sulfur, mangan, alumunium, nitrogen, dan oksigen [1]. Baja digunakan oleh karena beberapa hal, antara lain jumlahnya yang melimpah di alam, yang biasa ditemukan berupa biji besi atau besi murni. Berdasarkan IISIA, penggunaan baja di dalam negeri pada tahun 2024 bisa mencapai 18,3 juta ton mengikuti tren pertumbuhan konsumsi sepanjang 2020-2023. Pertumbuhan ini didasarkan permintaan baja di Indonesia mengikuti pertumbuhan baja global, belanja infrastruktur pemerintahan, pertumbuhan sektor properti, pertumbuhan bidang industri penggunaan baja pada otomotif, alat elektronik dan peralatan rumah tangga.



Gambar 1.1 Proyeksi Konsumsi, Produksi, dan Ekspor Baja Nasional [1]

Baja mempunyai sifat mekanik yang baik yakni kekerasan, kekuatan dan keuletan, mudah untuk dikerjakan dengan metode pengecoran logam maupun permesinan sehingga dapat menyesuaikan keinginan, serta harganya yang relatif terjangkau. Kekerasan adalah sifat mekanik yang berkaitan dengan ketahanan aus. Pada saat ini sering dijumpai komponen-komponen yang cara kerjanya mengalami gesekan terus-menerus karena bersinggungan dengan komponen lain sehingga cepat mengalami keausan yang menyebabkan kerusakan, seperti roda gigi, piston, dan poros.

Baja yang banyak digunakan pada berbagai industri saat ini adalah baja karbon rendah disebabkan karena baja ini memiliki keuletan tinggi dan mudah dilakukan permesinan tetapi tidak bisa dikeraskan secara langsung karena kandungan karbonnya yang kurang dari 0,3%. *Stainless steel* adalah salah satu baja dengan karbon rendah. *Stainless steel* atau baja tahan karat adalah bahan dengan ketahanan korosi, kekuatan dan fabrikasi yang baik. Pemilihan material jenis ini dapat dengan mudah memenuhi berbagai kriteria desain, tahan beban, masa pakai, perawatan yang rendah, dll. Salah satu jenis *stainless steel* adalah SS316L. Baja tahan karat 316L umumnya digunakan pada peralatan medis, peralatan maritim (seperti perlengkapan kapal), dan sebagai pelapis bahan bakar untuk reaktor yang disebut *Liquid Metal Fast Breeder Reactors* (LMFBR), yang beroperasi di lingkungan asam. Baja jenis ini juga digunakan material dasar mesin *filling* dan *sealing* yang penting dalam industri makanan, minuman, farmasi dan kimia. Mesin ini bekerja sebagai pengisi produk cair, pasta, atau bubuk ke dalam kemasan (botol, kaleng, ataupun sachet) seperti kecap manis, saus sambal, dan yogurt. Material yang digunakan pada mesin atau alat pada industri ini harus tahan akan korosi dari bahan

kimia, air garam, dan lingkungan asam agar tidak kontaminasi pada makanan, permukaan material memiliki kemampuan untuk tahan gesekan dengan tingkat keausan rendah dan tetap ulet pada bagian dalamnya. Sifat kekerasan baja sangat tergantung pada unsur karbon dalam baja [1].

Untuk meningkatkan sifat mekanis *stainless steel* 316l yakni kekerasan dapat dilakukan dengan cara pengerasan permukaan (*surface hardening*). Dari beberapa metode pengerasan material, metode *pack carburizing* dengan menumbuhkan lapisan tipis karbon menjadi salah satu cara efektif. *Carburizing* adalah cara pengerasan permukaan dengan memanaskan logam dalam lingkungan yang mengandung karbon. Perlakuan panas dilakukan untuk mencapai sifat material yang dibutuhkan sehingga karbon di daerah sekitarnya akan berdifusi ke dalam logam membentuk larutan padat karbon-besi sehingga pada lapisan luar memiliki kadar karbon yang tinggi. Temperatur yang digunakan pada *pack carburizing* yakni temperatur austenit yaitu 950°C sebagai temperatur terbaik karena efektif dalam proses difusi karbon pada permukaan sampel berdasarkan penelitian sebelumnya oleh [2]. Permukaan dengan kadar karbon yang sudah terdifusi ini meningkatkan kekerasan dari *stainless steel* 316L. Dari struktur mikro yang ditemukan pada penelitian sebelumnya, ditemukan adanya lapisan karbon dipermukaan.

Karbon dapat dibuat dari berbagai berbagai bahan alam seperti tulang, kayu, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras dan batubara [3]. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, luas perkebunan tebu di Indonesia mencapai 488.900 hektar (ha) pada 2022. Luas tersebut meningkat 8,88% dibandingkan pada tahun

sebelumnya yang sebesar 449.008 ha. Produksi tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) di Indonesia cenderung mengalami peningkatan tiap tahunnya dan 2,41 juta ton pada 2022. Jumlah tersebut lebih banyak 2,45% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebanyak 2,35 juta ton, dan limbah ampas tebu mencapai 756.582 ton pada tahun yang sama. Penimbunan *bagasse* dalam kurun waktu tertentu menimbulkan permasalahan bagi pabrik. Mengingat bahan ini berpotensi mudah terbakar, mengotori lingkungan sekitar, dan menyita lahan yang cukup luas untuk penyimpanan[4].

1.2. Identifikasi Masalah

Adapun rumusan masalah yang ada pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut.

- a. Seberapa besar peningkatan nilai kekerasan *Stainless steel* 316L setelah proses *pack Carburizing* dengan karbon dari tebu?
- b. Bagaimana Struktur Mikro dari *Stainless steel* 316L setelah proses *Pack Carburizing* dengan karbon dari tebu?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Untuk mengetahui nilai kekerasan *Stainless steel* 316L setelah proses *Pack Carburizing* menggunakan karbon dari arang tebu.
- b. Untuk Mengetahui bagaimana Struktur Mikro dari *Stainless steel* 316L setelah proses *Pack Carburizing* menggunakan karbon dari arang tebu.

1.4. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Karbon *Pack Carburizing* Terhadap Kekerasan Permukaan dan Mikrostruktur Baja Tahan Karat SS316L Menggunakan Bahan Dasar Limbah Tebu” dapat dilihat sebagai berikut:

- a. Sampel yang digunakan pada penelitian ini merupakan *austenitic stainless steel* tipe 316L
- b. Temperatur yang digunakan pada *pack carburizing* adalah 950°C
- c. Variabel bebas :
 1. Variasi komposisi katalis dan karbon = 20:80, 30:70, dan 40:60
 2. Variasi *holding time Pack carburizing* = 2 jam, 3 jam, dan 4 jam
- d. Variabel terikat :
 1. Struktur mikro
 2. Kekerasan.
 3. Koefisien difusi
- e. Pengujian yang akan dilakukan
 1. Pengamatan struktur mikro menggunakan OM (*Optical Microscopy*)
 2. Pengujian kekerasan dengan menggunakan *Vickers*
 3. Pengujian dilakukan di Laboratorium Terpadu UNTIRTA dan PT Detech Profesional Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Iqbal And D. Arisandi, “Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil Yang Mendapatkan Proses *Pack Carburizing* Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit Abstrak: Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil Yang Mendapatkan Proses *Pack Carburizing* Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit,” *Jurnal Mekanikal*, Vol. 8, No. 1, 2017.
- [2] S. Ahmad, S. K. Alias, B. Abdullah, M. Hafiz Mohd Bakri, M. H. Jumadin, And M. A. M. Shah, “*Enhancement Of Stainless Steel’s Mechanical Properties Via Carburizing Process*,” In *Iop Conference Series : Materials Science And Engineering, Institute Of Physics Publishing*, Dec. 2016. Doi: 10.1088/1757-899x/160/1/012025.
- [3] W. Kusumaningrum And I. Nurhayati, “Penggunaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Media Adsorpsi Untuk Menurunkan Kadar Fe (Besi) Dan Mn (Mangan) Pada Air Sumur Gali Di Desa Gelam Candi,” *Jurnal Teknik*, Vol. 14, No. 1, 2016.
- [4] T. R. Satioko, “Pemanfaatan Bagas Limbah Pabrik Gula Jatibarang Brebes Menjadi Bioetanol,” Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2013.
- [5] E. Hermiati, D. Mangunwidjaja, T. C. Sunarti, O. Suparno, And D. B. Prasetya, “Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol,” *Jurnal Litbang Pertanian*, Vol. 29, No. 4, 2010.
- [6] A. Bashir, “*Behaviour Of Stainless Steel Composite Decking Under Combined Bending Moment And Concentrated Load*,” *Civil Engineering*, University Of Surrey, 2014. Doi: 10.13140/2.1.2911.3920.
- [7] *American Iron And Steel Institute, Design Guidelines For The Selection And Use Of Stainless Steel (9014)*. Toronto: Nickel Development Institute, 2020.
- [8] R. Afriany, S. Z. Nuryanti, And Asmadi, “Analisa Pengaruh Variasi Katalis Baco3, Naco3 Dan Caco3 Pada Proses Karburasi Baja Karbon Sedang Dengan Pendinginan Tunggal,” *Jurnal Ilmiah “Teknika,”* Vol. 8, No. 4, 2019, [Online]. Available: Www.Teknika-Ftiba.Info
- [9] W. N. Aris, P. Sigit, And T. Sujitno, “*Influence Of Plasma Nitrocaburizing Surface Treatment On Hardness And Corrosion Resistance Of SS316*,” Yogyakarta, 2013.

- [10] Mujiyono And A. L. Sumowidagdo, “Meningkatkan Efektifitas Karburisasi Padat Pada Baja Karbon Rendah Dengan Optimasi Ukuran Serbuk Arang Tempurung Kelapa,” *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 10, No. 1, Pp. 8–14, 2008.
- [11] S. R. E. Hosseini And Z. Li, “*Pack Carburizing: Properties, Microstructure And Modeling*,” *Journal Encyclopedia Of Iron, Steel, And Their Alloys*, Vol. 1, No. 2, Pp. 1–24, 2016, Doi: 10.1081/E-Eisa.
- [12] R. W. D. In’am, “Pengaruh Suhu, Waktu Tahan, Dan Ukuran Karbon Pada Proses Karburisasi Padat Menggunakan Sumber Karbon Arang Kayu Mahoni Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Aisi 316l,” Universitas Brawijaya, Semarang, 2018.
- [13] W. D. Callister And J. G. David Rethwisch, *Materials Science And Engineering*. 2007.
- [14] C. Indrawanto, Purwono, M. Syakir, And W. Rumini, *Budidaya Dan Pasca Panen Tebu Iii*, Vol. 1. Bogor: Eska Media, 2010.
- [15] Olivia Novianti, “Biokonversi Selulosa Pada Ampas Tebu (*Bagasse*) Menjadi Nanokomposit Hidrogel Dengan Memanfaatkan Enzim Hidrolitik Dari *Indigenous Composting Actinomycetes*,” Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2023.
- [16] L. P. Utami, B. Istana, And A. Indra, “Analisis Pengaruh Variasi Komposisi Katalis Pada Proses *Pack Carburizing* Baja Karbon Rendah Terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro,” *Surya Teknika*, Vol. 6, Pp. 26–31, Dec. 2019.
- [17] E. Sundari, R. Fahlevi, J. Teknik Mesin Produksi Dan Perawatan Politeknik Negeri Sriwijaya Jl. Srijaya Negara, And B. Besar, “Analisa Pengaruh *Pack Carburizing* Terhadap Sifat Mekanis Sprocket Imitasi Sepeda Motor Menggunakan Arang Kayu Gelam Dan Serbuk Cangkang Remis Sebagai Katalisator,” *Jurnal Austenit*, Vol. 10, No. 2.
- [18] D. Satria *Et Al.*, “Pengaruh Waktu Tahan Proses *Pack Carburizing* Baja AISI 3115 Dengan Menggunakan *Calcium Carbonat* Dan Batubara Sub Bituminous Dan Mendapatkan Perlakuan Panas *Quenching* Media Pendingin Air,” *Jurnal Rotasi*, Vol. 21, No. 2, Pp. 88–95, 2019.
- [19] S. Sujita, E. D. Sulistyowati, And R. M. Wahyu, “Pengaruh Waktu Tahan *Pack Carburizing* Dan Penggunaan Media *Quenching Cane Molasses* Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah,” *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 12, No. 1, P. 36, Apr. 2021, Doi: 10.29303/Dtm.V12i1.495.

- [20] G. Maistro, “*Low-Temperature Carburizing/Nitriding Of Austenitic Stainless Steels : Influence Of Alloy Composition On Microstructure And Properties*,” Chalmers University Of Technology, Gothenberg, Sweden, 2018.
- [21] K. V. Werner, H. L. Che, M. K. Lei, T. L. Christiansen, And M. A. J. Somers, “*Low Temperature Carburizing Of Stainless Steels And The Development Of Carbon Expanded Austenite**,” *Htm - Journal Of Heat Treatment And Materials*, Vol. 77, No. 1, Pp. 3–15, Feb. 2022, Doi: 10.1515/Htm-2022-0001.