

Analisis Kekuatan Tarik dan Kekasaran Permukaan Pada Baja Tahan Karat Austenitik Terhadap Variasi Temperatur Temper

Yoga Ari Wibowo¹, Sutrisna^{2,*}, Eka Yawara³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta, 55281

*Corresponding author: sutrisna@itny.ac.id

Abstract

Stainless steel is a alloy steel containing at least 11,5% chrome based on the weight. Stainless steel has an unproved anti-carrrier properties as other steel metals. Stainless steel is different from ordinary steel from the chrome content. Some stainless steel applications require high-ended, free internal stress, as well as good corrosion resistance. The heat treatment process is an alternative that can be done. This study the effect of temperature tempering variations against micro structures and mechanical properties in stainless steel. The material used in this study is stainless steel 201 which includes austenitic type of stainless steel. The composition test is carried out to know the content contained in the test material. Furthermore, sepesimen preparation is done. The process done is heated specimen until 950oC temperature is detained for 1 hour, then in quenching with water, after that in temper with a temperature variation of 400oC, 450oC, 500oC, 550oC, 600oC, detained 1 hour and cooled in the hands free. The testing is tested micro structure with optical microscope, hardness testing with vickers method and testing of impact toughness. The result of chemical composition test s showed the value of iron content (Fe) of 74,02%, chrome (Cr) 14,39% and manganese (Mn) 9,15% so that from the content of the content, the material used this study is included in the category of stainless steel 201. Photo micro structure shows that stainless steel 201 has austenite structure , ferritr and the embroider carpide structure after the tempering process. The result of hardness test obtained the highest score of 298,77 kg/mm2 in the material of raw material and after the highest temperature tempering process was found in the temperature 400oC temporary, the lowest value of 232,34 kg/mm2 in tempering specimen was batted on the 500oC. in the impact test of the highest score of 3,51 j/mm2 in specimens with temporary temperature of 400oC and the lowest value of 2,32 j/mmoC in 600oC tempering specimens.

Keywords: *Stainless Steel, Heat Treatment, Testing Metals.*

Abstrak

Stainless steel merupakan baja paduan yang mengandung sedikitnya 11,5% krom berdasar beratnya. Stainless steel memiliki sifat tidak mudah terkorosi sebagaimana logam baja yang lain. Stainless steel berbeda dengan baja biasa dari kandungan kromnya. Beberapa aplikasi baja Stainless Steel memerlukan keuletan yang tinggi, bebas internal stress, serta ketahanan korosi yang bagus. Proses Perlakuan Panas (Heat Treatment) merupakan alternatif proses yang dapat dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi suhu tempering terhadap struktur mikro dan sifat mekanik pada baja Stainless Steel. Baja yang digunakan pada penelitian ini adalah baja Stainless Steel 201 yang termasuk baja tahan karat jenis austenitik. Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada bahan uji, selanjutnya dilakukan persiapan spesimen. Proses yang dilakukan adalah spesimen dipanaskan sampai suhu 950oC di tahan selama 1 jam, kemudian di Quenching dengan air, setelah itu di Temper dengan variasi suhu 400, 450, 500, 550, 600oC ditahan 1

jam dan didinginkan di udara bebas. Pengujian yang dilakukan adalah uji struktur mikro dengan mikroskop optik, pengujian kekerasan dengan metode vickers, dan pengujian ketangguhan impak charpy. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan nilai kandungan Besi (Fe) sebesar 74.02%, kromium (Cr) 14,39% dan mangan (Mn) 9,15% sehingga dari unsur kandungan tersebut maka material yang digunakan pada penelitian ini termasuk dalam kategori stainless steel 201. Foto struktur mikro menunjukkan bahwa stainless steel 201 memiliki struktur austenit, ferrit dan muncul struktur karbida kromium setelah proses tempering. Hasil uji kekerasan didapatkan nilai tertinggi sebesar 298,77 kg/mm² pada spesimen raw material dan setelah dilakukan proses tempering nilai tertinggi terdapat pada proses tempering ditemperatur 400°C sedangkan nilai terendah sebesar 232,34 kg/mm² pada spesimen tempering ditemperatur 500°C. Pada uji ketangguhan impak didapatkan nilai tertinggi sebesar 3,51 J/mm² pada spesimen dengan tempering ditemperatur 400°C dan nilai terendah sebesar 2.32 J/mm² pada spesimen tempering 600°C.

Kata kunci: Stainless Steel, Heat Treatment, Pengujian Bahan.

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman dan teknologi yang cukup pesat mempengaruhi kebutuhan manusia dalam memenuhi kehidupan sehari-hari. Hal ini berdampak pada jumlah pemakaian logam, terutama untuk permintaan baja tahan karat (*stainless steel*) yang semakin meningkat dan menuntut adanya sebuah inovasi dengan berbagai bentuk, sifat dan karakter logam. Dengan adanya inovasi ini mudah-mudahan juga dapat mempengaruhi harga logam agar lebih terjangkau.

Baja tahan karat (*stainless steel*) adalah baja yang memiliki kekuatan dan ketahanan korosi yang sangat baik dibandingkan dengan baja paduan yang lain. Material baja tahan karat (*stainless steel*) merupakan kelompok baja paduan yang mempunyai sifat atau karakteristik khusus. Ciri umum dari baja tahan karat (*stainless steel*) memiliki kadar kromium (Cr), mangan (Mn) yang cukup tinggi dan beberapa kandungan lain yang tergolong rendah dalam *stainless steel* jenis ini seperti : nikel (Ni), karbon (C), silikon (Si), tembaga (Cu) dan lain lainnya.

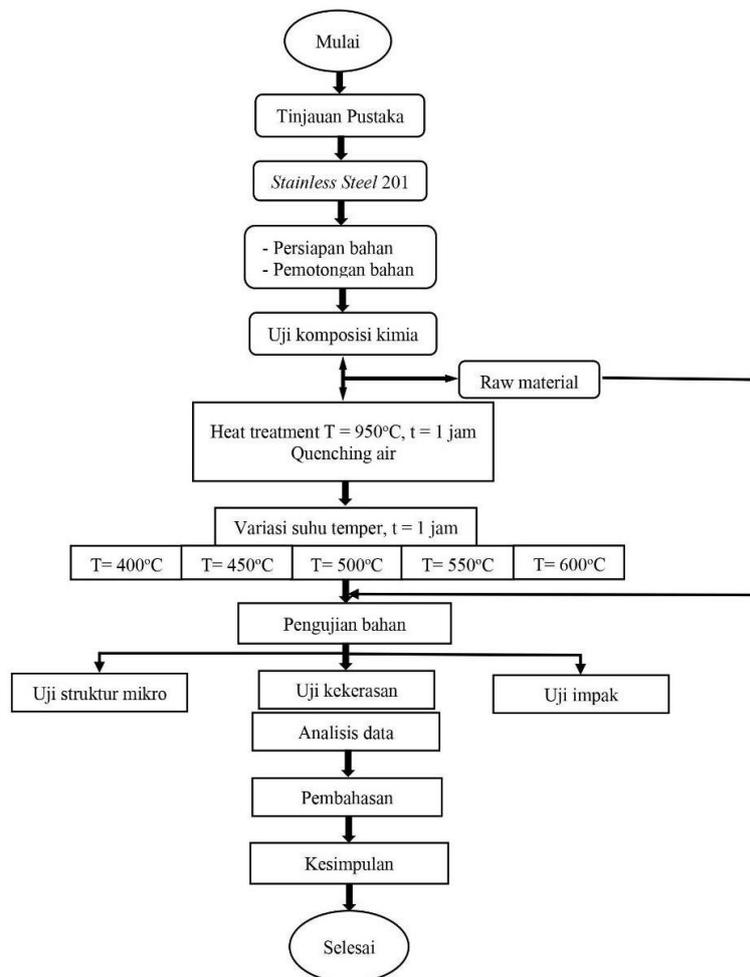
Stainless steel tipe 201 (SS 201) tergolong dalam jenis austenit yang dikembangkan untuk menghemat nikel. Nikel digantikan dengan adanya penambahan mangan dan nitrogen. Meskipun lebih murah dari pada beberapa paduan lainnya (karena kandungan nikelnya rendah, SS 201 tidak mudah dikerjakan dan dibentuk karena tidak dapat dikeraskan dengan pemanasan, tetapi melalui proses pengerjaan dingin). Pada dasarnya tipe 201 merupakan baja non-magnetik dalam kondisi *anil* dan menjadi magnet ketika pada suhu dingin. Tipe SS 201 sering di gunakan untuk memproduksi pipa, gerbong kereta api, bak cuci piring, jendela, pintu dan peralatan rumah tanggainnya.

Rinelda, dkk (2017) melakukan penelitian yang berjudul pengaruh lama waktu tahan *tempering* terhadap struktur mikro dan sifat mekanik *coupler* Baja AAR-M201 Grade E. Penelitian ini dilakukan dengan *hardening* pada temperatur 925°C ditahan selama 3 jam dan di dinginkan media air, lalu di temper pada suhu 600°C dan ditahan dengan variasi waktu 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Dari hasil pengujian tempering pada Baja AAR-M201 Grade E menghasilkan struktur mikro asikular ferrit dan semakin lama waktu tahan pada proses *tempering* menyebabkan kekuatan luluh, kekuatan meksimum, dan kekerasan menurun, serta keuletan dan energi impak meningkat.

Erizal dan Mohamad (2020) melakukan penelitian yang berjudul proses *hardening* dan variasi suhu *tempering* pada kekerasan dan kuat impak Baja SS 201. Pada penelitian ini baja dipanaskan di dapur pemanas pada temperatur 900°C ditahan selama 20 menit lalu di temper pada temperatur 300°C, 400°C, dan 500°C ditahan selama 15 menit lalu di dinginkan dengan media oli. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan mengalami penurunan dan nilai ketangguhan/keuletannya mengalami kenaikan.

Bakri dan Sri Candrabakty (2006) pada penelitiannya yang berjudul efek waktu perlakuan panastemper terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan impak baja komersial. Pada penelitian ini benda uji telah di temper pada temperatur 600°C dengan waktu yang berbeda – beda yaitu : 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Sebelum di temper austenisasi pada temperatur 1000°C selama 45 menit kemudian di celup oli. Pada hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa pengaruh waktu temper tidak terlalu signifikan terhadap nilai kekuatan tarik dan nilai ketangguhan.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. *Stainless steel 201*.
2. Media pendingin air.
3. Penjepit benda kerja
4. Tempat penampung cairan pendingin
5. Bahan Etsa HNO₃ + HCL dengan perbandingan 1 : 3.
6. *Autosol* dan kain bludru.
7. Amplas dengan nomor (100 mesh, 180 mesh, 400 mesh, 600 mesh, 800 mesh, dan 1000 mesh).

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Spectrometer*
2. Perangkat dapur pemanas untuk proses *tempering*
3. Mesin amplas
4. Mesin uji struktur mikro (mikroskop optik)
5. Mesin uji kekerasan *Vickers*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui presentase unsur kimia yang terkandung dalam spesimen yang akan diuji. Pengujian ini dilakukan pada baja tahan karat tipe SS 201 dengan menggunakan alat spectrometer. Data hasil pengujian kimia dapat dilihat pada table.

Tabel 1. Hasil uji komposisi kimia *stainless steel* 201

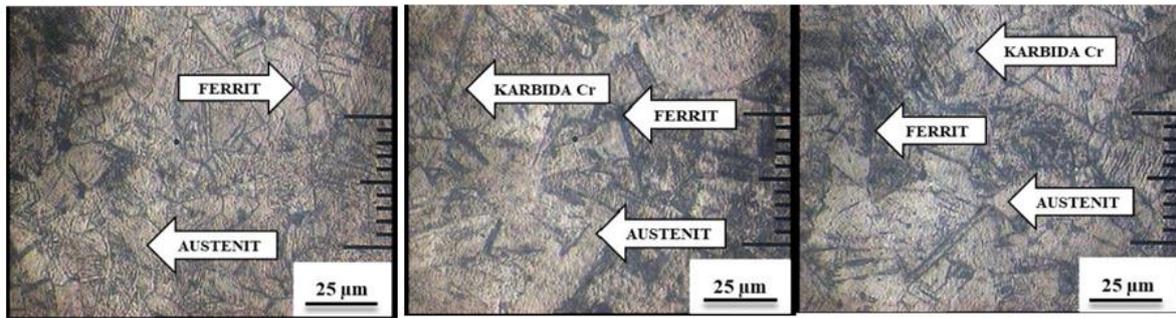
No	Unsur	W (% Berat)
1	Fe (besi)	74,02
2	C (karbon)	0,11
3	Ni (nikel)	0,40
4	Nb (niobium)	0,01
5	Si (silikon)	0,40
6	Cr (kromium)	14,39
7	V (vanadium)	0,04
8	Mn (mangan)	9,15
9	Mo (molibdenum)	0,04
10	P (fosfor)	0,03
11	Cu (tembaga)	1,12
12	N (nitrogen)	0,19
13	Sb (antimon)	0,01
14	Co (kobalt)	0,03
TOTAL		100

Hasil pengujian komposisi kimia pada *stainless steel* 201 menggunakan alat *spectrometer* menunjukkan bahwa ada cukup banyak unsur yang terdapat pada paduan tersebut, kadar unsur utama besi (Fe) 74,02%, dan unsur paduan utama Kromium (Cr) 14,39%, Mangan (Mn) 9,15%, selain ketiga unsur utama yang terdapat dalam material, terdapat juga beberapa unsur lainnya seperti ; Karbon (C) 0,11%, Nikel (Ni) 0,40%, Niobium (Nb) 0,01%, Silikon (Si) 0,40%, Vanadium (V) 0,04%, Molibdenum (Mo) 0,04%, Fosfor (P) 0,03%, Tembaga (Cu) 1,12%, Nitrogen (N) 0,19%, Antimon (Sb) 0,01%, Kobalt (Co) 0,03% dan beberapa unsur lain dengan kandungan kadar < 0,01. Dari keterangan diatas maka material yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tergolong dalam baja tahan karat (*stainless steel*), karena syarat dasar dari *stainless steel* adalah memiliki kandungan kromium minimal sebesar 12% dan untuk unsur kandungan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat – sifat *stainless steel* sesuai aplikasinya (Achmad Kusairi Samlawi dan Rudi Siswanto, 2016).

3.1 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan pengamatan pada benda uji menggunakan mikroskop optik untuk pengamatan struktur mikro spesimen dengan perbesaran 200 kali. Sebelum pengujian spesimen terlebih dahulu di etsa menggunakan zat kimia HNO₃ + HCl (*aqua regia*) dengan jumlah perbandingan 1:3 selama ± 25 detik. Spesimen telah di potong dengan ukuran diameter 21 mm dan tinggi 10 mm berjumlah 7 buah terdiri dari 1 spesimen

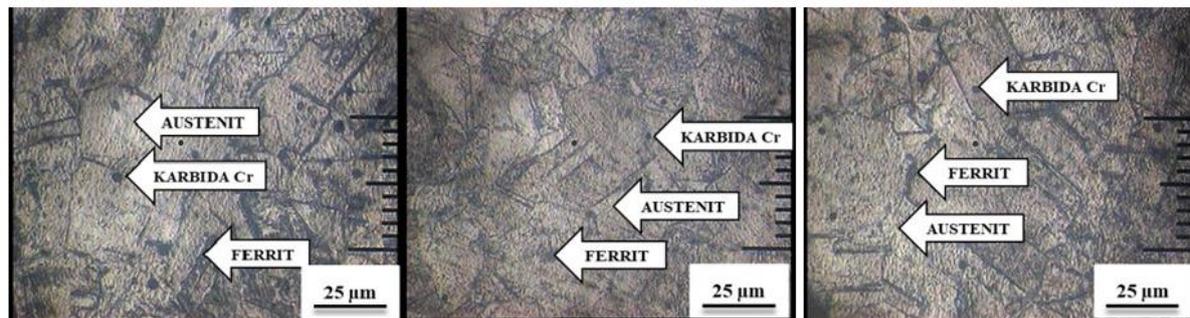
pemanasan *quenching* , 1 spesimen *raw material* dan 5 spesimen untuk variasi temperatur (400°C, 450°C, 500°C, 550°C, 600°C).



Gambar 2. *raw material*

Gambar 3. *Tempering 400°C*

Gambar 4. *Temperig 450°C*



Gambar 5. *Temperig 500°C*

Gambar 6. *Temperig 550°C*

Gambar 7. *Temperig 600°C*

Berdasarkan analisis hasil uji struktur mikro *stainless steel* mulanya memiliki struktur austenit dan ferrit, tapi ketika setelah dilakukan proses *quenching* muncul struktur karbida kromium. Perlakuan panas memungkinkan pembentukan karbida kromium dengan reaksi antara kromium dan karbon. Proses *quenching* dan *tempering* dengan variasi temperatur mempengaruhi ukuran struktur austenit dan ferrit. Pada proses *quenching* ukuran austenite dan ferrit membesar. Ketika dilakukan proses *tempering* dan semakin tinggi temperatur *tempering* austenit dengan ferrit mengecil namun ditemperatur *tempering* 550 – 600°C ferrit sedikit membesar dari temperatur sebelumnya. Jumlah karbida kromium semakin sedikit dengan seiring meningkatnya temperatur *tempering* dan puncak terbanyak berada di temperatur 500°C.

Hasil Pengujian Kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode uji kekerasan *Vickers* dengan menggunakan beban 40 kg. Pengujian tiap spesimen dilakukan pada tiga titik uji dengan menggunakan piramida intan, selanjutnya harga kekerasan yang di peroleh dengan cara menghitung beban yang diberikan dibagi dengan nilai rata – rata diagonal bekas pijakan piramida intan pada posisi yang diuji. Untuk menghitung hasil dari uji kekerasan *Vickers* (VHN) dapat digunakan rumus kekerasan berdasarkan persamaan berikutini :

$$VHN = 1,8544 \frac{F}{d^2}$$

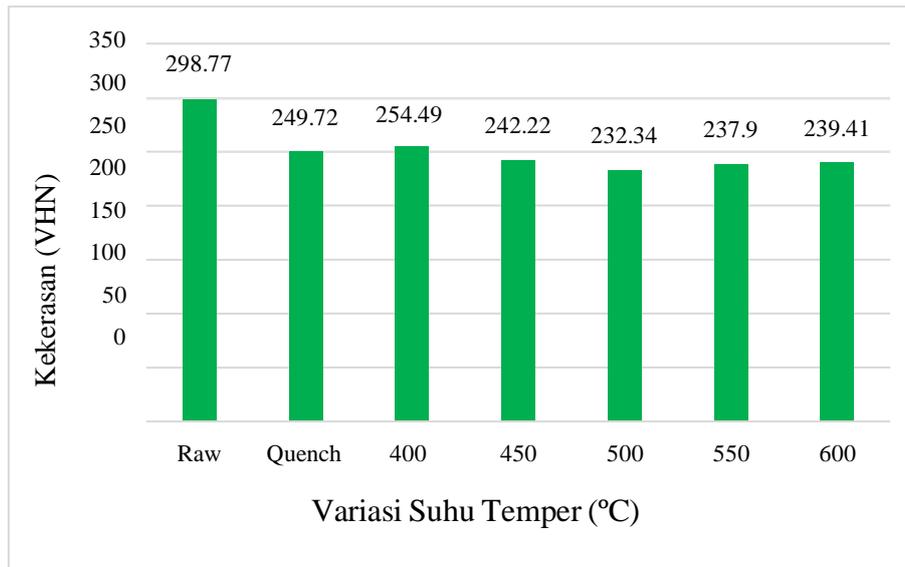
Dimana :

VHN : angka kekerasan *Vickers*

F : beban (kg) = 40 kg

d : diagonal rata – rata (mm)

Dengan : $d = \frac{(d_1 + d_2)}{2}$



Gambar 8. Diagram rata – rata pengujian kekerasan *stainless steel* 201

Dari data nilai kekerasan dapat disimpulkan bahwa *raw* material memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi diikuti proses *tempering* di temperatur 400°C, *quenching* 950°C, *tempering* 450°C, *tempering* 600°C, *tempering* 550°C, sedangkan nilai kekerasan pada *tempering* di temperatur 500°C turun cukup signifikan disebabkan karena banyaknya struktur karbida kromium jika dibandingkan dari proses yang lainnya. Kromium merupakan salah satu unsur yang membuat baja menjadi keras dan akibat karbida kromium (pengikisan kromium) nilai kekerasannya menurun.

3.4. Hasil Pengujian Impak

Pengujian impak dilakukan dengan menggunakan metode pengujian ASTM E23 sebagai standar dalam pembuatan spesimen uji, spesimen uji berukuran 55 mm x 10 mm x 10 mm dengan kedalaman takikan 2 mm dan membentuk sudut 45°. terlebih dahulu menghitung energi serap dengan cara menghitung energi awal dikurangi energi tersisa, setelah itu dapat menghitung harga impak dengan caramembagi energi serap dengan luas pada area bawah takikan seperti terdapat pada persamaan sebagai berikut :

Eserap : energi awal – energi yang tersisa

$$: m. g. h - m. g. h'$$

$$: m. g. (R - R. \cos \alpha) - m. g. (R - R. \cos \beta)$$

$$\text{Eserap} : m. g. R. (\cos \alpha - \cos \beta)$$

Dimana :

Eserap : Energi serap (J)

m : Berat pendulum (kg) = 20 kg

g : Percepatan gravitasi (m/s^2) = 10 m/s^2

R : Panjang lengan (m) = 0,8 m

α : Sudut pendulum sebelum diayunkan = 151°

β : Sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen.

Setelah mendapatkan harga dari Eserap kemudian dapat menghitung harga impak menggunakan persamaan berikut :

$$HI = \frac{E_{\text{serap}}}{A}$$

$$A = a \times b$$

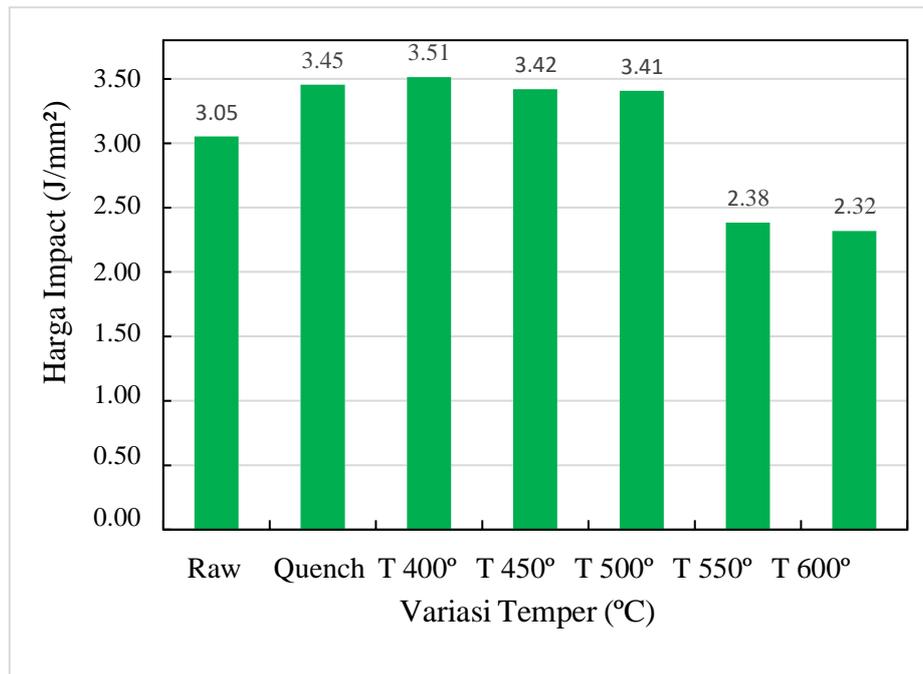
Dimana :

HI : Harga impak (J/mm^2)

Eserap : Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan sebuah benda (J)

A : Luas penampang (mm^2)

- a : tinggi spesimen dikurang dalam takikan spesimen
 b : lebar spesimen



Gambar 9. Diagram Pengujian Impak *stainless steel* 201

Berdasarkan data hasil pengujian impak pada spesimen *stainless steel* 201 proses *quenching, tempering* (400, 450, 500, 550 dan 600°C) terlihat peningkatan nilai impak sebesar 3,51 J/mm² pada proses *tempering* 400°C. Sedangkan untuk proses lainnya tidak terjadi peningkatan yang terlalu signifikan sehingga dapat dikatakan proses *tempering* pada temperatur 400°C yang paling baik untuk meningkatkan harga impak. Karbida kromium tidak terlalu berpengaruh pada ketangguhan karena salah satu unsur pembentuk austenit adalah mangan bukan kromium

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pejelasan diatas, dapat kami tarik beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Hasil pengujian komposisi kimia yang menunjukkan bahwa *stainless steel* 201 memiliki kadar besi (Fe) 74,02%, kromium (Cr) 14,39%, mangan (Mn) 9,15%, tembaga (Cu) 1,12% dan beberapa unsurlainnya yang memiliki kadar kandungan < 0,01 %. Dari unsur kandungan tersebut maka material yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam baja tahan karat (*stainless steel*).
2. Struktur mikro pada *stainless steel* ini mulannya memiliki struktur austenit dan ferrit, setelah dilakukan proses *tempering* muncul struktur karbida kromium. Proses *tempering* dengan variasi temperatur mempengaruhi ukuran austenit dan ferrit serta banyaknya karbida kromium. Jumlah karbida kromium semakin sedikit dengan seiring meningkatnya temperatur *tempering* dan puncak terbanyak berada di temperatur 500°C.
3. Hasil pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* pada spesimen *stainless steel* menunjukkan bahwanilai kekerasan tertinggi terdapat pada *raw* material sebesar 298,77 kg/mm² dan nilai tertinggi setelah proses *tempering* ada di temperatur 400°C, kemudian kekerasan terendah berada pada spesimen proses *tempering* 500°C dengan memiliki nilai sebesar 232,34 kg/mm².
4. Hasil pengujian impak pada spesimen *stainless steel* setelah proses *tempering* dengan

nilai dampak tertinggi sebesar 3,51 J/mm² terdapat pada spesimen *tempering* ditemperatur 400°C dan nilai terendah terdapat pada spesimen *tempering* ditemperatur 600°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium D III UGM, PT.Itokoh Ceperindo yang telah menyediakan alat untuk pengujian pada penelitian, kampus Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah mendukung penelitian dan berbagai pihak yang tak bisa saya sebutkan semua yang telah membantu dan memberi nasehat dalam menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- Bakri, Sri Chandrabakty. (2006). Jurnal SMARTek, Volume 4, No. 2, Mei 2006, 97- 102.
- Kusairi Samlawi, Achmad dan Siswanto, Rudi. 2016. Material Teknik. Universitas Lambung Mangkurat.
- Maulana, Erizal dan Nasrun, Mohamad. 2020. Pengaruh Proses *Hardening* dan Variasi Suhu *Tempering* Pada Kekerasan dan Kuat *Impact* Baja SS 201. *Journal of Technical Engineering* : Piston Vol 3, No.2 (halaman 21 – 25). Tangerang : Universitas Pamulang.
- Nena Sagita R. dkk. 2017. Analisa Pengaruh Lama Waktu Tahan *Tempering* Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik *Coupler* Baja AAR -M201 Grade E. Jurnal Teknik ITS Vol.6, No.1. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh November.