

PENGEMBANGAN PROSES MANUFAKTUR BOLT HEX SOCKET UNTUK MENGATASI PERMASALAHAN CACAT PERMUKAAN MELALUI PROSES RE-TEMPERING

Reza Rahman^{*)}, Dwi Rahmalina^{**)}

PT Yamaha Indonesia Motor MFG, Jakarta^{*)}

Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta^{**)}

Email: reza_rahmanst@yahoo.com, drahmalina@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam proses pembuatan Bolt Hex Socket ini sering sekali terjadi permasalahan dimana cacat terbesar adalah warna belang, dimana hasil proses perlakuan permukaan (*Black oxide proses*) berbeda warna (warna Belang) setelah adanya perlakuan proses pelurusan (*Straightening*) yang menyebabkan secara visual part yang tidak baik. Keberadaan cacat ini tidak diperbolehkan karena dapat menyebabkan permukaan tidak tahan terhadap karat. Untuk mengatasi kondisi tersebut serta meningkatkan target produksi, maka perlu dibahas perbaikan untuk mengatasi cacat tersebut, serta untuk meningkatkan produktivitas proses manufaktur Bolt Hex Socket. Parameter yang menjadi syarat pengecekan adalah parameter proses *Tempering* yang mencakup Temperatur proses ($^{\circ}\text{C}$) dan lamanya waktu proses *Tempering* (s) dan proses perbaikan cacat permukaan yang terjadi setelah proses pelurusan (*Straightening*) dikarenakan untuk ketahanan terhadap karat permukaan maka dilakukan penambahan proses *Re-Tempering* atau proses 2 kali *Tempering*.

Penelitian ini bermaksud untuk menjawab pertanyaan yang timbul karena adanya penambahan proses perlakuan panas (*Re-Tempering*) pada part Bolt Hex Socket untuk memperbaiki cacat permukaan part setelah adanya perlakuan proses pelurusan, yaitu bagaimana pengaruh Temperatur proses ($^{\circ}\text{C}$), lamanya waktu proses *Tempering* (s) dan penambahan proses *Re-Tempering* terhadap cacat permukaan, sifat mekanis dan struktur material pada Bolt Hex Socket. Hasil keluaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh Temperatur proses ($^{\circ}\text{C}$), lamanya waktu proses *Tempering* (s) dan penambahan proses *Re-Tempering* terhadap cacat permukaan, sifat mekanis dan struktur material pada Bolt Hex Socket.

Kata kunci : Kendaraan roda dua, Bolt Hex Socket, Warna Belang, *Tempering*, Temperatur *Tempering*, Lamanya proses *Tempering*, *Re-Tempering*, Sifat Mekanis, Struktur Material.

ABSTRACT

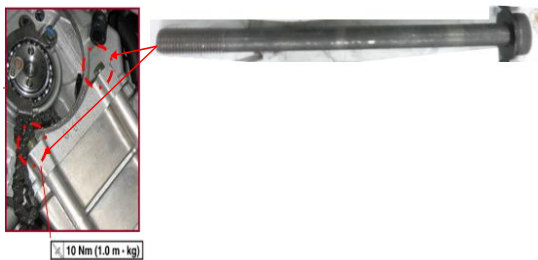
In the process of making Bolt Hex Socket problem often occur where the biggest flaw is the color streaks, where the results of the surface treatment process (*Black oxide process*) different colors (*Color Stripe*) after the treatment process alignment (*Straightening*) which causes the visual part is not good. The existence of this defect is not allowed because it can cause the surface is not resistant to rust. To cope with these conditions and increase production targets, it is necessary to discuss improvement to overcome these defects, as well as to improve the productivity of manufacturing processes Hex Socket Bolt. Parameters which are required checking *Tempering* is the process parameters that include process temperature ($^{\circ}\text{C}$) and the length of time the process *Tempering* (s) and the process of repair surface defects that occur after the alignment process (*Straightening*) due to the surface corrosion resistance, the addition of the *Re-tempering* tempering or process 2 times.

This study intends to answer the question that arises due to the addition of the heat treatment process (*Re-Tempering*) Hex Socket Bolt on parts to repair defective parts after surface treatment process alignment, namely how the influence of process temperature ($^{\circ}\text{C}$), the length of time the process *Tempering* (s) and the addition of the *Re-Tempering* the surface defect, and Structure Mechanical Properties of Materials at Bolt Hex Socket. Output to be achieved in this study was to determine the effect of process temperature ($^{\circ}\text{C}$), the length of time the process *Tempering* (s) and the addition of the *Re-Tempering* the surface defect, and Structure Mechanical Properties of Materials at Bolt Hex Socket.

Keywords : Two-wheeled vehicles, Hex Socket Bolt, Color Stripe, *Tempering*, *Tempering* Temperature, duration *Tempering* process, *Re-Tempering*, Mechanical Properties, Structure of Materials.

I. PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor merupakan alat angkut yang paling populer digunakan masyarakat dalam hampir setiap kegiatan sehari-hari, bahkan bisa meningkatkan status sosial masyarakat. Jumlah kendaraan bermotor yang paling banyak digunakan adalah kendaraan untuk keperluan pribadi, khususnya sepeda motor mempunyai pangsa 74 persen, mobil penumpang sebesar 15 persen[1]. Sepeda motor didefinisikan sebagai kendaraan bermotor beroda dua dengan atau tanpa rumah-rumah dan dengan atau tanpa kereta samping atau kendaraan bermotor beroda tiga tanpa rumah-rumah. Kendaraan bermotor khususnya roda dua memiliki ribuan part yang tersusun untuk menjadi kesatuan fungsi dimana semua bagian tersebut memiliki fungsi dan kegunaan masing-masing, dapat di lihat pada Gambar 1 dimana *Bolt Hex Socket* yang dipasang untuk mencegah bocornya kompresi pada ruang bakar oleh karena itu perannya sangat penting untuk kendaraan bermotor khususnya roda dua[2].



Gambar 1. Pemasangan *Bolt Hex Socket* Pada Kendaraan Bermotor Type xyz.

Secara urutan proses pembuatan *Bolt Hex Socket* adalah dimulai dari persiapan material *wire steel* menuju proses pembentukan (*Heading*), dan proses *heat treatment* melalui *washing*, *hardening*, *quenching oil*, *washing*, *tempering*, *black oxide coating* dan dilanjutkan ke proses pelurusan, *rolling*, sortir, dan paking[3]. Dalam proses pembuatan *Bolt Hex Socket* terdapat beberapa permasalahan yang timbul antara lain adalah warna belang dengan rasio cacat 25.8 % dan jenis cacat lain seperti *Thread Dent* (9.3 %), *Thread Gompal* (2.0 %), Dimensi *Heading Minus* (1.7 %), Dimensi *Thread Over* (1.3 %), dan cacat lain-lain (3.3 %) dari total produksi sebanyak 6.000 pcs.

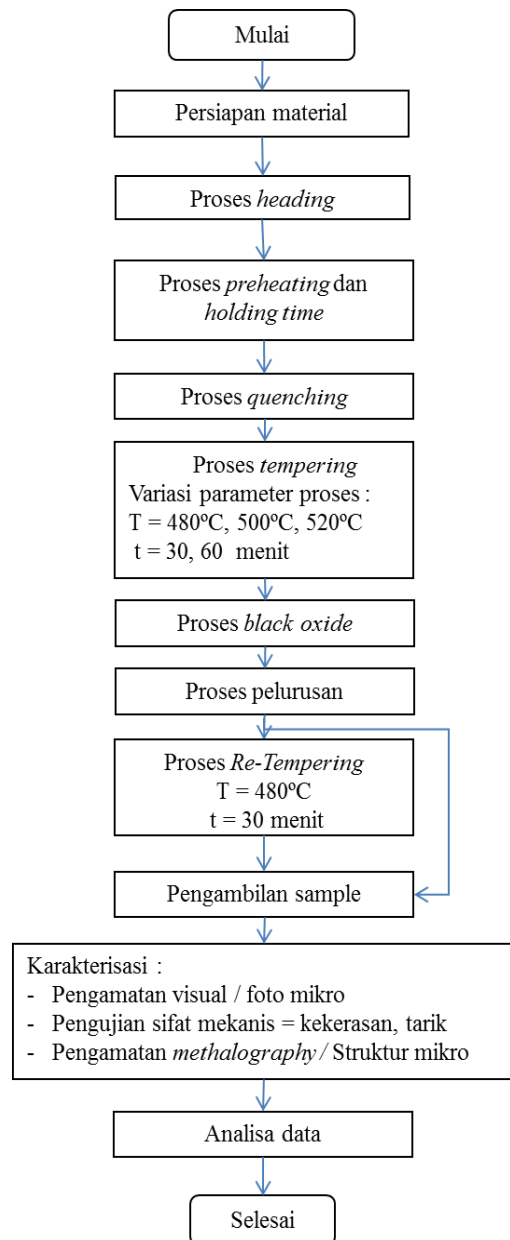
Cacat terbesar adalah warna belang, hasil dari proses perpindahan panas (*hardening*, *quenching*, dan *tempering*) logam mengalami perubahan struktur *martensite* karena adanya evolusi tegangan sisa yang cukup besar sehingga terjadi deformasi dan dilanjutkan ke proses pelapisan *black oxide coating* dalam keadaan masih terdeformasi oleh karena itu memerlukan proses tambahan yaitu proses pelurusan (*straightening*) dan pada saat proses ini timbulah visual part yang tidak baik pada bagian yang mengalami tegangan pelurusan karena bantalan mesin, dapat dijelaskan pada Gambar 2[4]. Keberadaan cacat ini tidak diperkenankan karena dapat menyebabkan permukaan tidak tahan terhadap karat setelah dilakukan uji coba terhadap sample menggunakan uji *Salt Spray Test* selama 72 jam[5]. Untuk mengatasi kondisi tersebut serta meningkatkan target produksi, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui dan mengatasi permasalahan cacat yang bisa mengganggu produktifitas jumlah produksi[6].



Gambar 2. Gambar proses pelurusan dan visual hasil.

II. METODE PENELITIAN

Tujuan penelitian yang hendak dicapai yaitu untuk mengetahui pengaruh parameter diatas terhadap cacat permukaan, sifat mekanis dan struktur material pada *bolt hex socket*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode atau pendekatan secara teoritis dan eksperimental. Gambar dibawah ini merupakan gambar dari diagram alir penelitian.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Pengumpulan data dalam penelitian ini didapatkan melalui nilai-nilai hasil yang diamati yaitu cacat material, kekuatan mekanis mencakup kekerasan material (*hardness*) dan kekuatan tarik (*tensile strength*), dan hasil *microstructure* yang terjadi setelah hasil proses heat treatment dari sampel material tersebut. Setiap pengujian diambil sampel part pengujian untuk membandingkan tingkat ketelitian hasil yang ingin dicapai dengan detail seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel pengujian untuk Bolt Hex Socket.

No	Suhu tempering (°C)	Waktu tempering (menit)	Jumlah sample pengujian (pc)		
			Hardness	Tensile Strength	Microstructure
1	480	30	3	3	1
		60	3	3	1
2	500	30	3	3	1
		60	3	3	1
3	520	30	3	3	1
		60	3	3	1
4	Re-tempering 480	30	3	3	1

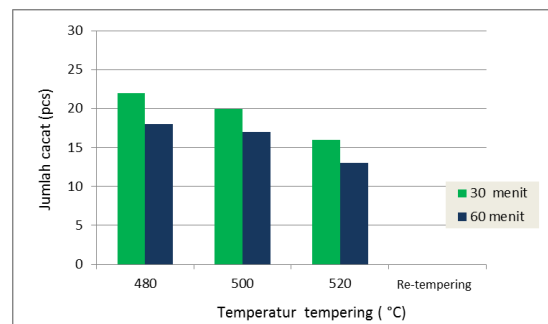
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengambilan data pengecekan visual terhadap cacat permukaan (warna belang) terhadap pengaruh parameter proses tempering yang mencakup temperatur proses (°C), lamanya waktu proses tempering (m) dan proses perbaikan cacat permukaan dengan proses re-tempering dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Tabel hasil pengujian untuk Bolt Hex Socket terhadap cacat permukaan.

Suhu Tempering	Waktu Tempering (menit)	Jumlah Proses	Jumlah cacat visual		Ratio NG
			Setelah Tempering	Setelah straightening	
480 °C	30	100 pcs	0 pcs	22 pcs	22 %
	60	100 pcs	0 pcs	18 pcs	18 %
500 °C	30	100 pcs	0 pcs	20 pcs	20 %
	60	100 pcs	0 pcs	17 pcs	17 %
520 °C	30	100 pcs	0 pcs	16 pcs	16 %
	60	100 pcs	0 pcs	13 pcs	13 %
Re-tempering 480 °C	30	100 pcs	0 pcs	-	0 %

Dapat dilihat dari tabel 2 diatas bahwa hasil pengambilan data didapatkan ratio jumlah cacat permukaan (warna belang) setelah proses *straightening* dipengaruhi oleh temperatur proses (°C), lamanya waktu proses tempering (m). Makin tinggi suhu temperatur proses tempering dan makin lama waktu proses tempering makin sedikit jumlah cacat permukaan (warna belang).



Gambar 4. Grafik jumlah cacat berdasarkan parameter pengujian

Dapat dilihat dari Gambar 4 hasil pengujian pada temperatur 480 °C sampai dengan 520 °C dengan waktu proses *tempering* 30 menit sampai dengan 60 menit masih menimbulkan cacat permukaan warna belang, dan proses *re-tempering* dapat memperbaiki cacat permukaan yang timbul sehingga part bisa dipergunakan dengan tidak ditemukan hasil cacat, dan untuk hasil pengamatan visual bisa dilihat di Gambar 5 dibawah ini.



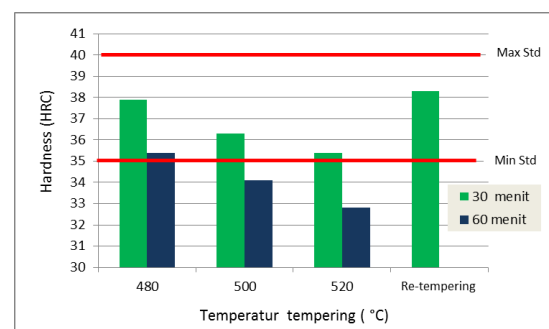
Gambar 5. Hasil visual permukaan berdasarkan parameter pengujian

Selain mempengaruhi terhadap hasil permukaan, maka pertanyaannya apakah temperatur proses (°C), lamanya waktu proses *tempering* (m) dapat berpengaruh terhadap kekuatan material (*hardness*) dan kekuatan tarik pada material yang dapat dijelaskan dalam Tabel.3 berikut ini :

Tabel 3. Tabel hasil penelitian terhadap kekuatan material dan kekuatan tarik

Suhu Tempering	Waktu Tempering (menit)	Hardness (HRC)	Tensile (MPa)	
			YP Stress	Max stress
480 °C	30	38.0	1195.20	1250.53
		37.8	1179.97	1233.90
		37.9	1225.20	1270.11
	Rata-rata	37.9	1200.12	1251.51
	60	35.4	1110.02	1152.23
		34.9	1100.45	1140.56
		35.2	1098.99	1138.95
	Rata-rata	35.4	1103.15	1143.91
500 °C	30	36.9	1145.19	1199.12
		36.2	1126.42	1171.33
		35.8	1126.07	1183.41
	Rata-rata	36.3	1132.56	1184.62
	60	33.5	1109.80	1123.65
		33.9	1095.12	1130.12
		34.7	1110.22	1128.50
	Rata-rata	34.1	1105.05	1127.42
520 °C	30	35.2	1099.57	1145.80
		35.6	1107.95	1122.96
		35.3	1082.42	1129.63
	Rata-rata	35.4	1096.64	1132.79
	60	33.1	1012.15	1056.26
		32.8	1009.85	1023.85
		32.6	1045.28	1086.66
	Rata-rata	32.8	1022.42	1055.59
Re-tempering 480 °C	30	38.3	1245.71	1246.97
		38.5	1230.64	1235.45
		38.2	1239.03	1240.74
	Rata-rata	38.3	1238.46	1241.05

Pada Gambar 6 dibawah ini menjelaskan pengaruh temperatur proses (°C) dan lamanya waktu proses *tempering* (menit) terhadap kekuatan material (*hardness*), dari hasil yang didapat pada setiap parameter pengujian adalah makin lama waktu proses menyebabkan menurunnya tingkat kekerasan pada material, dan makin tingginya suhu proses *tempering* akan menyebabkan menurunnya tingkat kekerasan pada material. Terhadap proses *re-tempering* terjadi peningkatan kekutan material jika dibandingkan dengan satu kali tempering.

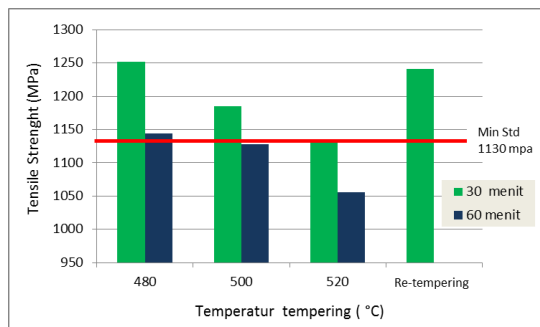


Gambar 6. Grafik hasil pengujian hardness berdasarkan parameter pengujian.

Dari hasil pengujian yang didapat apabila dibandingkan dengan standar yang ada dalam *drawing bolt hex socket* maka yang masuk dalam spesifikasi kekuatan material yaitu 35 sampai 45

HRC adalah suhu *tempering* 400 °C dalam waktu 30 dan 60 menit, suhu *tempering* 500 °C dan 520 °C dalam waktu 30 menit, dan *re-tempering* proses.

Pada Gambar 7 menjelaskan pengaruh temperatur proses (°C) dan lamanya waktu proses *tempering* (menit) terhadap uji tarik (*Tensile*), dari hasil yang didapat pada setiap parameter pengujian adalah makin lama waktu proses menyebabkan menurunnya kekuatan uji tarik pada material, dan makin tingginya suhu proses *tempering* akan menyebabkan menurunnya kekuatan uji tarik pada material. Untuk proses *re-tempering* hasilnya sama dimana hasil dari kekuatan uji tarik menurun jika dibandingkan dengan satu kali *tempering* tetapi masih masuk standar dalam *drawing*.

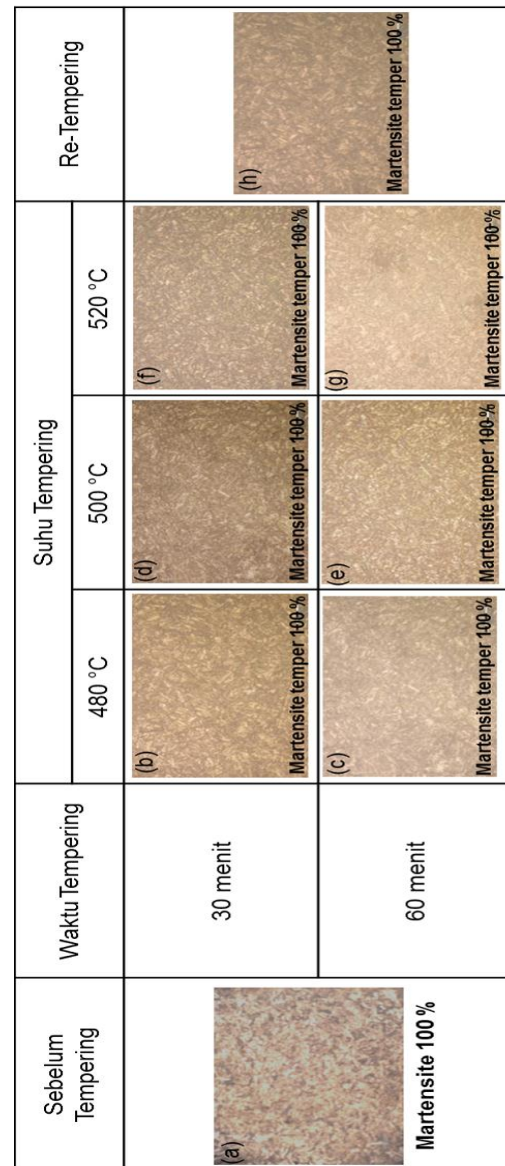


Gambar 7. Grafik hasil pengujian uji tarik berdasarkan parameter pengujian

Dari hasil pengujian yang didapat apabila dibandingkan dengan standar yang ada dalam *drawing bolt hex socket* maka yang masuk dalam spesifikasi uji tarik yaitu minimum 1130 MPa adalah suhu *tempering* 400 °C dalam waktu 30 dan 60 menit, suhu *tempering* 500 °C dalam waktu 30 menit, dan *re-tempering* proses.

Sebagai analisa untuk membandingkan hasil mikrostruktur diperlihatkan pada Gambar 8, pada gambar (a) struktur yang terbentuk masih berupa *martensite* dan setelah adanya proses *tempering* struktur yang terbentuk adalah struktur *martensite temper*. Perbedaan yang terjadi pada perubahan seting temperatur *tempering* dari 480°C sampai dengan 520°C dimana terdapat *martensite temper* yang makin halus tersebar dan dapat diamati dari gambar (a) sampai (g). Pada temperatur yang lebih tinggi mengandung karbon

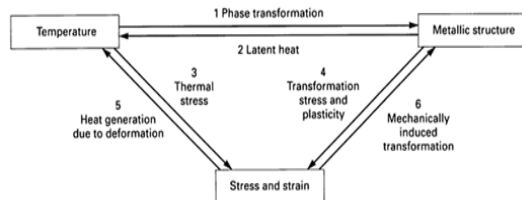
rendah dengan *martensite temper* halus menyebabkan jumlah fraksi fasa lunak dan ulet jadi berkurang.



Gambar 8. Hasil struktur material yang merupakan hasil dari varian penelitian.

Namun berbeda dengan struktur material yang terbentuk oleh proses *Re-tempering* gambar (h) jumlah fraksi fasa lunak dan ulet bertambah yang diikuti dengan membesarnya ukuran *martensite temper*. Sehingga konsekuensi langsung penambahan fasa lunak dan ulet adalah kemampuan regangan menjadi besar, dan dengan demikian secara keseluruhan logam menjadi kuat dan ulet atau tangguh.

Jadi apabila dikaitkan dengan Gambar 9 maka hubungan antara perubahan temperatur akan menyebabkan perubahan fasa, perubahan terhadap stress dan daya elastisitas (keuletan) dan terjadinya *thermal stress* pada benda.



Gambar 9. Interaksi antara berbagai faktor penting untuk generasi tegangan sisa.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dari beberapa varian pengujian untuk mengurangi jumlah cacat permukaan, maka didapat beberapa kesimpulan.

Peningkatan temperatur proses *tempering* dari 480°C sampai dengan 520°C dapat menurunkan jumlah cacat permukaan sampai dengan 13 %, dan dapat menurunkan tingkat kekuatan material dari 38.0 HRC sampai dengan 32.8 HRC dan untuk kekuatan tarik dari 1251.51 MPa sampai dengan 1055.59 Mpa.

Peningkatan waktu proses *tempering* dari 30 menit ke 60 menit, untuk parameter dengan temperatur 480°C dapat menurunkan jumlah cacat 4 %, menurunkan tingkat kekuatan material dari 38.0 HRC sampai dengan 35.4 HRC dan untuk kekuatan tarik dari 1251.51 MPa sampai dengan 1143.91 Mpa. Sedangkan dengan temperatur 500°C dapat menurunkan jumlah cacat 3 %, menurunkan tingkat kekuatan material dari 36.9 HRC sampai dengan 33.5 HRC dan untuk kekuatan tarik dari 1184.62 MPa sampai dengan 1127.42 Mpa. Selanjutnya dengan temperatur 520°C dapat menurunkan jumlah cacat 3 %, menurunkan tingkat kekuatan material dari 35.2 HRC sampai dengan 32.6 HRC dan untuk kekuatan tarik dari 1132.79 MPa sampai dengan 1055.59 Mpa.

Hasil proses terkait dengan kekuatan material (*Hardness*) dan kekuatan tarik (*Tensile Strength*) yang masih standar adalah dengan pengaturan proses suhu *tempering* 400 °C dalam

waktu 30 dan 60 menit, dan suhu *tempering* 500 °C dalam waktu 30 menit, tetapi masih mengalami cacat permukaan belang. Cacat permukaan belang yang masih terjadi pada proses seting terkait dengan temperatur proses *tempering* dan waktu lamanya proses *tempering* dapat diperbaiki dengan melakukan proses *Re-Tempering* dimana hasil yang terhadap kekuatan material (*Hardness*) dan kekuatan tarik (*Tensile Strength*) yang masih standar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. Copley, "Thermal Stresses During and Residual Stresses After Heat Treatment," 2009.
- [2] Ghalip T, *Fundamentals of The Mechanical Behaviour of Materials*, 2008.
- [3] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials Processes and Systems*, USA, 2010.
- [4] Kalpakjian, *Manufacturing Engineering and Technology*, New York: Prentice Hall, 2001.
- [5] N Arab, *A Study of Coating Process of Cast Iron Blackening*, Iran, 2009.
- [6] J. Williams, X. Deng and N. Chawla, "Effects of Residual Surface Stress and Tempering on The Fatigue Behavior of Ancorsteel 4300," 2010.