

ANALISA PENGARUH MEDIA SERBUK ARANG CANGKANG KOPI PADA PROSES *PACK CARBURIZING* DENGAN VARIASI TEMPERATUR TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA St-37

Muhammad Handru Hartawan¹, Nurdin^{2*}, Edi Saputra³

Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe,

Jl. Medan-Banda Aceh Km.280 Buketrata

*Penulis Korespondensi: nurdin@pnl.ac.id

Abstract

Pack Carburizing merupakan proses penambahan unsur karbon (C) ke dalam logam khususnya pada bagian permukaan bahan dimana unsur karbon ini didapat dari bahan-bahan yang mengandung karbon sehingga kekerasan logam dapat meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk arang cangkang kopi terhadap sifat mekanik baja St 37. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *pack carburizing* dengan variasi 4 temperatur 825°C, 850°C, 875°C, 900°C dengan dilakukan *holding time* selama 60 menit. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan penambahan serbuk arang cangkang kopi pada proses *pack carburizing* menggunakan variasi temperatur dan pendinginan dengan udara dapat meningkatkan kekerasan baja St 37. Dari hasil uji kekerasan pada baja St 37 tanpa perlakuan panas dari 130,48 HV menjadi 388,28 HV setelah proses *pack carburizing*. Hasil Pengamatan *Metallography* pada baja St 37 sebelum perlakuan panas struktur mikro yang terbentuk dominan fasa *ferrite* sedangkan setelah proses *pack carburizing* yang terbentuk adalah fasa *pearlite* dan *cementite*, fasa ini lebih keras dari fasa *ferrite*.

Keywords: *Pack carburizing*, Baja St 37, Arang cangkang kopi, Kekerasan, Struktur mikro.

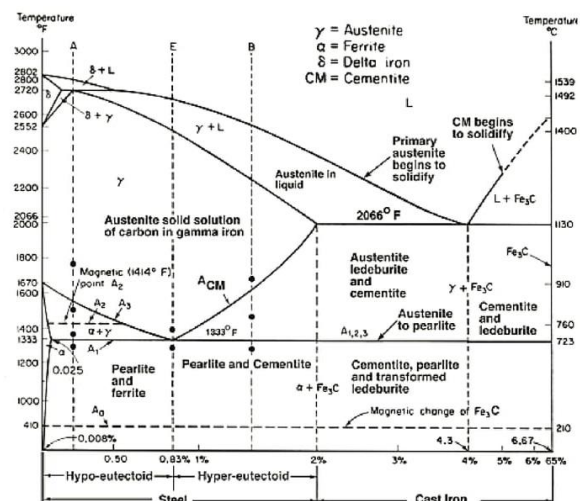
1. Pendahuluan

1.2 Latar Belakang

Di era perindustrian saat ini khususnya industri logam, penilaian kualitas suatu bahan atau material logam merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan agar menentukan suatu produk memiliki nilai jual dipasaran. Oleh karena itu, untuk mengetahui kualitas suatu produk maka dilakukan pengujian terhadap material tersebut. Salah satu cara pengujian material yang paling sering dilakukan adalah pengujian kekerasan. Kekerasan adalah salah satu sifat mekanik dari baja yang berkaitan dengan ketahanan aus. Selama ini sering dijumpai komponen - komponen yang mengalami gesekan terus - menerus dalam fungsi kerjanya, sehingga cepat mengalami keausan. Komponen - komponen itu antara lain roda gigi, piston dan poros. Komponen - komponen tersebut kerjanya bersinggungan dengan komponen lain, sehingga permukaannya akan mengalami keausan dan menyebabkan komponen tersebut mengalami kerusakan.

Baja karbon rendah adalah salah satu jenis baja karbon, di mana presentase unsur karbonnya di bawah 0,25%, sedangkan unsur pembentuk lainnya seperti Mn tidak lebih dari 0,8%, Si tidak lebih dari 0,5%, demikian pula unsur Cu tidak

lebih dari 0,6% [1]. Disamping jenis baja karbon berdasarkan kandungan karbonnya, juga dikelompokkan berdasarkan komposisi presentasi unsur pemandu karbonnya seperti yang perlihatkan pada diagram fasa Fe-Fe₃C pada gambar 1.1, baja *hypo*eutektoid kurang dari 0,8% C, baja *eutektoid* 0,8% C, sedangkan baja *hyper*eutektoid lebih besar dari 0,8% C.



Gambar 1.1 Diagram Fe-Fe₃C

Baja karbon rendah memiliki keuletan tinggi dan mudah di-*machining*, tetapi kekerasannya rendah, tidak tahan aus [2]. Baja ini tidak dapat dikeraskan dengan cara konvensional karena kadar karbonnya yang rendah itu. Pengerasan dapat dilakukan bila kadar karbon cukup tinggi, karena itu terlebih dahulu harus ditambahkan karbon. Menurut George K dalam (Isa et al., 2019) Karburasi adalah perlakuan panas dimana kandungan karbon spesifik pada permukaan baja karbon rendah ditingkatkan dengan paparan atmosfer yang sesuai pada suhu tertentu di bidang fasa austenit [3]. Karburisasi dilakukan dengan memanaskan benda kerja kedalam lingkungan yang banyak mengandung karbon aktif sehingga karbon berdifusi masuk ke permukaan [4].

Karbon yang digunakan pada penelitian ini yaitu karbon dari arang aktif cangkang kopi. Penelitian mengungkapkan bahwa nilai kadar air terendah terdapat dari *raw material* yang terbuat dari cangkang biji kopi dengan nilai 6,45%, pengujian kadar zat penguap pada arang cangkang kopi sebesar 21,18%, pengujian kadar karbon terikat pada arang cangkang kopi memiliki nilai karbon tertinggi sebesar 65,58% C, kemudian untuk pengujian densitas atau kerapatan terdapat pada *raw material* yang terbuat dari arang cangkang biji kopi dengan nilai densitas 0.86 cm^3 [5]. Berdasarkan latar belakang di atas maka peneliti mencoba untuk melakukan suatu penelitian *pack carburizing* pada baja St 37 yang termasuk baja karbon rendah dengan penambahan sumber karbon arang cangkang kopi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diketahui bahwa dapat dirumuskan permasalahan yaitu, bagaimana pengaruh media serbuk arang cangkang kopi pada proses *pack carburizing* dengan variasi temperatur terhadap kekerasan dan struktur mikro baja ST 37 dan bagaimana struktur mikro setelah proses *pack carburizing* akan media serbuk arang cangkang kopi terhadap baja St 37.

1.3 Manfaat

Memberi literatur penelitian dibidang manufaktur dan pengujian bersifat mekanis sehingga dapat digunakan sebagai acuan bagi penelitian – penelitian selanjutnya. Menjadikan hasil penelitian sebagai referensi bagi peneliti atau industri yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut. Memberikan manfaat terhadap pengolahan

limbah serta berkontribusi dalam menjaga lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Uji Material – Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe. Waktu untuk dilaksanakan penelitian mulai bulan Februari sampai Agustus 2024.

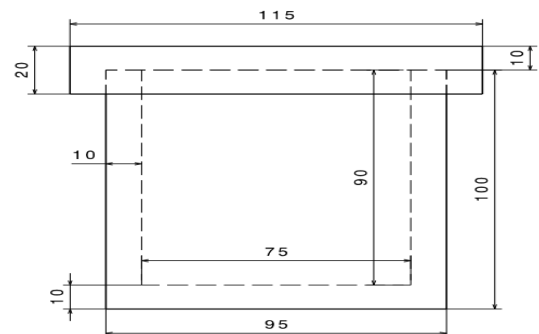
2.2 Alat Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Furnace
2. Tang Penjepit
3. Stopwatch
4. Kertas Amplas
5. Mesin Gerinda Potong
6. Alat Uji Kekerasan *Micro Vickers*
7. Alat Uji Mikroskop Optik

2.3 Bahan Penelitian

Baja yang digunakan pada pengujian ini adalah baja St 37 dengan diameter 25 mm x 15 mm. Kemudian, kotak yang digunakan memiliki dimensi 95mm x 100 mm. Sumber karbon yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkang kopi. Seperti pada gambar 2.1 dan 2.2. Setelah itu Etsa yang digunakan adalah alkohol, HNO₃, dan HCL.



Gambar 2.1 Prototipe Kotak 2D



Gambar 2.2 Cangkang Kopi

2.4 Tahapan Penelitian

2.4.1 Persiapan Spesimen

1. Memotong material dengan mesin gerinda potong sebanyak 4 spesimen dengan diameter 25 mm x 15 mm.
2. Mengukur kembali spesimen dengan jangka sorong agar mendapatkan hasil yang presisi

2.4.2 Persiapan Arang Cangkang Kopi

1. Cangkang kopi yang sudah kering kemudian dicuci agar terbebas dari kotoran tanah dan pasir
2. Cangkang kopi dibakar pada suhu 200-400°C selama 5 jam. Kemudian dikeringkan selama 3 hari
3. Setelah kering arang cangkang kopi digrinder menjadi partikel-partikel yang lebih kecil yaitu 60 mesh
4. Kemudian partikel 60 mesh diaktivasi akan HCl 10%
5. keringkan didalam oven pada suhu 150°C selama 2-4 jam sehingga diperoleh karbon aktif [6]

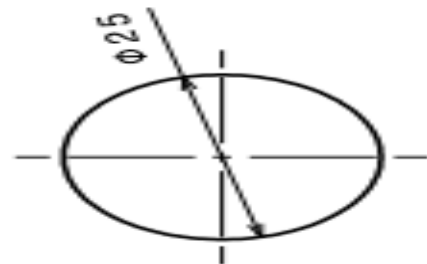
2.4.3 Proses Perlakuan Panas

Selanjutnya yaitu proses perlakuan panas pada penelitian ini akan metode proses *pack carburizing*. Dalam penelitian ini akan empat variasi temperatur yang berbeda yaitu 825 C°, 850 C°, 875 C°, dan 900 C°.

2.4.4 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat *Micro Vickers Tester Future Tech* dan harga kekerasan dinyatakan dalam HV. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui perbedaan kekerasan permukaan material sebelum dan setelah penambahan karbon pada proses *pack carburizing*. Dapat dilihat proses pengujian *Micro Vickers* pada gambar 2.3.

Temperatur	Spesimen					Rata-rata (HV)
<i>Raw Material</i>						
Tanpa Temperatur	129,20	128,0	133,70	136,60	124,90	130,48
<i>Spesimen 1</i>						
825°C	180,00	182,0	145,30	148,80	195,30	170,28
<i>Spesimen 2</i>						
850°C	222,80	203,80	236,10	215,60	193,30	214,32
<i>Spesimen 3</i>						
875°C	297,00	241,70	249,70	308,80	293,60	278,16
<i>Spesimen 4</i>						
900°C	350,20	364,20	431,40	395,20	400,40	388,28



Gambar 2.3 Proses Pengujian Micro Vickers

2.4.5 Pengujian Struktur Mikro

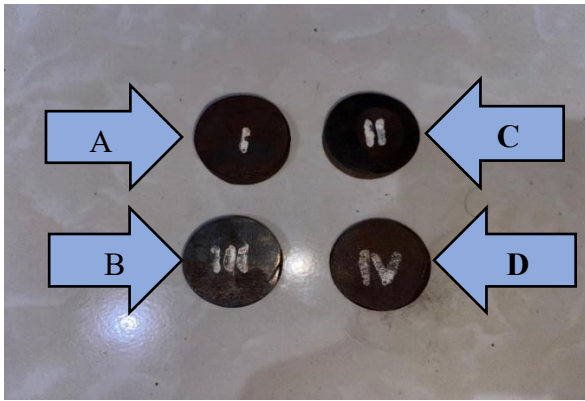
Setelah melalui proses karburasi dan uji kekerasan benda uji dilakukan pengaplasan dan pengetsaan akan HNO₃ dan HCl untuk diamati struktur mikronya akan mikroskop optik dengan tujuan untuk dapat melihat perubahan struktur pada permukaan material.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Pengujian ini menggunakan alat uji kekerasan *Micro Vickers Tester Future Tech*. Pengujian dilakukan dengan 4 spesimen yang sebelumnya telah dilakukan proses *pack carburizing*. Pada setiap spesimen dilakukan pengujian kekerasan sebanyak 5 titik. Hasil

sebelum dan sesudah *pack carburizing* dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Material Sesudah Proses *Pack Carburizing*

3.2 Proses Penelitian

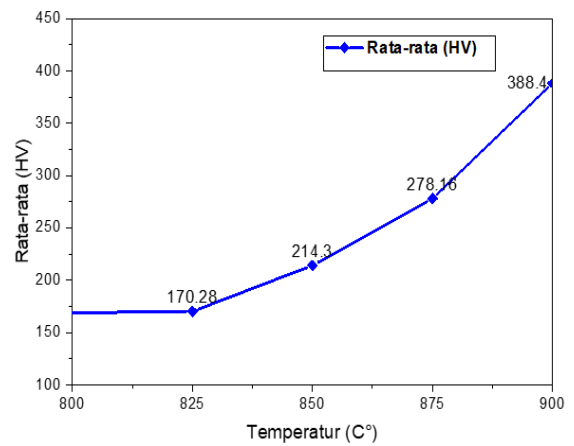
Proses penelitian ini menggunakan proses pengujian *micro vickers hardness* dan struktur mikro.

3.3 Hasil Data Pengujian Kekerasan

Berikut adalah hasil data pengujian kekerasan *micro vickers* setelah proses *pack carburizing*. Dapat dilihat pada tabel 3.1 dan gambar 3.2.

Tabel 3.1 Nilai Kekerasan Rata-rata (HV) Raw Material dan Temperatur 825°C, 850°C, 875°C, dan 900°C

Dari hasil penelitian didapatkan nilai rata-rata kekerasan dari spesimen *Raw Material* sebesar 130,48 HV sedangkan temperatur 825°C sebanyak 170,28 HV dan pada temperatur 850°C mendapatkan nilai rata-rata yaitu 214,3 HV sedangkan untuk temperatur 875°C mendapatkan nilai rata-rata yaitu 278,16 HV dan pada temperatur 900°C mendapatkan nilai rata-rata yaitu 388,28 HV. Semakin tinggi temperatur yang digunakan pada proses *pack carburizing* maka semakin tinggi kekerasan pada permukaan material yang disebabkan semakin banyak atom-atom karbon yang berdifusi ke dalam material. Kekerasan yang didapatkan pada permukaan material dikarenakan penambahan karbon aktif, dimana karbon merupakan unsur kimia yang mempengaruhi kekerasan pada baja. Namun pada penelitian ini peningkatan kekerasan dikarenakan adanya penambahan karbon cangkang kopi melalui proses *pack carburizing*. Dapat dilihat grafik hubungan rata-rata dengan variasi temperatur 825°C, 850°C, 875°C, dan 900°C pada Gambar 3.2



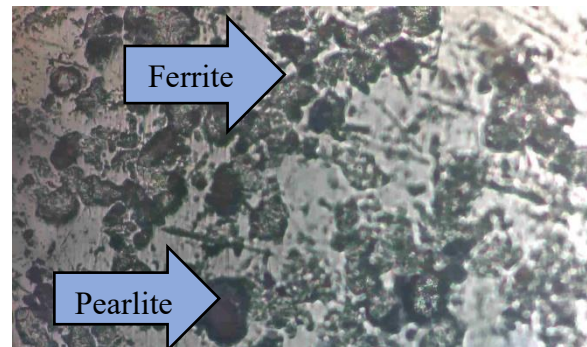
Gambar 3.2 Grafik Rata-rata Temperatur 825°C, 850°C, 875°C, dan 900°C

3.4 Hasil Data Pengujian Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro ini bertujuan sebagai perbandingan struktur mikro pada *raw material* dan material setelah proses *pack carburizing*. Pembesaran yang digunakan yaitu pembesaran 400x. Pengambilan foto struktur mikro pada bagian tepi mendekati tengah.

3.4.1 Struktur Mikro Pada *Raw Material*

Hasil pengamatan struktur mikro dari *raw material* bahwa material tanpa perlakuan memiliki dua fasa yaitu *ferrite* dan *pearlite*. *Ferrite* adalah fasa yang lebih lembut dan cerah manakala *pearlite* adalah campuran ferrite dan *cementite* yang memberikan struktur yang lebih keras. kandungan fasa *ferrite* dan *pearlite* pada material



ini hampir sama jumlahnya. Dapat dilihat pada gambar 3.3

Gambar 3.3 Struktur Mikro Raw Material

3.4.2 Struktur Mikro Pada Temperatur 825°C

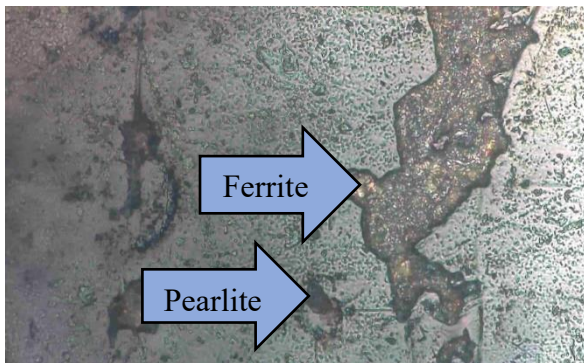
Pada gambar 3.4 menunjukkan struktur mikro pada perlakuan *pack carburizing* dengan temperatur 825°C mengandung *ferrite* dan *pearlite*, dimana *ferrite* berwarna terang dan *pearlite* berwarna gelap.



Gambar 3.4 Struktur Mikro Temperatur 825°C

3.4.3 Struktur Mikro Pada Temperatur 850°C

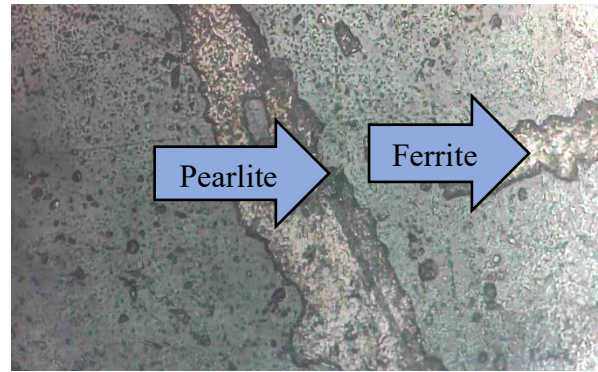
Adapun hasil yang diperoleh dari struktur mikro pada temperatur 850°C dapat dilihat pada Gambar 3.5. Struktur mikro material pada perlakuan *pack carburizing* dengan variasi temperatur 850°C masih mengandung *ferrite* dan *pearlite*, yang dimana *ferrite* itu sendiri yang berwarna lebih terang dan *pearlite* yang berwarna gelap.



Gambar 3.5 Struktur Mikro Temperatur 850°C

3.4.4 Struktur Mikro Temperatur 875°C

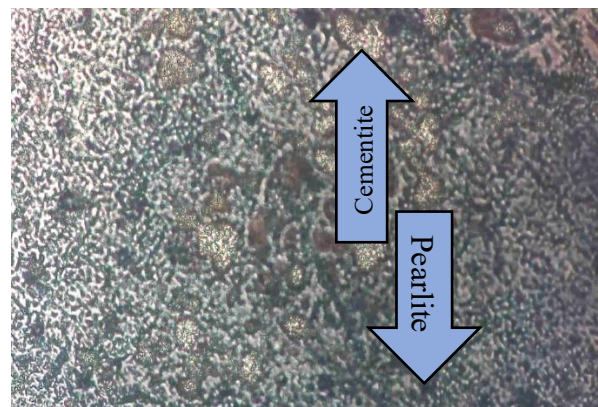
Hasil pengamatan struktur mikro pada temperatur 875°C mengandung *ferrite* dan *pearlite*, yang dimana *ferrite* itu sendiri yang berwarna lebih terang, fasa ini memiliki sifat lunak dan *pearlite* yang berwarna gelap adalah lapisan *ferrite* dan *cementite*, fasa ini memiliki sifat mampu mesin yang baik. Dapat dilihat struktur mikro pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Struktur Mikro Temperatur 875°C

3.4.5 Struktur Mikro Pada Temperatur 900°C

Adapun hasil yang diperoleh dari struktur mikro pada temperatur 900°C dapat dilihat pada Gambar 3.7. Pada temperatur 900°C dengan fasa *pearlite* dan *cementite*. Dimana fasa *pearlite* memiliki jumlah yang banyak daripada fasa *cementite*. Fasa *pearlite* terdiri dari campuran khusus dari dua fasa dan terbentuk sewaktu *austenite* dengan komposisi *eutectoid* bertransformasi menjadi *ferrite* dan karbida besi secara bersamaan. Adapun fasa *cementite* yang berwarna kekuningan lebih terang ini yang dikarenakan pendinginan yang tidak terlalu cepat setelah proses karburasi yang membuat susunan atom tidak rapat masih ada pembatas dan pada fasa *cementite* ditandai dengan struktur yang bergaris-garis.



Gambar 3.7 Struktur Mikro Temperatur 900°C

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian didapatkan kekerasan pada baja St 37 tanpa perlakuan panas sebesar 130,48 HV. Kandungan fasa yang terbentuk dominan adalah *ferrite*
2. Setelah proses *pack carburizing* dengan media arang cangkang kopi menghasilkan

nilai kekerasan maksimum pada temperatur 900°C. Nilai kekerasan dari 130,48 HV tanpa perlakuan menjadi 388,28 HV setelah proses *pack carburizing*. Sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi nilai kekerasan pada baja St 37

3. Kesimpulan dari nomor 2 diperkuat dari hasil uji struktur mikro. Sebelum perlakuan panas struktur mikronya dominan ferrite sedangkan pengamatan setelah proses *pack carburizing* struktur mikro yang terbentuk adalah fasa *pearlite* dan *cementite*, fasa ini keras dari fasa *ferrite*

4.2 Saran

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

1. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan lebih jelas sebaiknya penelitian selanjutnya menambahkan variasi *holding time* dan *Quenching*
2. Perlunya melakukan perawatan pada alat *furnace* dan *grinding polishing*

5. Daftar Pustaka

- [1] J. T. Wardoyo, "Metode Peningkatan Tegangan Tarik dan Kekerasan pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda," *Teknoin*, vol. 10, no. 3, pp. 237–248, 2005, doi: 10.20885/teknoin.vol10.iss3.art6.
- [2] H. Zhang, S. Zhang, M. Zhang, and J. An, "Carburizing of Ti-6Al-4V alloy: structure, growth mechanism and wear performance," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 27, no. September, pp. 7059–7071, 2023, doi: 10.1016/j.jmrt.2023.11.065.
- [3] A. M. S. Muamar M. Ben Isa, Hitem A. Aswihli, "The Effect Of Pack Carburizing On Hardness And Fatigue Strength Of Low Carbon Steel," *Mesin*, vol. 33, no. 2, pp. 1–19, 2019, doi: 10.25105/ms.v11i2.7453.
- [4] Fahreza, M. Ichsan, Fakhriza Fakhriza, and Hamdani Hamdani. "Analisa pengaruh waktu penahanan terhadap nilai kekerasan baja AISI 1050 dengan metode pack carburizing." *Jurnal Mesin Sains Terapan* 1.1 (2017): 52-56.
- [5] A. W. Wardana, "Perbandingan *Physical Properties* Arang Tempurung Kelapa, Kayu Meranti Dan Cangkang Biji Kopi," *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, p. 58, 2022.
- [6] L. P. Lestari and E. Mochammad, "Pemanfaatan Arang Kulit Kopi Robusta

sebagai *Adsorben* Penurunan Kadar Amonia Pada Limbah Cair Industri Tahu," *Pros. Semin. Nas. Univ. Ma Chung*, vol. 1, pp. 21–29, 2021, doi: 10.33479/snumc.v1i.160.