

PENGARUH JENIS DAN KOMPOSISI KATALISATOR PADA PACK CARBURIZING TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA SS400

Bagas Wildan Firmansyah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: bagas.20039@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Para pengusaha perkebunan sawit masih memilih dodos impor karena dari segi kualitas yaitu kekerasan dodos lokal yang masih rendah, serta sulitnya bahan baku dodos lokal yaitu baja JIS SUB 9 ketersediaannya kurang melimpah dan harganya relatif mahal. Untuk mengatasi permasalahan diatas dilakukan penelitian dengan tujuan meningkatkan kualitas kekerasan permukaan dari bahan pengganti dodos lokal, yaitu baja SS400 dengan menggunakan metode *pack carburizing*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis dan komposisi katalisator pada *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja SS400. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu eksperimen *pack carburizing*, baja SS400 dimasukkan kedalam kontainer yang sudah terisi campuran arang tempurung kelapa dengan katalisator yang divariasikan jenisnya yaitu BaCO_3 , Na_2CO_3 , dan CaCO_3 serta komposisinya yaitu 20%, 30%, dan 40%. Kemudian kontainer ditutup dan dipanaskan menggunakan *muffle furnace* dengan temperatur 950°C , *holding time* 2 jam, dan pendinginan menggunakan air. Sesudah proses *pack carburizing* dilakukan pengujian kekerasan *vickers* dan struktur mikro. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa variasi jenis dan komposisi katalisator memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pada *pack carburizing* Baja SS400. Pada jenis katalisator CaCO_3 dengan komposisi 20% memiliki nilai kekerasan tertinggi yaitu 944,6 HV. Sedangkan pada jenis katalisator Na_2CO_3 dengan komposisi 20% memiliki nilai kekerasan terendah yaitu 749,4 HV. Hasil uji struktur mikro menunjukkan bahwa setelah perlakuan proses *pack carburizing* fasa martensit yang paling dominan terdapat pada jenis katalis CaCO_3 dengan komposisi 20% ditandai dengan tingginya nilai kekerasan yang didapatkan. Sedangkan fasa martensit dengan dominasi terendah terdapat pada jenis katalis Na_2CO_3 dengan komposisi 20%.

Kata Kunci: *pack carburizing*, baja SS400, katalisator, dodos lokal, dodos impor.

Abstract

Palm oil plantation entrepreneurs still choose imported dodos because in terms of quality, namely the hardness of local dodos is still low, as well as the difficulty of local dodos raw materials, namely JIS SUB 9 steel, which is not abundantly available and the price is relatively expensive. To overcome the above problems, research was carried out with the aim of improving the surface hardness quality of the local dodos replacement material, namely SS400 steel, using the pack carburizing method. This research was conducted to determine the effect of the type and composition of the catalyst in the carburizing pack on the hardness and microstructure values of SS400 steel. The method used in this research is a pack carburizing experiment, SS400 steel is put into a container filled with a mixture of coconut shell charcoal with varied catalyst types, namely BaCO_3 , Na_2CO_3 , and CaCO_3 and the composition is 20%, 30%, and 40%. Then the container is closed and heated using a muffle furnace with a temperature of 950°C , holding time 2 hours, and cooling using water. After the pack carburizing process, Vickers hardness and microstructure testing is carried out. The results of this research show that variations in the type and composition of the catalyst have an influence on the hardness and microstructure values of the SS400 Steel carburizing pack. The CaCO_3 catalyst type with a composition of 20% has the highest hardness value, namely 944,6 HV. Meanwhile, the Na_2CO_3 catalyst type with a composition of 20% has the lowest hardness value, namely 749,4 HV. The results of the microstructure test show that after the pack carburizing process treatment, the most dominant martensite phase is found in the CaCO_3 catalyst type with a composition of 20%, characterized by the high hardness value obtained. Meanwhile, the martensite phase with the lowest dominance is found in the Na_2CO_3 catalyst type with a composition of 20%.

Keywords: *pack carburizing*, SS400 steel, catalyst, local dodos, imported dodos.

PENDAHULUAN

Dodos merupakan alat panen buah kelapa sawit yang digunakan untuk memanen buah kelapa sawit dengan usia pohon kurang dari 8 tahun atau tinggi pohon antara 2-5 meter. Dodos ini diimpor dari Malaysia, tentunya sangat merugikan bagi industri lokal skala kecil maupun skala besar (Doloksaribu & Afrilinda, 2014). Jika dilihat dari segi

harga, produk impor sedikit lebih mahal daripada produk lokal. Namun, karena kualitas produk lokal masih rendah, pengusaha perkebunan sawit tetap memilih produk buatan impor. Hal ini menyebabkan beberapa perusahaan lokal mengurangi jumlah produksi dodos. (Kompasiana.com, 2021).

Pembuatan Dodos lokal dimulai dengan penempatan baja pegas atau baja JIS SUB 9, yang merupakan baja karbon sedang, hingga bentuk yang diinginkan. Selanjutnya, media arang digunakan untuk memanaskan bagian mata atau ujung dodos pada temperatur tertentu, kemudian didinginkan dengan cepat. Proses pembuatan ini belum dapat menghasilkan dodos yang tidak terukur dan berkualitas terbaik. Ini menjadi salah satu alasan mengapa dodos lokal kurang berkualitas dan lebih lama bertahan. (Yunaidi, 2022).

Baja SS400 digunakan dalam penelitian ini sebagai pengganti bahan dodos, yang biasanya menggunakan baja JIS SUB 9 (baja karbon sedang). Salah satu alasan untuk melakukan penelitian dengan bahan baku alternatif baja karbon rendah untuk alat panen kelapa sawit jenis dodos adalah kesulitan mendapatkan bahan baku baja karbon sedang. Harga rendah bahan baku alternatif ini dan ketersediaannya yang luas di Indonesia adalah alasan lain (Jaman et al., 2017). Baja SS400, yang memiliki kadar karbon yang rendah (hingga 0,17°C), tidak dapat dikeraskan (dikeraskan) atau diperlakukan dengan panas melalui proses *quenching* dan *tempering*. Satu-satunya cara untuk mengkeraskan permukaannya adalah dengan mengeringkan permukaan, seperti dengan *carburizing* (Kuswanto, 2010).

Proses *carburizing* adalah penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk membuatnya lebih keras. Kondisi ini sangat penting untuk bagian yang harus tahan aus. *Carburizing* dilakukan pada suhu 850-950°C, yang menghasilkan lapisan permukaan yang keras dan inti yang tetap ulet. Media *carburizing* dapat berupa fase padat, fase cair atau fase gas (Aramide, et al., 2010). Pada proses *carburizing* terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kekerasan serta ketebalan difusi lapisan karbon yang tinggi pada permukaan baja (Karmin, dkk., 2018). Faktor yang berpengaruh dalam proses karburasi ini adalah temperatur (Smallman, 2000), *holding time* (Lakhtin, 1970), dan media karburasi (Zakharov, 1962). Selain itu, Proses *pack carburizing* juga dipengaruhi oleh penggunaan katalis. Dalam proses difusi karbon pada permukaan baja karbon rendah, katalis membantu mempercepat pembentukan gas CO₂ yang diperlukan. Namun, dalam praktiknya, barium karbonat (BaCO₃), kalsium karbonat (CaCO₃) dan natrium karbonat (Na₂CO₃) adalah beberapa jenis dan persentase katalis yang berbeda dan sering digunakan dalam proses *pack carburizing*. Penggunaan jenis katalis yang berbeda ini akan mempengaruhi reaksi pembentukan karbon menjadi gas CO₂ secara keseluruhan, yang juga berdampak pada tingkat kekerasan baja karbon rendah. (Wibowo & Pratiwi, 2022).

Dari latar belakang diatas sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh jenis dan komposisi katalisator pada *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan

dan struktur mikro baja SS400. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan baja SS400 dengan menggunakan metode *pack carburizing*. Metode ini akan menghasilkan permukaan yang kuat dan daerah inti yang ulet, yang akan menjadikannya bahan dodos lokal yang lebih baik daripada produk dodos impor

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini dilakukan dengan kondisi dan peralatan yang disesuaikan dengan tujuan untuk mengumpulkan informasi tentang jenis katalisator dan komposisinya terhadap *pack carburizing* dan bagaimana hal itu berdampak pada nilai kekerasan dan struktur mikro baja SS400.

Tempat dan Waktu Penelitian

• Tempat penelitian

Tempat Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Pelapisan Logam Universitas Negeri Surabaya dan Laboratorium pengujian bahan POLINEMA.

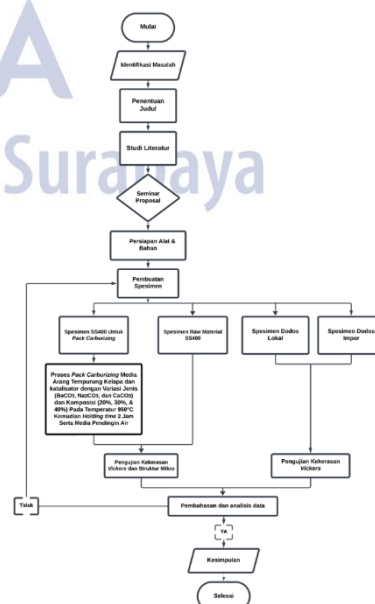
• Waktu Penelitian

Penelitian tentang pengaruh jenis dan komposisi katalisator pada *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja SS400 akan dilakukan tanggal 28 Februari 2024 – 4 Juli 2024.

Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah baja SS400 yang dihasilkan dari *pack carburizing* dengan variasi jenis katalisator BaCO₃, Na₂CO₃, dan CaCO₃ dengan komposisi 20%, 30%, dan 40%.

Flowchart Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Variabel Penelitian

- Variabel Kontrol
 - Baja SS400 dengan dimensi yang sama.
 - Arang batok kelapa.
 - Media pendinginan menggunakan air.
 - Pengambilan data diukur pada temperatur 950°C.
 - *Holding time* yang digunakan adalah 2 jam.
- Variabel Bebas
 - Jenis katalisator antara lain BaCO₃, Na₂CO₃, dan CaCO₃.
 - Komposisi katalisator antara lain 20%, 30%, dan 40%.
- Variabel Terikat

Dalam penelitian ini variabel terikatnya yaitu nilai kekerasan permukaan baja SS400 sesudah *pack carburizing* dan perubahan struktur mikro.

Bahan, Alat dan Instrumen Penelitian

- Alat pada penelitian meliputi:
 - *Muffle Furnace*
 - Kotak sementasi
 - Penjapit
 - Penggaris
 - kaleng pendinginan
 - Mesin laser cutting
 - Mesin poles
- Bahan pada penelitian meliputi:
 - Baja SS400
 - Dodos lokal
 - Dodos Impor
 - Arang tempurung kelapa
 - BaCO₃, CaCO₃, dan Na₂CO₃
 - Tanah liat
- Instrumen pada penelitian meliputi:
 - Mesin kekerasan *Vickers*
 - Mesin Mikroskop metalografi

Prosedur Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan melalui empat tahap, yaitu persiapan bahan dan spesimen, proses *pack carburizing*, dan pelaksanaan pengujian spesimen.

- Persiapan bahan dan spesimen
 - Spesimen dibuat menggunakan mesin pemotong laser dengan dimensi 80 mm x 50 mm x 3 mm dari baja SS400. Sementara itu, dimensi dodos lokal dan impor dipotong menggunakan gerinda pemotong bagian mata dodos.
 - Kotak sementasi dibuat dari plat baja yang dipotong dan dilas dengan dimensi 130 mm panjang, 100 mm lebar, 46 mm tinggi, dan 4 mm ketebalan

- Haluskan arang tempurung kelapa, kemudian timbang arang tempurung kelapa dan katalisatornya disesuaikan dengan ukuran kontainer (wadah).

$$V. \text{ dalam wadah} - V_{\text{spesimen}} = 598 \text{ cm}^3 - 12 \text{ cm}^3 \\ = 586 \text{ cm}^3$$

$$\text{Total serbuk} = V_{\text{total}} \times \text{Density arang} \\ = 586 \text{ cm}^3 \times 0.6 \text{ g/cm}^3 \\ = 351,6 \text{ gram} \rightarrow 355 \text{ gram}$$

Komposisi arang tempurung kelapa dan katalisator dari 355gram sebagai berikut:

- Arang tempurung kelapa 80% (284 gr): katalis 20% (71 gr)
- Arang tempurung kelapa 70% (248,5 gr): katalis 30% (106,5 gr)
- Arang tempurung kelapa 60% (213 gr): katalis 40% (142 gr)

Proses *pack carburizing*

Proses *pack carburizing* dimulai dengan memasukkan baja SS400 ke dalam kotak sementasi Dimana telah terdapat campuran media *carburizer* dengan katalisator. Kemudian, kotak sementasi ditutup dan dipanaskan dalam *furnace* selama dua jam pada suhu 950°C. Kemudian, air digunakan untuk mendinginkannya.

Pelaksanaan Pengujian Spesimen

- Uji kekerasan *Vickers*

Pengujian berskala *vickers* dilakukan pada spesimen sebelum *pack carburizing* uji tiga titik dan spesimen sesudah *pack carburizing* uji lima titik.
- Uji struktur mikro

Pengujian bertujuan mengetahui struktur fasa baja SS400 sebelum dan sesudah *pack carburizing*.

Teknik Analisis Data

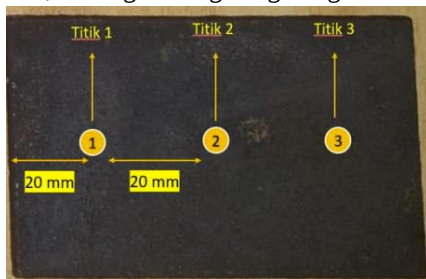
Analisis data uji kekerasan di uji statistika menggunakan perangkat lunak yaitu aplikasi SPSS 26 dengan metode Anova Tunggal. Sebelum pengujian Anova, uji normalitas dan homogenitas dilakukan untuk memastikan data terdistribusi normal dan homogen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

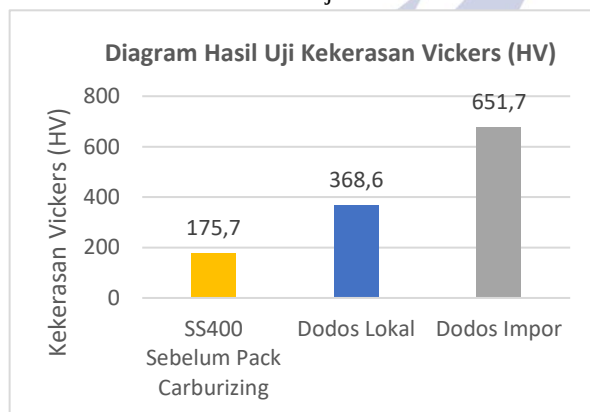
Hasil Uji Kekerasan Vickers

• Pengujian sebelum *pack carburizing*

Pengujian ini dilakukan pada baja SS400 sebelum proses *pack carburizing*, dodos lokal, dan dodos impor. Pengujian berskala Vickers dilakukan pada tiga spesimen, masing-masing dengan tiga titik.



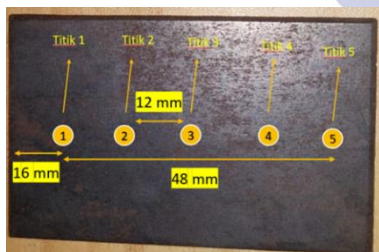
Gambar 2 Titik Uji Kekerasan



Gambar 3 Diagram hasil uji kekerasan Baja SS400 sebelum proses *pack carburizing*, dodos lokal, dan dodos impor.

• Pengujian sesudah *pack carburizing*

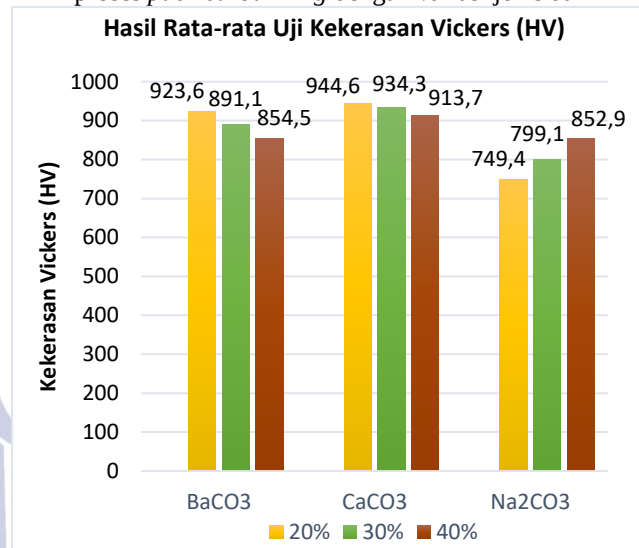
Pengujian berskala vickers dilakukan pada sembilan spesimen dengan masing-masing uji lima titik, kemudian nilai kekerasan diambil tiga titik yang mendekati satu sama lain dari lima titik yang di uji kekerasan.



Gambar 4 Titik Uji Kekerasan

Setelah proses *pack carburizing*, pengujian kekerasan dilakukan pada baja SS400. Digunakan berbagai jenis katalisator BaCO_3 , CaCO_3 , dan Na_2CO_3 dengan komposisi 20%, 30%, dan 40%. Proses ini dilakukan pada 950°C dan berlangsung selama dua jam, sebelum didinginkan dengan media air. Gambar 5 menunjukkan hasil pengukuran kekerasan.

Gambar 5 Diagram hasil kekerasan Baja SS400 sesudah proses *pack carburizing* dengan variasi jenis dan



komposisi katalisator

Dilihat dari gambar 5 perbandingan nilai rata-rata kekerasan dari setiap variasi jenis katalisator BaCO_3 , CaCO_3 , dan Na_2CO_3 beserta komposisi 20%, 30%, dan 40% memiliki pengaruh terhadap nilai kekerasan material pada *pack carburizing*. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi dari variasi jenis katalisator BaCO_3 terdapat pada komposisi 20% yaitu sebesar 923,6 HV. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi dari variasi jenis katalisator CaCO_3 terdapat pada komposisi 20% yaitu sebesar 944,6 HV. Rata-rata nilai kekerasan tertinggi dari variasi jenis katalisator Na_2CO_3 terdapat pada komposisi 40% yaitu sebesar 852,9 HV. Jadi secara keseluruhan bahwa rata-rata nilai kekerasan tertinggi dari ketiga jenis dan komposisi katalisator terdapat pada jenis katalisator CaCO_3 dengan komposisi 20% yaitu sebesar 925,3 HV.

Dari hasil data dan diagram diatas dapat ditemukan bahwa setiap jenis dan komposisi dari katalisator berbeda-beda hasil nilai kekerasan yang diperoleh pada suatu material proses *pack carburizing*. Jenis katalisator BaCO_3 dan CaCO_3 ditemukan bahwa semakin sedikit komposisi yang digunakan maka nilai kekerasan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Disisi lain, Jenis katalisator Na_2CO_3 ditemukan bahwa semakin banyak komposisi yang digunakan maka nilai kekerasan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena terdapat faktor mudah atau sulit terurainya jenis katalisator akibat dari suhu dekomposisi yang berbeda-beda untuk menghasilkan gas CO_2 .

Penggunaan katalisator kalsium karbonat (CaCO_3) menunjukkan penurunan nilai kekerasan seiring dengan peningkatan persentase katalis. Nilai kekerasan paling optimal yang diperoleh adalah 944,6 HV pada komposisi 20%, kemudian menurun pada komposisi 30% dengan nilai kekerasan 934,3 HV, dan terus menurun pada persentase

40% dengan nilai kekerasan 913,7 HV. Hal ini menunjukkan bahwa katalis CaCO_3 memiliki karakteristik yang mudah terurai, dimulai dengan reaksi dekomposisi pada suhu sekitar 739°C (Andrew K. Galwey & Michael E. Brown, 1999), dan holding time pada suhu 950°C akan mempercepat laju dekomposisi katalis, menghasilkan lebih banyak gas karbon dioksida (CO_2). Namun, dengan bertambahnya komposisi katalis CaCO_3 , jumlah gas CO_2 yang dihasilkan dari reaksi dekomposisi akan semakin meningkat. Di sisi lain, peningkatan penggunaan katalis akan mengurangi kapasitas karbon pada media karburisasi yang akan direaksikan.

Penggunaan katalisator barium karbonat (BaCO_3) menunjukkan karakteristik yang mirip dengan katalisator kalsium karbonat (CaCO_3). Jika katalis digunakan dalam jumlah komposisi yang relatif kecil, nilai kekerasan material uji akan meningkat. Nilai kekerasan tertinggi yang diperoleh adalah 923,6 HV pada komposisi 20%. Namun, nilai kekerasan menurun pada komposisi 30% menjadi 891,1 HV dan terus menurun pada komposisi 40% menjadi 854,5 HV. Hal ini menunjukkan bahwa katalis BaCO_3 mudah terurai, dengan reaksi dekomposisi dimulai pada suhu sekitar 805°C (K. H. Stern & E. L. Weise, 1969), dan holding time pada suhu 950°C akan mempercepat laju dekomposisi katalis, menghasilkan lebih banyak gas karbon dioksida (CO_2). Namun, dengan meningkatnya komposisi katalis BaCO_3 , jumlah gas CO_2 yang dihasilkan dari reaksi dekomposisi juga meningkat. Di sisi lain, peningkatan penggunaan katalis akan mengurangi kapasitas karbon pada media karburisasi yang akan direaksikan.

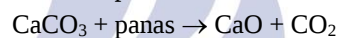
Penggunaan katalis natrium karbonat (Na_2CO_3) menunjukkan peningkatan nilai kekerasan seiring dengan bertambahnya jumlah katalis yang digunakan. Pada komposisi 20%, nilai kekerasan mencapai 749,4 HV, kemudian meningkat menjadi 808,5 HV pada komposisi 30%, dan peningkatan nilai kekerasan paling optimal sebesar 852,9 HV dicapai pada komposisi 40%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa katalis natrium karbonat (Na_2CO_3) sulit terurai pada suhu 950°C , karena suhu ini masih di bawah suhu dekomposisi natrium karbonat yaitu 1000°C (Ullmann, 2009). Pada suhu di bawah 1000°C , laju dekomposisi natrium karbonat sangat lambat, sehingga diperlukan jumlah katalis yang lebih banyak untuk menghasilkan gas CO_2 yang cukup untuk mendifusikan karbon (C) ke permukaan baja. Dengan meningkatnya jumlah katalis yang digunakan, karbon yang terdifusikan ke permukaan baja juga meningkat, sehingga nilai kekerasan yang diperoleh semakin tinggi.

Berdasarkan hasil uji kekerasan yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa penggunaan katalisator dalam jumlah komposisinya tidak ke semua jenis katalisator mengalami peningkatan nilai kekerasan ataupun sebaliknya. Hal ini

sejalan yang dilakukan oleh Wibowo & Pratiwi, (2022) bahwa Persentase penggunaan katalis meningkat, tetapi tidak semua jenis katalis mengalami peningkatan nilai kekerasan atau sebaliknya. Ini karena faktor mudah atau sulit terurainya jenis katalis untuk menghasilkan gas CO_2 dari reaksi dekomposisi, yang akan meningkat. Di sisi lain, lebih banyak katalis akan mengurangi kapasitas karbon pada media *carburizing* yang akan direaksikan. Dan dijelaskan juga oleh Adedipe, O., etc, (2023) bahwa seiring dengan meningkatnya kandungan CO_2 dengan bertambahnya pasokan udara, permukaan baja kekurangan kandungan karbon. Misalnya, dilaporkan bahwa pada suhu 900°C , 6% CO_2 menghasilkan sekitar 0,70% karbon dan 14% CO_2 mampu menghasilkan 0,30% karbon. Berikut Reaksi dari katalisator pada *pack carburizing*.

(Bepari, 2017)

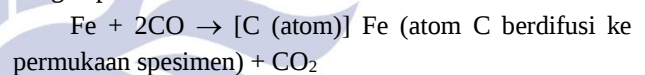
Energizer (seperti BaCO_3 , CaCO_3 , dan Na_2CO_3) akan mengalami reaksi dekomposisi pada suhu tinggi menghasilkan oksida dan CO_2 sebagai berikut.



Selanjutnya gas CO_2 akan bereaksi dengan karbon dari media *carburizer*, berikut persamaannya.



Dalam lingkungan panas, ada interaksi antara karbon monoksida dengan spesimen untuk membentuk besi karbida (atom C), yang kemudian diserap oleh baja sesuai dengan persamaan berikut.



Hasil Uji Struktur Mikro

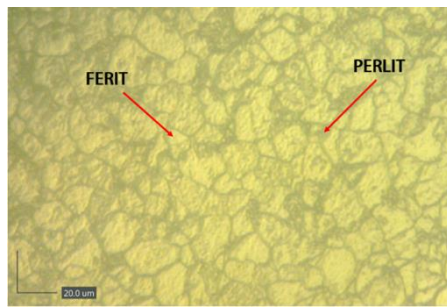
• Pengujian sebelum *pack carburizing*

Sebelum *pack carburizing*, pengujian bertujuan untuk mengetahui struktur fasa material baja SS400. Berikut adalah titik sampel yang akan di uji struktur mikro



Gambar 7 Titik uji truktur mikro

Berikut hasil uji struktur mikro baja SS400 sebelum *pack carburizing* dengan perbesaran 400x .



Gambar 8 Struktur mikro Baja SS400 sebelum proses *pack carburizing*

Gambar 8 menunjukkan struktur mikro baja SS400 sebelum proses *pack carburizing*. Struktur mikro menunjukkan fasa ferit dengan warna cerah dan area gelap halus yang tersebar di perlit, yang menunjukkan bahwa baja SS400 memiliki sifat yang tidak keras tetapi tetap ulet.

- **Pengujian sesudah proses *pack carburizing***

Sesudah *pack carburizing*, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui struktur fasa material baja SS400. Berikut adalah deskripsi sampel dengan jumlah 9 spesimen yang akan digunakan dalam penelitian ini.

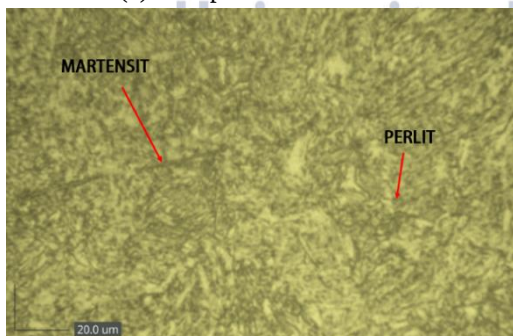


Gambar 7 Titik Uji Struktur mikro

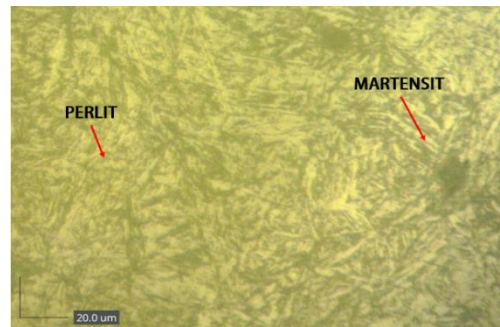
Berikut hasil struktur mikro baja SS400 sesudah proses *pack carburizing* dengan variasi jenis katalisator BaCO_3 , CaCO_3 , dan Na_2CO_3 beserta komposisi 20%, 30%, dan 40%.

- Jenis Katalis BaCO_3

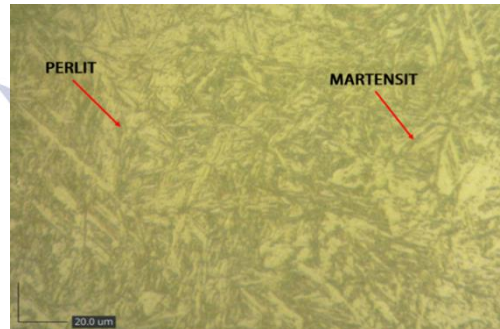
(a) Komposisi 20%



(b) Komposisi 30%



(c) Komposisi 40%

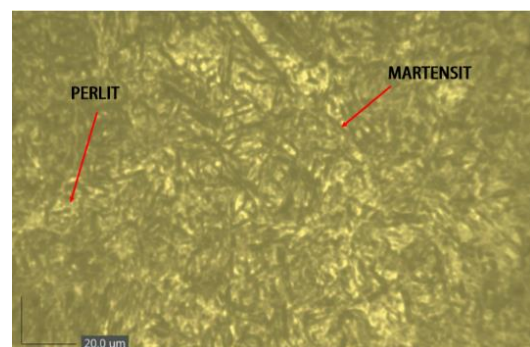


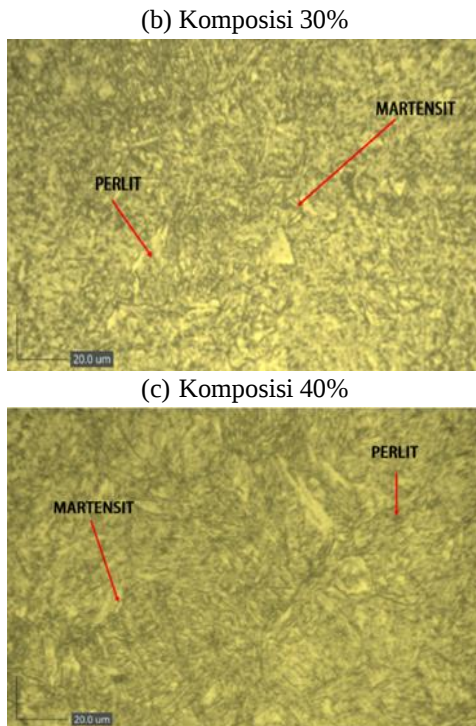
Gambar 8 Struktur mikro (a) Katalis BaCO_3 20%, (b) Katalis BaCO_3 30%, (c) Katalis BaCO_3 40%.

Gambar 8 (a), (b), dan (c) menunjukkan struktur mikro baja SS400 setelah proses *pack carburizing* dengan variasi jenis katalisator BaCO_3 dalam komposisi 20%, 30%, dan 40%. Pada permukaan baja SS400, terdapat fasa martensit berwarna gelap yang berbentuk seperti jarum. Di dalam matriks martensit, terdapat fasa perlit yang merupakan campuran ferit (α) dan sementit (Fe_3C) dengan warna kehitaman dan bentuk lamelar yang disusun bergantian, meskipun jumlahnya sedikit, tergantung pada kerapatan dan banyaknya martensit yang terbentuk. Fasa martensit, yang sangat keras, menyebabkan peningkatan nilai kekerasan pada permukaan baja. Pada katalisator jenis BaCO_3 , penggunaan komposisi katalisator yang relatif sedikit, yaitu 20%, menghasilkan struktur martensit yang lebih dominan, sementara pada komposisi yang lebih tinggi, yaitu 30% dan 40%, fasa martensit berkurang.

- Jenis Katalis CaCO_3

(a) Komposisi 20%

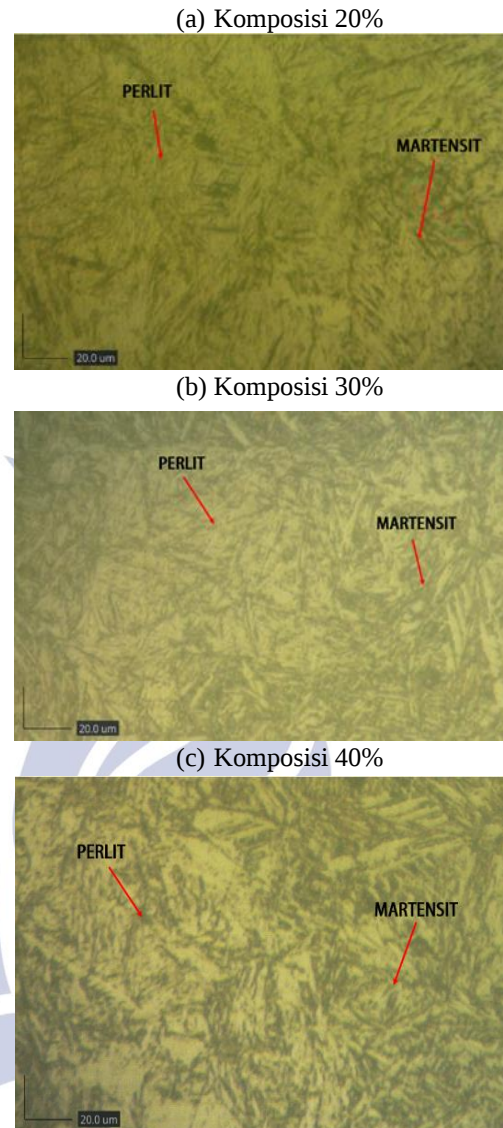




Gambar 9 Struktur mikro (a) Katalis CaCO_3 20%, (b) Katalis CaCO_3 30%, (c) Katalis CaCO_3 40%.

Gambar 9 (a), (b), dan (c) menunjukkan struktur mikro baja SS400 setelah proses pack carburizing dengan variasi jenis katalisator CaCO_3 dalam komposisi 20%, 30%, dan 40%. Pada permukaan baja SS400, terdapat fasa martensit berwarna gelap yang berbentuk seperti jarum. Di dalam matriks martensit, terdapat fasa perlit, yang merupakan campuran ferit (α) dan sementit (Fe_3C) dengan warna kehitaman dan bentuk lamelar yang disusun bergantian, meskipun jumlahnya sedikit, tergantung pada kerapatan dan banyaknya martensit yang terbentuk. Fasa martensit yang sangat keras menyebabkan peningkatan nilai kekerasan pada permukaan baja. Katalisator CaCO_3 memiliki karakteristik yang sama dengan katalisator BaCO_3 , yaitu pada komposisi katalisator yang relatif sedikit (20%), struktur martensit lebih mendominasi, sementara pada komposisi yang lebih tinggi (30% dan 40%), fasa martensit berkurang. Namun, efektivitas katalis CaCO_3 lebih baik dibandingkan dengan BaCO_3 , karena pada penggunaan katalis dalam jumlah yang relatif sedikit, CaCO_3 mampu mendifusikan karbon secara maksimal. Artinya, semakin sedikit penggunaan komposisi katalisator, semakin banyak karbon yang tersedia dalam media karburisasi, sehingga unsur karbon yang didifusikan ke permukaan baja semakin meningkat.

- Jenis Katalis Na_2CO_3



Gambar 10 Struktur mikro (a) Katalis Na_2CO_3 20%, (b) Katalis Na_2CO_3 30%, (c) Katalis Na_2CO_3 40%.

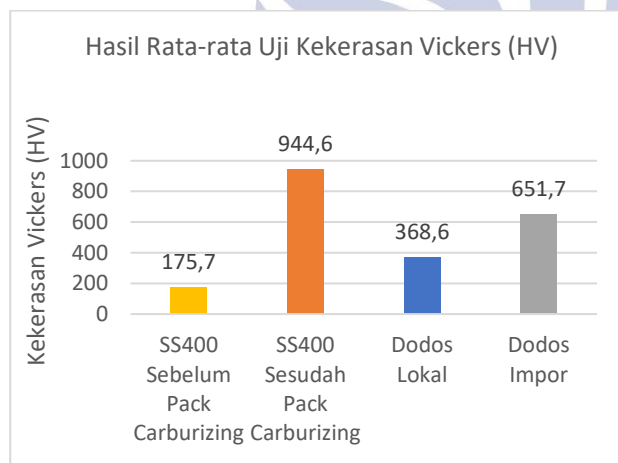
Gambar 10 (a), (b), dan (c) menunjukkan struktur mikro baja SS400 setelah proses pack carburizing dengan variasi katalisator Na_2CO_3 dalam komposisi 20%, 30%, dan 40%. Pada permukaan baja SS400, terdapat fasa martensit berwarna gelap berbentuk seperti jarum. Di dalam matriks martensit, terdapat fasa perlit, yang merupakan campuran ferit (α) dan sementit (Fe_3C), dengan warna kehitaman dan bentuk lamelar yang disusun bergantian, meskipun jumlahnya sedikit tergantung pada kerapatan dan banyaknya martensit yang terbentuk. Fasa martensit yang sangat keras menyebabkan peningkatan nilai kekerasan pada permukaan baja. Pada katalisator jenis Na_2CO_3 , dengan bertambahnya jumlah komposisi katalisator, fasa martensit semakin mendominasi dibandingkan struktur perlit. Efektivitas katalisator ini relatif rendah ketika digunakan dalam jumlah komposisi yang sedikit,

seperti pada komposisi 20%, di mana struktur martensit yang terbentuk relatif sedikit

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada variasi jenis katalisator CaCO_3 dengan komposisi 20% diperoleh struktur mikro yang paling baik dimana fasa martensit mendominasi dibandingkan fasa perlit, serta persebaran butir martensit lebih merata dan memiliki kerapatan struktur yang baik. Hal ini sejalan dengan yang dilakukan Wibowo & Pratiwi, (2022) bahwa Jenis katalisator CaCO_3 dengan komposisi 20% menunjukkan nilai kekerasan tertinggi diperoleh struktur mikro yang paling baik dimana fasa martensit mendominasi, serta persebaran butir martensit lebih merata dan memiliki kerapatan struktur yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh variasi komposisi dan jenis katalisator pada *pack carburizing* terhadap struktur mikro baja SS400.

Analisa Perbandingan Nilai Kekerasan Dari Baja SS400 Sesudah Dilakukan Proses *Pack Carburizing* Dengan Dodos Lokal Dan Dodos Impor

Penelitian ini bertujuan untuk perbandingan nilai kekerasan dari Baja SS400 sesudah *pack carburizing* dengan dodos lokal dan dodos impor. Berikut tabel perbandingannya.



Gambar 11 Diagram uji kekerasan baja SS400 sebelum *pack carburizing*, Baja SS400 sesudah *pack carburizing*, dodos lokal, dan dodos impor

Berdasarkan gambar 11 Hasil uji kekerasan memperlihatkan bahwa Baja SS400 sebelum proses *pack carburizing* mempunyai nilai rata-rata kekerasan terendah yakni 175,7 HV daripada material dodos impor yakni 651,7 HV dan material dodos lokal yakni 368,6 HV. Dan setelah Baja SS400 mengalami proses *pack carburizing* nilai kekerasan meningkat dan menjadi yang tertinggi yakni 944,6 HV dibandingkan dodos lokal dan dodos impor. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan metode *pack carburizing* pada baja SS400 dengan variasi jenis dan komposisi katalisator dapat menjadi alternatif

pengganti bahan baku pembuatan dodos lokal, serta dapat bersaing dengan dodos impor.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengaruh variasi jenis dan komposisi katalisator pada *pack carburizing* terhadap kekerasan dan struktur mikro baja SS400, dapat dikatakan bahwa:

- Hasil pengujian kekerasan *vickers* menunjukkan bahwa variasi jenis katalisator BaCO_3 , CaCO_3 , dan Na_2CO_3 beserta komposisi 20%, 30%, dan 40% memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai kekerasan material pada *pack carburizing* Baja SS400. Pada jenis katalisator BaCO_3 dengan komposisi 20%, 30%, dan 40% mendapatkan nilai kekerasan rata-rata berturut-turut sebesar 923,6 HV, 891,1 HV, dan 854,5 HV. Pada jenis katalisator CaCO_3 dengan komposisi 20%, 30%, dan 40% mendapatkan nilai kekerasan rata-rata berturut-turut sebesar 944,6 HV, 934,3 HV, dan 913,7 HV. Pada jenis katalisator Na_2CO_3 dengan komposisi 20%, 30%, dan 40% mendapatkan nilai kekerasan rata-rata berturut-turut sebesar 749,4 HV, 799,1 HV, dan 852,9 HV. Hal ini menunjukkan penggunaan katalisator dalam jumlah komposisinya tidak ke semua jenis katalisator mengalami peningkatan nilai kekerasan ataupun sebaliknya.
- Hasil uji struktur mikro menunjukkan bahwa setelah perlakuan proses *pack carburizing* dengan variasi jenis dan komposisi katalisator pada baja SS400, fasa martensit yang lebih dominan dan fasa perlit tetap ada. Variasi jenis katalis CaCO_3 dengan komposisi 20% memiliki fasa martensit yang paling dominan, yang memiliki nilai kekerasan tinggi sebesar 944,6 HV. Variasi jenis katalis Na_2CO_3 dengan komposisi 20% memiliki fasa martensit yang paling terendah.
- Perbandingan hasil pengujian kekerasan *vickers* sesudah proses *pack carburizing* dengan variasi jenis dan komposisi katalisator pada baja SS400 mengalami peningkatan yang signifikan sebesar 944,6 HV, dibandingkan dodos lokal sebesar 368,6 HV dan dodos impor sebesar 651,7 HV.

Saran

Berdasarkan penelitian pengaruh jenis dan komposisi katalisator pada *pack carburizing* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja SS400 saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

- Kerapatan wadah *carburizing* harus diperhatikan untuk memastikan difusi karbon ke dalam struktur baja melalui proses *pack carburizing* berlangsung secara optimal.

- Diharapkan ada penelitian mengenai variasi jenis katalisator yang belum dilakukan penelitian untuk menambah referensi keilmuan tentang jenis katalisator pada *pack carburizing*.
- Proses *pack carburizing* diharapkan dapat diterapkan pada produsen dodos lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- A. K. Galwey, M. E. Brown. 1999. Chapter 12 Decomposition of carbonates, *Studies in Physical and Theoretical Chemistry* 86 (1999) 345-364.
- Abidah, A.F. & Drastiawati, N. S. 2019. Analisa SS400 Hasil Carburizing Media Arang Tempurung Kelapa-BaCO₃ Dengan Variasi Temperatur Pemanasan Dan Holding Time Ditinjau Dari Pengujian Kekerasan Dan Struktur Mikro. *Jtm*, 07(02), 1-8.
- Affiz, F. 2012. Pengaruh Pengerolan Pra Pemanasan Dibawah Temperatur Rekristalisasi dan Tingkat Deformasi terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit. *Jurnal E-Dinamis*, II(2), 34-45.
- Alwarits, Daswarman, & Nasir, M. 2014. Pengaruh Media Pendingin pada Proses Hardening terhadap Peningkatan Kekerasan Baja Karbon Sedang. *Automotive Engineering Education Journals*, 3 No 4(e-ISSN:2302-335X), 1-5.
- Amstead, B.H., dkk. 1979. *Teknologi Mekanik Jilid 1 Edisi Ketujuh Versi S1*, Terjemahan oleh Sriati Djaprie, 1993. Penerbit Erlangga-Jakarta.
- Aramide, F.O., et al., 2010. Pack Carburization of Mild Steel, using Pulverized Bone as Carburizer: Optimizing Process Parameters, *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, Issue 16, January-June 2010, pp 1-12.
- Avner, S. H. (1974). *Introduction to Physical Metallurgy: Second Edition*. In McGraw Hill Book Company.
- Azis, M.A. & Drastiawati, N. S. 2019. Analisis Kekerasan Permukaan Dan Struktur Mikro Baja SS400 Pada Metode Pack Carburizing Menggunakan Media Arang Tongkol Jagung Dengan Variasi Temperatur Pemanasan. *Jtm*, 07(14), 1-8. <https://patents.google.com/patent/US10376291B2/en>.
- Bahtiar, Iqbal, M., & Arisandi, D. 2017. Analisis Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Baja Komersil Yang Mendapatkan Proses Pack Carburizing Dengan Arang Cangkang Kelapa Sawit. *Jurnal Mekanikal*, 8(1), 686-696.
- Bepari, M. M. A. (2017). Carburizing: A Method of Case Hardening of Steel. In *Comprehensive Materials Finishing* (Vols. 2-3). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.09187-6>
- Budinski, G. & Budinski, K. 1999. *Engineering materials-properties and selection*, 6th edition. New Jersey: Prentice Hall International, Inc
- Wiley & Sons, Inc. Calister, W.D. 2013. *Materials science and engineering 9 th*. Kanada: John Wiley & Sons, Inc.
- Djaprie, S. 1983. *Ilmu Dan Teknologi Bahan*. Erlangga, Jakarta.
- Doloksaribu, M & Afrilinda, E. 2014. Peningkatan Kualitas Dodos Dengan Variasi Temperatur Austenisasi dan Media Quenching. *Metal Indonesia*. Vol. 36 No.1 (ISSN: 0126 - 3463).
- Giancoli, D.C. 1999. *Fisika Jilid 1 Edisi Kelima*. Erlangga. Jakarta.
- Halliday, D. & Resnick, R. 1985. *Fisika Jilid 1 Edisi Ketiga*. Erlangga. Jakarta.
- Hamni, A. (2011). Experimental Study Improvement of Quality of Hoe on. *Jurnal Mechanical*, 2, 34-47.
- Irawan, C. 2019. Pengaruh Quenching Pada Proses Carburizing Baja St 41 Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap Nilai Kekerasan. 1-45. Laporan Tugas Akhir DIII Teknik Mesin politeknik Harapan Bersama Tegal.
- Jaman, W.S., dkk. 2017. Potensi Baja Karbon Rendah Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Dodos (Alat Panen Buah Kelapa Sawit). *Metal Indonesia*, 39(1), 27. <https://doi.org/10.32423/jmi.2017.v39.27-32>
- Karunadasa et al., 2019. Thermal decomposition of calcium carbonate (calcite polymorph) as examined by in-situ high-temperature X-ray powder diffraction. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 134(January), 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2019.05.023>
- Karmin, dkk. 2018. Analisa Perubahan Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Multi Quenching Terhadap Hasil Pack Carburizing Baja Karbon Rendah. *Jurnal Austenit Vol 10 No.1 (April)* 34-42.
- Kurniawan, O & Drastiawati, N. S. 2019. Pengaruh Variasi Media Arang Tempurung Kelapa, Tongkol Jagung, Dan Kayu Jati Pada Metode Pack Carburizing Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja SS400. *Jurnal Teknik Mesin*, VII(02), 55-62.
- Kuswanto, B. 2010. Perlakuan Pack Carburizing Pada Baja Karbon Rendah Sebagai Material Alternatif Untuk Pisau Potong Pada Penerapan Teknologi Tepat Guna. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1), 20-24. https://www.publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/198
- Lakhtin, Y. 1975. *physical metallurgy. Second Edition*. Foreign Language Publishing House. Moscow.
- Lamet, Aaronson, H. I., & Abraham, J. K. 1985. *Metallography and Microstructures. Technology* (Vol. 9). New York: ASM International. [https://doi.org/10.1016/S0026-0576\(03\)90166-8](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(03)90166-8)
- Rommy Perdana Putra. 2021. "Berkat SNI, Permintaan Dodos Meningkat". Dalam *Kompasiana Beyond*

Blogging. 21 Juni.
(https://www.kompasiana.com/rommyroperta/60d016a706310e659f314192/berkat-sni-permintaan-dodosmeningkat?page=1&page_images=1, Diakses 19 September 2023).

Smallman, R. E. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.

Stern, K. H., & Weise, E. L. (1969). High Temp Properties and Decomp of Inorganic Salts - Part 2. Carbonates. In *Nat. Stand. Ref. Data Ser., Nat. Bur. Stand. (U.S.)* (Vol. 30, p. 32).

Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta, CV.

Sukma, J. A. & Umardani, Y. 2012. Pengerasan Permukaan Baja Karbon St 40 Dengan Metode Nitridasi Dalam Larutan Kalium Nitrat. Undergraduate thesis, Mechanical Engineering Departement, Faculty Engineering of Diponegoro University.

Ullmann. (2009). Sodium Carbonates. In *Encyclopedia of Industrial Chemistry* (4th ed., pp. 299– 317). <https://doi.org/10.1002/9780471264194.fos09109.pub2>

Utami, L. putri, & Istana, B. (2020). Analisis Pengaruh Variasi Komposisi Katalis Pada Proses Pack Carburizing Baja Karbon Rendah Terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro. *Jurnal Surya Teknik*, 6(1), 26–31. <https://doi.org/10.37859/jst.v6i1.1863>

Wibowo, T. N. & Pratiwi, Y. D. 2022. Analisis Pengaruh Variasi Jenis dan Persentase Katalis pada Proses Pack Carburizing Baja ST 42 terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro. *Creative Research in Engineering*, 2(1), 42. <https://doi.org/10.30595/serie.v2i1.14067>

Yunaidi, Y. 2022. Perbaikan Sifat Mekanik Dodos Kelapa Sawit Produk Lokal Melalui Proses Pack Carburizing Dan Modified Martempering. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13(3), 847–856. <https://doi.org/10.21776/jrm.v13i3.1225>.

Zakharov, B. 1962. *Heat- Treatment Of Metals*. Moscow: Peace Publishers.