

APLIKASI QUENCHING-TEMPERING HEAT TREATMENT UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN TARIK MARINE PLAT BKI GRADE A PADA MATERIAL LAMBUNG KAPAL NIAGA DENGAN VARIASI MEDIA PENDINGIN

Habib Pradipta

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: habibpradipta@mhs.unesa.ac.id

Arya Mahendra Sakti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: aryamahendra@unesa.ac.id

Abstrak

Marine plat BKI Grade A merupakan material konstruksi lambung kapal niaga, karena lambung berfungsi untuk menopang beban dari muatan kapal dan juga menerima beban berupa gelombang dari laut, dibutuhkan kekuatan Tarik yang tinggi supaya tidak terjadi defleksi dan kebocoran pada lambung kapal. Dalam penelitian ini perlakuan panas *Quenching-Tempering* diberikan pada marine plat BKI grade A yang didapat dari PT. Dok dan Perkapalan Surabaya. Untuk mendapatkan kekuatan Tarik yang tinggi, material di austenisasi pada temperatur 900°C selama 15 menit lalu diikuti dengan *Quenching* menggunakan media air. *Tempering* dilakukan pada temperatur 200°C selama 20 menit dengan media pendingin air, oli, dan air garam. Dilakukan pengujian Tarik untuk mengetahui kekuatan Tarik pada material marine plat BKI grade A sebelum dan sesudah diberi perlakuan panas *Quenching-Tempering*. Dari hasil penelitian didapatkan kekuatan tarik Marine Plat BKI grade A yang diberikan proses *quenching-tempering* dengan variasi media pendingin menghasilkan kekuatan tarik berbeda jika dibandingkan dengan *raw material*. Kekuatan tarik rata-rata tertinggi dihasilkan oleh spesimen dengan media pendingin air yaitu sebesar 568 N/mm². Hasil batas luluh rata-rata tertinggi juga dimiliki oleh spesimen dengan media pendingin air yaitu sebesar 367 N/mm². Sedangkan nilai Elogansi tertinggi dihasilkan oleh spesimen dengan media pendingin oli yaitu sebesar 31%. Hasil kekuatan tarik *raw material* sendiri adalah 438 N/mm², batas luluh 291 N/mm² dan elongansi sebesar 28%.

Kata Kunci: *Quenching, Tempering, Uji Tarik, Lambung Kapal*

Abstract

Marine plate BKI Grade A is a commercial ship hull construction material, because the hull serves to support the load from the ship's load and also receives loads in the form of waves from the sea, high tensile strength is needed so that there is no deflection and leakage on the hull. In this study Quenching-Tempering heat treatment was given to marine grade BKI plate obtained from PT. Doc and Shipping Surabaya. To obtain high tensile strength, material in austenization at 850°C for 15 minutes then followed by quenching using water media. Tempering was carried out at a temperature of 200°C for 20 minutes with a cooling medium for water, oil, and salt water. Tensile testing was carried out to determine the tensile strength of marine material BKI grade A plate before and after being given Quenching-Tempering heat treatment. From the results of the research, it was found that the tensile strength of Marine BKI Plate A grade which was given quenching-tempering process with various cooling media produced different tensile strength when compared with raw material. The highest average tensile strength is produced by specimens with water cooling media which is 568 N/mm². The highest yield yield limit is also possessed by specimens with water cooling media which is 367 N/mm². While the highest Elogancy value is produced by specimens with oil cooling media which is 31%. The results of the tensile strength of the raw material itself is 438 N/mm², the yield limit is 291 N/mm² and the elongance is 28%.

Keywords: Quenching, Tempering, Tensile Test, Ship Hull

PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi di era modern ini Penggunaan baja untuk bahan konstruksi semakin meningkat. Dikarenakan karakteristiknya yang menguntungkan, baja menjadi pilihan utama untuk dijadikan bahan konstruksi. Salah satu pemanfaatan baja sebagai material konstruksi yaitu pada pembuatan konstruksi kapal. *Marine* plat merupakan baja paduan yang digunakan untuk bahan konstruksi kapal. *Marine* plat berbeda dengan plat baja pada umumnya karena *marine* plat memiliki unsur campuran untuk menahan laju korosi dan meningkatkan kualitas plat tersebut. Kualitas plat kapal menurut badan klasifikasi dalam konstruksi kapal terbagi menjadi 5 grade. Pada *Marine* plat di beri perbedaan yaitu *grade A*, *grade B*, *grade C*, *grade D*, dan *grade E*. Untuk *grade A* merupakan baja yang mempunyai kualitas bagus untuk sebuah bangunan kapal. Lambung kapal adalah bagian paling penting pada konstruksi kapal niaga, karena lambung berfungsi untuk menopang beban dari muatan kapal dan juga menerima beban berupa gelombang dari laut, sehingga material yang digunakan untuk membuat lambung kapal harus memiliki kekuatan tarik yang tinggi supaya tidak terjadi defleksi dan kebocoran pada lambung kapal. Selain itu kekuatan tarik baja adalah aplikasi penting dalam sebuah bangunan kapal karena sebuah plat baja juga mengalami kelelahan saat proses pengelasan. Pada lambung kapal sudah di desain sekuat mungkin dengan memakai material yang mumpuni. Namun semua itu tidak luput dari kesalahan dan kekurangan, yang mana berdampak pada kecelakaan kapal laut seperti insiden (KM) Karamando yang bertolak dari Dermaga Dufa-Dufa, Ternate Utara, menuju Jailolo tenggelam di tengah laut, depan Desa Tauro, Jailolo Selatan, Kabupaten Halmahera Barat, Maluku Utara, Kamis pagi (29/12/2016). Kapal tersebut diduga tenggelam akibat kebocoran pada lambung kapal. Lambung kapal tersebut bocor karena hantaman ombak (<http://regional.liputan6.com>) Perlunya perlakuan panas dilakukan adalah untuk mengurangi perubahan bentuk pada saat dikerjakan atau setelah dikerjakan atau hasil suatu konstruksi, merubah sifat-sifat bahan dan menghilangkan tegangan-tegangan sisa. Salah satu metode perlakuan panas yaitu *Quenching-Tempering*. Aplikasi *Quenching-Tempering* digunakan untuk meningkatkan kekuatan material sesuai yang di inginkan. Beberapa penelitian terkait mengenai *Quenching-Tempering heat treatment* pada baja antara lain dilakukan oleh Bayu Adie Septianto dan Yuli Setiyorini (2013). Meneliti tentang pengaruh media pendingin terhadap struktur mikro baja AISI 1340. Menyimpulkan media pendingin air dan oli menghasilkan struktur mikro berupa martensit, sedangkan pada media pendingin udara struktur mikro yang dihasilkan yaitu ferit dan perlit. Yose Rizal. Pada tahun (2014). Menganalisa pengaruh media *quench* terhadap kekuatan tarik baja AISI 1045 menunjukkan bahwa kekuatan tarik yang paling tinggi diperoleh pada perlakuan *quench* dengan media pendingin oli SAE 40 sebesar 189 kN. Yunaidi (2016). Meneliti tentang konsentrasi larutan Garam pada

proses *Quenching*. Menyimpulkan quenching air garam dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan baja S45C. Kekuatan tarik tertinggi didapat pada *Quenching* dengan kadar garam 1,0 % yaitu sebesar 1646,0 MPa. R.Dwisunu Aji Ibrahim Dkk (2013). Dalam penelitiannya tentang perlakuan panas *Quenching-Tempering* dapat merubah struktur mikro baja ABS (ferit dan perlit) menjadi ABS QT (ferit, bainit dan sisa austenit), terbentuknya bainit pada perlakuan panas QT air dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan dan ketangguhan pada baja ABS grade A sebagai Material Lambung Kapal Perang. Berdasarkan uraian diatas, penulis termotivasi untuk melakukan penelitian tentang “Aplikasi *Quenching-Tempering Heat Treatment* Untuk Meningkatkan Kekuatan Tarik Plat BKI Grade A Pada Material Lambung Kapal Dengan Variasi Media Pendingin”, sehingga dari penelitian ini diperoleh data-data kekuatan material setelah dilakukan perlakuan panas *Quenching-Tempering*.

METODE

❖ Jenis Penelitian

Berdasarkan permasalahan dan tujuan penelitian maka metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu untuk mengetahui perubahan kekuatan tarik *Marine* plat BKI Grade A Pada Material Lambung Kapal sebelum dan sesudah di *Quenching-Tempering Heat Treatment* dengan berbagai variasi media pendingin. Proses *Quenching-Tempering Heat Treatment* ini menggunakan variasi media pendingin berupa Air, Oli, dan Air garam. Jumlah spesimen dalam penelitian adalah 21 spesimen.

❖ Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2018 sampai dengan Juli 2018 Penelitian dilakukan di tiga tempat, yaitu survey lapangan di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya, proses *Quenching-Tempering Heat Treatment* di Laboratorium Pengujian Bahan Universitas Negeri Surabaya dan untuk pengujian Tarik di Laboratorium Pengujian Bahan Universitas Brawijaya Malang.

❖ Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

➤ Variabel Bebas

- Variasi media pendinginan berupa Air, Oli, dan Air Garam terhadap kekuatan tarik *Marine* plat BKI grade A

➤ Variabel Terikat

- Kekuatan tarik yang sudah mendapatkan perlakuan *Quenching-Tempering Heat Treatment* dengan variasi media pendingin

➤ Variabel Kontrol

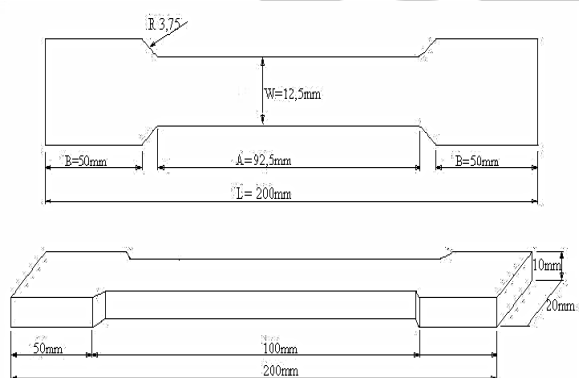
- Temperatur pada proses Austenisasi yaitu 850°C
- Temperatur pada proses Tempering yaitu 200°C

- Waktu tahan pada proses Austenisasi yaitu 15 menit
- Waktu tahan pada proses Tempering yaitu 20 menit
- Material yang digunakan yaitu Marine plat BKI grade A

➤ Bahan, Instrumen, dan Peralatan Penelitian
Bahan, instrumen, dan peralatan pada penelitian ini adalah:

- Bahan Penelitian
 - Marine plat BKI grade A
 - Oli
 - Air
 - Garam
- Instrumen Penelitian
 - Mesin Pemanas
 - Stopwatch
 - Jangka Sorong
 - Mesin Uji Tarik
- Peralatan Penelitian
 - Gerinda potong
 - Tang
 - Gergaji
 - Filter
 - Bak Pendingin
 - Kikir

- Spesimen Penelitian
Dimensi spesimen dibentuk sesuai standart ASTM E8 dengan jumlah total 7 spesimen serta dilakukan 3 kali pengulangan, yang artinya berjumlah 21 spesimen.



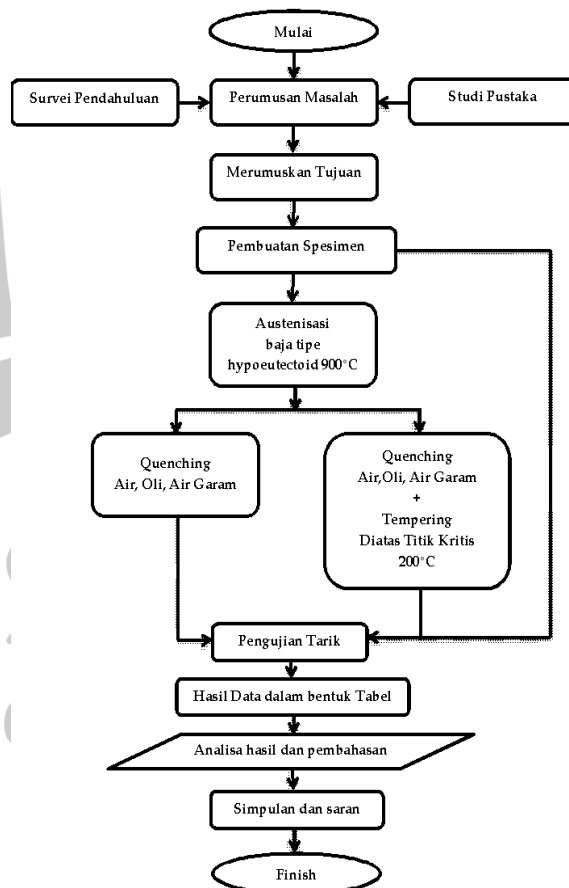
Gambar 1. Dimensi Spesimen

Hasil pengujian komposisi kimia Marine plat BKI grade A dilaboratorium.

Tabel 1. Komposisi Kimia Marine plat BKI grade A

Peralatan									
OES Foundary Mater Pro SN.121064600004						Jangka Sorong Mitotoyo 300 mm Digital SN 1781			
Data Pengujian									
No	Koposisi %								
1	Unsur	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
	Nilai	98.61	0.1	0.03	0.92	0.01	0.00	0.01	0.00
			066	47	91	56	772	58	314
	Unsur	Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
	Nilai	0.005	0.0	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00
		74	657	12	28	05	597	49	1
	Unsur	Pb	Sn	B	Ca	Zr	Zn	Bi	As
	Nilai	0.001	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			005	066	067	885	55	42	491
	Unsur	N	Se	Sb	Ta				
Nilai	0.031	0.0	0.07	0.00					
	5	095	51	4					

❖ Rancangan Penelitian
Langkah penelitian dilakukan seperti pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

❖ Prosedur Penelitian

- Persiapan Penelitian
 - Studi pustaka
 - Survey pendahuluan
 - Perumuskan masalah

- Merumuskan tujuan
- Pemotongan Spesimen sesuai Standar ASTM E8
 - Motongan Material ruji dengan dimensi spesimen sesuai standar ASTM E8 yang digunakan
- Pengujian Tarik Sebelum Spesimen di *Quenching-Tempering*
 - Pengujian ini menggunakan mesin uji tarik yang nantinya akan keluar data hasil pengujian tekan spesimen murni sebelum dilakukan perlakuan panas *Quenching-Tempering*.
- Persiapan Proses *Quenching-Tempering*
 - Mempersiapkan bahan
 - Mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan dalam proses *Quenching-Tempering*
 - Pembuatan dimensi spesimen sesuai standar ASTM E8 yang digunakan
 - Membersihkan spesimen dengan amplas dari kotoran-kotoran
 - Mengatur temperatur oven serta waktu pemanasan sesuai dengan rancangan penelitian
- Proses *Quenching-Tempering*
 - Memasukkan spesimen kedalam oven satu persatu sampai batas waktu pemanasan yang diteliti
 - Mengangkat spesimen setelah waktu yang ditentukan
 - Mendinginkan spesimen dengan media pendingin masing-masing sesuai rancangan penelitian
 - Menyiapkan spesimen uji *Quenching* tanpa proses *Tempering*
 - Memanaskan kembali spesimen uji dengan proses *Tempering* sesuai rancangan penelitian
 - Mendinginkan spesimen uji proses *Quenching-Tempering* dengan media air
 - Menyiapkan spesimen uji dengan proses *Quenching-Tempering*
- Pengujian Material
 - Pengujian material ini nanti akan dilakukan di laboratorium uji bahan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember menggunakan mesin uji tarik yang nantinya akan keluar data hasil pengujian tarik masing-masing spesimen.
- Analisis Data
 - Setelah hasil dari pengujian tarik keluar, maka didapatkan nilai kekuatan tarik, batas luluh, dan elongansi dari masing-masing spesimen uji.
- Menyimpulkan
 - Setelah hasil didapat, lalu menyimpulkan sesuai dengan hasil yang diperoleh dari penelitian.

❖ Teknik Analisis Data

Pada penelitian eksperimen ini, penulis menggunakan metode analisis data *kuantitatif deskriptif*, yaitu mendeskripsikan data hasil pengujian secara sistematis dalam bentuk tabel grafik dengan bantuan *software Excell*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

❖ Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik berupa parameter kekuatan tarik (*ultimate strength*) maupun luluh (*yield strength*), parameter keliatan/keuletan yang ditunjukkan dengan adanya prosen perpanjangan (*elongation*) dan prosen kontraksi atau reduksi penampang (*reduction of area*). Hasil pengujian tarik ditunjukkan dalam tabel 2 di bawah ini:

Perlakuan Panas	P_{max} (N)			P_y (N)		
	I	II	III	I	II	III
Raw Material	54800	55000	54500	36000	36700	36500
Q-Air	72200	73000	71800	47000	47800	48200
Q-Oli	64000	63000	65000	42000	41800	42800
Q-Air Garam	70800	70000	71000	45800	45000	46200
QT-Air	71000	71200	70800	45800	46000	46000
QT-Oli	62000	61800	61000	39800	40000	39000
QT-Air Garam	68000	69000	67200	43000	44000	43800

Tabel 2 Hasil Pengujian Tarik

Untuk mencari kuat tarik maka hasil dari pengujian tarik dimasukkan ke persamaan

$$S_u = \frac{P_{max}}{A_0}$$

Untuk mencari Batas Luluh maka hasil dari pengujian tarik dimasukkan ke persamaan

$$Y_s = \frac{P_y}{A_0}$$

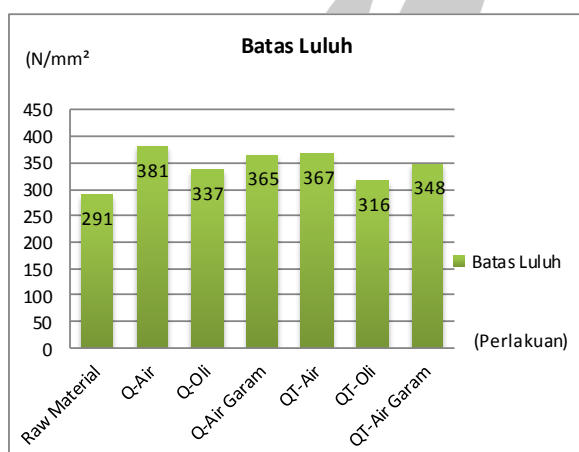
Untuk mencari Elogansi maka hasil dari pengujian tarik dimasukkan ke persamaan

$$E = ((L_1 - L_0) : L_0) \times 100\%$$

Dari Perhitungan Data diatas diperoleh hasil kekuatan tarik, batas luluh, dan elongansi material seperti ditampilkan pada Tabel 3 berikut

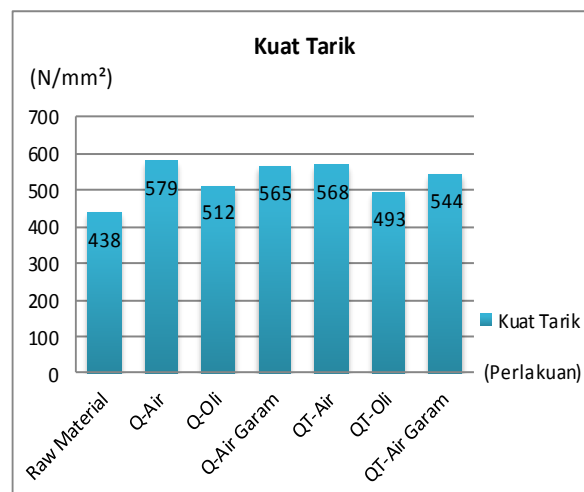
Tabel 3 Hasil Perhitungan Uji Tarik

Perlakuan Panas	Batas Luluh N/mm ²			Rata-rata	Kekuatan Tarik N/mm ²			Rata-rata	Elongansi %			Rata-rata
	I	II	III		I	II	III		I	II	III	
Raw Material	288	294	292	291	438	440	436	438	27	28	28	28 %
Q-Air	376	382	386	381	578	584	574	579	26	26	27	26 %
Q-Oli	336	334	342	337	512	504	520	512	29	28	29	29 %
Q-Air Garam	366	360	369	365	566	560	568	565	27	27	26	27 %
QT-Air	366	368	368	367	569	570	566	568	29	28	28	28 %
QT-Oli	318	320	312	316	496	494	488	493	30	31	31	31 %
QT-Air Garam	344	352	350	348	544	552	537	544	28	29	29	29 %



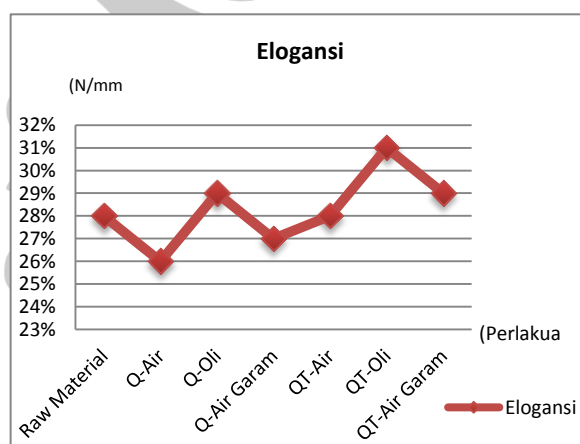
Gambar 3 Grafik Batas Luluh

Dari Grafik 3 kita dapat melihat hasil pengaruh perlakuan *Quenching-Tempering* pada material *marine* plat BKI grade A terhadap hasil pengujian tarik. Hasil di atas terdapat kenaikan nilai batas luluh pada perlakuan *quenching-tempering* dari kondisi normal sampai *quenching-tempering*. Pada kondisi normal didapatkan Nilai Batas Luluh sebesar 291 N/mm², Nilai batas luluh terbesar diperoleh spesimen yang di berikan perlakuan panas tanpa *tempering* dengan media pendingin Air sebesar 381 N/mm². Bukan hanya itu, spesimen dengan pendingin yang lain juga mempunyai nilai batas luluh yang cukup besar seperti media pendingin yang menggunakan Oli sebesar 337 N/mm², dan Air Garam sebesar 365 N/mm². Sementara spesimen yang di temper mengalami sedikit penurunan nilai batas luluh.



Gambar 4 Grafik Kuat Tarik

Dari Grafik 4 dapat kita lihat hasil pengaruh perlakuan *Quenching-Tempering* pada material *marine* plat BKI grade A terhadap hasil pengujian tarik. Hasil di atas terdapat kenaikan nilai Kuat Tarik pada perlakuan *quenching-tempering* dari kondisi normal sampai *quenching-tempering*. Pada kondisi normal didapatkan Nilai Kuat Tarik sebesar 438 N/mm², Pada spesimen yang di berikan perlakuan panas tanpa *tempering* dengan media pendingin Air memperoleh nilai kuat tarik tertinggi yaitu 579 N/mm². Sementara spesimen dengan media pendingin air yang di lanjutkan dengan proses temper mengalami sedikit penurunan nilai kuat tarik yaitu sebesar 569 N/mm², namun seiring turunya kekuatan tarik maka ketangguhan bahan akan meningkat sehingga bahan menjadi kuat dan tangguh



Gambar 5 Grafik Elongansi

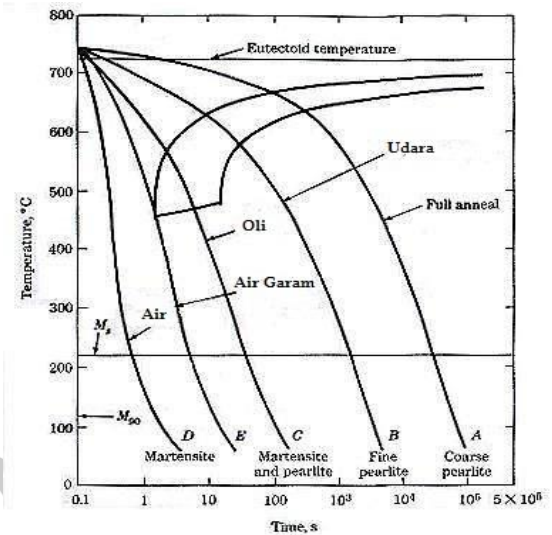
Dari Grafik 5 dapat kita Amati hasil pengaruh perlakuan *Quenching-Tempering* pada material *marine* plat BKI grade A terhadap hasil pengujian tarik. Hasil di atas terdapat naik turunya nilai Elongansi pada perlakuan *quenching-tempering* dari kondisi normal sampai *quenching-tempering*. Pada

kondisi normal didapatkan Nilai Elogansi sebesar 28%, Sedangkan pada spesimen yang di berikan perlakuan panas tanpa *tempering* dengan media pendingin Air memperoleh nilai Elogansi terendah yaitu 26%. Sementara spesimen dengan media pendingin Oli yang di lanjutkan dengan proses temper memperoleh nilai elongansi tertinggi yaitu sebesar 31%.

❖ Pembahasan

Pada perlakuan *quenching* tanpa *tempering* dengan variasi media pendingin, nilai batas luluh dan kekuatan tarik yang di hasilkan mengalami kenaikan dari kondisi material normal. Tetapi beberapa spesimen mengalami penurunan Elogansi. Hal tersebut terjadi dikarenakan material yang di *quenching* atau *austenisasi* karakteristiknya menjadi bertambah keras dan kuat, namun logam tidak memiliki keuletan yang cukup untuk sejumlah aplikasi. Perlakuan *tempering* yang dilakukan pada penelitian ini adalah *tempering* dengan suhu 200°C sehingga komposisi yang terjadi adalah dekomposisi fase *austenit* menjadi bainit. Tempering yang dilakukan pada 200°C tersebut berada di bawah temperatur *eutectoid* yang mana bila di holding time cukup lama larutan karbon yang lewat jenuh ini akan berubah menjadi *ferrit*+*karbida* atau *martensit temper*. Data pada pengujian Quenching-Tempering dengan variasi media pendingin ini di dapatkan nilai batas luluh terbesar yaitu pada media pendingin berupa air dengan nilai sebesar 367 N/mm² dan Kekuatan tarik sebesar 568 N/mm². Sedangkan nilai Elogansi terbesar diperoleh Quenching-Tempering dengan media pendingin Oli yaitu sebesar 31%. angka tersebut berada di atas hasil pengujian material dalam kondisi normal artinya proses *tempering* yang dilakukan berhasil meningkatkan kekuatan dan keuletan terhadap material.

Pada pendingin Air didapatkan nilai kuat tarik dan batas luluh tertinggi dikarenakan Semakin tinggi viskositas suatu media pendingin, maka laju pendinginan semakin lambat, Viskositas adalah sebuah ukuran penolakan sebuah fluid terhadap perubahan bentuk di bawah tekanan shear. Biasanya diterima sebagai "kekentalan", atau penolakan terhadap penuangan. Viskositas menggambarkan penolakan dalam fluid kepada aliran dan dapat dipikir sebagai sebuah cara untuk mengukur gesekan fluid. Air memiliki viskositas rendah, sedangkan minyak memiliki viskositas tinggi.



Gambar 6 Diagram Laju Pendinginan

- Air
Air memiliki viskositas yang rendah sehingga nilai kekentalan cairan kurang, sehingga laju pendinginan cepat dan massa jenisnya lebih besar dibandingkan dengan media pendingin lainnya seperti air, sehingga kecepatan media pendingin besar dan makin cepat laju pendinginannya.
 - Air Garam
Air Garam memiliki massa jenis yang besar tapi lebih kecil dari air, kekentalannya rendah sama dengan air. Laju pendinginannya lebih lambat dari air namun pendingin garam lebih teratur
 - Oli
Oli memiliki nilai viskositas atau kekentalan yang tertinggi dibandingkan dengan media pendingin lainnya dan massa jenis yang rendah sehingga laju pendinginannya lambat.
- Dari Pengujian tarik ini juga bisa diketahui adanya perubahan nilai Kekerasan suatu material, karena pengertian dari kekerasan dan kekuatan tarik itu sama. Sama-sama berarti ketahanan terhadap deformasi plastis. Hanya saja kekerasan adalah ketahanan material terhadap deformasi local (permukaan), sementara kekuatan tarik adalah ketahanan material terhadap deformasi plastis yang terjadi diseluruh permukaan material (global). Sehingga jika suatu bagian dari material tahan terhadap deformasi plastis maka otomatis seluruh bagian dari material itu pun akan tahan terhadap deformasi plastis. Karenaitu, semakin kuat kekuatan tarik material maka akan semakin keras pula material tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan William D. Callister dalam bukunya *Fundamental of material science and engineering* (2000) yang menyatakan bahwa kekuatan tarik akan berbanding lurus dengan kekerasan suatu

material. Sehingga jika kekuatan tarik material mengalami kenaikan maka secara otomatis kekerasannya juga akan meningkat.

PENUTUP

Simpulan

Setelah dilakukan hasil uji tarik pada Marine Plat BKI grade A yang diberikan proses *quenchin-tempering* dengan variasi media pendingin yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Brawijaya Malang, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Hasil pengujian kekuatan tarik Marine Plat BKI grade A yang diberikan proses *quenchin-tempering* dengan variasi media pendingin menghasilkan kekuatan tarik berbeda jika dibandingkan dengan *raw material*. Kekuatan tarik rata-rata tertinggi dihasilkan oleh spesimen dengan media pendingin air yaitu sebesar 568 N/mm². Hasil batas luluh rata-rata tertinggi juga dimiliki oleh spesimen dengan media pendingin air yaitu sebesar 367 N/mm². Sedangkan nilai Elogansi tertinggi dihasilkan oleh spesimen dengan media pendingin oli yaitu sebesar 31%. Hasil kekuatan tarik *raw material* sendiri adalah 438 N/mm², batas luluh 291 N/mm² dan elogansi sebesar 28%.
- Terjadi perubahan terhadap nilai kuat tarik, batas luluh, dan elogansi pada *marine* plat BKI grade A dari kondisi normal, kondisi tanpa *tempering*, dan kondisi setelah di beri perlakuan tempering. Variasi media pendingin sangat berpengaruh terhadap perubahan nilai kuat tarik, batas luluh dan elogansi material.

Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian diatas, merekomendasikan beberapa saran sebagai berikut:

- Perlu dilakukan penambahan variasi suhu pada proses *tempering* untuk merubah tingkat keuletan *marine* plat BKI grade A.
- Pada penelitian berikutnya diharapkan adanya variasi mengenai holding time supaya di dapatkan variasi lama holding time yang dapat menghomogenkan struktur *marine* plat BKI grade A.
- Perlu dilakuakan pengujian yang lain untuk mengetahui kekuatan mekanik yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Askeland., D. R., 1985, "The Science and Engineering of Material", Alternate Edition, PWS Engineering, Boston, USA

ASM Handbook. 1991. *Heat Treating*. ASM Handbook Committee. Volume 4. Page 17.

ASM Handbook. 1993. *Properties and Selection: Iron Steels, and High Performance Alloys*. Metals handbook. Volume 1. Page 249 - 327.

ASTM E8/E8M – 09, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*, American Society for Testing Methods,

Callister, Wiliam D. 2007. *Material Science and Engineering 7th*. John Wiley & Sons, Inc. Kanada.

Darmawan, Agung Setio. 2008. *Pengaruh Normalizing dan Tempering pada SCMnCr2 untuk memenuhi Standar JIS G 5111*. Jurnal Media Mesin. Volume 8. Nomor 2. Halaman 73-77.

Dalil, M. Prayitno, A dan Inonu, I. 1999. *Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (Holding time) Terhadap Kekerasan Logam*. Jurnal Natur Indonesia. Volume 2. Nomor.1. Halaman 12-17.

Djaprie, Sriati. 1990. *Teknologi Mekanik*. Erlangga. Jakarta. Halaman 35-50.

Effendi, S. 2009. *Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil Terhadap Kekerasan Logam*. Jurnal Austenit Teknik Mesin. Volume 1. Nomor 1. Halaman 39.

Fadare, D. A, Fadara, T.G and Akanbi, O.Y. 2011. *Effect of Heat Treatment on Mechanical Properties and Microstructure of NST 37-2 Steel*. Journal of Minerals & Engineering. Volume 10. Nomor 3. Page 299-308.

Fariadhie, J. 2012. *Pengaruh Temper dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60*. Jurnal Politeknosains. Volume XI. Nomor 1. Halaman 126-137.

Haryadi, G.D. 2006. *Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Baja K-460*. Jurnal Teknik Mesin. Volume 8. No.2. Halaman 1-8.

Higgins, R.A. 1999. *Engineering Metallurgy Part 1 Applied Physical Metallurgy*. Six Edition, Arnold. London.

Mizhar, S dan Suherman. 2011. *Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Dari Baja AISI 4140*. Jurnal Dinamis Jurusan Teknik Mesin. Volume 2. Nomor 8. Halaman 21-26.

Motagi, B.S and Bhosle, R. 2012. *Effect of Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Medium Carbon Steel*. International Journal Of Engineering Research and Development. Volume 2. Nomor 1. page 07-13..

Nugroho, Sri dan Haryadi, Gunawan Dwi. 2005. *Pengaruh media Quenching Air Tersirkulasi (Circulated Water) Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Baja AISI 1045*. Jurnal Rotasi Volume 7 Nomor 1.

Nur, I. Junaidi dan Hanwar, O. 2005. *Analisis Pengaruh Media Pendingin Dari Proses Perlakuan Panas Terhadap Kekuatan Sambungan Pegas Daun Dengan Las Smaw*. Jurnal Teknik Mesin. Volume 2. Nomor 1. Halaman 18-23.

- Sardjono KP, Koos. 2009. *Pengaruh Hardening pada Baja JIS G 4051 Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro*. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. Volume 11. Nomor 2. Halaman 95-100.
- Schonmetz, Alois Karl Gruber. 1985. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*. Aksara. Bandung.
- Shackelford, James, F. 1996. *Introduction to Material Science for Engineering*. Mc Graw Hill Companies, Inc.
- Syaefudin. 2001. *Pengerasan Baja Karbon Rendah dengan Metode Nitridasi dan Quenching*. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Wardoyo, J.T. 2005. *Metode Peningkatan Tegangan Tarik dan Kekerasan Pada Baja Karbon Rendah Melalui Baja Fasa Ganda*. Jurnal Teknik Mesin. Volume 10. Nomor 3. Halaman 237-248.
- Wibowo, B.T. 2006. *Pengaruh Temper dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Baja ST 60*. Skripsi. Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Yogantoro A. 2010. Tugas Akhir: *Penelitian Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Low Tempering, Medium Tempering dan High Tempering pada Struktur Mikro, Kekerasan dan Ketangguhan*. UMS. Surabaya.

