

PENGARUH HARDENING DENGAN MEDIA QUENCHING FLUIDA GETAH POHON PISANG TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KOMPOSISI KIMIA BAJA KARBON SEDANG

Antonius Pangalinan

Tenaga Pengajar (Dosen)
Politeknik Negeri Kupang
Jurusan Teknik Mesin
antoniuspangalinan74@gmail.com

Roymons Jimmy Dimu

Tenaga Pengajar (Dosen)
Politeknik Negeri Kupang
Jurusan Teknik Mesin
roydimu@gmail.com

The purpose of this study was to determine how the chemical composition and microstructure formed in medium carbon steel hardened with banana tree sap fluid compared to oil and water. The process of carbon steel hardening is being heated to the austenite area (850°C) then held for 10 minutes after which it is cooled quickly (quenching). During the cooling process, it is also measured the cooling rate of the three cooling media. Hardening process material is carried out by microstructure observation using an optical microscope with 400x magnification and also chemical composition testing with SEM-EDX. The results for measuring the cooling rate of banana fluid have a fast cooling rate of 36.9°C/s while water is 16.6°C/s and oil is 7.0 °C/s. In observing the microstructure of water it has an unstable micro structure that is still the structure of pearlite, this is because the temperature of the cooling media is too high during quenching. And for oil microstructure and banana fluid get a homogeneous structure, namely martensite and bainite. From the results of testing the chemical composition it was seen that there was an increase in carbon content in steel after hardening and quenching with the three cooling media. Conclusion The hardening process by quenching oil and banana fluids has a homogeneous micro structure compared to water. Water cooling process has the highest carbon content increase of 1.53 %C from before 0.52 %C.

Keywords: *Hardening, Medium Carbon Steel, Micro Structure, Chemical Composition, Banana Tree Sap Fluid.*

1. PENDAHULUAN

Baja karbon sedang (pegas daun mobil) adalah bahan baku yang biasa digunakan oleh pengerajin pandai besi untuk pembuatan produk pisau. Baja pegas daun mobil tergolong dalam baja karbon sedang yang memiliki kadar karbon 0,4 - 0,5 % C. Proses pembuatan kerajinan produk pisau sendiri oleh pandai besi masih dilakukan secara penempaan (*forging*) konvensional, sehingga terjadi kekerasan tidak merata pada produk pisau. Perlakuan panas atau *hardening* dengan pendinginan cepat merupakan upaya yang dilakukan oleh pandai besi untuk mendapatkan struktur mikro yang homogen atau kekerasan yang merata dan juga struktur martensit yang keras. Keberhasilan suatu proses pengerasan atau pengerjaan panas dari baja sangat dipengaruhi oleh laju pendinginan karena struktur mikro (*grain size*) yang terbentuk dan hasil pendinginan beraneka ragam jenisnya. Berdasarkan penelitian terdahulu perlakuan panas baja karbon sedang pada temperatur *austenit* (850 °C) dengan *holding time* 10 menit pada media pendingin *fluida* getah pohon pisang memiliki nilai kekerasan tertinggi dibandingkan air dan oli [1]. Laju pendinginan mempengaruhi kekerasan baja AISI 1045 karena semakin cepat laju pendinginan suatu baja maka martensite yang terbentuk juga berpotensi semakin banyak [2].

Keefektifan *quenching* tergantung pada sifat pendingin dari media *quench* dan juga kemampuan keras dari baja, beberapa faktor yang terlibat dalam mekanisme pendinginan cepat yaitu:

- Kondisi internal bahan yang mempengaruhi proses perpindahan panas.
- Kondisi permukaan yang mempengaruhi pelepasan panas
- Kemampuan penyerapan panas dari media *quench* dalam kondisi *fluida* tak mengalir pada temperatur dan tekanan *fluida* normal (kondisi standar)

- d. Perubahan kemampuan penyerapan panas dari *fluida* yang disebabkan oleh kondisi non-standar dari agitasi, temperatur, dan tekanan[3].

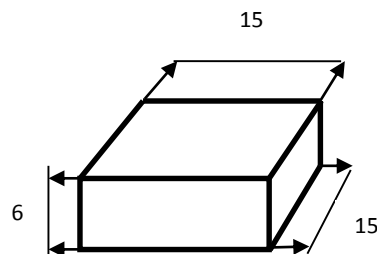
Struktur martensit adalah hasil transformasi dari austenit, pada proses pendinginan yang sangat cepat austenit mengalami *driving force* untuk berubah FCC menjadi BCC yang menimbulkan *shear force* terhadap atom-atom. Hal ini menyebabkan atom-atom sedikit bergeser membentuk BCC, tetapi karena dalam austenit masih terdapat banyak karbon dan karbon tidak dapat bedifusi lagi akibat pendinginan yang sangat cepat maka struktur BCC tidak dapat tercapai, salah satu sel rusuknya lebih panjang dari yang lainnya. Sehingga membentuk struktur kristal baru BCT (*Body Centered Tetragonal*)[4]. Perbedaan jumlah martensit yang terbentuk berbeda seriringan dengan kecepatan laju pendinginannya semakain cepat laju semakin cepat pula martensit terbentuk setelah pendinginan dari temperatur austenit. Perbandingan nampak kontras pada pendinginan air dan pendinginan oli. Pada pendinginan air martensit yang terbentuk adalah 90% dan pada pendinginan oli martensit yang terbentuk 40% lebih sedikit jika dibandingkan dengan pendinginan air[5]. Berdasarkan dari penelitian terdahulu menerangkan bahwa semakin kecil ukuran butiran maka bahan semakin keras dan kekuatan tariknya makin tinggi [6].

Dari uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian bagaimana struktur mikro dan komposisi kimia baja karbon menengah (pegas daun mobil) yang dilakukan *heat treatment* dengan berbagai media pendingin seperti air, oli dan *fluida* getah pohon pisang. Berdasarkan komposisi kimia, batang pohon pisang dapat digunakan sebagai media pendingin dalam proses *hardening*, karena batang pohon pisang cukup banyak mengandung air (86%) sehingga memiliki kemampuan menyerap panas yang baik. Selain itu, mengandung juga unsur campuran pada baja seperti hidrat arang atau carbon (11,6%), Fe (0,5%), yang mungkin juga akan mempengaruhi sifat mekanik hasil *hardening* bahan produk pisau. Untuk itu penulis merasa perlu mengetahui bagaimana sifat mekanik baja karbon sedang yang diberikan perlakuan *hardening* dengan *fluida* getah pohon pisang dibandingkan dengan air dan oli [1].

2. METODE DAN BAHAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen langsung, adapun langkah-langkah yang dilakukan:

1. Mengekstrak getah pohon pisang dengan metode pengepresan, batang pisang yang masih segar dihancurkan / diparut dengan mesin penghancur (parut), kemudian dimasukkan ke dalam kain kemudian diperas. Dilakukan hingga terkumpul kurang lebih 3 liter *fluida* getah pohon pisang
2. Membuat spesimen sebanyak 4 spesimen dengan dimensi spesimen panjang 15 mm, lebar 15 mm, tebal 6 mm

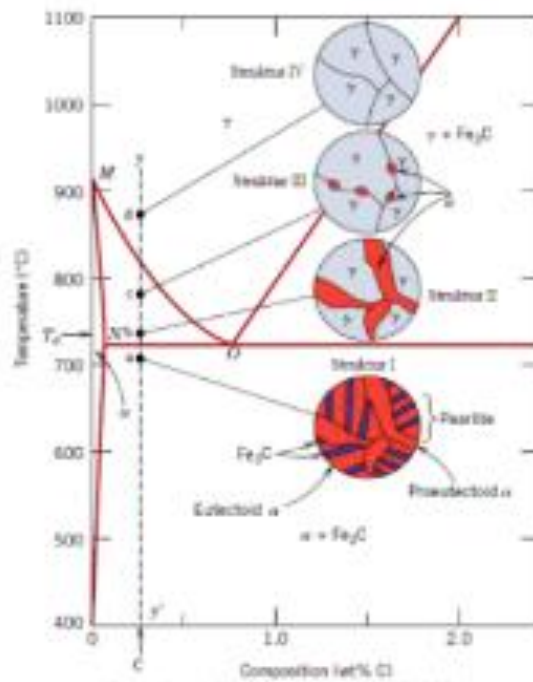


Gambar 1: Spesimen pengujian.

3. Menyiapkan semua alat dan bahan.
4. Masukkan 1 spesimen kedalam *furnace* dan lakukan proses *hardening* dengan temperatur pemanasan atau temperatur austenit 850 °C.
5. Setelah dilakukan pemanasan spesimen mencapai 850 °C, lakukan *holding time* selama 10 menit.
6. Mengeluarkan spesimen dari *furnace* secara cepat, lakukan *quenching* dengan media *fluida* getah pohon pisang serta diukur laju pendinginan menggunakan termometer infrared.
7. Ulangi langkah 4-6 untuk media pendingin oli dan air.
8. Mengukur laju pendinginan: dimana spesimen, dipanaskan sampai temperatur austenite (850 °C), dilakukan dilakukakan waktu penahanan (10 menit), setelah itu dilakukan pendinginan (*quenching*), pada saat proses *quenching* diukur laju pendinginan material dari temperatur austenite sampai temperatur ruangan (40°C) menggunakan termometer infrared dan stopwatch (*second*) untuk ketiga media pendingin (air, oli dan *fluida* getah pohon pisang).

Selama *quenching* terjadi transformasi struktur austenite ke martensite. Mulai terbentuknya struktur martensite dihitung: $M_s (°C) = 561 - 474C - 33Mn - 17Ni - 17Cr - 21 Mo$, Rumus ini digunakan pada baja dengan carbon 0,2% - 0,8%. Akhir pembentukan struktur martensite adalah, $M_f = 175 °C - 265 °C$

dibawah M_s [7].



Gambar 2: Diagram Fasa Fe₃C

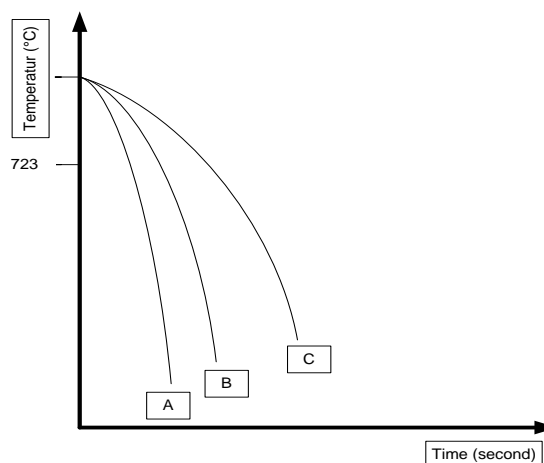
$$Lp = \frac{T(^{\circ}C)}{t(s)} \tag{1}$$

Keterangan:

Lp = laju pendinginan (°C/s)

T = Temperatur Pemanasan (°C)

t = Lama waktu pendinginan (s)



Keterangan:
Media Pendingin = A, B, dan C

Gambar 3: Skema pengujian laju pendinginan

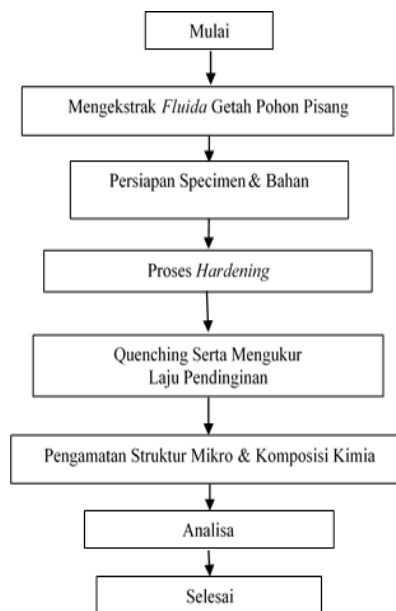
9. Melakukan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop optik terhadap spesimen: 1 spesimen tanpa perlakuan panas (*raw material*) dan 9 spesimen yang diberikan perlakuan *hardening*.

10. Melakukan uji komposisi kimia menggunakan SEM-EDX terhadap spesimen: 1 spesimen tanpa perlakuan panas (*raw material*) dan 3 spesimen yang diberikan perlakuan *hardening*.



Gambar 4: Mesin uji SEM-EDX

Scanning Electron Microscopy (SEM) Merupakan metode untuk pencitraan permukaan dengan resolusi tinggi Elektron berinteraksi dengan atom yang membentuk sampel, menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang topografi permukaan sampel, komposisi, dan sifat-sifat lain seperti konduktivitas listrik. Spektroskopi *X-ray Dispersif Energi (EDX)* adalah teknik analisis yang digunakan untuk analisis unsur atau karakterisasi kimia sampel, mempelajari interaksi antara sumber eksitasi sinar-X, dan sampel. Didasarkan pada prinsip dasar bahwa setiap elemen memiliki struktur atom unik yang memungkinkan sinar-X yang merupakan karakteristik struktur atom elemen diidentifikasi secara unik satu sama lain [8]. Berikut Diagram alir kerangka penelitian:



Gambar 5: Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengujian Laju Pendinginan

Pada saat proses *quenching* diukur waktu pendinginan spesimen menggunakan termometer infrared dari temperatur 850 °C sampai ke temperatur ruang ±40°C. Berikut ini adalah data hasil pengujian :

Tabel 1: Data pengujian waktu pendinginan

MEDIA PENDINGIN	WAKTU PENDINGINAN (s)
Oli mesran SAE 40	120
Air	51
Fluida getah pohon Pisang	2

3.2 Perhitungan Laju Pendinginan

a) Oli mesran :

$$\begin{aligned}
 Lp &= \frac{T(^{\circ}c)}{t(s)} \\
 &= \frac{850}{120} \\
 &= 7,083^{\circ}c/s
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

b) Air :

$$\begin{aligned}
 Lp &= \frac{T(^{\circ}c)}{t(s)} \\
 &= \frac{850}{51} \\
 &= 16,666^{\circ}c/s
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

c) Fluida Getah pohon pisang :

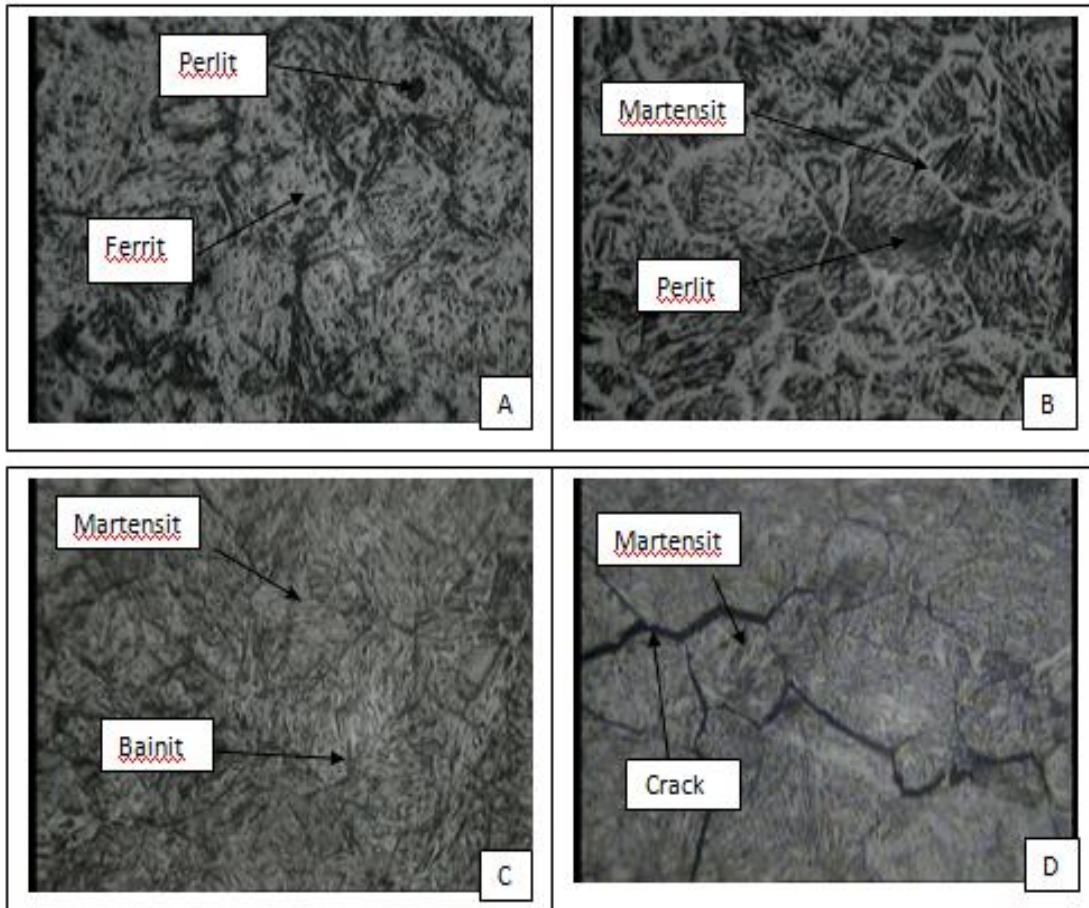
$$\begin{aligned}
 Lp &= \frac{T(^{\circ}c)}{t(s)} \\
 &= \frac{850}{23} \\
 &= 36,956^{\circ}c/s
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Tabel 2: Laju pendinginan

MEDIA PENDINGIN	LAJU PENDINGINAN ($^{\circ}C/s$)
Oli mesran SAE 40	7,083
Air	16,666
Fluida getah pohon Pisang	36,956

3.3 Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 400X, untuk mengamati struktur mikro hasil proses *heat treatment* dengan temperatur pemanasan 850 °C dan waktu penahanan 10 menit dari ketiga media pendingin.



Gambar 6: Struktur mikro dengan perbesaran 400x (A) Tanpa perlakuan (B) Media pendingin air (C) Media pendingin oli (D) Media pendingin fluida getah pohon pisang.

Pada Gambar 6 bagian A foto mikro dengan perbesaran 400X, sampel *raw material* sebelum proses perlakuan panas struktur mikro yang terlihat ferrit dan perlit. Presentase struktur mikro ferrit terlihat dominan lebih banyak dari pada perlit.

Pada Gambar 6 bagian B foto mikro dengan perbesaran 400X, sampel *heat treatment* dengan media pendingin air struktur mikro yang terlihat tidak merata ada martensit dan pearlit. Hal ini disebabkan terhambatnya pertumbuhan butir struktur mikro dan adanya ketidak seimbangan fasa struktur mikronya. Dikarenakan adanya perubahan fasa yang sangat cepat dari autenit ke martensit dan struktur pearlit terbentuk dikarenakan temperatur media pendingin terlampaui tinggi (terjadi pendidihan media pendingin) sehingga tidak sempat bertransformasi ke martensit.

Pada Gambar 6 bagian C foto mikro dengan perbesaran 400X sampel *heat treatment* dengan media pendingin oli struktur mikro yang terlihat homogen merata martensit dan bainit Hal ini sesuai dengan teori diagram CCT (*continous cooling transformation*) oli memiliki laju pendinginan sedang sehingga struktur mikro yang terbentuk martensit dan bainit [9].

Pada Gambar 6 bagian D foto mikro dengan perbesaran 400X sampel *heat treatment* dengan media pendingin *fluida* getah pohon pisang struktur mikro yang terlihat adalah martensit yang merata dengan terdapat *crack* atau retak pada permukaan spesimen. Hasil ini dikarenakan getah pohon pisang memiliki laju pendinginan yang sangat cepat, sehingga adanya perubahan fase yang sangat cepat dari fase austenite ke martensit. Selain itu, dikarenakan retak pada permukaan spesimen.

3.4 Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 3: Material tanpa perlakuan (% berat)

Fe	C	Si	Mn	P	S	Zn
92,25	0.52	0.20	0.62	0.05	0	1,08
Cr	Mo	Ni	Al	Ti	V	Nb
0.62	0.20	0.50	0.02	0.12	0	0.15

Tabel 4: Material pendingin air (% berat)

Fe	C	Si	Mn	P	S	Zn
92,98	1,53	0,36	0.71	0.12	0	1,02
Cr	Mo	Ni	Al	Ti	V	Nb
0.70	0.26	0.66	0.11	0.12	0	0,17

Tabel 5: Material pendingin *fluida* getah pohon pisang (% berat)

Fe	C	Si	Mn	P	S	Zn
93.91	1.23	0.24	0.77	0.06	0	0.89
Cr	Mo	Ni	Al	Ti	V	Nb
0.73	0.17	0.60	0.05	0.18	0	0.11

Tabel 6: Material pendingin oli (% berat)

Fe	C	Si	Mn	P	S	Zn
94.88	1.02	0.09	0.67	0.02	0	0.95
Cr	Mo	Ni	Al	Ti	V	Nb
0.69	0.14	0.49	0.01	0.11	0	0.04

Austenit memiliki stuktur atom FCC (*face centered cubic*) mengalami Perubahan menjadi ferit dengan struktur atom BCC (*body centered cubic*). Perubahan ini terjadi karena proses difusi. Karbon C berikatan dengan Fe pada struktur FCC akan melepaskan diri seiring dengan lepasnya energi berupa turunnya temperatur pemanasan yang terdapat pada spesimen menjadikan karbon berikatan dengan senyawa lainya [10].

Pada tabel pengujian komposisi kimia diatas terlihat bahwa terjadi peningkatan kandungan karbon dalam baja setelah di *heat treatment* dan *quenching* dengan ketiga media pendingin. Pada tabel 4 Proses *Heat treatment* dengan *quenching* air memiliki peningkatan kandungan karbon tertinggi yaitu 1,53 % C dari sebelum perlakuan 0,52 % C hal ini dikarena air memiliki laju pendinginan yang sangat cepat sehingga banyak karbon yang terperangkat pada permukaan material.

Pada tabel 5 Proses *Heat treatment* dengan *quenching fluida* pisang juga mengalami peningkatan kadar karbon yaitu 1,23 % C dari sebelum perlakuan 0,52 % C.

Pada tabel 6 Proses *Heat treatment* dengan *quenching* oli juga mengalami peningkatan kadar karbon yaitu 1,02 % C dari sebelum perlakuan 0,52 % C.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, pengamatan dan analisa data maka penulis dapat menyimpulkan :

1. Proses *Heat Treatment* dengan *quenching* oli dan *fluida* pisang memiliki struktur mikro yang homogen dibanding dengan air.

2. Proses *Heat Treatment* dengan Air mengalami peningkatan kandungan karbon pada permukaan material tertinggi yaitu 1,53 % C dari sebelum 0,52 % C dibandingkan dengan oli dan *fluida* getah pohon pisang.

5. PERNYATAAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada politeknik negeri kupang karena penelitian ini dapat dibiayai dalam lingkup penelitian rutin dosen melalui sumber dana DIPA PNK 2018.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] DIMU, R.J., *Optimasi Hardening Baja Karbon Sedang Dengan Fluida Getah Pohon Pisang Menggunakan Metode Taguchi*, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 5, n. 2, pp. 135-140, 2014.
- [2] YUSMAN. F., *Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Quenching Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1045*, Skripsi Fakultas Teknik Universitas Lampung, (2018).
- [3] SMITH, J.L., RUSSEL, G.M., & BHATIA, S.C, *Heat treatment of metal*, v.1, Singapore: Alkem Company(S) Pte Ltd, 2009.
- [4] ABRIANTO, A., *Analisis Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Baja Mangan Austenitik Hasil Proses Perlakuan Panas*, *Jurnal Teknik Universitas Jendral Achmad Yani* 8 (11), pp. 90-99, 2008.
- [5] ISMANHADI S.M., *Pengaruh Media Pendingin pada Proses Hardening Terhadap Struktur Mikro Baja Mangan Hadfield AISI 3401 PT Semen Gresik*, *Jurnal Teknik Pomits*, v.2, n.2, F. 224-227, 2013.
- [6] MUTIONO. A., *Pengaruh Quenching Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit*, *Jurnal e-Dinamis*, v.II, n.2, pp. 57-70, Sep. 2012.
- [7] YURIANTO, *Optimasi Parameter Quenching dan Tempering Pada HRP Steel Lokal Sebagai Baja Amor Nasional*, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v.9, n.2, pp.143-148, 2018.
- [8] MARIA A.V.M, *ABC's of Electrochemistry series Materials Characterization techniques: SEM and EDS*, Department of Chemical and Biomolecular Engineering, OHIO University, Russ Colage of Engineering of Teknologi, Nov. 2011.
- [9] KOZIN.M, *Pengaruh Proses Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Roda Kereta Api Buatan Lokal*, pp. 34, Tesis Ilmu Material, Universitas Indonesia, Jul. 2012.
- [10] CALISTER, WILLIAM D, *Materials Science and Engineering, Departement of Mettallurgical Engginering The University of Utah*, 2000.