

Pengaruh *Heat Treatment Tempering* Dengan Variasi *Holding Time* Terhadap Sifat Mekanik Baja AAR M201 Grade B+

(Effect Of Heat Treatment Tempering On Variation Holding Time On Mechanical Propertis Steel AAR M201 Grade B+)

Danny Ekasurya S¹, Sumarji², Hary Sutjahjono²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
email: sumarjiteknik@yahoo.com

Abstrak

Dalam perkembangan dunia saat ini, logam banyak sekali dibutuhkan manusia, baik untuk keperluan sehari-hari ataupun untuk bisnis. Meskipun saat ini telah ditemukan komposit sebagai pengganti logam, namun tidak semua komposit dapat menggantikan fungsi logam. Seperti halnya pada perusahaan kereta api yang menggunakan baja sebagai bahan dasar pembuatan kereta api. Untuk mendapatkan sifat yang diinginkan, logam terlebih dahulu diberikan perlakuan panas sesuai dengan kebutuhan. Pada penelitian ini, penulis melakukan percobaan perlakuan panas *tempering* pada spesimen berbahan baja AAR M201 Grade B+ dengan variasi *holding time* 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dan kekerasan serta struktur mikro terhadap pengaruh *tempering* dengan variasi *holding time* pada baja AAR M201 Grade B+. Temperatur *furnace* yang digunakan untuk *tempering* adalah 600°C. Dari hasil pengujian sifat mekanik kekerasan, pengujian tarik, dan struktur mikro dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh variasi *holding time* 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam terhadap sifat mekanik dan struktur mikro logam. Pada rata-rata nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 64,5 kg/mm² pada variasi *holding time* 3 jam. Nilai rata-rata kekerasan tertinggi 153 BHN pada variasi *holding time* 3 jam. Pada pengujian struktur mikro diameter butir terkecil didapat pada variasi *holding time* 3 jam dengan nilai rata-rata sebesar 0,023 mm.

Kata kunci: *tempering, holding time, baja AAR M201 Grade B+, sifat mekanik.*

Abstract

Development of the world today, people need a lot of metal, for everyday use or for business. Although it has now been found composites instead of metal, but not all composites can replace the function of the metal. As with the railway companies that use steel as the manufacture of railway. To obtain the desired properties, metal heat treatment first given according to need. In this research, the authors conducted an experiment on heat treatment tempering steel specimen AAR M201 Grade B + with a variety of holding time 3 hours, 3.5 hours and 4 hours. The purpose of this research to determine the value of tensile strength and hardness and microstructure of the tempering influence of the variation in holding time at AAR M201 steel Grade B +. Temperature furnace used for tempering is 600°C. From the results of the mechanical properties of hardness testing, tensile testing, and microstructure can be concluded that there are significant variations in holding time is 3 hours, 3.5 hours and 4 hours on mechanical properties and microstructure of metal. On the average value of the highest tensile strength 64.5 kg / mm² at 3 h holding time variation. The average value of the highest hardness 153 BHN on variations of holding time 3 hours. In testing the diameter of the smallest grain microstructure obtained at 3-hour holding time variation with an average value of 0.023 mm.

Keywords: *pressure variation, percentage mass, injection molding, mechanical properties.*

PENDAHULUAN

Baja merupakan material yang mempunyai peranan penting dalam dunia industri. Baja ini sering kali diaplikasi sebagai bahan dasar pembuatan komponen mesin maupun bahan konstruksi[1]. Dengan banyaknya jenis baja yang ada dipasaran mengakibatkan perlunya melakukan pemilihan baja yang memiliki efisiensi dan efektivitas yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan

keinginan seperti halnya dilakukannya heat treatment[2]. Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan oleh PT. Barata Indonesia untuk berbagai keperluan. Salah satu kegunaannya adalah digunakan pada *bogie* pada kereta api. Jenis baja yang digunakan adalah baja AAR M 201 Grade B+ yang mengandung unsur – unsur seperti : Carbon (C) 0,22 – 0,25 %, Silikon (Si) 0,45 – 0,55 %, Mangan (Mn) 0,80 – 1,10 %, Phospor (P) 0,025 % max, Shulfur (S) 0,02 % max, Crome (Cr) 0,30 % max, Nikel (Ni) 0,20 % max,

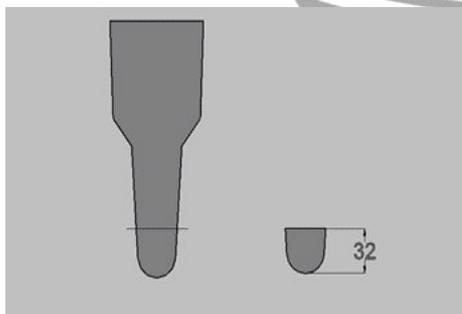
Tembaga (Cu) 0,10 % max, Aluminium (Al) 0,05 – 0,08 % dan Ferro (Fe) Balance[3].

Dari survey yang di dapat di PT. Barata Indonesia, beberapa faktor penyebab karena masih terdapatnya hasil dari uji mekanik tidak sesuai dengan standar sifat mekanik *requirements*. Karena tingkat kekerasannya tinggi Hal ini telah dibuktikan pada baja karbon sedang kondisi ini dapat di atasi dengan melakukan proses *tempering* dengan variasi *holding time*, disamping mengurangi kekerasan material juga dapat menambah keuletan material[4].

Dengan dasar itulah penulis ingin melakukan sebuah penelitian tentang “Pengaruh *Heat Treatment Tempering* Dengan Variasi *Holding Time* Terhadap Sifat Mekanik Baja AAR M201 Grade B+”

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah pembuatan cetakan spesimen Y-Block [5] dari pasir *silica* dan *binder jenis pepset 01* [3], setelah cetakan pasir kering selama 24 jam, lapisan pasir *silica* diberi *zircon* untuk pelapis agar logam cair tidak melekat pada pasir cetak. Cetakan pasir tersebut dimasukan kedalam flash untuk pembuatan lubang *venting* dan *down sprue*. Pada saat peleburan logam komposisi logam yang digunakan adalah Ferrous (Fe) 97,86 %, Carbon (C) 0,24 %, Silikon (Si) 0,55 %, Mangan (Mn) 0,94 %, Phospor (P) 0,03 % max, Shulfur (S) 0,02 %, Crome (Cr) 0,20 %, Nikel (Ni) 0,10 %, Magnesium (Mg) 0,037 % dan Aluminium (Al) 0,037 %. Temperatur proses *pouring* yang digunakan adalah 1550°C dengan waktu 5 detik. Proses pendinginan berlangsung 24 jam, selanjutnya dilakukan pemotong bagian bawah yang melengkung setengah lingkaran pada Y-Block 32 mm dari lengkungan bawah, dan keseluruhan spesimen harus melalui perlakuan 1x *normalizing* lalu dilanjutkan dengan perlakuan panas *tempering* dengan temperatur 600°C variasi *holding time* 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam. Setelah proses *tempering* dilakukan pengujian kekerasan brinell, lalu spesimen dilanjutkan ke proses pembuatan spesimen uji tarik dengan standar ASTM 370-12a[6] dan spesimen dilakukan pengujian struktur mikro.



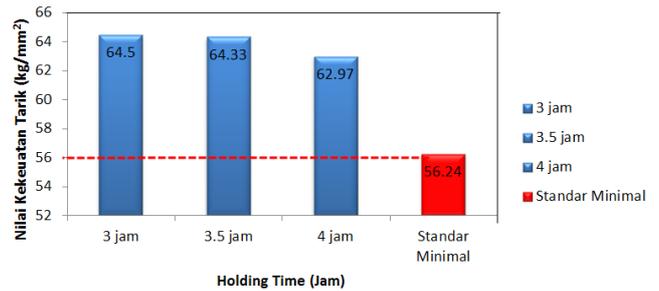
Gambar 1. Pemotongan Y - Block

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian pada Spesimen Uji Tarik.

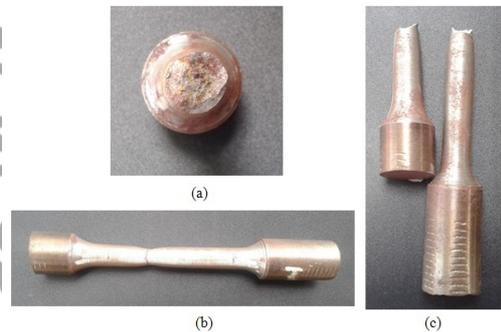
Dari perlakuan yang diberikan yaitu variasi *holding time* 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam berpengaruh terhadap

kekuatan tarik yang dihasilkan sesuai gambar grafik di bawah ini.



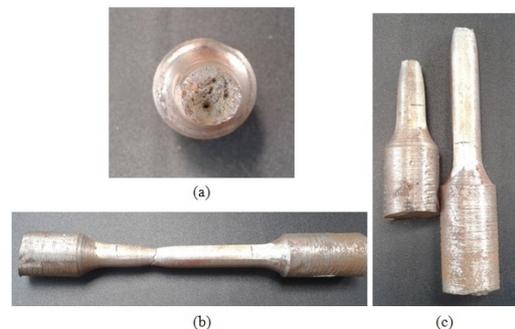
Gambar 2. Grafik kekuatan uji tarik terhadap variasi *holding time*

Nilai kekuatan tarik turun seiring dengan bertambahnya *holding time* (jam) yang digunakan selama proses *heat treatment tempering*.



Gambar 3. (a) Foto makro pada variasi *holding time* 3 jam penampang patahan; (b) *Necking*; (c) Bentuk patahan

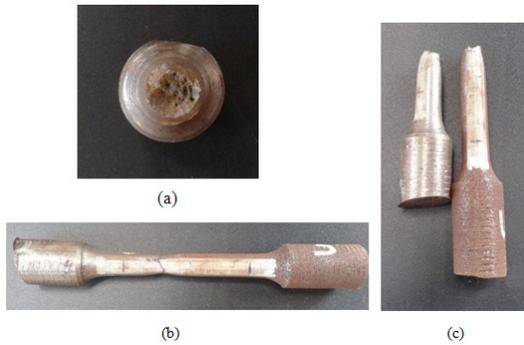
Pada spesimen dengan perlakuan *holding time* selama 3 jam rata-rata kekuatan tarik yang dihasilkan sebesar 64,5 kg/mm², dengan beban maksimal rata-rata 8166,67 kg. Sebelum mengalami titik puncak tarik, spesimen akan melewati titik yield dimana rata-rata yield maksimal pada *tempering* dengan *holding time* 3 jam sebesar 43,04 kg/mm² dengan beban yield rata-rata sebesar 5450 kg. Sedangkan nilai persentase *elongation* sebesar 28,53% dan *reduction of area* 54,67%. Besarnya harga tarik ini disertai besarnya nilai *elongation* dan *reduction of area*. Bentuk patahan (Gambar 3) yang terjadi setelah diuji tarik yaitu patah ulet, ditunjukkan oleh permukaan daerah patahan relatif berserabut serta tampak kelabu.



Gambar 4. (a) Foto makro pada variasi *holding time* 3,5 jam penampang patahan; (b) *Necking*; (c) Bentuk patahan

Pada spesimen dengan perlakuan *holding time* selama 3,5 jam rata-rata kekuatan tarik yang dihasilkan sebesar 64,33 kg/mm², dengan beban maksimal rata-rata 7933,33 kg.

Sebelum mengalami titik puncak tarik, spesimen akan melewati titik yield dimana rata-rata yield maksimal pada *tempering* dengan *holding time* 3,5 jam sebesar 42,98 kg/mm² dengan beban yield rata-rata sebesar 5300 kg. Sedangkan nilai persentase *elongation* sebesar 30,4% dan *reduction of area* 55,05 %. Besarnya harga tarik ini disertai oleh besarnya nilai *elongation* dan *reduction of area*. Bentuk patahan (Gambar 4) yang terjadi setelah diuji tarik yaitu patah ulet, ditunjukkan oleh permukaan daerah patahan relatif berserabut serta tampak kelabu.



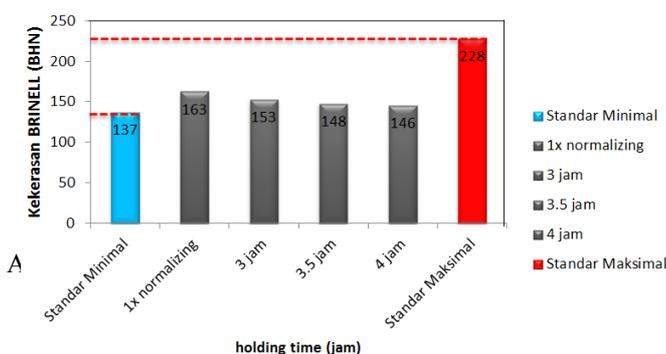
Gambar 5. (a) Foto makro pada variasi *holding time* 4 jam penampang patahan; (b) *Necking*; (c) Bentuk patahan

Pada spesimen dengan perlakuan *holding time* selama 4 jam rata-rata kekuatan tarik yang dihasilkan sebesar 62,97 kg/mm², dengan beban maksimal rata-rata 7683,33 kg. Sebelum mengalami titik puncak tarik, spesimen akan melewati titik yield dimana rata-rata yield maksimal pada *tempering* dengan *holding time* 4 jam sebesar 42,07 kg/mm² dengan beban yield rata-rata sebesar 5133,33 kg. Sedangkan nilai persentase *elongation* sebesar 30,86% dan *reduction of area* 55,49 %. Besarnya harga tarik ini disertai oleh besarnya nilai *elongation* dan *reduction of area*. Bentuk patahan (Gambar 5) yang terjadi setelah diuji tarik yaitu patah ulet, ditunjukkan oleh permukaan daerah patahan relatif berserabut serta tampak kelabu.

B. Hasil Pengujian Nilai Kekerasan

Baja AAR Grade B+ yang telah mendapat perlakuan tempering dengan temperatur 600 °C yang telah diberikan dan waktu *holding time* 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam, akan dilihat pengaruhnya terhadap kekerasan. Pengujian kekerasan menggunakan jenis *Brinell Hardness (BHN)* untuk nama alat yang digunakan adalah *equotip 3 type D Portable*.

Dari perlakuan yang diberikan yaitu variasi *holding time* 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam akan dilihat pengaruhnya terhadap nilai kekerasan yang dihasilkan sesuai (Gambar 6) grafik di bawah ini.

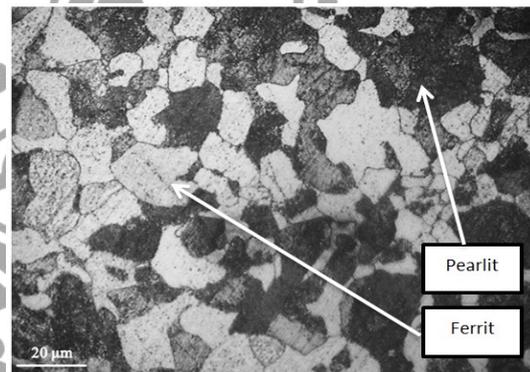


Gambar 6. Grafik nilai kekerasan (BHN) pada Baja AAR Grade B+

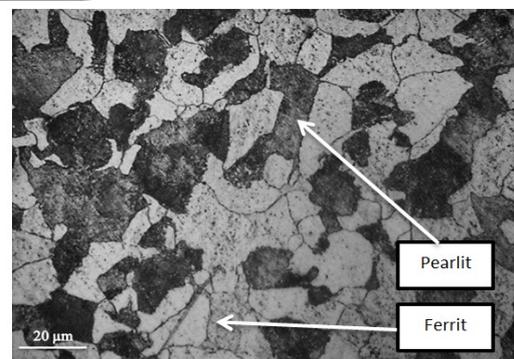
Besarnya rata – rata nilai kekerasan dari baja dengan proses *normalizing* 1 kali 163 BHN, tempering selama 3 jam adalah 153 BHN, *tempering* 3,5 jam adalah 148 BHN dan *tempering* selama 4 jam adalah 146 BHN. Dari hasil data diatas bahwa terjadi penurunan kekerasan sebesar 6,13 % pada *holding time* 3 jam dibandingkan kekerasan pada *normalizing*, serta menurun 3,26 % pada *holding time* 3,5 jam dibandingkan pada *holding time* 3 jam, dan penurunan lagi pada *holding time* 4 jam yaitu 1,35 % dibandingkan pada *holding time* 3,5 jam. Dari data diatas dapat di simpulkan bahwa perbedaan lamanya waktu *holding time* pada proses tempering yang dilakukan pada baja AAR M201 Grade B+ juga akan berpengaruh terhadap kekerasan baja tersebut, dan semakin lama *holding time* maka kekerasan baja akan semakin menurun. Sebaliknya jika *holding time* semakin singkat maka kekerasan baja akan meningkat[4].

C. Hasil Pengujian Struktur Mikro.

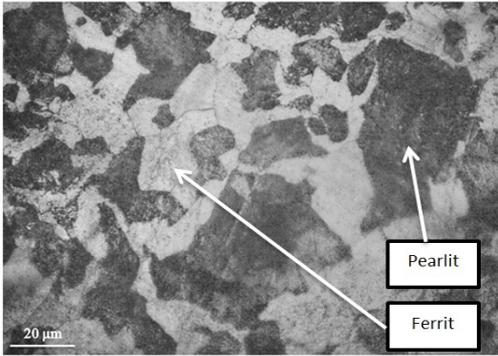
Pengambilan foto mikro spesimen menggunakan mikroskop untuk menampilkan gambaran yang lebih jelas tentang fenomena - fenomena fasa yang terjadi pada spesimen. Pada penelitian ini pengamatan dilakukan dengan perbesaran 50 X. Data diatas dapat di dukung oleh hasil struktur mikro dan data nilai rata – rata diameter butirnya dari setiap variasi *holding time* 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam. Sebagai berikut.



Gambar 7. Foto struktur mikro pada variasi *holding time* 3 jam



Gambar 8. Foto struktur mikro pada variasi *holding time* 3,5 jam



Gambar 9. Foto struktur mikro pada variasi holding time 4 jam

Pada spesimen dengan variasi holding time 3 jam (Gambar 7), spesimen dengan variasi holding time 3,5 jam (Gambar 8) dan spesimen dengan variasi holding time 4 jam (Gambar 9) fasa yang terjadi adalah perlit dan ferrit, fasa perlit di tunjukan dengan warna gelap dan ferrit di tunjukan warna yang terang (putih).

D. Hasil Metode Planimetrik.

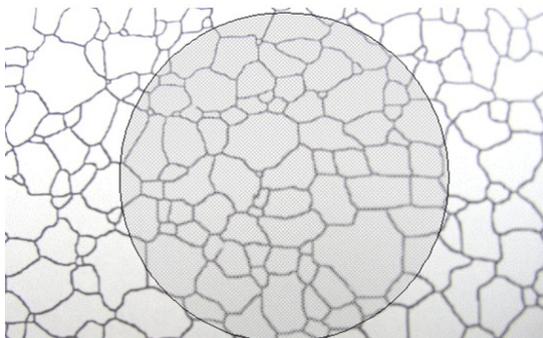
Diameter butir didapatkan dengan menggunakan metode Planimetrik (jeffries)[7]. Data yang dibutuhkan dalam pengerjaan metode Planimetric adalah dasar perhitungan pembesaran struktur mikro:

$$\text{Pembesaran} = \text{LOK} \times \text{LOB} \times \text{FK} \times \text{Ukuran Foto}$$

Keterangan:

- LOK = Lensa Okuler (nilai 2,5)
- LOB = Lensa objective/Lensa yang dipakai mikroskop (50)
- FK = Faktor kamera (nilai 1)
- Ukuran foto = 4 (untuk 3R)
- Pembesaran = $2,5 \times 50 \times 1 \times 4 = 500$ kali
- M = 500

Penggunaan metode Planimetrik (jeffries) dapat dilakukan dengan menggambar sebuah lingkaran pada gambar struktur mikro yang akan dianalisis.



Gambar 10. Foto struktur mikro untuk menghitung diameter butir dengan metode planimetrik (Jefferies)

Persamaan – persamaan yang berhubungan dengan dalam perhitungan ukuran butir dengan metode Jefferies tersebut sebagai berikut:

Jumlah butir permilimeter persegi (N_a) mana :

$$Na = f \left[n_1 + \frac{n_2}{2} \right]$$

- = Jumlah butir yang utuh
- = Jumlah butir yang terpotong
- = nilai faktor Jeffries

Nilai faktor Jeffries (f)

$$f = \frac{M^2}{A}$$

- M = Pembesaran gambar struktur mikro
- A = Luas gambar struktur mikro

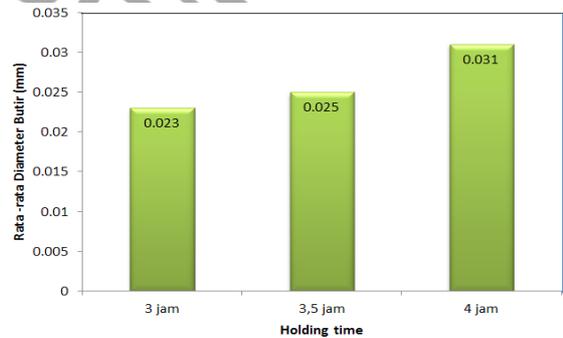
Luas butir rata – rata (A)

$$A(\text{mm}^2) = A = \frac{1}{(N_a)}$$

Diameter butir rata – rata (d)

$$d(\text{mm}) = (A)^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{(N_a)^{\frac{1}{2}}}$$

Hasil dari metode planimetrik didapat grafik mengenai diameter butir rata – rata sebagai berikut:



Gambar 11. Grafik hubungan anatar diameter butir dengan lama waktu holding time pada heat treatment tempering

Pada (Gambar 11) terlihat bahwa semakin lama holding time pada proses heat treatment tempering, besarnya butir semakin bertambah besar [8]. Pada proses heat treatment tempering dengan holding time 3 jam diameter butir rata – rata adalah 0,023 mm, tetapi akibat proses heat treatment tempering dengan holding time 3,5 jam diameter butir rata – rata bertambah besar yaitu 0,025 mm. Dan pada heat treatment tempering dengan holding time 4 jam besarnya rata – rata diameter butir juga bertambah besar yaitu 0,031 mm. Jadi nilai rata - rata ukuran butir membesar 8 % terjadi pada holding time 3,5 jam dibandingkan pada holding time 3 jam dan ukuran butir membesar lagi 19,23 % terjadi pada holding time 4 jam dibandingkan pada holding time 3,5 jam Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya holding time heat treatment tempering semakin besar ukuran diameter butir dan semakin kecil batas butirnya[4].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin lama holding time pada proses tempering baja AAR Grade B+ setelah proses normalizing akan

- menurunkan rata – rata kekuatan tarik baja sebesar 64,5 kg/mm² pada *holding time* 3 jam, 64,33 kg/mm² pada *holding time* 3,5 jam dan 62,9 kg/mm² pada *holding time* 4 jam dan *yield point* pada 3 jam 34,04 kg/mm, pada 3,5 jam 42,98 kg/mm, pada 4 jam 42,07 kg/mm, dan *elongation* pada 3 jam 28,53 %, pada 3,5 jam 30,4 %, pada 4 jam 30,86 %, *reduction* pada 3 jam 54,67 %, pada 3,5 jam 55,2 %, pada 4 jam 56,02 % dan kekerasan baja pada *holding time* 3 jam sebesar 153 BHN, pada *holding time* 3,5 jam sebesar 148 BHN dan pada 4 jam sebesar 146 BHN.
2. Hasil nilai kekuatan tarik, *yield point*, *elongation*, *reduction* dan kekerasan dari variasi *holding time* 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam tetap memenuhi dalam standar AAR Grade B+.
 3. Semakin lama *holding time* proses tempering pada baja karbon rendah mengakibatkan mengecilnya batas butir dan semakin besar ukuran butirnya, pada *holding time* 3 jam dengan rata – rata diameter butir 0,023 mm, pada *holding time* 3,5 jam dengan rata – rata diameter butir 0,025 mm dan *holding time* 4 jam dengan rata – rata diameter butir 0,031 mm.

Saran

Dari penelitian yang dilakukan hanya membahas proses tempering dengan variasi waktu saja. Namun banyak hal yang dapat mempengaruhi kekuatan atau struktur mikronya seperti faktor variasi tempertur, komposisi logam dan lainnya. Oleh sebab itu untuk penelitian lebih lanjut dapat lebih ditambah faktor-faktor yang lain. Dan untuk menambah ketelitian lebih baik untuk menambah replikasi percobaan, sehingga penelitian ini nantinya didapat data yang lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Desti Nurjayanti. (2013). *Pengaruh Lama Pemanasan, Pendinginan Secara Cepat, Dan Tempering 600°C Terhadap Sifat Ketangguhan Pada Baja Pegas Daun AISI No. 9280*. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika. Univeristas Lampung. Vol.01, No.02
- [2] Bobby Endi Kurniawan (2014). *Pengaruh Variasi Holding Time Pada Perlakuan Panas Quench Annealing Terhadap Sifat Mekanik Dan Mikro Struktur Pada Baja Mangan AISI 3401*. Jurnal Teknik POMITS. Vol. 3, No.1
- [3] *SOP Standar Manual PT. Barata Indonesia. Divisi: Melting dan Laboratorium.*
- [4] Gunawan. (2006). *Pengaruh Waktu Penahanan Panas (Holding Time) pada Proses Tempering Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja Karbon Menengah*. Jurnal Fisika Material. Univeristas Sumatra Utara. Vol. 2, No. 2
- [5] *JIS Manual of Standards and recommended Practices Casting Detail. 2013. Specifi. Illinois: Japan Foundry Society.*
- [6] *ASTM. (2000). Standart and practices microstructures. Illionois: America Society Of Material.*

- [7] *ASTM. (2000). Standart and practices microstructures. Illionois: America Society Of Material.*
- [8] Nong WAN, Weihao XIONG dan Jinping SUO. 2005 *Mathematical Model for Tempering Time Effect on Steel 42CrMo Based on Hollomon Parameter. Departement of Mechanical Enginerring. Wuhan Polytechnic University. China. J. Mater. Sci. Technol., Vol 21 No. 6.*