

PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN PADA PROSES *PACK CARBURIZING* MATERIAL St-41 TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

Fachrurrazi, Nurdin^{2*}, Zuhaimi²

¹Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jl. Banda Aceh – Medan Km.280 Buketrata

*Penulis Korespondensi: nurdin@pnl.com

Abstrak

Carburizing merupakan proses pemberian atau penambahan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan dibanding dengan dinding bagian dalam, sehingga kekerasan permukaannya lebih meningkat pada baja ST41. Pada penelitian ini menggunakan tiga variabel media pendingin air mineral Le mineral, air garam dan air dingin dengan pengujian pendingin air mineral Le mineral, air garam dan air dingin. Dari hasil penelitian diperoleh dari media air mineral merek Le mineral sebesar 356,77 HV, air garam sebesar 363,71 HV dan air dingin, sebesar 624,63 HV sedangkan untuk raw material 143,50 HV yang diperkuatkan dengan hasil struktur mikro pada air dingin struktur tersebut terdiri dari fasa martensit.

Keywords: Carburizing, baja ST41, dan fasa martensite

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya kemajuan zaman dan teknologi khususnya dunia industri yang menggunakan logam sebagai bahan baku utama harus memiliki sifat mekanik dan sifat fisik yang baik. Akan tetapi untuk saat ini material logam yang memiliki sifat dan karakteristik tersebut belum sepenuhnya sesuai dengan apa yang diinginkan, [1],[2]

Baja St 41 tergolong kedalam baja karbon rendah dimana kandungan C yang ada dalam material tersebut sekitar 0.01-0.04 %, [3]. Baja karbon rendah memiliki ketangguhan yang tinggi tetapi kekerasannya rendah. Untuk meningkatkan sifat kekerasannya dapat dilakukan dengan proses *carburizing*.

Carburizing merupakan proses pemberian atau penambahan kandungan karbon yang lebih banyak pada bagian permukaan dibanding dengan dinding bagian dalam, sehingga kekerasan permukaannya lebih meningkat, [4].

Mekanisme proses *carburizing* yaitu dengan mendifusikan unsur C (karbon) ke permukaan logam pada suhu tinggi sehingga terjadi pembentukan *austenit* atau *martensit* di permukaan

baja, sehingga material baja menjadi keras pada permukaan. Kesempurnaan proses difusi karbon pada permukaan baja sangat dipengaruhi beberapa faktor antara lain : tingginya suhu pemanasan, dan kehalusan bahan karbon yang digunakan, [3].

Proses *carburizing* untuk baja ST41 dengan memvariasikan media pendingin masih terbatas, sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap variasi media pendingin. Adapun penelitian terdahulu mengenai penggunaan baja St41 untuk proses *carburizing* pernah diteliti oleh [5], menunjukkan bahwa peningkatan *holding time* akan meningkatkan kekerasan dan kedalaman difusi. Peningkatan kekerasan baja maksimum dicapai pada *holding time* 60 menit dengan peningkatan sebesar 56,1% dibandingkan tanpa dilakukan *holding time*.

Dengan merujuk pada penelitian sebelumnya memvariasikan media pendingin untuk baja ST41 masih sangat terbatas sehingga peneliti ingin mengembangkan penelitian dengan menggunakan media pendingin air mineral Le mineral, air garam dan air es untuk memperoleh nilai kekerasan permukaan dan struktur mikro setelah dilakukan proses *pack carburizing* dengan memvariasikan media pendingin.

Berdasarkan penjelasan diatas, penulis akan ini melakukan penelitian untuk skripsi ini dengan judul pengaruh variasi media pendingin pada proses *pack carburizing* material ST41 terhadap kekerasan dan struktur mikro.

1.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari penulisan skripsi yaitu untuk mengetahui kekerasan permukaan dan struktur mikro dengan memvariasikan media pendingin pada proses *pack carburizing*

1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan ini, penulis perlu membuat batasan-batasan masalah. Adapun pokok masalah pembahas yang akan dibahas dalam “pengaruh variasi media pendingin pack carburizing material St41 terhadap kekerasan dan struktur mikro” yaitu:

1. Penelitian dilakukan secara eksperimental.
2. Material yang digunakan baja St41.
3. Temperatur 915°C.
4. *Holding time* 60 menit.
5. Media pendingin air mineral Le mineral, air garam dan air es
6. Media karbon cangkang kelapa sawit, [5].
7. Pengujian kekerasan permukaan dan struktur mikro.

2 Metoda Penelitian

2.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan lebih kurang selama 16 minggu. Adapun tempat dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses pemotongan material dilakukan di Laboratorium *Welding Technology* dan Fabrikasi Logam Politeknik Negeri Lhokseumawe.
2. Pengujian *heat treatment* dilakukan di Laboratorium Uji Material Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.
3. Pengujian kekerasan dan struktur mikro di Laboratorium Uji Material dan Karakteristik Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

2.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian sebagaimana terlihat pada Tabel 1

Tabel 1 Bahan yang digunakan

No	Nama alat	Jumlah	Keterangan
1	Gerinda tangan	1	Set
2	Alat ukur	1	Buah
3	Gergaji besi	1	Buah
4	Dapur	1	Buah

5	Kertas gosok	1	Buah
6	Mesin uji kekerasan	1	Set
7	Mesin uji struktur mikro	1	Set

2.2.1 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Baja karbon St 41
2. Air mineral Le mineral
3. Garam
4. Es batu
5. Bentuk spesimen

Beberapa tahap yang harus dilakukan dalam persiapan pembentukan spesimen yaitu :

- a. Pemotongan benda uji
Pemotongan benda uji untuk dapat memudahkan dalam penelitian, maka benda uji dipotong menggunakan alat potong.
- b. *Mounting*
Setelah dipotong kemudian benda uji di *mounting*, yang bertujuan agar memudahkan pengoperasian selama preparasi (*grinding* dan *polishing*).
- c. *Grinding*
Setelah benda uji di *mounting* baru kemudian diampas secara berurutan dari yang kasar sampai yang halus memakai kekerasan kertas ampas dengan nomor : 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1500. Kertas ampas terbuat dari bahan aluminium *oxide water proof*. Dalam proses *grinding* harus selalu dialiri air bersih secara terus menerus dengan tujuan menghindari timbulnya panas dipermukaan benda uji yang kontak secara langsung dengan kertas ampas dan juga untuk menghilangkan partikel-partikel bahan *abrasive* yang menempel pada permukaan benda uji.

2.3. Proses Pack Carburizing

Adapun tahapan proses *pack carburizing* adalah sebagai berikut:

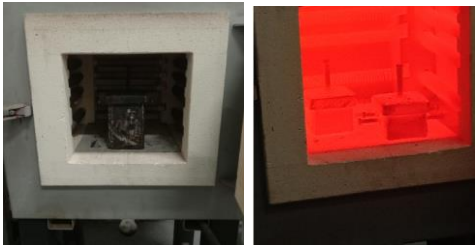
1. Menyiapkan spesimen uji sebanyak 1 buah untuk tanpa *pack carburizing*.
2. Menyiapkan 9 spesimen untuk perlakuan *pack carburizing*
3. Spesimen yang telah dipotong sebanyak 9 buah serta menyediakan media arang cangkang kelapa sawit untuk di isi ke dalam kotak *carburizing*.

- Memasukkan arang cangkang kelapa sawit sepertiga ke dalam kotak *carburizing* kemudian dimasukkan 3 spesimen baja St41 ke dalam kotak *carburizing* setelah itu dimasukkan arang cangkang kelapa sawit lagi dan seterusnya serta ditutup lagi dengan arang tersebut. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Posisi letak spesimen dalam kotak carburizing

- Kemudian kotak tersebut dimasukkan ke dalam dapur pemanasan dengan temperatur 915°C , *holding time* 60 menit. Seperti terlihat pada Gambar 2



Gambar 2 Memasukkan kotak ke dalam dapur pemanasan

- Setelah perlakuan tersebut di atas dilakukan maka kotak dikeluarkan dari dapur pemanas, kemudian kotak di buka dan spesimen dikeluarkan dari dalam kotak untuk dilakukan proses *quenching* dengan tiga media pendingin yaitu air mineral merek Le mineral, air es dan air garam, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3 Proses quenching

2.4 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode pengujian kekerasan. Angka kekerasan yang didapat dari beban dibagi oleh luas permukaan lekukan yang dihitung menggunakan pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. Adapun langkah-langkah untuk melakukan uji kekerasan dengan metode *vickers/micro hardness* adalah sebagai berikut:

- Mengukur dimensi spesimen uji yaitu lebar, tebal dan panjang.
- Meletakkan spesimen uji padaudukan alat uji.
- Mengoperasikan alat uji micro hardness vickers.
- Melakukan analisis dan perhitungan dari tapak jejak sehingga mendapatkan angka kekerasan mikro dari material atau specimen yg di uji
- Lakukan pengukuran kedua diagonal jejak (lekukan) hasil penekanan indentor.

2.5 Pengujian Struktur Mikro

Beberapa tahap dalam persiapan yaitu :

1. Grinding

Setelah benda uji di mounting baru kemudian diampas secara berurutan dari yang kasar sampai yang halus memakai kekerasan kertas amplas dengan nomor : 240, 320, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500 dan 2000. Kertas amplas terbuat dari bahan aluminium *oxide water proof*. Dalam proses *grinding* harus selalu dialiri air bersih secara terus menerus dengan tujuan menghindari timbulnya panas dipermukaan benda uji yang kontak secara langsung dengan kertas amplas dan juga untuk menghilangkan partikel-partikel bahan *abrasive* yang menempel pada permukaan benda uji.

2. Polishing

Dalam memoles digunakan kain poles beludru dan mesin poles. Kain beludru ditempelkan pada piringan yang berputar pada mesin poles, kemudian kain diberi pasta alumina berupa partikel *abrasive* yang sangat halus. Selama pemolesan benda uji digerakkan kedepan, kebelakang dan berputar dengan tujuan agar partikel-partikel *abrasive* dapat terdistribusi dengan merata diatas piringan pemoles. Setiap satu langkah pemolesan berakhir, benda uji harus selalu dicuci dan dibersihkan, yaitu dengan menggunakan *alcohol* lalu dikeringkan dengan udara hangat (*hair dryer*).

3. Etsa

Setelah benda uji selesai dalam proses polishing, maka selanjutnya dilakukan pengetsaan. Dimana permukaan benda uji dicelup dengan waktu ± 5 detik menggunakan larutan Nital 5% (alkohol 95% 100 ml + HNO_3 3 ml) setelah itu dibersihkan dengan air dan alkohol 95% kemudian dikeringkan dengan udara hangat (*hair dryer*), tujuannya agar terhindar dari oksidasi udara sekitar. Amati permukaan spesimen yang telah di etsa dengan mikroskop optik pada perbesaran 500x zoom. Pada pengujian ini, akan didapat perbedaan struktur mikro dari masing-masing benda uji.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Pengujian kekerasan dilakukan pada tanggal 16 juni 2025 di Laboratorium Uji Material dan Karakterisasi Politeknik Negeri Lhokseumawe yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada material ST41 setelah dilakukan *pack carburizing*. Dari hasil pengujian maka diperoleh nilai kekerasan yang sudah dilakukan proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C dengan media pendingin air Le mineral, air garam dan air es, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2

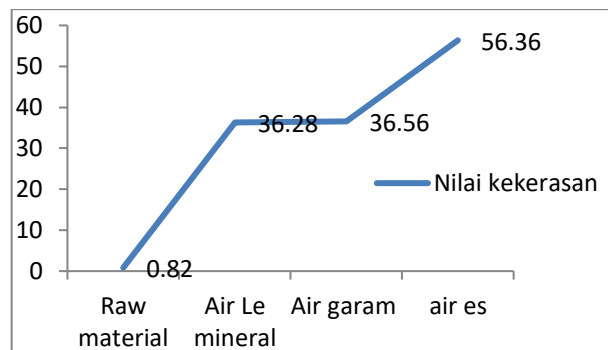
Tabel 2 Hasil pengujian kekerasan

No	Bahan uji	Metode uji	Nilai kekerasan
1	Raw material	HRC	0,82
2	ST41 (Quenching air Le mineral)	HRC	36,28
3	ST41 (Quenching air garam)	HRC	36,56
4	ST41 (Quenching air es)	HRC	56,36

3.3 Pembahasan

3.3.1 Analisa Kekerasan Terhadap Variasi Media Pendingin

Dari tabel 2 dapat dilihat nilai kekerasan yang sudah dilakukan proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C dengan media pendingin air Le mineral, air garam dan air es, sebagaimana dapat dilihat pada Grafik berikut



Gambar 4 Hasil uji kekerasan terhadap variasi berat cangkang telur bebek

Berdasarkan Gambar 4 Dapat dilihat bahwa nilai kekerasan pada raw material serta media pendingin air Le mineral, air garam dan air es memiliki nilai kekerasan secara berturut-turut ialah 0.82 HRC, 36.28 HRC, 36.56 HRC dan 56.36 HRC.

Grafik media pendingin air Le mineral pada Gambar 4 menunjukkan nilai kekerasan yang dihasilkan proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C dengan media pendingin air Le mineral. Nilai kekerasan yang dihasilkan berapa dibawah media pendingin air garam yang disebabkan waktu pendinginan yang lambat, sehingga terjadinya fasa perlit dan ferit yang terlihat besar dan kasar, dengan adanya struktur mikro perlit dan ferit yang besar dan kasar maka tingkat kekerasan pada spesimen tersebut menjadi lunak.

Grafik media pendingin air garam pada Gambar 4 menunjukkan nilai kekerasan yang dihasilkan proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C dengan media pendingin air garam. Nilai kekerasan yang dihasilkan mengalami kenaikan dari media pendingin air Le mineral. Meningkatnya kekerasan pada media pendingin air garam disebabkan oleh fasa martensit yang terbentuk pada media pendingin air garam, dimana struktur fasa martensit yang dihasilkan dari proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C dengan media pendingin air garam ini mengakibatkan perubahan sifat mekanik yaitu mempunyai tingkat kekerasan yang paling tinggi dari media pendingin air Le mineral. Dengan demikian dapat dikatakan Kekerasan dari martensit ini dipengaruhi oleh besarnya kandungan karbon dalam baja ST41 setelah proses *pack carburizing*.

Grafik media pendingin air es pada Gambar 4 menunjukkan nilai kekerasan yang dihasilkan proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C dengan media pendingin air es lebih paling

tinggi dari media pendingin air Le mineral dan air garam. Meningkatnya kekerasan pada media pendingin air es disebabkan karena munculnya fasa martensit. Fasa ini memiliki kekerasan yang sangat baik namun keuletannya rendah serta dipengaruhi oleh laju pendinginan dimana air es memiliki suhu 0 derajat sehingga proses pendinginannya lebih cepat dibandingkan dengan media pendingin yang lain. Hal ini sejalan dengan pendapat yang dikemukakan oleh [6], dimana kemampuan jenis media pendingin bervariasi yang membedakan pada sifat cairan pendingin yang disebabkan oleh suhu, viskositas, kekuatan larutan dan bahan pendingin. Semakin cepat logam didinginkan, semakin keras logam tersebut Adapun suhu 0 derajat media pendingin air es sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5



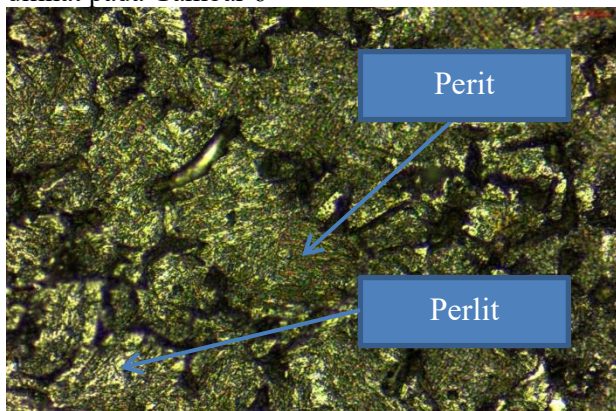
Gambar 5 Suhu media pendingin air es

3.3.2 Analisa Struktur Mikro Terhadap Variasi Media Pendingin

Pengujian struktur mikro dilakukan melalui mengamatan pada mikroskop optik dengan perbesaran 500 kali.

1. Media pendingin air Le mineral

Untuk analisa struktur terhadap proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C dengan media pendingin air Le mineral. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 6



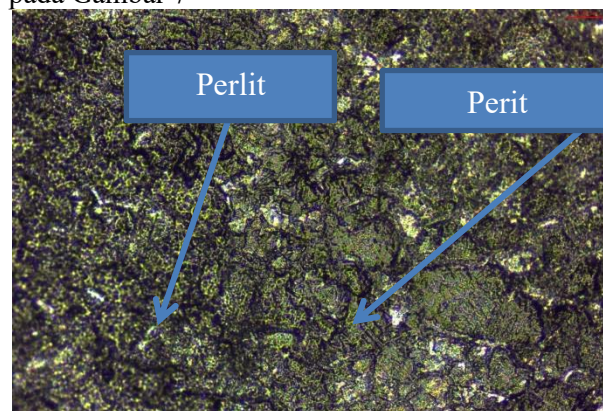
Gambar 6 Struktur mikro pada media pendingin air Le mineral

Dari Gambar 6 diatas dapat dilihat bahwa struktur mikro pada media pendingin air Le mineral terdapat fasa perlit dan ferit yang terlihat besar dan kasar, sehingga material tersebut tidak terlalu keras walaupun sudah dilakukan proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C.

Perlit ditandai dengan warna cerah sedangkan ferit berwarna agak gelap. Perlit merupakan campuran antara ferit dan sementit yang terbentuk seperti pelat-pelat yang disusun secara bergantian antara sementit dan ferit. Fasa perlit memiliki sifat keras, ulet dan kuat sedangkan ferit mempunyai sifat ulet tetapi lunak. Untuk sebagian besar struktur mikro ferit dan perlit, jaraknya terlalu halus untuk dilihat dengan mikroskop cahaya, dan perlit tampak seragam.

2. Media pendingin air garam

Untuk analisa struktur terhadap proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C dengan media pendingin air garam. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7 Struktur mikro pada media pendingin air garam

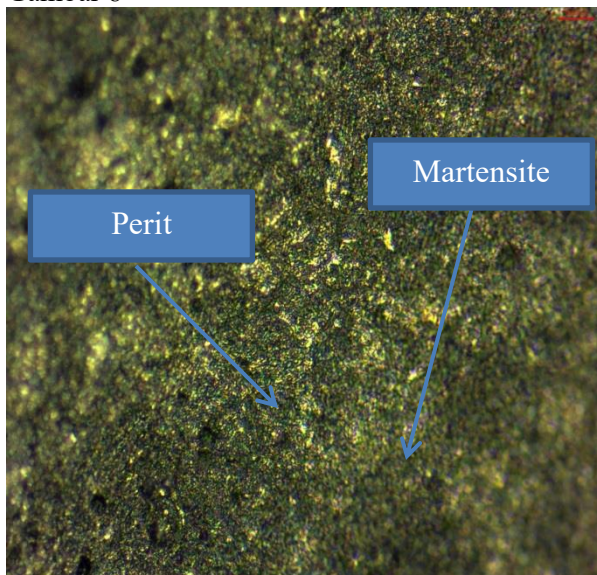
Dari Gambar 7 diatas dapat dilihat bahwa struktur mikro pada media pendingin air garam terdapat fasa martensit, sehingga material tersebut mengalami kekerasan setelah dilakukan proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C.

Perlakuan panas proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C untuk media pendingin air garam menghasilkan fasa martensit, ferit dan austenit. Fasa martensit terjadi karena laju pendinginan yang sangat cepat. Akan tetapi struktur yang terbentuk tidak sepenuhnya martensit, hal ini disebabkan adanya proses pendinginan yang cepat sehingga ferit yang bertransformasi menjadi austenit.

Adapun Bentuk dari fasa martensit ini seperti jarum-jarum yang tersebar merata serta pada bagian tepinya berwarna kehitaman [7]. Jika kadar karbon lebih tinggi maka struktur martensit akan lebih memanjang sehingga material tersebut menjadi keras. Fasa ferit yang agak gelap kehitaman karena kadar karbon yang tinggi pada material [8].

3. Media pendingin air es

Untuk analisa struktur terhadap proses *pack carburizing* pada temperatur 915°C dengan media pendingin air es. Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 8



Gambar 8 Struktur mikro pada media pendingin air es

Dari Gambar 8 diatas dapat dilihat bahwa struktur mikro pada media pendingin air es struktur yang terbentuk mayoritas terdiri dari fasa martensit. Fasa martensit berbentuk seperti jarum-jarum yang tajam dan memiliki sifat sangat keras akan tetapi getas. Fasa ferit agak gelap dan tidak terlalu terlihat, karena tertutup oleh fasa martensit yang penuh. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin rendah suhu media pendingin maka semakin cepat laju pendinginannya.

4 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan penelitian tentang pengaruh variasi media pendingin pada proses pack carburizing material St41 terhadap kekerasan dan struktur mikro adalah sebagai berikut :

Media pendingin yang digunakan pada penelitian ini adalah air mineral merek Le mineral, air garam dan air es.

Nilai kekerasan tertinggi pada media pendingin air es disebabkan oleh laju pendinginan yang sangat cepat serta munculnya fasa martensit.

Struktur mikro pada media pendingin air es struktur yang terbentuk mayoritas terdiri dari fasa martensit. Fasa martensit berbentuk seperti jarum-jarum yang tajam dan memiliki sifat sangat keras akan tetapi getas.

DaftarPustaka

- [1] F. N. Fauzan, R. D. Anjani, And R. Hanifi, "Analisis Pengaruh Proses Variasi Temperatur Pack Carburizing Arang Sekam Padi Terhadap Kekerasan , Carburizing Ada Beberapa Faktor Yang Digunakan Adalah Metode Penelitian Menjadi Acuan Pada Suatu Penelitian . Dalam," *J. Kaji. Tek. Mesin*, Vol. 8, No. 1, 2023.
- [2] R. S. Sholihin, Sholihin Ardhi Fathonisyam Putra N, "Karakterisasi Baja St-41 Dengan Variasi Media Pendingin (Air Belerang Dan Air Radiator)," *Natl. Multidiscip. Sci.*, Vol. 1, No. 6, Pp. 871–879, 2022.
- [3] A. B. Ramlan, "Efek Variasi Suhu Pack Carburizing Baja St 41 Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Impak," *Pist. J. Tech. Eng.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 34–37, 2020,
- [4] S. Gunawan, "Efek Waktu Tahan Pack Carburizing Terhadap Kekerasan Dan Keausan Nosel Imitasi Truk Barang," *J. Penelit. Inov.*, Vol. 1, No. 2, Pp. 193–200, 2022,
- [5] A. Mufarrih, H. Istiqlaliyah, A. S. Fauzi, And A. Wibowo, "Analisa Sifat Mekanik Baja St 41 Pada Proses Pack Carburizing Menggunakan Media Arang Tempurung Kelapa Sawit Dengan Variasi Holding Time," *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, Pp. 135–140, 2018.
- [6] E. Pujiyulianto, M. Lasin, K. Rajagukguk, A. Muhyi, And F. N. Syanur, "Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Proses Perlakuan Panas Terhadap Karakteristik Fasa Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Baja Eutektoid Rel Kereta Api," *Vol. 8, No. 2, 2024.*

- [7] S. Gunawan, "Efek Waktu Tahan Pack Carburizing Terhadap Kekerasan Dan Keausan Nosel Imitasi Truk Barang," *J. Penelit. Inov.*, Vol. 1, No. 2, Pp. 193–200, 2022,
- [8] 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.