

# Pengaruh Media Arang Kayu Bakau Mangrove Dan Arang Kayu Asam Pada Proses Perlakuan Carburizing Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon ST-37

Rico Arifandi <sup>1</sup>, Gerald Adityo Pohan, ST,M.Eng.<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin S-1, FTI – Institut Teknologi Nasional Malang 2021  
JL. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65153  
(0341) 417636

E-mail : [arifandirico@gmail.com](mailto:arifandirico@gmail.com)

## ABSTRAK

In the military field, tank is armored fighting vehicles that move using chain-shaped wheels. The tread of the tank chain is a component to tread and move so that it requires tougher properties on the surface and has ductile and tough properties on the inside and is more resistant to wear on the surface. The development of tank chain production materials is necessary for the independence of national defense and security as well as reducing dependence on imports. Imported tank chain hardness value 28 HRC or 286 HV.

In this research, the objective of this research is to increase the surface hardness of the steel by carburizing the initial material, especially the low carbon steel ST-37. The carburizing treatment process is a method of adding carbon content in steel using solid media. The carbon media used were mangrove charcoal and tamarind wood charcoal using calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) catalyst at a constant heating temperature of  $900^\circ\text{C}$ , variations in holding time of 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes, cooled rapidly with water media. Then performed an analysis of the effect of the type of wood charcoal on the mechanical properties of carbon steel ST-37. The results obtained will be applied to the tank chain tread production process.

The results of the micro structure of martensite and the highest hardness value were found in the holding time of 60 minutes of mangrove charcoal media with the microstructure results of 63.8% martensite, 36.2% bainite and a hardness value of 453.1 HV. The highest toughness value is found in the holding time of 60 minutes of tamarind wood charcoal media with an impact price (HI) of  $0.4345 \text{ J/mm}^2$ . The difference between the impact test results of tamarind charcoal media with mangroves is not too significant. The higher the martensite phase, the higher the hardness value. However, there is also a bainite phase which can increase the toughness of the steel which will be used as a tread chain production material.

**Keywords:** Carburizing, wood charcoal carbon, holding time, tank chain

## PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan industri pada saat sekarang ini khususnya industri permesinan ikut memacu perkembangan teknologi pembuatan material dasar seperti baja. Mengingat kondisi tersebut, dibutuhkan sifat-sifat mekanis yang memadai, sehingga umur pakainya dapat ditingkatkan. Untuk mengatasi hal tersebut, biasanya komponen permesinan dilakukan proses perlakuan panas [3].

Baja karbon rendah (ST-37) memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 %. Baja ini sering dipakai juga untuk konstruksi-konstruksi mesin yang saling bergesekan seperti roda gigi, poros, dll karena sangat ulet. Namun kekerasan permukaan dari baja tersebut tergolong rendah sehingga sebelum digunakan untuk konstruksi-konstruksi yang disebutkan di atas, maka perlu dimodifikasi atau memperbaiki sifat kekerasan pada permukaannya. Baja karbon rendah ini tidak dapat dikeraskan secara konvensional tetapi melalui penambahan karbon dengan proses *carburizing*.

Proses *carburizing* didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya. Kondisi ini sangat diperlukan untuk komponen-komponen yang mensyaratkan tahan aus. Suhu untuk proses *carburizing* sekitar  $900 - 950^\circ\text{C}$  dalam media *carburizing*. Ini akan menghasilkan lapisan permukaan yang keras dan tahan aus dengan inti tetap liat/ulet. Media *carburizing* dapat berupa fase padat, fase cair atau fase gas [1].

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisa pada material baja karbon ST-37 yang sebelumnya dilakukan uji komposisi kimia untuk mengetahui kandungan karbonnya. Penelitian ini menggunakan proses perlakuan panas (*heat treatment*) metode pengerasan permukaan (*carburizing*) media fase padat menggunakan media karbon arang kayu bakau mangrove dan arang kayu asam yang merupakan jenis arang kayu bersifat keras. Dimana arang kayu tersebut akan dirubah menjadi bubuk arang yang kemudian akan digunakan untuk proses pengkarbonan baja didalam *furnace* yang dicampur dengan

bubuk kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sebagai katalis. Proses *carburizing* menggunakan variasi waktu penahanan (*holding time*) *carburizing* selama 30 menit, 60 menit dan 90 menit dengan temperatur konstan  $900^\circ\text{C}$  kemudian dilakukan pendinginan cepat (*quenching*) dengan media air. Untuk mengetahui sifat mekanik material hasil *carburizing* pada penelitian ini dilakukan uji struktur mikro, uji kekerasan mikro vickers dan uji impak.

Aplikasi dalam penelitian ini pada tapak rantai (*track link*) adalah komponen dari kendaraan tempur yang berfungsi untuk menapak sekaligus menggerakkan kendaraan tempur tersebut. Karena pemakaian tersebut maka dibutuhkan sifat yang lebih keras dibagian permukaan serta memiliki sifat ulet dan tangguh dibagian dalam dan lebih tahan aus pada bagian permukaan. Pengembangan material produksi rantai tank perlu dilakukan untuk kemandirian pertahanan keamanan nasional sekaligus menurunkan ketergantungan impor. Nilai kekerasan rantai tank impor 28 HRC atau 286 HV. Karena umur komponen ini hanya sekitar satu tahun, maka digolongkan sebagai komponen yang *consumable*. Setiap tank membutuhkan 180 tapak rantai, sedangkan jumlah kendaraan tempur tank yang dimiliki oleh TNI saat ini sudah mencapai sekitar 1300 buah. Dengan adanya rencana pemerintah untuk meningkatkan Alusista, dapat dipastikan kebutuhan komponen ini akan semakin meningkat pada masa mendatang. Tetapi sangat disayangkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut masih harus mengimpor. Sudah ada usaha untuk membuat komponen tersebut di dalam negeri tetapi masih belum terpenuhi sifat mekanisnya [5].

## METODOLOGI PENELITIAN

Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah baja ST-37 proses dari pengujian komposisi material yaitu untuk mendapatkan hasil seberapa besar nilai unsur penyusun material misalnya dari unsur utama Fe, C, Mn, Si, Ni, V, Mo dan lain sebagainya.

Pembentukan spesimen ini dilakukan dengan menggunakan mesin potong frais dengan ukuran panjang : 55 mm, lebar : 10 mm dan tinggi : 10 mm dibuat takik dengan sudut "V" ( $45^\circ$ ) kedalaman : 2 mm, tinggi takik : 8 mm pada tengah-tengah spesimen. Dibat sebanyak 20 spesimen sesuai Standar ASTM E23-56T Uji Impak *charpy*. Pada setiap spesimen diberikan angka 1-20 untuk menandai spesimen, dengan 9 spesimen setiap jenis media arang kayu dan 3 spesimen setiap variasi waktu penahanan sebagai bahan yang akan dilakukan proses *carburizing* dan 2 spesimen tanpa proses *carburizing*.

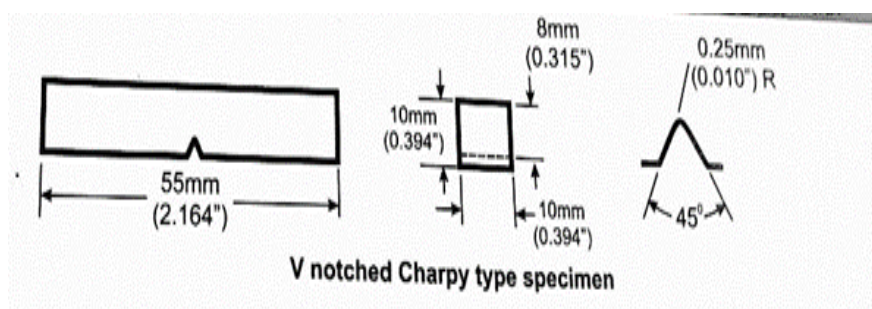


Fig. 1. Standar ASTM E23-56T Uji Impak

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Uji Komposisi Kimia

Tujuan utama dari pengujian komposisi kimia bahan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui persentase kadar karbon baja ST-37. Serta dari pengujian komposisi kimia bahan yaitu untuk mendapatkan hasil seberapa besar nilai unsur penyusun material ST-37 misalnya dari unsur utama Fe, C, Mn, Si, Ni, V, Mo dan lain sebagainya. Dari hasil pengujian komposisi kimia baja ST-37 dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut ini :

TABLE I. UJI KOMPOSISI KIMIA BAJA ST-37

| No | Unsur | Keterangan | Nilai (%) |
|----|-------|------------|-----------|
| 1  | Fe    | Besi       | 99,1793   |
| 2  | C     | Karbon     | 0,05076   |
| 3  | Mn    | Mangan     | 0,47580   |
| 4  | P     | Phosphor   | 0,02126   |
| 5  | S     | Sulfur     | 0,01585   |
| 6  | Si    | Silikon    | 0,14385   |
| 7  | Sn    | Stannum    | 0,00204   |
| 8  | Al    | Alumunium  | 0,00403   |
| 9  | Cr    | Cromium    | 0,02500   |

|    |    |              |         |
|----|----|--------------|---------|
| 10 | Cu | Cuprum       | 0,02561 |
| 11 | Ni | Nikel        | 0,01758 |
| 12 | V  | Vanadium     | 0,00106 |
| 13 | Mo | Molibdedenum | 0,01014 |
| 14 | Nb | Niobium      | 0,00374 |
| 15 | Ca | Kalsium      | 0,00234 |
| 16 | Co | Kobalt       | 0,00412 |
| 17 | Pb | Timbel       | 0,00002 |
| 18 | Te | Telurium     | 0,00144 |
| 19 | Ti | Titanium     | 0,00039 |
| 20 | W  | Wolfram      | 0,00663 |

Hasil dari uji komposisi kimia baja karbon ST-37 termasuk dalam kategori baja karbon rendah karena memiliki kadar karbon (C) senilai 0,05076% <0,30% (*Low Carbon Steel*) dan (Fe) kadar besi senilai 99,1793%. Kadar karbon memiliki pengaruh yang sangat tinggi terhadap nilai suatu bahan, kadar karbon yang rendah memiliki nilai kekerasan yang rendah dan lunak. Komposisi penyusun lainnya adalah Mangan (Mn) sebesar 0,4758%. Mangan memiliki sifat yang tahan terhadap gesekan dan tahan terhadap tekanan. Komposisi lainnya adalah Silicon (Si) sebesar 0.1438% yang akan menambah kekerasan pada baja.

#### Uji Struktur Mikro

Uji struktur mikro dilakukan menggunakan mesin mikroskop logam dan diambil gambar dengan pembesaran 200x. Pengambilan gambar dilakukan dengan satu benda tanpa proses *carburizing* (raw material) dan enam benda uji dengan proses *carburizing* menggunakan media karbon arang kayu mangrove dan asam. Serta masing-masing media arang kayu menggunakan variasi waktu penahanan 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Persentase data fasa didapat dengan perhitungan memakai mikrometer yang diambil 3 kotak pada setiap gambar dan setiap kotak berisi 100 struktur mikro berbeda. Dari hasil pengujian struktur mikro dalam penelitian dapat dilihat pada gambar dan grafik berikut ini :

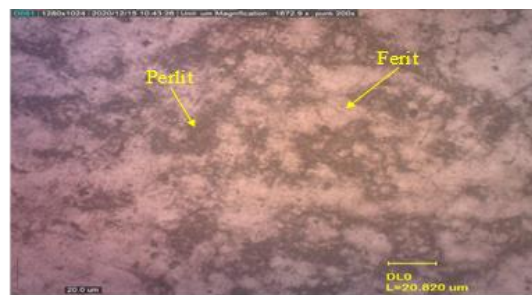


Fig. 2. Struktur Mikro Tanpa Proses Carburizing (Raw Material)

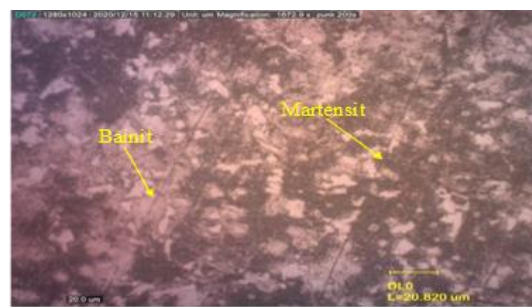


Fig. 3. Media Arang Kayu Mangrove Waktu Penahanan 30 Menit

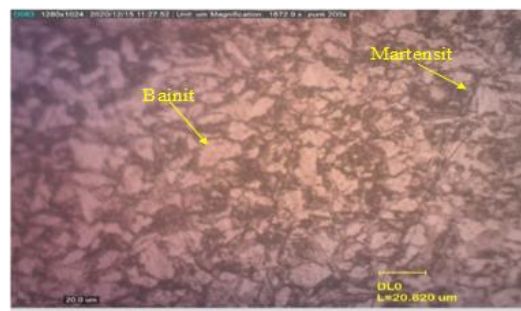


Fig. 4. Media Arang Kayu Mangrove Waktu Penahanan 60 Menit

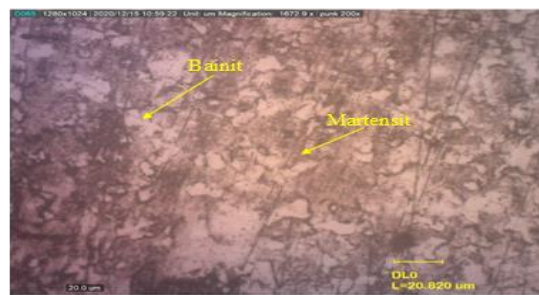


Fig. 5. Media Arang Kayu Mangrove Waktu Penahanan 90 Menit

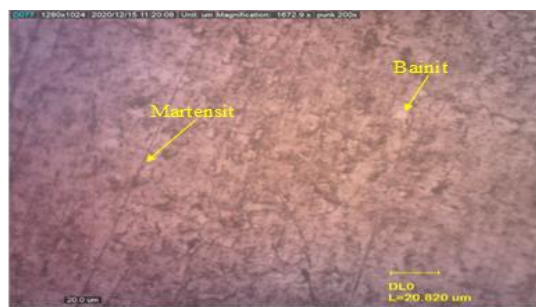


Fig. 6. Media Arang Kayu Asam Waktu Penahanan 30 Menit

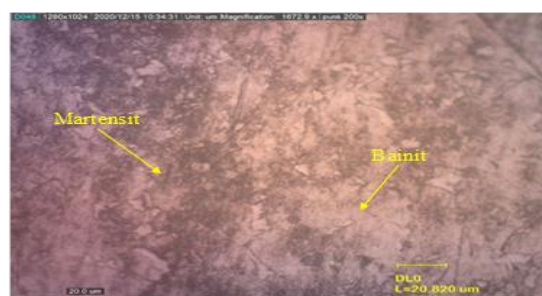


Fig. 7. Media Arang Kayu Asam Waktu Penahanan 60 Menit

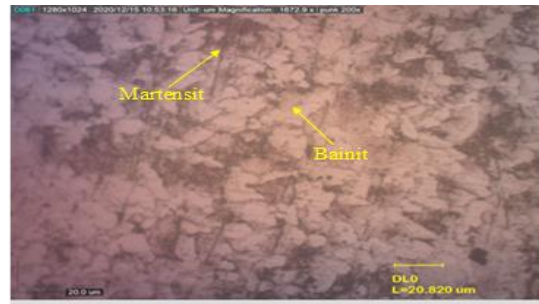


Fig. 8. Media Arang Kayu Asam Waktu Penahanan 90 Menit

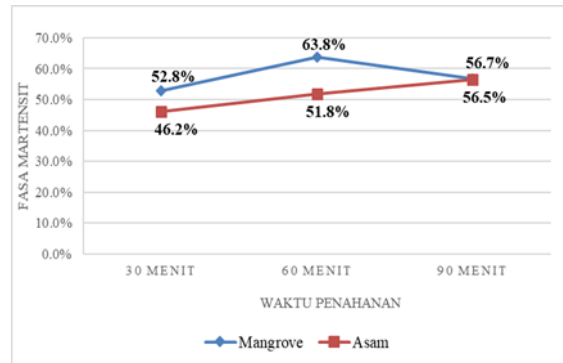


Fig. 9. Hubungan Variasi Waktu Penahanan Terhadap Fasa Martensit (%)

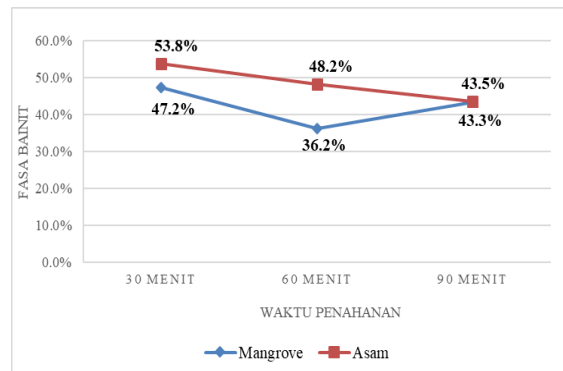


Fig. 10. Hubungan Variasi Waktu Penahanan Terhadap Fasa Bainit (%)

Baja karbon rendah ST-37 raw material tanpa perlakuan *carburizing* memiliki struktur mikro berupa perlit dan ferit lebih dominan sisanya berupa struktur mikro antara, dengan nilai persentase 53,7% perlit dan 46,3% ferit. Struktur perlit ditampilkan dengan bentuk pipih atau berlapis warna kehitaman yang memiliki sifat keras dan sedikit getas sedangkan struktur ferit yang ditampilkan dengan bentuk butir-butir kristal yang padat warna terang dengan sifat lunak dan ulet. Dan setelah dilakukan proses *carburizing* struktur mikro berubah menjadi martensit dan bainit lebih dominan sisanya struktur mikro antara. Hal ini terjadi karena pendinginan yang sangat cepat dari temperatur austenit 900°C ke temperatur di bawah 100°C menggunakan air tawar. Dari diagram CCT dapat diketahui fasa austenit akan mulai bertransformasi menjadi martensit pada garis Ms (*martensit start*) dan akan berakhir ketika pendinginan mencapai garis Mf (*martensit finish*). Struktur martensit berbentuk jarum-jarum pendek berwarna hitam pekat yang memiliki sifat sangat keras dan getas sedangkan bainit berbentuk jarum-jarum *acicular* yang tidak sejajar satu sama lain berwarna abu-abu gelap memiliki sifat yang keras dan kuat, meskipun tidak ulet seperti ferit atau austenit tetapi tidak sekeras martensit.

Hasil uji struktur mikro setelah proses *carburizing* di dapat persentase fasa martensit variasi waktu penahanan 30 menit, 60 menit dan 90 menit pada media arang kayu mangrove lebih banyak dengan nilai persentase 52,8%, 63,8% dan 56,7% sedangkan arang kayu asam lebih rendah dengan nilai persentase 46,2%, 51,8% dan 56,5%. Untuk nilai persentase fasa bainit variasi waktu penahanan 30 menit, 60 menit dan 90 menit pada media arang kayu mangrove lebih rendah dengan nilai persentase 47,2%, 36,2% dan 43,3% sedangkan arang kayu asam lebih tinggi dengan nilai persentase 53,8%, 42,2% dan 43,5%. Nilai persentase martensit tertinggi dan bainit terendah terdapat pada waktu penahanan 60 menit pada media arang kayu mangrove. Sedangkan nilai persentase martensit terendah dan bainit tertinggi terdapat pada waktu penahanan 30 menit pada media arang kayu asam.



Dari hasil grafik 3.1 pada waktu penahanan 90 menit media arang kayu mangrove mengalami penurunan fasa martensit. Hal ini karena pengaruh kurang ratanya pencampuran bubuk karbon arang kayu dengan bubuk katalis (kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )). Katalis berfungsi untuk mempercepat difusi karbon kedalam baja. Karena kurang ratanya pencampuran katalis dengan karbon maka karbon terhambat untuk berdifusi ke dalam baja. Unsur yang paling dominan menentukan temperatur tranformasi austenit menjadi fasa martensit adalah karbon (ardra.biz, 2019). Fasa martensit yang terbentuk dari proses *carburizing* media arang kayu asam semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu penahanan, hal ini sesuai teori. Semakin banyak martensit yang terbentuk maka benda tersebut akan memiliki sifat keras dan getas.

#### Uji Kekerasan Mikro Vickers

Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji kekerasan tipe HV (*Hardness Vickers*) diatur dengan beban : 300 g, waktu penerapan beban : 10 detik dan pembesaran jejak indenter : 110x. Pengambilan data dilakukan dengan jumlah delapan belas benda uji dengan proses *carburizing* dengan media arang kayu dan variasi waktu penahanan berbeda dan satu benda uji tanpa proses *carburizing* (raw material). Serta setiap benda uji dilakukan pengambilan data tiga titik kekerasan kemudian di rata-rata untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Dari hasil pengujian kekerasan mikro Vickers dalam penelitian dapat dilihat grafik berikut ini :

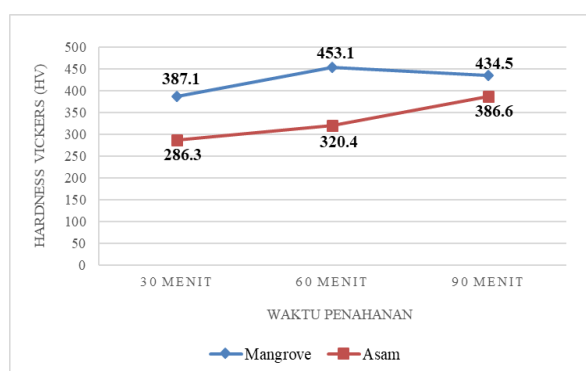


Fig. 11. Hubungan Variasi Waktu Penahanan Terhadap Nilai Kekerasan (HV)

Dalam analisa grafik 3.3 hubungan variasi waktu penahanan terhadap nilai kekerasan (HV) pada proses *carburizing* media arang kayu mangrove memiliki nilai kekerasan lebih tinggi pada setiap waktu penahanan dari pada media arang kayu asam. Pada waktu penahanan 30 menit media arang mangrove menghasilkan nilai kekerasan sebesar 387,1 HV sedangkan media arang kayu asam menghasilkan nilai kekerasan sebesar 286,3 HV. Selanjutnya pada waktu penahanan 60 menit media arang kayu mangrove menghasilkan nilai kekerasan sebesar 453,1 HV sedangkan media arang kayu asam menghasilkan nilai kekerasan sebesar 320,4 HV. Dan pada waktu penahanan 90 menit media arang kayu mangrove menghasilkan nilai kekerasan sebesar 434,5 HV sedangkan media arang kayu asam menghasilkan nilai kekerasan sebesar 386,6 HV.

Pada proses *carburizing* nilai kekerasan tertinggi terdapat pada waktu penahanan 60 menit media arang kayu mangrove hal ini dapat dihubungkan dengan uji struktur mikro karena pada uji struktur mikro juga memiliki fasa martensit terbanyak. Untuk nilai kekerasan terendah terdapat pada waktu penahanan 30 menit media arang kayu asam karena pada uji struktur mikro juga memiliki fasa martensit terendah. Pada waktu penahanan 90 menit media arang kayu mangrove mengalami penurunan kekerasan karena pada uji struktur mikro fasa martensit juga mengalami penurunan. Karena sifat martensit yang sangat keras dan getas sehingga mampu meningkatkan kekerasan lapisan permukaan benda uji pada proses *carburizing*. Semakin banyak fasa martensit maka semakin besar nilai kekerasan benda tersebut karena sifat fasa martensit yang sangat keras dan getas. Dari hasil uji struktur mikro dan uji kekerasan menghasilkan data yang sesuai. Dan juga semakin memperkuat bahwa jenis media karbon arang kayu dan lama waktu penahanan berpengaruh terhadap kekerasan suatu material pada proses *carburizing*.

#### Uji Impak Charpy

Pengujian dilakukan menggunakan mesin impak *charpy* dengan sudut  $\alpha$  :  $146^\circ$ , panjang lengan : 0,75 M dan W : 30 Kg. Pengambilan data dilakukan dengan jumlah delapan belas benda uji dengan proses *carburizing* dan satu benda uji tanpa proses *carburizing* (raw material). Sembilan benda uji setiap media arang kayu dan tiga benda uji setiap variasi waktu penahanan dilakukan uji impak kemudian di rata-rata untuk mendapatkan data yang lebih akurat. Dari hasil pengujian impak dalam penelitian dapat dilihat pada grafik berikut ini :

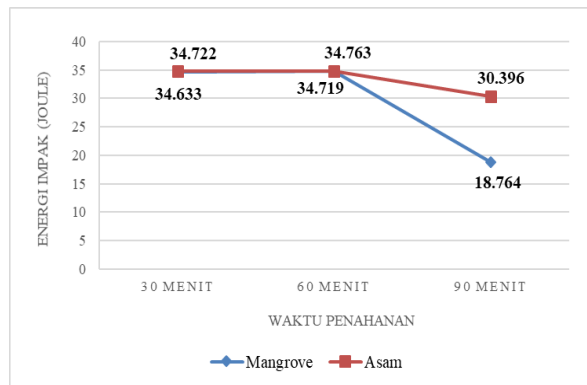


Fig. 12. Hubungan Variasi Waktu Penahanan Terhadap Energi Impak (Joule)

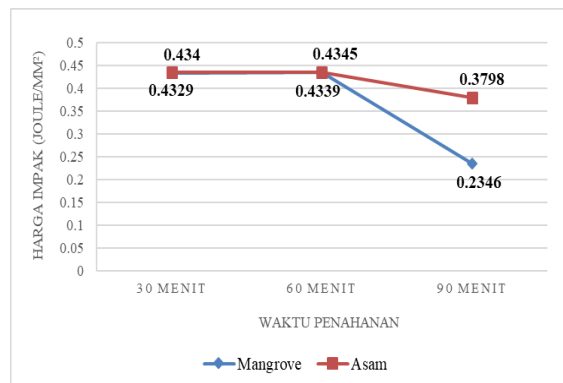


Fig. 13. Hubungan Variasi Waktu Penahanan Terhadap Harga Impak (J/mm²)

Grafik 3.4 berbanding lurus dengan grafik 3.5 jika energi yang diserap kecil maka akan memperkecil harga impact dan begitu juga sebaliknya. Pada grafik energi hasil proses *carburizing* media arang kayu asam energi yang diserap lebih besar seiring lamanya waktu penahanan dari pada arang kayu mangrove. Pada waktu penahanan 30 menit media arang kayu asam didapat energi yang diserap 34,722 Joule sedangkan media arang kayu mangrove energi yang diserap 34,633 Joule memiliki selisih energi yang diserap 0,089 Joule yang tidak signifikan. Selanjutnya waktu penahanan 60 menit media arang kayu asam didapat energi yang diserap 34,763 Joule sedangkan arang kayu mangrove energi yang diserap 34,719 Joule memiliki selisih energi yang diserap 0,044 Joule yang tidak signifikan. Dan waktu penahanan 90 menit arang kayu asam didapat energi yang diserap 30,396 Joule sedangkan arang kayu mangrove didapat energi yang diserap 18,764 Joule memiliki selisih 11,632 Joule cukup signifikan.

Pada grafik 3.5 yang memiliki harga impact terbesar terdapat pada waktu penahanan 60 menit media arang kayu asam dengan harga impact (HI) 0,4345 J/mm<sup>2</sup> dan arang kayu mangrove dengan harga impact (HI) 0,4339 J/mm<sup>2</sup>. Selanjutnya harga impact kedua terdapat pada waktu penahanan 30 menit media arang kayu asam dengan harga impact (HI) 0,4340 J/mm<sup>2</sup> dan arang kayu mangrove dengan harga impact (HI) 0,4329 J/mm<sup>2</sup>. Dan harga impact terkecil terdapat pada waktu penahanan 90 menit media arang kayu asam dengan harga impact (HI) 0,3798 J/mm<sup>2</sup> dan arang kayu mangrove dengan harga impact (HI) 0,2346 J/mm<sup>2</sup>. Harga impact media arang kayu asam lebih besar pada setiap variasi waktu penahanan dari pada arang kayu mangrove hal ini karena ada hubungannya dengan hasil uji struktur mikro dan uji kekerasan. Pada uji struktur mikro dan uji kekerasan, fasa martensit dan nilai kekerasan lebih rendah pada media arang kayu asam dari pada arang kayu mangrove. Semakin rendah fasa martensit dan nilai kekerasan, maka benda uji semakin ulet dan kuat sehingga harga impact (ketangguhan) semakin besar.

Faktor yang mempengaruhi energi yang diserap dan harga impact adalah bentuk takik dan *stress-strain*. Bentuk takik mempengaruhi konsentrasi tegangan pada benda uji yang kemudian akan berpengaruh energi yang diserap untuk mematahkan benda uji. Selain itu takik akan juga akan menimbulkan *triaxial stress* yang sangat berbahaya karena tidak akan terjadi deformasi plastis dan menyebabkan material menjadi getas sehingga tidak ada tanda-tanda material akan mengalami kegagalan. Selain takik, *stress-strain* juga mempengaruhi energi yang diserap dan harga impact. Jika pembebanan diberikan pada *strain rate* yang biasa-biasa saja maka material akan sempat mengalami deformasi plastis karena pergerakan atomnya (dislokasi) yang akan menuju batas butir kemudian patah. Kemudian faktor yang mempengaruhi kesesuaian data dengan teori antara lain kondisi lingkungan, kelayakan alat uji, kalibrasi alat uji, prosedur kesesuaian dan faktor pengujian.

Jenis patahan uji impact pada benda uji tanpa proses *carburizing* (raw material) dan benda uji dengan proses *carburizing* terjadi patahan gabungan, bentuk patahan ini merupakan kombinasi antara patahan getas dan ulet yang memperlihatkan

ciri perpatahan dari keduanya. Dimana pada benda uji ditandai dengan serat-serat pada sekitar patahan, tampak kasar, berwarna kelabu adanya pengecilan diameter benda uji dan permukaan patah terdapat butiran kristalin yang menghasilkan pantulan cahaya pada permukaan patah tersebut. Penyebab terjadinya patahan gabungan pada benda uji karena proses perlakuan *carburizing*. Proses perlakuan *carburizing* bertujuan untuk menghasilkan sifat lebih keras dibagian permukaan serta memiliki sifat ulet dan tangguh dibagian dalam dan lebih tahan aus pada bagian permukaan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan yaitu pengaruh media arang kayu bakau mangrove dan arang kayu asam pada proses perlakuan carburizing terhadap sifat mekanik baja karbon rendah ST-37 variasi waktu penahanan 30 menit, 60 menit dan 90 menit pada aplikasi tapak rantai tank tempur dapat disimpulkan sebagai berikut :

Media arang kayu mangrove memberikan pengaruh lebih besar terhadap pembentukan struktur mikro martensit dengan nilai persentase 52,8%, 63,8% dan 56,7% seiring lamanya waktu penahanan sedangkan media arang kayu asam didapat nilai persentase 46,2%, 51,8% dan 56,5% seiring lamanya waktu penahanan.

Media arang kayu mangrove memberikan pengaruh lebih besar terhadap nilai kekerasan dengan nilai sebesar 387,1 HV, 453,1 HV dan 434,5 HV seiring lamanya waktu penahanan sedangkan media arang kayu asam didapat nilai kekerasan sebesar 286,3 HV, 320,4 HV dan 386,6 HV seiring lamanya waktu penahanan.

Media arang kayu asam memberikan pengaruh lebih besar terhadap harga impak walaupun tidak signifikan dengan nilai sebesar 0,4340 J/mm<sup>2</sup>, 0,4345 J/mm<sup>2</sup> dan 0,3798 J/mm<sup>2</sup> seiring lamanya waktu penahanan sedangkan media arang kayu asam didapat nilai sebesar 0,4329 J/mm<sup>2</sup>, 0,4339 J/mm<sup>2</sup> dan 0,2346 J/mm<sup>2</sup> seiring lamanya waktu penahanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pieter Th. Berhutu, 2014 Pengaruh Holding Time dan Quenchin Terhadap Kekerasan Baja Karbon ST 37 Pada Proses Pack Carburizing Menggunakan Arang Batok Biji Pala (*Myristica fagrans*). Fakultas Teknik Universitas Pattimura.
- [2] Yudi Setiawan, 2018. Pengaruh Jenis Arang Kayu Pada Proses Pack Carburizing Terhadap Kekuatan Impak Baja Karbon Rendah ST-41. Lampung : Universitas Lampung Bandar Lampung.
- [3] Junaidi, 2018. Karakteristik Material Baja St.37 dengan Temperatur dan Waktu Pada Uji Heat Treatment menggunakan Furnace. Medan : Universitas Harapan Medan.
- [4] David Satya Hartono, dkk, 2020. Analisa Variasi Waktu Penahanan Karburisasi dan Perlakuan Cryogenic Terhadap Sifat Mekanis Baja ST37. Malang : Universitas Merdeka Malang.
- [5] Sri Bimo Pratomo, dkk, 2013. Pengembangan Material Bainitic Cast Steel Untuk Komponen Tapak Rantai (Track Link) Kendaraan Tempur Tank Substitusi Impor. Balai Besar Logam dan Mesin.
- [6] Zainal Fakri, dkk, 2019. Analisa pengaruh kuat arus pengelasan GMAW terhadap ketangguhan sambungan baja AISI 1050. Aceh : Politeknik Negeri Lhokseumawe
- [7] Prasetyono, Bayu, 2017. Pengaruh Variasi Waktu Tahan Carburizing Terhadap Sifat Mekanis Baja Aisi 1045 Dengan Media Pendingin Air Tds Nol. Malang : Universitas Islam Malang
- [8] Adelina Irawati, 2017. Analisa Pengaruh Variasi Waktu Penahanan Pada Perlakuan Panas Pengerasan Terhadap Stuktur Micro, Nilai Kekerasan Dan Kekuatan Impak Pada Baja AISI 1050. Surabaya : Institute Technology of Sepuluh Nopember.
- [9] ardra.biz, 2019. Tranformasi Pembentukan Martensit, Pengertian Kurva Sifat Temperatur CCT.
- [10] Tukanggambar3d, 2021, Perlakuan Panas / Heat Treatment Pada Material