

PENGARUH PERLAKUAN PANAS *DOUBLE TEMPERING* TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL AISI 4340

Cahyana Suherlan

NIM : 213431006

Program Studi : Teknik Mesin dan Manufaktur

Konsentrasi : Teknologi Pengecoran Logam

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh *double tempering* terhadap perbaikan sifat mekanik material AISI 4340 dari kondisi *As-Cast*. Pada penelitian ini, material terlebih dahulu di *normalizing* pada temperatur 900°C dan 870°C, kemudian ditemper pada temperatur 650°C selanjutnya memvariasikan temperatur *tempering* tahap kedua. Setelah itu dilakukan pengujian yaitu uji tarik, uji kekerasan, dan uji metalografi. Analisis akan dilakukan apabila sampel percobaan telah selesai diuji. Setelah semua sampel diuji dan dianalisis, kemudian disimpulkan. Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan elongasi, penurunan kuat tarik, dan penurunan kekerasan pada material AISI 4340 setelah dilakukan perlakuan panas *double tempering*.

Kata kunci: *Double tempering*, AISI 4340.

1. Pendahuluan

Double tempering adalah proses temper yang dilakukan setelah proses temper tahap pertama selesai. Spesimen akan dipanaskan kembali pada temperatur *tempering* dengan waktu penahanan tertentu kemudian didinginkan di udara bebas. *Double tempering* ini dilakukan pada material AISI 4340 dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh *double tempering* terhadap perbaikan sifat mekanik material AISI 4340 dari kondisi *As-Cast*.

2. Teori Dasar

a. AISI 4340

AISI 4340 termasuk kedalam kelompok baja dengan kekuatan yang sangat tinggi (*ultrahigh strength steel*). Baja jenis ini mempunyai keuletan, ketangguhan dan kekuatan yang tinggi. Material ini biasanya digunakan untuk menahan beban impak dan kekuatan yang tinggi.

AISI 4340 mempunyai arti yaitu AISI adalah standar Amerika Serikat yang merupakan singkatan dari *American Iron and Steel Institute*, sedangkan arti dari 4340 adalah dua (2) digit pertama yaitu 43 menunjukkan baja paduan *Nickel* (Ni) 1,82 % - *Chromium* (Cr) 0,50% dan 0,80% - *Molybdenum* (Mo) 0,25%, sedangkan

dua (2) digit selanjutnya yaitu 40 menunjukkan kandungan karbon pada material tersebut yaitu 0,4 %.

Untuk komposisi dari material AISI 4340 diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1 : Standar Komposisi Material AISI 4340

Standar	Komposisi (%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
SAE	0.38	0.20	0.60			1.65	0.70	0.20
	-	-	-			-	-	-
	0.43	0.35	0.80			2.00	0.90	0.30
DIN	0.37	0.40	0.70	0.020	0.015	1.65	0.70	0.30
	-		-			-	-	-
	0.44		0.90			2.00	0.90	0.40
JIS	0.36	0.15	0.60	0.030	0.030	1.60	0.60	0.15
	-	-	-			-	-	-
	0.43	0.35	0.90			2.00	1.00	0.30
BS	0.36	0.10	0.45	0.040	0.040	1.30	1.00	0.20
	-	-	-			-	-	-
	0.44	0.35	0.85			1.80	1.50	0.40
UNI	0.37	0.40	0.50	0.035	0.035	1.60	0.60	0.20
	-		-			-	-	-
	0.43		0.80			1.90	0.90	0.30

b. Perlakuan Panas

➤ *Normalizing*

Normalizing adalah perlakuan panas, dengan cara memanaskan baja pada suhu diatas A_{c3} disertai pendinginan lambat.

Tujuan dari *normalizing* yaitu sebagai berikut:

1. Menghaluskan dan menyeragamkan butiran,
2. Menghilangkan struktur *Widmanstatten*,
3. Mengembalikan sifat logam pada kondisi normal sesuai struktur mikro yang terkandung didalamnya.

➤ **Tempering**

Tempering pada baja merupakan suatu proses pemanasan kembali baja setelah proses pengerasan (*Hardening*) atau *normalizing* yang dipanaskan pada temperatur dibawah A_1 , dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan di udara. Tujuannya untuk memperoleh kombinasi antara kekuatan, kemuluran dan ketangguhan yang tinggi utamanya untuk meningkatkan kemuluran (*ductility*) dan ketangguhan, juga meningkatkan ukuran butiran dalam matriks.

➤ **Double Temper**

Double temper adalah proses temper yang dilakukan untuk mengulang operasi temper pada baja. Proses ini dapat dilakukan setelah proses temper tahap pertama, spesimen akan dipanaskan kembali pada temperatur *tempering* dengan waktu penahanan tertentu kemudian di dinginkan di udara bebas.

c. Penelitian Sebelumnya¹

Tabel 2 : Hasil Pengujian Material *As-Cast* dan berbagai variasi *Heat treatment*

Proses HT	Kuat Tarik kgf/mm ²	Elongasi (%)	Kekerasan (HRC)
AC	78,62	4	25,36
NTT1	69,37	14,8	21,52
NTT2	69,42	13,4	21,46
NTT3	68,29	20	21,74

Ketetapan:

AC : *As-Cast*

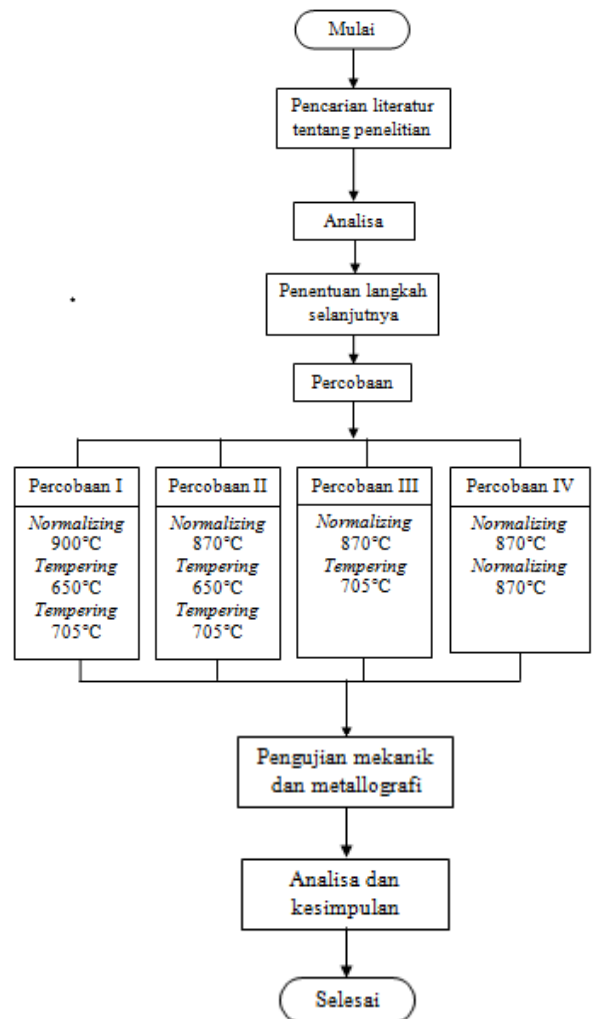
NTT1 : *Normalizing* 900°C - *tempering* 650°C - *tempering* 250°C

NTT2 : *Normalizing* 900°C - *tempering* 650°C - *tempering* 450°C

NTT3 : *Normalizing* 900°C - *tempering* 650°C - *tempering* 250°C

¹ Permana,Wahyu Tian.2013.Analisis Material Link Track Bucket Wheel Excavator Tambang Batu Bara:Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.

3. Metode Penelitian



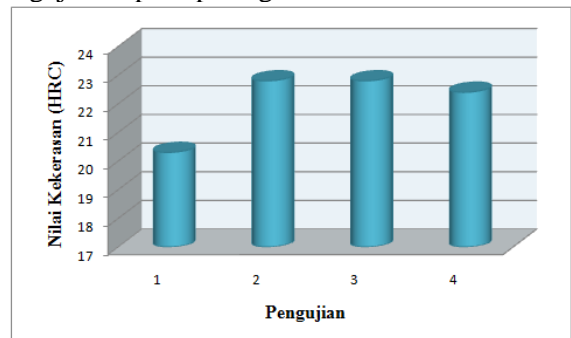
Gambar 1 : diagram alir proses penyelesaian masalah

4. Data Praktikum

- a. *Normalizing* 900°C - *tempering* 650°C - *tempering* 705°C (NTT4)

➤ Hasil uji kekerasan

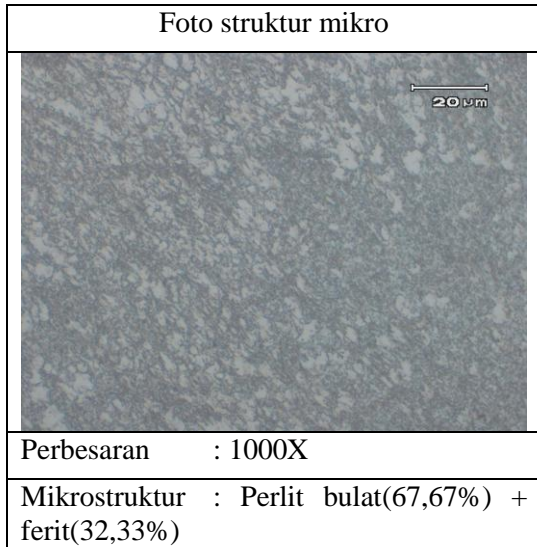
Dari hasil uji kekerasan, didapatkan nilai rata-rata sebesar 22,075 HRC dengan rincian pengujian seperti pada grafik dibawah ini:



Gambar 2 : Grafik uji kekerasan sampel NTT4

➤ Mikrostruktur

Mikrostruktur dari proses ini yaitu perlit bulat dan ferit seperti diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 3 : mikrostruktur dari proses NTT4

➤ Uji Tarik

Dari hasil uji tarik diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 3 : hasil uji tarik material NTT4

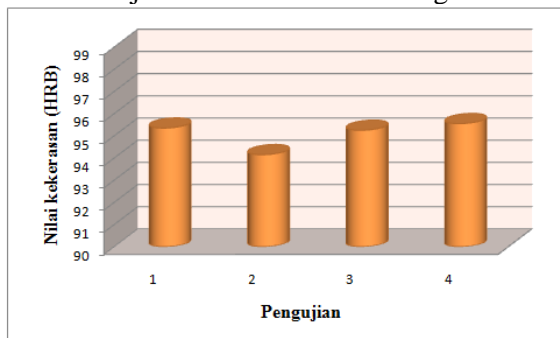
Data Pengujian	
do (mm)	12
Lo (mm)	60
L ₁ (mm)	70,9
Area (mm)	113,097
Beban max (kgf)	83000
Kuat tarik (N/mm ²)	733,88
Kuat yield (N/mm ²)	503,99
Elongation (%)	18,17

b. *Normalizing 870°C - tempering 650°C - tempering 705°C (NTT5)*

➤ Uji kekerasan

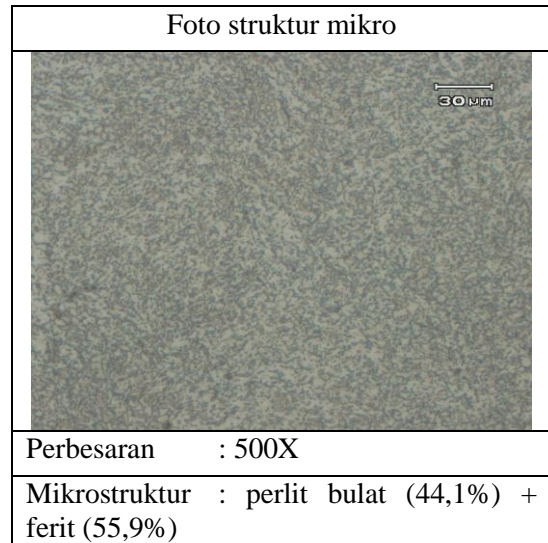
Pengujian kekerasan ini menggunakan alat uji rockwel dan didapat hasil dengan rata-rata sebesar 95,075 HRB.

Hasil uji secara rinci adalah sebagai berikut:



Gambar 4 : grafik hasil uji sampel NTT5

➤ Mikrostruktur



Gambar 5 : Mikrostruktur dari material NTT5

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa mikrostruktur dari material NTT5 adalah perlit bulat dengan persentase 44,1% dan ferit dengan persentase 55,9%.

➤ Uji Tarik

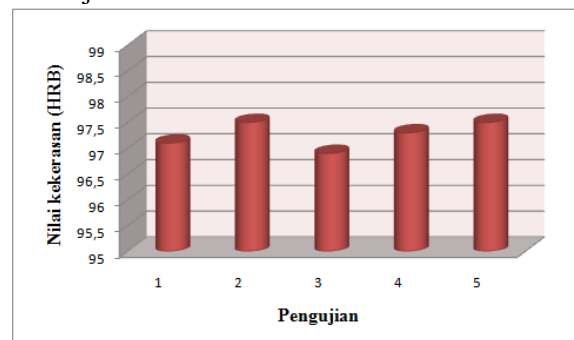
Hasil uji tarik dari material NTT5 diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4 : Hasil uji tarik material NTT5

Data Pengujian	
do (mm)	12,06
Lo (mm)	60
L ₁ (mm)	69
Area (mm)	114,231
Beban max (kgf)	88700
Kuat tarik (N/mm ²)	776,5
Kuat yield (N/mm ²)	543,63
Elongation (%)	15

c. *Normalizing 870°C - tempering 705°C*

➤ Uji Kekerasan

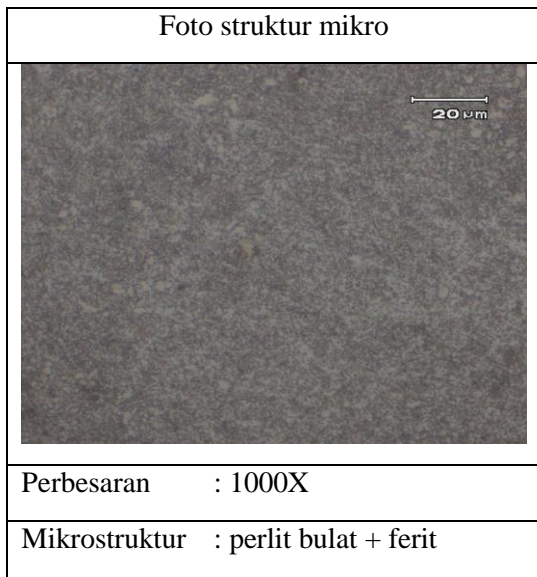


Gambar 6 : Hasil Uji Kekerasan

Dari grafik diatas, apabila diambil rata-rata dari seluruh pengujian, maka didapat nilai sebesar 97,26 HRB.

➤ Mikrostruktur

Berikut adalah gambar dari mikrostruktur material NT pada perbesaran 1000x dengan menggunakan etsa nital 3%.

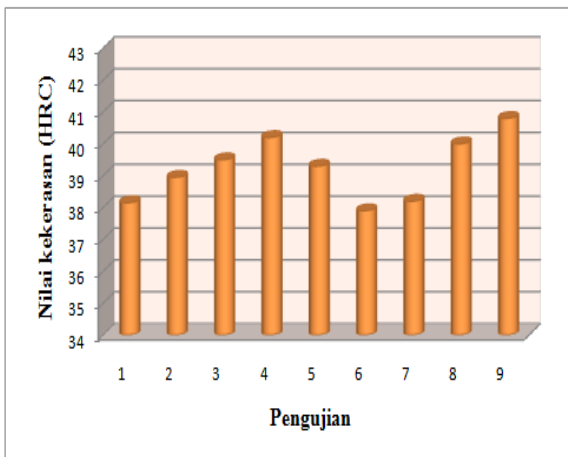


Gambar 7 : Mikrostruktur material NT

d. *Normalizing 870°C - normalizing 870°C*

➤ Uji kekerasan

Uji kekerasan pada material dengan proses *double normalizing* ini menghasilkan nilai rata-rata 39,22 HRC. Untuk rincian pengujian material ini, diperlihatkan pada gambar 8.



Gambar 8 : Grafik hasil uji kekerasan material NN

➤ Mikrostruktur

Mikrostruktur pada material ini adalah bainit. Hal ini didasari dari hasil uji kekerasan yang menghasilkan nilai sebesar 39,22 HRC. Nilai kekerasan tersebut masuk kedalam range bainit. Berikut diperlihatkan mikrostruktur dari material setelah proses *double normalizing* dengan perbesaran 500x dan di etsa menggunakan etsa natal 3%.



Gambar 9 : Mikrostruktur material NN

4. Analisa

a. Uji Kekerasan

Dari seluruh percobaan yang dilakukan dapat diperoleh data sebagai berikut:

Proses <i>Heat Treatment</i>	Nilai kekerasan
<i>N900°C - T650°C - 705°C</i>	22,075HRC
<i>N870°C - N 870°C</i>	39,22 HRC
<i>N 870°C - T705°C</i>	97,26 HRB
<i>N870°C - T650°C -T705°C</i>	95,075 HRB

dapat dilihat bahwa nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada sampel *Normalizing 870°C - Normalizing 870°C* dengan nilai kekerasan yaitu 39,22 HRC. Hal ini dapat disebabkan karena melalui proses *double normalizing*, butiran semakin halus. Apabila butiran semakin halus, maka kekerasan akan meningkat. Sedangkan nilai kekerasan terendah pada sampel dengan proses *heat treatment normalizing 870°C - tempering 650°C - tempering 705°C* dengan nilai 95,075 HRB. Selain itu juga pada umumnya terlihat bahwa setelah melalui proses *tempering*, kekerasan material AISI 4340 menjadi menurun. karena melalui temper, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedangkan ketangguhan dan keuletan baja akan meningkat.

b. Uji Metallografi

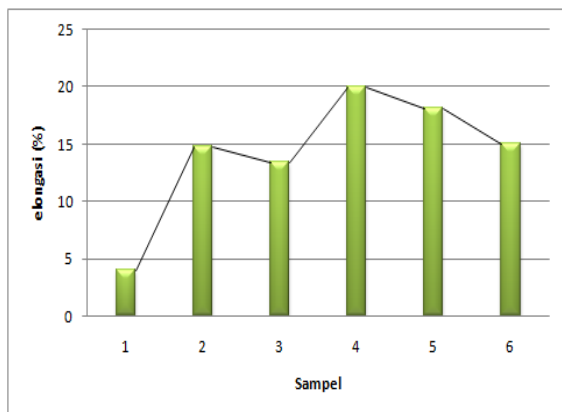
Berdasarkan data kekerasan dari material hasil *Normalizing 900°C-tempering 650°C - tempering 705°C* menghasilkan nilai 22,075 HRC. Rentang ini masuk kedalam rentang *perlite* yaitu 10HRC – 30HRC. Namun dari bentuk mikrostrukturnya, ini bisa diprediksikan *perlite* bulat. *Perlit* adalah yang berwarna gelap

dan perit yang berwarna putih. Begitupula dengan hasil *heat treatment normalizing 870°C - tempering 650°C - tempering 705°C* dan hasil *heat treatment normalizing 870°C - tempering 705°C* . Dari nilai kekerasannya dapat diprediksikan sebagai perlit bulat + *ferrite*.

Apabila dilihat dari hasil mikrostruktur percobaan pertama (*Normalising 900°C - tempering 650°C - tempering 705°C*) dan percobaan ketiga (*Normalising 870°C - tempering 650°C - tempering 705°C*), dari kedua percobaan ini menghasilkan mikrostruktur yang sama yaitu perlit bulat dan ferit. Namun jika dilihat dari nilai kekerasannya, kedua percobaan ini menghasilkan nilai kekerasan yang jauh berbeda yaitu pada percobaan pertama yaitu sebesar 22,075 HRC sedangkan pada percobaan ketiga yaitu sebesar 95,075 HRB. Hal ini dapat dianalisa bahwa adanya perbedaan persentase fasa perlit bulat dan ferit pada percobaan pertama dan ketiga. Pada percobaan pertama lebih dominan perlit dibanding ferit yaitu dengan persentase 67,67% perlit dan 32,33% ferit. Sedangkan pada percobaan ketiga yaitu lebih dominan ferit dibanding perlit yaitu sebesar 55,9% ferit dan 44,1% perlit. Dari hal ini lah terjadinya perbedaan nilai kekerasan karena kekerasan fasa ferit lebih rendah dibanding kekerasan fasa perlit. Sehingga pada percobaan ketiga yang lebih banyak persentase feritnya akan cenderung lebih lunak dibanding percobaan satu yang lebih dominan perlit.

c. Uji Tarik

Dari hasil uji tarik diperoleh elongasi dan kuat tarik. Elongasi mengalami peningkatan setelah dilakukan proses *double tempering* dibanding dengan kondisi *as cast*. Sedangkan kuat tarik mengalami penurunan setelah dilakukan proses *double tempering*.

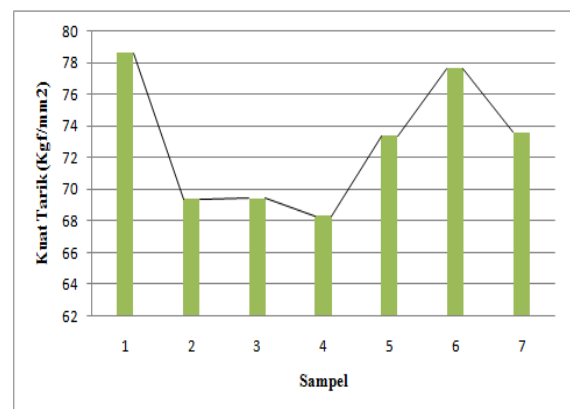


Gambar 10 : grafik elongasi dari berbagai percobaan

Keterangan :

1. *As-Cast*
2. *Normalizing 900°C – Tempering 650°C - Tempering 250°C*
3. *Normalizing 900°C – Tempering 650°C - Tempering 450°C*
4. *Normalizing 900°C – Tempering 650°C - Tempering 650°C*
5. *Normalizing 900°C – Tempering 650°C - Tempering 705°C*
6. *Normalizing 870°C – Tempering 650°C - Tempering 705°C*

Setelah proses *double tempering*, pada proses *heat treatment* no. 4 menghasilkan nilai elongasi tertinggi dengan 20%. Disusul dengan proses *heat treatment* no. 5 dengan menghasilkan elongasi sebesar 18,1%. Sedangkan nilai elongasi terendah yaitu pada proses *heat treatment* no. 3 dengan elongasi 13,4%. Dengan demikian variasi temperatur *tempering* tahap kedua dengan *650°C* merupakan yang paling baik dalam hal elongasi. Untuk *heat treatment* no.6 adalah variasi dari temperatur *normalizing* menjadi *870°C* dengan proses *Tempering 650°C - Tempering 705°C* . Dapat dilihat apabila temperatur *normalizing*-nya diturunkan, terjadi penurunan nilai elongasi yang cukup jauh.



Gambar 11 : grafik kuat tarik dari berbagai variasi percobaan

Keterangan :

1. *As-Cast*
2. *Normalizing 900°C – Tempering 650°C - Tempering 250°C*
3. *Normalizing 900°C – Tempering 650°C - Tempering 450°C*
4. *Normalizing 900°C – Tempering 650°C - Tempering 650°C*

5. *Normalizing 900°C – Tempering 650°C - Tempering 705°C*
6. *Normalizing 870°C – Tempering 650°C - Tempering 705°C (Tahap 1)*
7. *Normalizing 870°C – Tempering 650°C - Tempering 705°C (Tahap 2)*

dari [www. Tehnikmesinindustri .wordpress .com](http://www.Tehnikmesinindustri.wordpress.com).

- [10] http://www.sonic.net/~blade/Info__Links/About_Steel/Principle_of_Heat_Treating/principle_of_heat_treating.html pada 09 juli 2014

Penurunan tertinggi terdapat pada sampel nomor 4 yaitu *Normalizing 900°C – Tempering 650°C - Tempering 650°C* padahal dalam hal elongasi sampel ini merupakan sampel yang menghasilkan nilai elongasi tertinggi. Dari hasil *double tempering*, yang menghasilkan kuat tarik tertinggi yaitu sampel nomor 6 yaitu *Normalizing 870°C – Tempering 650°C - Tempering 705°C (Tahap 1)*.

5. Kesimpulan

dari hasil penelitian diketahui bahwa setelah dilakukan *double tempering*, kekerasan menurun dibanding kondisi *as-cast* dan apabila semakin tinggi temperatur *tempering* tahap kedua yaitu dari temperatur 250°C sampai dengan 705°C nilai kekerasannya pun pada umumnya meningkat namun tidak signifikan, kuat tarik menurun, dan elongasi meningkat dari kondisi *as-cast* dengan nilai elongasi tertinggi sebesar 20%.

6. Daftar Pustaka

- [1] Totten, George E.(editor).*Steel Heat Treatment Hand Book second edition Metallurgy and Technologies*:CRC Press.
- [2] ASM Handbook vol.1 *Properties and Selection Irons, Steels, and High-Performance Alloys*.
- [3] *ASM handbook Vol.4 heat treating*.
- [4] *ASM Handbook vol.15 Casting*.
- [5] *ASTM E-8 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic materials*.
- [6] *ASTM E-18 Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials*.
- [7] *ASTM A-370 Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*
- [8] Haptism, Baskarra A. “*Tempering*” diakses tanggal 07 juli 2014, dari <http://www.scrib.com/tempering.html>
- [9] Hendro.”*Perlakuan panas pada baja*”.diakses pada tanggal 04 juli 2014,