

PENGARUH PROSES TERMOMEKANIK TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA K-110 KNL EXTRA

Aldiansyah Leo¹, Indra², Ikhwansyah Isranuri³, M. Sabri⁴, Mahadi⁵, Farida Ariani⁶

Email: aldiansyah_leo@yahoo.co.id

^{1,2,3,4,5,6}Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, jln. Almamater kampus USU Medan
20155 Medan Indonesia

ABSTRAK

Proses termomekanik adalah teknik perlakuan logam yang didesain untuk meningkatkan sifat mekanis dengan proses deformasi plastis. Secara umum proses termomekanik terdiri dari proses pemanasan (thermal) dan proses mekanik seperti Thermo-Forging Hammer. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh hammering dan tingkat deformasi terhadap sifat mekanis bahan seperti kekerasan dan struktur mikro bahan. Menganalisa hubungan dan pengaruh diameter butir terhadap sifat mekanis bahan. Menganalisa apakah baja K-110 KNL EXTRA yang telah diproses dengan perlakuan hammering memiliki sifat mekanis lebih baik dari bahan awal (raw material) tanpa perlakuan apapun. Perbaikan sifat mekanis baja K-110 KNL EXTRA untuk mata pisau pemanen sawit ini dilakukan dengan metode deformasi plastis dengan menggunakan mesin hammering. Pemanasan pada suhu 700°C, 750°C, 800°C, 850°C dan 900°C ditahan selama 1 jam dengan waktu pukulan 5 detik, 10 detik, 15 detik, dan 20 detik. Hasil dari pengujian ini adalah Sifat mekanis baja karbon tinggi tipe K-110 KNL EXTRA dengan proses Hammering diperoleh hasil uji kekerasan maksimum adalah 617,8 BHN pada proses Hammering dengan suhu 850°C dan waktu pukulan 20 detik. Hubungan antara kekerasan dan ukuran butir berbanding terbalik, dimana semakin kecil ukuran butir maka bahan akan semakin keras. Pengaruh dari proses yang telah dilakukan, setelah diambil nilai-nilai optimalnya maka hasil yang diperoleh masih diatas dari pada bahan mentahnya (raw material), sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh proses hammering menaikkan sifat-sifat mekanisnya.

Kata kunci: Deformasi Plastis , Baja K-110 KNL EXTRA, Sifat Mekanis, Diameter Butir.

ABSTRAK

Thermomechanical process is a metal treatment technique designed to improve the mechanical properties of the plastic deformation process. In general thermomechanical process consists of heating process (thermal) and mechanical processes such as Thermo-Forging Hammer. The purpose of this study was the effect of hammering Observing and extent of deformation of the material mechanical properties such as hardness and microstructure of materials. Knowing the relationship and influence of grain diameter on the mechanical properties of the material. See whether the steel K-110 KNL EXTRA which had been processed by hammering treatment possess better mechanical properties than the starting material (raw material) without any treatment. Improvement of mechanical properties of steel K-110 KNL EXTRA for palm harvester blade is done by plastic deformation method using hammering. Heating machine at a temperature of 700°C, 750°C, 800°C, 850°C and 900°C held for 1 punch a time clock to 5 seconds, 10 seconds, 15 seconds, and 20 seconds. The results of this testing are mechanical properties of high carbon steel type K-110 KNL EXTRA Hammering obtained with the test result is 617.8 BHN maximum hardness at the Hammering with a temperature of 850 °C and time punches 20 seconds. The relationship between hardness and grain size is inversely proportional, where the smaller the grain size of the material will be increasingly hard. The influence of the process that has been done, having taken the optimal values are still above the results obtained from the raw material (raw material), so it can be concluded that the effect of raising the hammering process mechanical properties

Keywords: plastic deformation, Steel K-110 KNL EXTRA, Mechanical Properties, Grain diameter.

1. PENDAHULUAN

Meningkatkan kualitas produk yang ada didalam dunia industri keteknikan khususnya untuk pembuatan mata pisau pemanen sawit maka dalam penelitian ini saya membahas cara untuk memperbaiki atau meningkatkan sifat mekanis pada mata pisau pemanen sawit. Seiring dengan perkembangan yang ada maka dibutuhkan baja dengan sifat dan karakteristik yang sesuai terhadap kondisi pada saat diaplikasikan. Untuk memenuhi tuntutan konsumen dalam teknik pengerasan logam pada baja karbon. Salah satu aplikasi baja karbon tinggi adalah penggunaannya sebagai bahan baku pembuatan pisau pemanen sawit. Hal yang mendasari penelitian ini adalah sifat mekanis dari mata pisau pemanen sawit yang kurang baik, salah satunya kekerasan yang tidak merata akibat proses penempaan konvensional, dan sifat tangguh yang masih rendah menyebabkan sering terjadinya patah atau lecetnya mata pisau sehingga umur masa pakai mata pisu lebih singkat.

Proses termomekanik adalah teknik perlakuan logam yang didesain untuk meningkatkan sifat mekanis dengan proses deformasi plastis. Secara umum proses termomekanik terdiri dari proses pemanasan (*thermal*) dan proses mekanik seperti *Thermo-Forging Hammer*.

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 2% sesuai tingkatannya. Dalam proses pembuatan baja akan terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang akan tertinggal di dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V), dan unsur lainnya. Baja K-110 KNL EXTRA merupakan baja karbon tinggi (*high carbon steel*) mengandung kadar karbon antara 0,60% - 1,7%C. Baja ini mempunyai tegangan tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk *material tools*. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong. Berdasarkan komposisi dalam prakteknya baja terdiri dari beberapa macam yaitu baja karbon (*carbon steel*), dan baja paduan (*alloy steel*). Baja karbon dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3% C. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja maka baja karbon rendah dapat digunakan atau dijadikan baja-baja sebagai berikut:

- Baja karbon rendah yang mengandung 0,04% C - 0,10% C digunakan untuk baja-baja plat atau strip.
- Baja karbon rendah yang mengandung 0,10% C - 0,15% C digunakan untuk keperluan badan-badan kendaraan.
- Baja karbon rendah yang mengandung 0,15% C - 0,30% C digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan, membuat baut atau dijadikan baja konstruksi.

2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon 0,3% C - 0,6% C dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja maka baja karbon sedang dapat digunakan atau dijadikan baja-baja sebagai berikut:

- Baja karbon sedang yang mengandung 0,35% C - 0,45% C digunakan untuk roda gigi dan poros.
- Baja karbon sedang yang mengandung 0,4% C digunakan untuk keperluan industri kendaraan, mur, poros, engkol dan batang torak.
- Baja karbon sedang yang mengandung 0,5% C - 0,6% C digunakan untuk roda gigi.

- d. Baja karbon sedang yang mengandung 0,55% C - 0,6% C digunakan untuk pegas.
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)
 Baja karbon tinggi mengandung 0,60% C - 1,7% C dan setiap satu ton baja karbon tinggi mengandung karbon antara 70-130 Kg. Baja ini mempunyai tegangan tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material tools.
 Berdasarkan kegunaannya baja karbon tinggi diklasifikasikan sebagai berikut:
- Baja karbon tinggi yang mengandung 0,6% C - 0,7% C digunakan untuk pembuatan pegas, perkakas (landasan mesin, martil) dan alat-alat potong.
 - Baja karbon tinggi yang mengandung 0,75% C - 1,7% C digunakan untuk pembuatan pisau cukur, mata gergaji, bantalan peluru dan bantalan mesin.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Baja adalah logam campuran yang terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C). Jadi baja berbeda dengan besi (Fe), aluminium (Al), seng (Zn), tembaga (Cu), dan titanium (Ti) yang merupakan logam murni. Secara sederhana, fungsi karbon adalah meningkatkan kualitas baja, yaitu daya tariknya (*tensile strength*) dan tingkat kekerasannya (*hardness*). Selain karbon, sering juga ditambahkan unsur chrom (Cr), nikel (Ni), vanadium (V), molybdaen (Mo), untuk mendapatkan sifat lain sesuai aplikasi dilapangan seperti antikorosi, tahan panas, dan tahan temperatur tinggi. Baja juga dapat diartikan sebagai campuran besi, dimana unsur logam menjadi dasar campurannya. Selain itu baja juga mengandung unsur campuran lain, seperti sulfur (S), posfat (P), silikon (Si) dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi [1].

Kekerasan dapat didefinisikan sebagai ketahanan terhadap penetrasi atau kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan indentasi dan penetrasi. Nilai kekerasan berkaitan dengan kekuatan tarik atau luluh logam karena selama penjejakan, logam mengalami deformasi plastis sehingga terjadi regangan dengan penerasi tertentu. Kekerasan juga berhubungan dengan ketahanan aus dari logam [2].

Kekerasan baja amutit yang dilakukan dengan lama waktu penahanan suhu untuk menahan suhu supaya pemanasan homogen sehingga kekerasan maksimum dapat diperoleh. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada lama waktu penahanan suhu 10 menit kekerasan naik menjadi 60,08 HRC dari 34,24 HRC sebelum dilakukan proses perlakuan panas kemudian naik menjadi 62,693 HRC pada lama waktu penahanan suhu 20 menit dan meningkat mencapai maksimum pada lama waktu penahanan suhu 40 menit yaitu 65,146 HRC. Sehingga dapat diketahui bahwa tingkat kekerasan logam baja amutit dipengaruhi oleh lama waktu penahanan suhu di samping temperatur pemanasan dan laju pendinginan [3].

Pengaruh Suhu Tempering terhadap Kekerasan Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Baja K-460. Semakin tinggi suhu proses tempering setelah proses Hardening (850°C- 1000°C) menurunkan nilai kekerasan baja K-460 (48,5-56.5 HRC). dan struktur mikro yang terbentuk adalah martensite dan struktur partikel karbida dalam matriks martensit [4].

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Proses hammering

Jumlah specimen uji hamering sebanyak 20. Pemanasan specimen dilakukan bertahap dengan 4 specimen per suhu. Pemanasan specimen dilakukan pada suhu 700°C, 750°C 800°C, 850°C, 900°C dan digunakan *thermocouple* digital untuk didapatkan pembacaan suhu yang akurat di dalam *furnace*, kemudian ditahan selama 60 menit untuk didapatkan panas yang menyeluruh pada specimen. Benda uji yang telah dipanaskan di hammering dengan waktu pukulan 5 detik, 10 detik, 15 detik, dan 20 detik menggunakan martil pegas udara. Pengujian Hamering dilakukan di Balai Riset dan Standarisasi Industri Medan (BARISTAND INDUSTRI MEDAN).

3.2 Pengujian Kekerasan

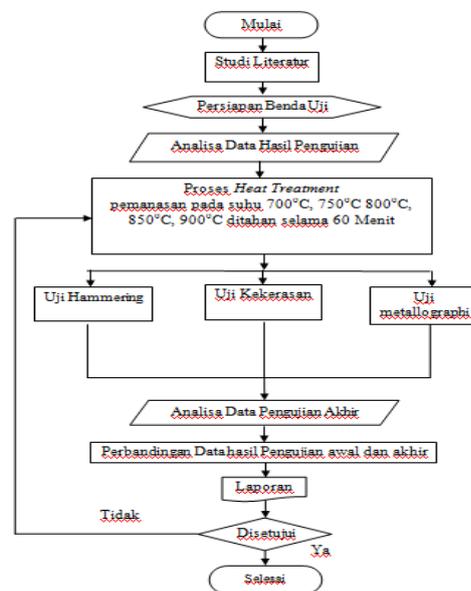
Spesimen yang dipergunakan dalam pengujian ini ada 3 yaitu specimen uji kekerasan, specimen uji polishing dan specimen uji tarik. Jumlah specimen uji kekerasan diambil dari

spesimen uji hammering 20 ditambah dengan raw material. Jadi jumlah spesimen uji kekerasan ada 21. Kekerasan logam didefinisikan sebagai ketahanan terhadap penetrasi, dan memberikan indikasi cepat mengenai perilaku deformasi. Alat uji kekerasan menekankan bola kecil piramida atau kerucut ke permukaan logam dengan beban tertentu dan bilangan kekerasan (*Brinell* atau piramida *Vickers*) diperoleh dari diameter jejak. Kekerasan dapat dihubungkan dengan kekuatan luluh atau kekuatan tarik logam.

Karena sewaktu indentasi material di sekitar jejak mengalami deformasi plastis mencapai beberapa persen regangan tertentu. Pengujian kekerasan dilakukan di laboratorium metallurgi fakultas teknik USU. Sebelum diuji kekerasannya, spesimen dibersihkan dan diratakan permukanya terlebih dahulu dengan menggunakan kikir. Setelah itu pengujian kekerasan dilakukan dengan alat brinell dengan pembebanan 1500 kg dan diameter jejak diukur menggunakan teropong indenter.

3.3. Pengujian Metallografi

Jumlah spesimen uji polishing ada 4 (raw material, Suhu 800°C - 5 detik, Suhu 850°C - 10 detik dan Suhu 850°C - 20 detik). Pengujian Metallografi agar dapat diamati mikrostrukturnya, maka terlebih dahulu benda uji di potong yang merupakan bagian dari spesimen kekerasan yaitu pada bagian ujungnya, kemudian di mounting menggunakan resin dan *hardener*. Etsa yang digunakan adalah nital 5 %. Nital adalah campuran dari Nitrat 5% ditambah 95% alcohol. Waktu penahanan 15 detik. Berikut ini adalah gambar diagram alir penelitian.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

4. Hasil

Berikut ini adalah data hasil pengujian sifat mekanis dan uji komposisi sebelum dilakukan proses hammering dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Sifat Mekanis Baja K-110 KNL EXTRA

Sifat Mekanis	
Tegangan Luluh (MPa)	490
Tegangan Tarik (MPa)	767,82
Elongation (%)	10,80

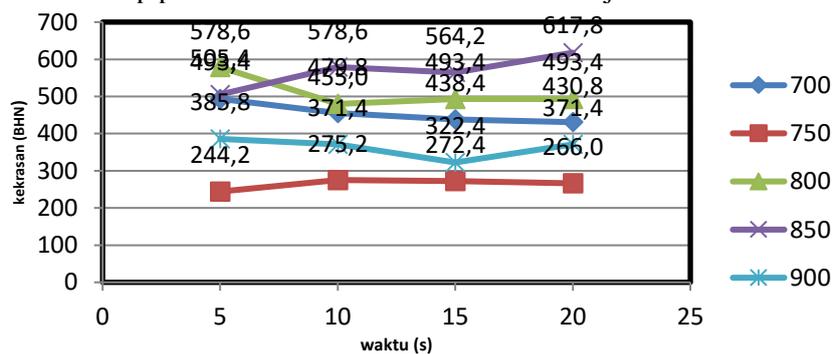
Kekerasan (BHN)	196.8
-----------------	-------

Tabel 2. Hasil Uji Komposisi Bahan Baja K-110 KNL EXTRA

Komposisi Kimia	Unsur (%)
C	1,4
Si	0,30
Mn	0,30
Cr	11,80
Mo	0,75
V	0,75

4.1.1 Hasil Uji Kekerasan

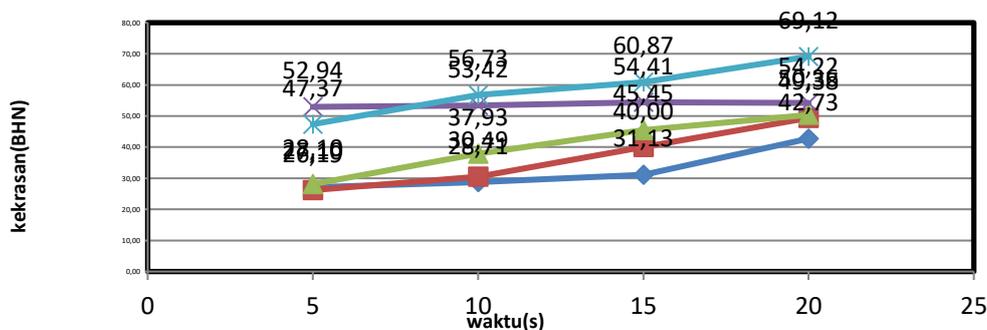
Kekerasan logam dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap, ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji. Pengujian kekerasan dalam penelitian ini dilakukan agar dapat diketahui pengaruh suhu dan besar deformasi terhadap perubahan nilai kekerasan material baja K-110 KNL EXTRA.



Gambar 2. Grafik kekerasan

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan yang digambarkan pada grafik, dapat dilihat bahwa kekerasan dengan nilai yang optimum terjadi pada suhu 850°C dengan waktu deformasi 20 detik yaitu sebesar 617,8 BHN, diikuti dengan deformasi pada suhu 850°C dengan waktu deformasi 10 detik yaitu sebesar 578,6 BHN dan pada suhu 800°C dengan tingkat waktu 5 detik sebesar 578,6 dimana nantinya nilai-nilai tersebut akan dijadikan acuan untuk pengukuran hasil uji tarik dan pengamatan struktur mikro serta untuk penelitian lanjutan yang berhubungan dengan sifat mekanis bahan.

4.1.2 Hasil Uji hammering



Gambar 3. Grafik deformasi

Berdasarkan hasil pengujian hammering yang digambarkan pada grafik, dapat dilihat bahwa semakin lama baja dipanaskan didalam furnace dengan penahanan selama 1 jam dan semakin lama waktu pukulan hammer maka semakin tinggi tingkat deformasinya. Hal ini dapat

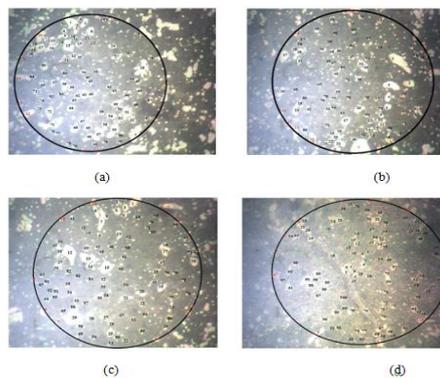
dilihat pada suhu 700°C dengan waktu pukulan 5 detik, terjadi deformasi sebesar 27,1%. Pada suhu 900°C dengan waktu pukulan 20 detik, terjadi deformasi sebesar 69,12%.

4.1.3 Hasil Uji Metallografi

Tabel 3. Hasil Pengukuran Diameter Butir

Bahan	G (ukuran besar butir)	Diameter Butir (µm)
Raw Material	8,2	21,5
800°C - 5 detik	8,4	19,5
850°C - 10 detik	8,4	19,5
850°C - 20 detik	8,5	19

Berikut ini adalah foto mikrostruktur ditunjukkan pada gambar



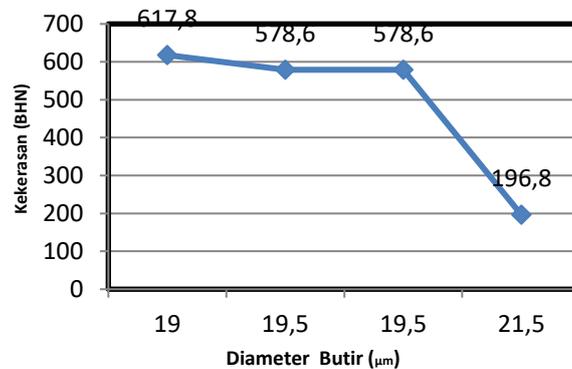
Gambar 4. Foto Mikro Pembesaran 500 X (a) raw material, (b) Suhu 800°C - 5 detik, (c) Suhu 850°C - 10 detik dan (d) Suhu 850°C - 20 detik

4.2 Pembahasan

Pada subbab ini akan membahas hubungan antara kekerasan, kekuatan tarik, serta diameter butir setelah dilakukan proses termomekanik.

4.2.1 Hubungan Antara Kekerasan dan Diameter Butir

Jika dihubungkan antara hasil pengujian kekerasan dan diameter butir dari nilai-nilai optimal yang diperoleh, maka akan didapat hasil berupa grafik pada gambar 5 berikut.



Dari gambar diatas diketahui bahwa semakin besar diameter butir maka kekerasan akan semakin menurun, dan apabila semakin kecil diameter butir maka kekerasan semakin tinggi. Hal ini dapat dilihat dalam hubungan pada rumus hall and petch method dimana :

$$H_1 = H_1 + K_1 d^{-1/2}$$

Rumus tersebut nampak apabila bahwa diameter (d) semakin kecil nilainya maka nilai kekerasan (H) semakin besar. Apabila diameter butir tersebut semakin kecil, mana gesekan antar butir jauh lebih kecil, serta kerapatan antar butir juga jauh lebih rapat, sehingga kekerasan yang dihasilkan akibat daripada kerapatan butir tersebut menghasilkan kekerasan yang tinggi. Sedangkan apabila butir tersebut lebih besar, hubungan kerapatan antar butir jauh lebih renggang, sehingga ada ruang kosong antar butir, sehingga dapat dikatakan kekerasan lebih rendah.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Sifat mekanis baja karbon tinggi tipe K-110 KNL EXTRA dengan proses Hammering diperoleh hasil uji kekerasan maksimum adalah 617,8 BHN pada proses Hammering dengan suhu 850°C dan waktu pukulan 20 detik.
2. Hubungan antara kekerasan dan ukuran butir berbanding terbalik, dimana semakin kecil ukuran butir maka bahan akan semakin keras. Sedangkan untuk hubungan antara kekuatan tarik dan ukuran butir juga berbanding terbalik, dimana semakin besar ukuran butir maka kuat tarik bahan akan semakin kecil.
3. Pengaruh dari proses yang telah dilakukan, setelah diambil nilai-nilai optimalnya maka hasil yang diperoleh masih diatas dari pada bahan mentahnya (*raw material*), sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh proses hammering menaikkan sifat-sifat mekanisnya.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan mesin pengerolan agar dapat menentukan deformasi yang di perlukan.
2. Untuk perkembangan selanjutnya peneliti menyarankan untuk diadakan penelitian lanjutan dari data hasil penelitian yang menyangkut sifat mekanis lain seperti uji ketangguhan bahan (*impact*) dan uji kelelahan bahan (*fatigue*)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harahap (2008), Penentuan Persentase Pembentukan Fasa Austenit pada Transformasi Bainit Baja Mangan dengan Validasi Microhardness dan Macrohardness pada Temperatur 500°C', *PhD Thesis*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [2] Haryadi (2005), Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Pada Baja K-460', *Rotasi*, Vol. 7, No. 3, pp. 1-10.
- [3] Suprijanto Djoko (2011), pengaruh diameter pengerolan dingin terhadap kekuatan bending baja karbon rendah. Teknik Mesin STTNAS Yogyakarta
- [4] Al Hasa, M. Husna. *Karakterisasi Sifat Mekanik Dan Mikrostruktur Paduan Intermetalik Alfeni Sebagai Bahan Kelongsong Bahan Bakar*, J. Tek. Bhn. Nukl. Vol. 3 No. 2 Juni 2007: 49-10