

# PENGARUH VARIASI WAKTU TAHAN CARBURIZING TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA AISI 1045 DENGAN MEDIA PENDINGIN AIR TDS NOL

Bayu Prasetyono<sup>1)</sup> Priyagung Hartono<sup>2)</sup> Ena Marlina<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Malang

<sup>2,3)</sup>Dosen Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Malang

Program Strata Satu Teknik Mesin Universitas Islam Malang  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang

Jl. MT Haryono 198 Malang 65145

E-mail: [bayuprasetyono55@yahoo.com](mailto:bayuprasetyono55@yahoo.com)

## ABSTRACT

*Steel in the two-wheeled world automotive industry as the main raw material for the manufacture of gears. Hence the need for engineering mechanical properties of the steel to improve its quality. Steps in the mechanical properties of the steel engineering is the process of heat treatment, one of the heat treatment process to harden the steel surface is carburizing. The purpose of this study was to determine the effect of time variation carburizing resistant to mechanical properties of AISI 1045 steel with zero TDS water. Temperature carburizing wear 950° C. Carburizing process variations holding time is 1; 3; and 5 hours. Material hardness and toughness testing using vickers and charpy test. The results showed that the increasing violence after the carburizing process toughness tends to decrease. Before the process of carburizing average value 209.166 HVN hardness and toughness 0.8425 Joules / mm<sup>2</sup>. Holding time 1 hour carburizing process average value 417.13 HVN hardness and toughness 0.3975 Joules / mm<sup>2</sup>. Holding time 3 hours carburizing process average value 347.866 HVN and toughness 0.3333 Joules / mm<sup>2</sup>. Holding time 5 hours carburizing process average value 430.4 HVN hardness and toughness 0.3698 Joules / mm<sup>2</sup>.*

*Keywords: Carburizing, Hardness, Toughness, Steel AISI 1045*

## PENDAHULUAN

(Pramono, 2011) Pada saat ini kebutuhan akan logam terutama baja di dunia industri otomotif semakin meningkat. Baja dalam dunia industri otomotif roda dua sebagai bahan baku utama untuk pembuatan roda gigi. Maka perlu adanya rekayasa sifat mekanis pada baja untuk memperbaiki kualitasnya<sup>[1]</sup>. (Surdia dkk, 1999) Baja adalah paduan logam yang tersusun dari besi sebagai unsur utama dan karbon sebagai unsur penguat. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaihan atau penempaan. Besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang

merupakan sumber sangat besar, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonominya, tetapi yang paling penting karena sifat mekanis yang bervariasi<sup>[2]</sup>. (Suherman, 1998) Langkah-langkah dalam rekayasa sifat mekanis baja ialah dengan proses perlakuan panas, yang bertujuan untuk merubah sifat mekanis tanpa merubah susunan kimia dari logam. Salah satu proses perlakuan panas untuk mengeraskan permukaan baja adalah *carburizing*. *Carburizing* adalah cara pengerasan permukaan luar suatu material baja atau besi kadar karbon sedang agar menjadi

keras pada lapisan luar atau memiliki kadar karbon tinggi pada lapisan luarnya<sup>[3]</sup>.

(Lakhtin, Y 1968) Baja adalah logam yang yang memiliki campuran besi ( Fe ) dan unsur karbon ( C ) tetapi masih memiliki unsur-unsur lain yang tidak bisa dihindari. Unsur-unsur tersebut terbawa oleh raw material ataupun pada proses pembuatannya, unsur tersebut meliputi : Cu, Ni, P, Cr dan lain-lain<sup>[4]</sup>. (Djaprie Sriati, 1999) Baja merupakan paduan yang terdiri dari besi, karbon, dan unsur lainnya. Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian atau penempaan. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan sifat mekanis baja<sup>[5]</sup>. (Pramono, 2011) Baja AISI 1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0,45% – 0,50% dan termasuk golongan baja karbon menengah<sup>[1]</sup>. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai komponen automotif misalnya untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Komposisi kimia dari baja AISI 1045 dapat dilihat pada tabel 2.1

Kode	C %	Si %	Mn %	Mo %	P %	S %
AISI 1045	0,4 - 0,45	0,1 - 0,3	0,60 - 0,90	0,025	0,04	0,05

(sumber : Pramono, Agus ; 2011)

Baja AISI 1045 disebut sebagai baja karbon karena sesuai dengan pengkodean internasional, yaitu seri 10xx berdasarkan nomenklatur yang dikeluarkan oleh AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan SAE (*Society of Automotive Engginers*). Pada angka 10 pertama menunjukkan plain karbon kemudian kode xxx setelah angka 10 menunjukkan komposisi karbon. Jadi baja AISI 1045 berarti baja karbon atau *plain carbon steel* yang mempunyai komposisi karbon sebesar 0,4 %. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai komponen roda gigi, poros dan bantalan<sup>[1]</sup>.

(Djaprie Sriati, 1999) Sifat mekanis (kekerasan) merupakan ketahanan dari suatu material terhadap deformasi plastis atau perubahan bentuk yang tetap. Kekerasan selalu berhubungan langsung dengan kekuatan, oleh karena itu dalam pembahasan mengenai kekerasan suatu material dengan angka maka akan tergambarakan bagaimana kekuatan dari

material tersebut. Dengan cara penekanan yaitu cara terkenal dan umum dilakukan untuk mengetahui kekerasan material logam, yaitu uji kekerasan Brinell, Vickers dan Rockwell.

Uji kekerasan Vickers (VHN) pengujian ini tidak jauh berbeda dengan metode brinell, hanya saja penetrator atau indektor yang digunakan terbuat dari intan yang berbentuk piramida dengan alas bujur sangkar dan besar sudut intan adalah 136<sup>0</sup><sup>[5]</sup>. Dasar dari perhitungan yang digunakan untuk menghitung kekerasan spesimen menurut Vickers dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$HV_N = \frac{2.P.\sin\frac{\varphi}{2}}{d^2} \rightarrow \frac{1,854 \times P}{d^2} \dots\dots\dots(5)$$

- Dimana :
- VHN = Hardness Vickers Number
  - P = beban (kg)
  - D = Diagonal identitas (mm)
  - $\varphi$  = sudut sisi intan (136<sup>0</sup>)

(Bondan T.Sofyan) Sifat mekanis Ketangguhan adalah ketahanan suatu material terhadap beban kejut. Pengujian untuk mengetahui ketangguhan suatu material yang biasa digunakan yaitu uji *impact*. Dasar pengujian *impact* ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami deformasi. Metode *Charpy* itu sendiri adalah pengujian tumbuk dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal atau mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah takikan<sup>[9]</sup>.

(Farid, W) Pada uji *impact*, energi yang diserap untuk mematahkan benda uji harus diukur. Ketika pendulum dilepas maka benda uji akan patah, setelah itu bandul akan berayun kembali. Makin besar energi yang terserap, makin rendah ayunan kembali dari bandul. Energi terserap biasanya dapat dibaca langsung pada skala penunjuk yang telah dikalibrasi yang terdapat pada mesin penguji<sup>[6]</sup>.

Energi terserap juga dapat dituliskan dalam bentuk rumus :

$$E = m \times g (h1 - h2) \dots\dots\dots(6)$$

dimana :

- E = energi terserap tenaga untuk mematahkan benda uji (Joule)  
m = massa palu godam (kg)  
g = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )  
=  $10 m/s^2$   
h1 = tinggi jatuh palu godam (m)  
=  $R+R \sin (\alpha - 90)$   
h2 = tinggi ayunan palu godam (m)  
=  $R+R \sin (\beta - 90) R$   
R = jarak titik putar ke titik berat palu godam (m)  
 $\alpha$  = sudut jatuh ( $^\circ$ )  
 $\beta$  = sudut ayun ( $^\circ$ )

Sehingga :

$$\text{Harga Ketangguhan} = \frac{E \text{ (Joule)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}}$$

Keterangan :

- E = energi terserap  
A = luas penampang patahan benda uji

(Djaprie Sriati, 1999) Perlakuan panas yang menghasilkan struktur non equilibrium diantaranya proses *austempering*, *hardening*, *carburizing*. Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan kekuatan logam yang lebih tinggi.

*Heat treatment* adalah proses pemanasan dan pendinginan logam yang terkontrol dengan maksud mengubah sifat-sifat fisik dari logam. *Heat treatment* atau perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat yang bertujuan untuk memperbaiki struktur mikro dan sifat-sifat mekanis pada logam. Dengan melakukan proses perlakuan panas dengan tepat akan menghasilkan tegangan dalam yang dapat dihilangkan, besar butir dapat diperbesar dan diperkecil, ketangguhan dapat ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet<sup>[5]</sup>.

(Surdia dkk, 1999) Pada proses pengarbonan terbagi beberapa macam, salah satunya dengan pengarbonan padat dalam kotak dengan memakai arang yang dicampur 10%  $NaCO_3$   $BaCO_3$ . Pada pengarbonan ini digunakan wadah yang ditutup rapat dan dipanaskan pada suhu  $900-950^\circ C$ <sup>[2]</sup>.

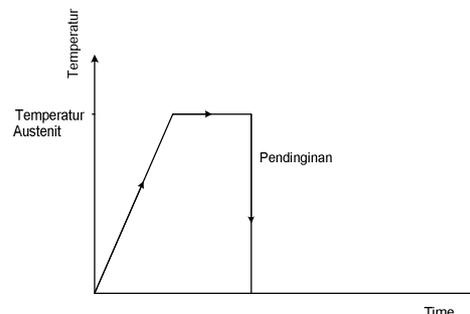
(Amanto, 1999) Untuk melakukan proses pengarbonan kadar karbon yang dibutuhkan sekurangnya 0,3%. Semakin lama waktu pengarbonan maka semakin banyak karbon yang berdifusi ke dalam baja. Proses pengarbonan dilakukan dengan cara memanaskan logam sampai dengan suhu  $900-950^\circ C$  selama 3-6 jam dalam kondisi yang dapat menyerap karbon<sup>[7]</sup>.

(Suherman, 1998) Pengarbonan padat (*pack carburizing* bertujuan memberikan pengarbonan permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari arang dan dibungkus dengan wadah yang tertutup rapat, setelah itu dipanaskan dengan suhu antara  $900-950^\circ C$  selama 3-6 jam. Selama proses pemanasan akan terjadi proses reaksi antara arang karbon dengan oksigen dan membentuk karbon dioksida ( $CO_2$ ).

Penggunaan katalis sangat berpengaruh pada proses karbonasi, Pada suhu yang tinggi katalis berfungsi membentuk atau mempercepat pembentukan gas CO. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai katalisator pada proses *carburizing* sehingga dapat mempercepat pembentukan gas CO, yaitu  $BaCO_3$  yang berfungsi sebagai pengubah bentuk karbon sehingga menjadi gas  $CO_2$  secara keseluruhan.

Setelah lapisan kulit mengandung cukup karbon, proses dilanjutkan dengan pengerasan yaitu dengan pendinginan untuk mencapai kekerasan yang tinggi. Proses pendinginan (*quenching*) dapat dilakukan dengan cara:

Pendinginan langsung (*direct Quenching*) yaitu pemanasan dan pendinginan dari benda kerja setelah benda kerja tersebut dikarburasi. Tujuan dari metode ini adalah untuk memperbaiki difusisitas dari atom karbon.



Gambar 1. Diagram pendinginan langsung (*direct quenching*).

Air mempunyai efek pendinginan yang lebih efektif bila dibandingkan dengan zat yang lain sehingga dalam proses pengerasan logam banyak dipakai sebagai media pendingin. Pada baja karbon sedang sangat cocok menggunakan pendingin air. Air merupakan senyawa yang dapat berwujud padat, cair dan gas<sup>[3]</sup>.

(Santoso, 2014) Adapun jenis air yang sering digunakan pada proses *heat treatment* sebagai media pendingin adalah air jenis TDS NOL. TDS (*Total Dissolve Solid*) adalah parameter banyaknya zat padat atau polutan (*mineral organic*) yang terlarut dalam air. Zat padat tersebut adalah dari kandungan mineral seperti zat besi, klorida, nitrat, sodium, tembaga dan flourid. Kadar kandungan cemaran dalam air disebut juga "kekerasan air" dinyatakan dengan TDS<sup>[8]</sup>.

Tujuan penelitian ini diharapkan nanti bisa memperbaiki penelitian-penelitian terdahulu dalam rekayasa sifat mekanis (ketangguhan dan kekerasan) pada baja AISI 1045. Dengan cara memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) berupa *carburizing* dengan variasi waktu (1; 3; dan 5 jam) serta menggunakan media pendingin air TDS Nol untuk diaplikasikan dalam pembuatan roda gigi.

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen nyata (*true experimental method*) yaitu cara yang digunakan untuk mencari hubungan sebab akibat dari beberapa variabel yang sengaja dimunculkan dengan menyisihkan variabel lain yang mempengaruhinya. Untuk membandingkan perlakuan panas berupa *carburizing* dengan variasi waktu tahan (1; 3; dan 5 jam) menggunakan media pendingin yang sama akan mengubah atau memperbaiki sifat mekanis baja AISI 1045 untuk diaplikasikan dalam pembuatan roda gigi.

Bahan penelitian ini adalah baja karbon AISI 1045, dengan jumlah spesimen 3 spesimen untuk uji kekerasan dan 9 spesimen untuk uji impact. Proses penelitian dilakukan di laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Peralatan yang digunakan adalah mistar geser, centrifugal sand paper machine, digital microhardness tester, dapur pemanas, penjepit, dan clock timer.

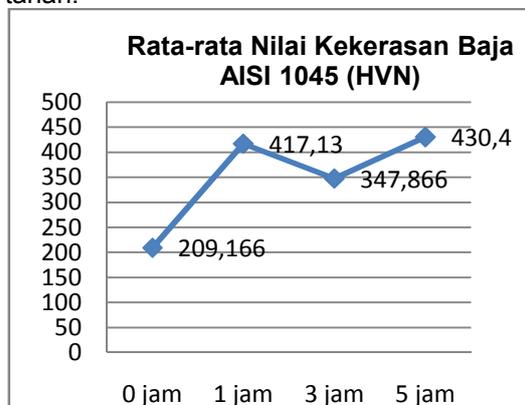
Proses perlakuan panas (*heat Treatment*) yang dilakukan adalah *carburizing*. Permukaan spesimen dihaluskan terlebih dahulu dan mendapatkan uji kekerasan vickers dan uji ketangguhan, maka spesimen dicek kembali ukurannya dan menunggu dapur pemanas sampai mencapai suhu 950°C.

Setelah dapur pemanas (*furnance*) mencapai temperatur 950°C, dilanjutkan dengan memasukkan spesimen kedalam box yang telah diberi arang batok kelapa dan barium carbonat ( $BaCO_3$ ), setelah itu box spesimen ditutup rapat dan dimasukkan kedalam dapur pemanas (*furnance*). Dilanjutkan dengan proses *holding time* yaitu menahan waktu selama beberapa saat dengan variasi waktu yang berbeda pada setiap spesimen yaitu spesimen pertama dengan *holding time* 1 jam, spesimen kedua dengan *holding time* 3 jam, dan spesimen ketiga dengan *holding time* 5 jam.

Setelah proses *holding time* selesai, semua spesimen di keluarkan dari box spesimen dan dapur pemanas (*furnance*) kemudian didinginkan dengan *single quenching* menggunakan media pendingin yang sama yaitu air TDS Nol. Setelah melakukan proses pendinginan dengan *single quenching*, permukaan spesimen dihaluskan kembali agar permukaan spesimen rata dan menghasilkan data yang valid saat uji kekerasan vickers dan uji ketangguhan *charpy impact testing machine*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik nilai rata-rata kekerasan (HVN) baja AISI 1045 sebelum dan sesudah perlakuan *carburizing* dengan variasi waktu tahan.



Semakin lama waktu tahan *carburizing* maka akan didapat kekerasan yang semakin keras. Tetapi dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat

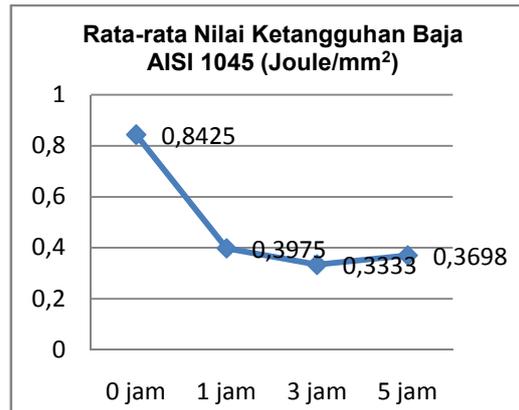
bahwa waktu tahan yang lama pada proses *carburizing* tidak selalu berpengaruh terhadap semakin kerasnya baja AISI 1045.

Dari penelitian ini dapat diketahui banyak sekali faktor-faktor yang mempengaruhi kekerasan baja AISI 1045 saat penahanan waktu pada proses *carburizing* yaitu kemampuan dapur memancarkan panas, suhu pada dapur pemanas yang tidak selalu stabil saat penahanan waktu *carburizing* yang lama, karbon yang tidak merata saat berdifusi ke dalam spesimen pada proses *carburizing*, spesimen benda kerja yang tidak sama kandungan unsurnya pada tiap titiknya, jenis baja yang digunakan untuk pembuatan box spesimen/box pack *carburizing*, ukuran dari box spesimen, peletakkan spesimen pada box sebelum proses *carburizing* dan lain-lain.

Hasil penelitian baja AISI 1045 dilihat dari uji kekerasan sebelum dan sesudah proses *carburizing*. Dari hasil analisa perbandingan uji T pada baja AISI 1045 sebelum dan sesudah perlakuan *carburizing* didapatkan kekerasan yang mengalami peningkatan. Ini dapat dilihat dari analisa uji T diketahui bahwa  $T_{hitung} > T_{tabel}$  yaitu,  $11,741 > 2,920$  maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak, berarti nilai kekerasan baja AISI 1045 setelah perlakuan *carburizing* lebih keras dari pada sebelum mengalami perlakuan.

Hasil penelitian baja AISI 1045 dilihat dari uji kekerasan sesudah proses *carburizing* dengan variasi waktu tahan yang berbeda. Dari penelitian ini didapatkan hasil yang menunjukkan waktu tahan 1 jam pada proses *carburizing* lebih keras dari pada 3 jam. Sedangkan waktu tahan 5 jam pada proses *carburizing* lebih keras dari 1 jam dan 3 jam. Pada saat waktu tahan 3 jam mengalami penurunan kekerasan yang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu karbon pada arang batok kelapa yang tidak berdifusi secara merata pada spesimen, saat penahanan waktu 3 jam suhu pada dapur pemanas tidak stabil, kemampuan dapur pemanas saat memancarkan panas, dan lain-lain. Spesimen pada proses *carburizing* 1 jam dengan nilai kekerasan 417,13 HVN, spesimen pada proses *carburizing* dengan waktu tahan 3 jam dengan nilai 347,866 HVN, dan spesimen pada proses *carburizing* dengan waktu tahan 5 jam dengan nilai 430,4 HVN.

Grafik nilai rata-rata ketangguhan (Impack Metode Charpy) baja AISI 1045 sebelum dan sesudah perlakuan *carburizing* dengan variasi waktu tahan.



Hasil penelitian baja AISI 1045 dilihat dari uji ketangguhan sebelum dan sesudah proses *carburizing*. Dari hasil analisa perbandingan uji T pada baja AISI 1045 sebelum dan sesudah perlakuan *carburizing* didapatkan ketangguhan yang mengalami penurunan. Ini dapat dilihat dari analisa uji T diketahui bahwa  $T_{hitung} > T_{tabel}$  yaitu,  $38,1508 > 2,920$  maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak, yaitu nilai ketangguhan baja AISI 1045 setelah proses *carburizing* lebih lemah dari pada sebelum mengalami perlakuan.

Semakin lama waktu tahan *carburizing* maka akan didapat ketangguhan yang semakin lemah. Tetapi dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa waktu tahan yang lama pada proses *carburizing* tidak selalu berpengaruh terhadap semakin lemahnya baja AISI 1045.

Dari penelitian ini dapat diketahui banyak sekali faktor-faktor yang mempengaruhi kekerasan baja AISI 1045 saat penahanan waktu pada proses *carburizing* yaitu kemampuan dapur memancarkan panas, suhu pada dapur pemanas yang tidak selalu stabil saat penahanan waktu *carburizing* yang lama, karbon yang tidak merata saat berdifusi ke dalam spesimen pada proses *carburizing*, spesimen benda kerja yang tidak sama kandungan unsurnya pada tiap titiknya, jenis baja yang digunakan untuk pembuatan box spesimen/box pack *carburizing*, ukuran pembuatan sudut 45° dan kedalamannya pada spesimen saat menggunakan kikir, peletakkan spesimen pada box sebelum proses *carburizing* dan lain-lain.

Hasil penelitian baja AISI 1045 dilihat dari uji ketangguhan sesudah proses *carburizing* dengan variasi waktu tahan yang berbeda. Dari penelitian ini didapatkan hasil yang menunjukkan waktu tahan 3 jam pada

proses *carburizing* lebih lemah dari pada 1 jam. Sedangkan waktu tahan 3 jam pada proses *carburizing* lebih lemah dari 1 jam dan 5 jam. Spesimen pada proses *carburizing* 1 jam dengan nilai ketangguhan  $0,3975 \text{ Joule/mm}^2$ , spesimen pada proses *carburizing* dengan waktu tahan 3 jam dengan nilai  $0,3333 \text{ Joule/mm}^2$ , dan spesimen pada proses *carburizing* dengan waktu tahan 5 jam dengan nilai  $0,3698 \text{ Joule/mm}^2$ .

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan semakin meningkatnya kekerasan baja AISI 1045 maka dapat menurunkan sifat mekanis lainnya dari baja tersebut yaitu ketangguhannya. Dapat dilihat dari tabel bahwa kekerasan awal baja AISI 1045 setelah di proses *carburizing* mengalami peningkatan akan tetapi keuletannya menurun. Dilihat dari variasi waktu tahan *carburizing* tidak selalu berpengaruh terhadap keuletan dan kekerasannya karena banyak sekali faktor-faktor penyebab meningkat atau menurunnya sifat mekanis pada baja AISI 1045.

Adapun hasil penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk memperbaiki masalah sifat mekanis baja AISI 1045 dengan cara melakukan variasi pada bahan penambah karbon serta katalis (bahan pengikat karbon) yang dipergunakan pada proses *carburizing*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pramono, Agus., 2011, "Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja AISI 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai, Universitas Sultan Ageng, Cilegon Banten.
- [2] Surdia, Tata, & Saito Shinroku., 1999., "Pengetahuan Bahan Teknik", Cetakan ke 4, Jakarta, Pradnya Paramita.
- [3] Suherman, Wahid., 1998., "Ilmu Logam Mulia dan Besi Tua Tahan Karat", Diktat

kuliah jurusan teknik mesin fakultas teknologi industri ITS.

- [4] Lakhtin, Y.;, 1968., " Engineering Physical Metallurgy ", MIR Published, Moscow.
- [5] Djaprie, Sriati., 1999., "Teknologi Mekanika 1", edisi ketujuh, Jakarta, PT. Erlangga.
- [6] Farid, W. W., ; "Pengaruh  *Holding Time Annealing* Pada Sambungan Las SMAW Terhadap Ketangguhan Las Baja K945 EMS45, Universitas Negeri Semarang.
- [7] Amanto, H & Daryanto., 1999., "Ilmu Bahan", Jakarta, Bumi Aksara.
- [8] Santoso, Redi., 2014., "Pengaruh Hardening Terhadap Sifat Mekanis dengan Variasi Media Pendingin Air (TDS Nol, TDS Nol + Garam, TDS Nol + Gula) Pada Material HSS, UNISMA, Malang.
- [9] Sofyan, Bondan T., 2011., "Pengantar Material Teknik", Jakarta, Salemba Teknik