



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Pengaruh Proses *Quenching* Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan SMAW

Muhammad Jordi¹⁾, Hartono Yudo¹⁾, Sardjito Jokosisworo¹⁾,

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: muhammadjordi32@gmail.com

Abstrak

Salah satu tujuan proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) pada baja adalah untuk pengerasan (*hardening*), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau diatas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quench*, (Djafrie, 1995). Akibat proses *hardening* pada baja, maka timbulnya tegangan dalam (*internal stress*), yang akan menaikkan kekerasan namun terkadang mengakibatkan baja menjadi getas (*brittle*). Penelitian ini membahas sejauh mana variasi media pendingin berpengaruh terhadap peningkatan kekuatan tarik baja karbon rendah ST 36. Sehingga bila diketahui tingkat perbandingan kekuatan tariknya dan kesesuaiannya terhadap aplikasi dan kegunaannya, maka dapat diambil suatu keputusan untuk menggunakan proses *quenching* pada media yang tepat, agar menghemat waktu dan biaya produksi. Pengkajian lebih lanjut dampak dari faktor perbedaan media *quenching*, dapat dilakukan melalui pengujian bahan. Pengujian bahan yang digunakan adalah pengujian kekuatan tarik dan kekerasan. Dari hasil pengujian didapat spesimen tanpa proses *quenching* menghasilkan kekuatan tarik sebesar 341,79 MPa dan kekuatan rata-rata terhadap beban tarik yang paling tinggi diperoleh pada perlakuan *quenching* menggunakan media pendingin air yaitu sebesar 503,61 MPa dan terendah berturut turut garam 472,75 MPa dan oli 408,09 MPa. Hasil pengujian kekerasan raw material untuk daerah tengah las sebesar 92,7 VHN, 1 cm kiri las 79,46 VHN, dan 1 cm kanan las 79,46 VHN. Sedangkan pengujian kekerasan spesimen hasil proses *quenching* nilai rata-rata tertinggi di hasilkan oleh media pendingin air dengan nilai kekeasan di tengah las yaitu 105,12 VHN, 1 cm kiri las 89,07 VHN, dan 1 cm kanan las 88,47 VHN. Sedangkan untuk nilai terendah berturut-turut yaitu garam dengan nilai kekerasan di tengah las 103,86 VHN, 1 cm kiri las 84,77 VHN, 1 cm kanan las 85,43 VHN, dan oli dengan nilai di tengah las 93,51 VHN, 1 cm kiri las 80,87 VHN, dan 1 cm kanan las 82,25 VHN. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa peningkatan kekuatan dan kekerasan setelah proses *quenching* tidak begitu signifikan pada baja ST 36.

Kata Kunci : *Heat Treatment*, *Quenching*, Baja ST 36, dan SMAW

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi, banyak kalangan dunia industri yang menggunakan logam sebagai bahan utama operasional sebagai bahan baku produksinya. Baja karbon banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen konstruksi, komponen-komponen otomotif dan kebutuhan rumah tangga. Aplikasi pemakaiannya, semua struktur logam akan terkena

pengaruh gaya dari luar berupa tegangan-tegangan gesek sehingga menimbulkan *deformasi* atau perubahan bentuk. Usaha menjaga agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan cara perlakuan panas pada baja, hal ini memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kekerasan baja sesuai kebutuhan. Proses ini meliputi pemanasan baja pada suhu tertentu, dipertahankan pada waktu tertentu dan dinginkan pada media tertentu pula. Perlakuan panas

mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal, menghaluskan butiran kristal, meningkatkan kekerasan, meningkatkan tegangan tarik logam dan sebagainya. Tujuan ini akan tercapai seperti apa yang diinginkan jika memperhatikan dari faktor yang mempengaruhinya, seperti suhu pemanasan dan media yang digunakan.

Salah satu proses perlakuan panas pada baja adalah pengerasan (*hardening*), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu didaerah atau di atas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quenching*, (Djafrie,1995).

Pengkajian lebih lanjut dampak dari faktor perbedaan media *quenching* dapat dilakukan melalui beberapa uji bahan. Pengujian bahan yang dilakukan untuk proses *quenching* adalah uji kekuatan tarik dan uji kekerasan. Kekerasan dalam penelitian ini adalah ketahanan dari baja ST 36 terhadap penekanan dari hasil pengujian *vickers*.

Media *quenching* yang digunakan adalah air, air laut, dan oli SAE 40. Alasan digunakan air dan air laut sebagai media adalah karena sangat baik sebagai pendingin untuk baja karbon rendah sedangkan oli SAE 40 karena memiliki kadar *viskositas* 40 pada temperature 100°C sehingga dapat memperbaiki sifat baja. Oleh sebab itu penulis mengambil judul “**ANALISA PENGARUH QUENCHING DENGAN MEDIA BERBEDA TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN BAJA ST 36 DENGAN PENGELASAN SMAW**”.

1.1. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka dibuat perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh *quenching* dengan media air, air laut, dan oli SAE 40 dan membandingkannya dengan tanpa proses *quenching* (*raw material*) terhadap kekuatan tarik dan uji kekerasan baja ST 36 dengan pengelasan SMAW?
2. Apakah hasil pengelasan SMAW terhadap baja ST 36 memenuhi standar?

1.2. Batasan Masalah

Batasan masalah di gunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan. Batasan permasalahan yang di bahas dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah yang biasa digunakan sebagai komponen bagian kapal termasuk elektroda yang digunakan.
2. Proses pengelasan dilakukan di galangan kapal.

3. Pemanasan dilakukan pada suhu 900°C selama 15 menit kemudian di lakukan pendinginan secara cepat dengan menggunakan media pendingin yaitu, air, air garam, dan oli SAE 40.
4. Analisa kekuatan bahan dengan pengujian merusak yang meliputi :
 - a. Uji Tarik.
 - b. Uji Kekerasan.
5. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode pengujian kekerasan *vickers*.
6. Jumlah spesimen yang digunakan adalah 20 dengan rincian 9 spesimen untuk uji tarik masing-masing 3 spesimen untuk air, air garam, dan oli SAE 40 dan 9 spesimen untuk uji kekerasan dengan 3 spesimen untuk air, air garam, dan oli SAE 40 dan masing-masing 1 spesimen *raw material* untuk uji tarik dan uji kekerasan.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang serta permasalahannya maka maksud dan tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui nilai kekuatan tarik baja ST 36 las SMAW pengaruh *quenching* dengan media berbeda dan membandingkannya dengan tanpa proses *quenching* (*raw material*).
2. Mengetahui nilai kekerasan baja ST 36 las SMAW pengaruh *quenching* dengan media berbeda dan membandingkannya dengan tanpa proses *quenching* (*raw material*).

1.4. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharap akan membawa manfaat, baik manfaat praktis maupun manfaat teoritis.

1. Sebagai *literature* pada penelitian yang sejenisnya dalam rangka pengembangan teknologi khususnya pengaruh proses *quenching*.
2. Sebagai informasi penting guna meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pengujian bahan, pengelasan dan bahan teknik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Baja

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya. Dalam proses pembuatan baja akan terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang akan tertinggal di dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium(V), dan unsur lainnya.

Berdasarkan komposisi dalam prakteknya baja terdiri dari beberapa macam yaitu: Baja Karbon (*Carbon Steel*), dan Baja Paduan (*Alloy Steel*).

2.2. Klasifikasi Baja

Berdasarkan tinggi rendahnya presentase karbon di dalam baja, baja karbon diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) mengandung karbon antara 0,10 s/d 0,30 %. Baja karbon ini dalam perdagangan dibuat dalam plat baja, baja strip dan baja batangan atau profil.
2. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*) mengandung karbon antara 0,30% - 0,60% C. Baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin juga dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) mengandung kadar karbon antara 0,60% - 1,7% C. Baja ini mempunyai tegangan tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk *material tools*. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas, alat-alat perkakas seperti: palu, gergaji atau pahat potong.

2.3. Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan padanya. Beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir, atau beban kombinasi.

Sifat-sifat mekanik yang terpenting antara lain :

1. Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, dan ini tergantung pada beban yang bekerja antara lain dapat dilihat dari kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir, dan kekuatan bengkok.
2. Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan (abrasi), penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.
3. Kekenyalan (*elasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan

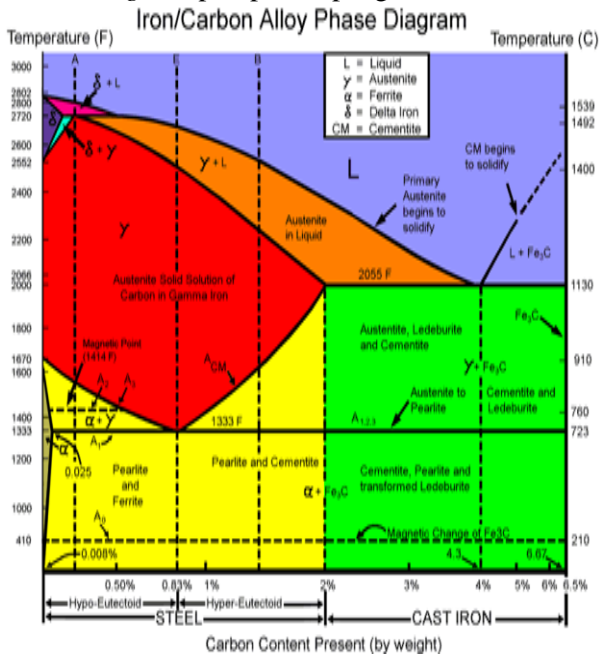
tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.

4. Kekakuan (*stiffness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting daripada kekuatan.
5. Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis yang permanen tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses dengan berbagai proses pembentukan seperti, *forging*, *rolling*, *extruding* dan sebagainya. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan/kekenyalan (*ductility*).
6. Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sifat ini sulit untuk diukur.
7. Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah apabila menerima tegangan berulang-ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengaruhinya.
8. Keretakan (*creep*) merupakan kecenderungan suatu logam mengalami deformasi plastis yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap.

2.4. Diagram Fasa Fe-C

Diagram kesetimbangan besi karbon seperti pada gambar adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon. Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk

semua operasi-operasi perlakuan panas. Dimana fungsi diagram fasa adalah memudahkan memilih temperatur pemanasan yang sesuai untuk setiap proses perlakuan panas baik proses *annealing*, *normalizing* maupun proses pengerasan.



Gambar 1. Diagram Fasa Besi Karbon

2.5. Heat Treatment

Perlakuan panas atau *Heat Treatment* mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal (*internal stress*), menghaluskan ukuran butir kristal dan meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik logam. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, yaitu suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan, laju pendinginan dan lingkungan atmosfer. Perlakuan panas adalah kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperatur sangat menentukan.

1. Pengerasan (*Hardening*)

Suherman (1988:33) menyatakan bahwa pengerasan adalah salah satu laku panas dengan kondisi *non-equilibrium*, laku panas yang pendinginannya berlangsung pada kondisi *non-equilibrium*, pendinginan yang sangat cepat, sehingga struktur mikro yang akan diperoleh juga struktur mikro yang tidak *equilibrium*.

Kekerasan baja tergantung pada komposisi kimianya, terutama kadar karbonnya. Semakin tinggi kadar karbonnya maka semakin keras. Tetapi kekerasan baja masih dapat diubah lagi dengan merubah struktur mikronya. Kekerasan yang sangat tinggi dapat diperoleh dengan

melakukan proses laku panas untuk memperoleh struktur martensit.

Hardening dilakukan dengan memanaskan baja hingga mencapai temperatur austenit, dipertahankan beberapa saat pada temperatur tersebut, lalu didinginkan dengan cepat, sehingga akan diperoleh martensit yang keras. Biasanya sesudah proses *hardening* selesai, segera diikuti proses *tempering*.

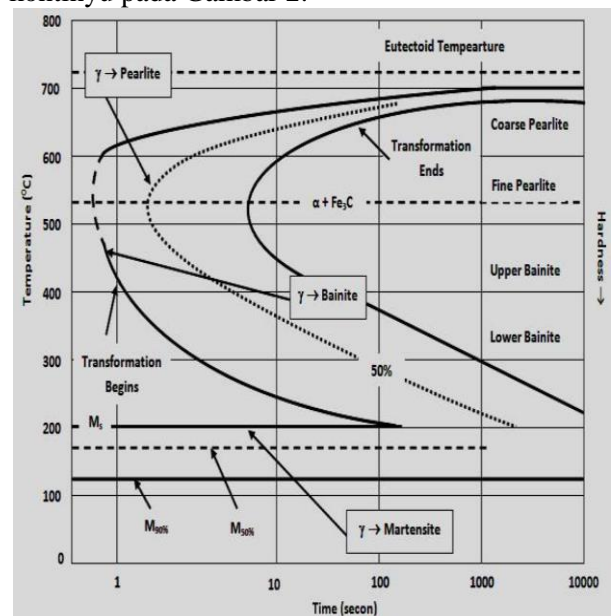
Pada kondisi pemanasan belum tentu semua karbon dalam baja akan larut di dalam austenit, tergantung juga pada tingginya temperatur pemanasan. Oleh karena itu, kekerasan yang terjadi setelah proses *hardening* banyak tergantung pada beberapa hal yaitu tingginya temperatur austenit, *homogeneity* dari austenit, laju pendinginan, kondisi permukaan benda kerja, dan ukuran/ berat benda.

2. *Quenching*

Pengertian pengerasan ialah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami baja. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan dan pendinginan secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis.

2.6. Diagram Transformasi Untuk Pendinginan

Diagram IT (*Isothermal Transformation*) atau TTT (*Time Temperature Transformation*) dilakukan dengan memanaskan baja karbon sehingga mencapai temperatur austenit kemudian mendinginkan dengan laju pendinginan kontinu pada daerah fasa *austenit* kemudian menahannya untuk waktu tertentu dan mendinginkan lagi dengan laju pendinginan kontinu pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram TTT

Pada Gambar 2 menunjukkan diagram TTT untuk jenis baja *hypoeutectoid* dimana garis

ordinat menunjukkan temperatur sedangkan garis absis menunjukkan waktu. Melalui diagram TTT ini, dapat diketahui kapan transformasi austenite dimulai serta waktu yang dibutuhkan untuk membentuk austenite sempurna. Untuk mencapai martensit, kecepatan turunnya suhu dapat relatif dipercepat dengan menggunakan media pendingin, misalnya air, air garam, dll. Seiring dengan turunnya suhu, pembentukan mendekati seratus persen martensit. Terbentuknya struktur mikro bainit dengan kecepatan suhu yang relatif lambat yaitu dengan menggunakan media pendingin udara. Pendinginan udara diberikan secara alami, sehingga lamanya untuk pendinginan membutuhkan waktu yang lama.

2.7. Media Pendingin

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain :

1. Air

Air memiliki massa jenis yang besar tapi lebih kecil dari air garam, kekentalannya rendah sama dengan air garam. Laju pendinginannya lebih lambat dari air garam. Air menghasilkan tingkat pendinginan mendekati tingkat maksimum. Keunggulan air sebagai media pendingin adalah murah, mudah tersedia, mudah dibuang dengan minimal polusi atau bahaya kesehatan. Air juga cukup efektif dalam menghilangkan *scaling* dari permukaan bagian baja yang di *quenching*. Oleh karena itu air sering digunakan sebagai media *quenching* karena tidak mengakibatkan *distorsi* berlebihan atau retak. Air banyak digunakan untuk pendinginan logam *nonferrous*, baja tahan karat *austenitik*, dan logam lainnya yang telah diperlakukan panas. Air sebagai media pendingin memiliki dua kelemahan. Kelemahan pertama yaitu tingkat pendinginan yang cepat pada suhu yang lebih rendah dimana *distorsi* dan retak lebih mungkin terjadi sehingga pendinginan air biasanya terbatas pada pendinginan sederhana. Kelemahan kedua menggunakan air biasa adalah menimbulkan lapisan atau selimut uap sehingga dapat menyebabkan jebakan uap yang dapat menghasilkan kekerasan yang tidak rata dan distribusi tegangan yang tidak menguntungkan, menyebabkan *distorsi* atau bintik lembut. Pendinginan dengan air pada produk baja juga dapat menyebabkan karat sehingga penanganan harus cepat.

2. Minyak

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah benda kerja yang diolah. Selain minyak yang khusus digunakan sebagai bahan pendingin pada proses

perlakuan panas, dapat juga digunakan oli, minyak bakar atau solar.

3. Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal – kristal dan kemungkinan mengikat unsur – unsur lain dari udara. Adapun pendinginan pada udara terbuka akan memberikan oksidasi oksigen terhadap proses pendinginan.

4. Garam

Garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan mengikat zat arang. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda beda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin.

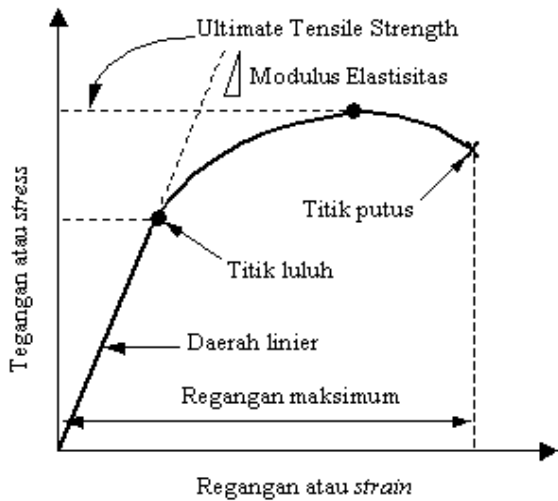
2.8. Pengujian Kekerasan

Kekerasan logam didefinisikan sebagai ketahanan terhadap penetrasi, dan memberikan indikasi cepat mengenai perilaku deformasi. Alat uji kekerasan menekankan bola kecil, piramida atau kerucut ke permukaan logam dengan beban tertentu, dan bilangan kekerasan (*brinell* atau piramida *vickers*) diperoleh dari diameter jejak. Kekerasan dapat dihubungkan dengan kekuatan luluh atau kekuatan tarik logam, Karena sewaktu indentasi, material di sekitar jejak mengalami deformasi plastis mencapai beberapa persen regangan tertentu.

2.9. Pengujian Tarik

Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap berupa kurva. Kurva ini menunjukkan hubungan antara tegangan dengan regangan.

Perubahan panjang dalam kurva disebut sebagai regangan teknik (ϵ eng.), yang didefinisikan sebagai perubahan panjang yang terjadi akibat perubahan statik (ΔL) terhadap panjang batang mula-mula (L_0). Tegangan yang dihasilkan pada proses ini disebut dengan tegangan teknik (σ eng), dimana didefinisikan sebagai nilai pembebanan yang terjadi (F) pada suatu luas penampang awal (A_0).



Gambar 3. Kurva tegangan regangan Baja

Tegangan normal tersebut akibat gaya tarik dapat ditentukan berdasarkan persamaan (1).

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

Σ = Tegangan tarik (MPa)

F = Gaya tarik (N)

A_0 = Luas penampang spesimen mula-mula (mm²)

Regangan akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2).

$$\varepsilon = \frac{F}{A_0} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana: $\Delta L = L - L_0$

Keterangan:

ε = Regangan akibat gaya tarik

L = Perubahan panjang spesimen akibat beban tekan (mm)

L_0 = Panjang spesimen mula-mula (mm)

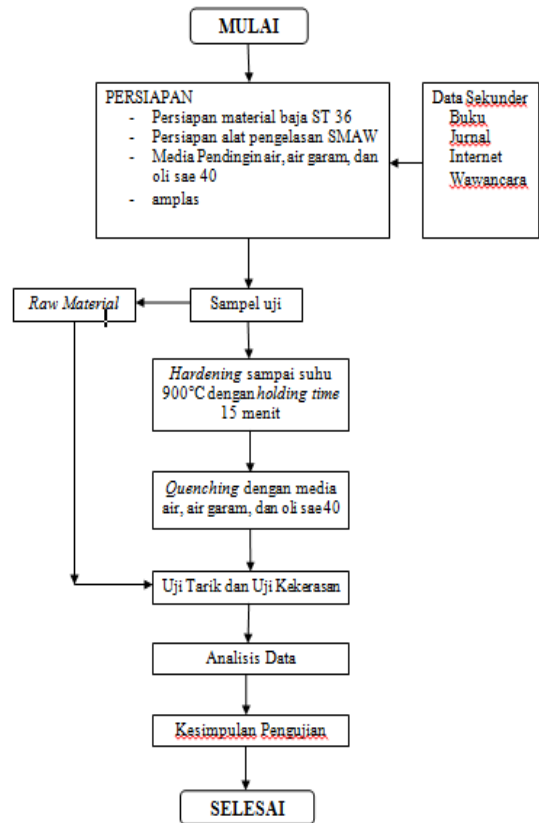
Pada prakteknya nilai hasil pengukuran tegangan pada suatu pengujian tarik pada umumnya merupakan nilai teknik. Regangan akibat gaya tarik yang terjadi, panjang akan menjadi bertambah dan diameter pada spesimen akan menjadi kecil, maka ini akan terjadi deformasi plastis. Hubungan antara stress dan strain dirumuskan pada persamaan (3).

$$E = \sigma / \varepsilon \dots \dots \dots (3)$$

E adalah gradien kurva dalam daerah linier, di mana perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ε) selalu tetap. E diberi nama "Modulus Elastisitas" atau "Young Modulus". Kurva yang menyatakan hubungan antara strain dan stress seperti ini kerap disingkat kurva SS (SS curve).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian mengikuti diagram alir seperti berikut :



3.1. Alat dan Bahan

a. Alat

Adapun peralatan yang di gunakan selama penelitian ini adalah :

1. Tungku Pemanas (*Furnace Naber*)
2. Jangka Sorong
3. Penjepit Spesimen
4. Alat Uji Kekerasan *vickers*
5. Alat Uji Tarik *Selvopulser*

b. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Baja ST 36 yang biasa digunakan dalam komponen kapal
2. Elektroda E6013
3. Amplas dengan grade 100, 400, dan 1000

3.2. Langkah-Langkah Penelitian

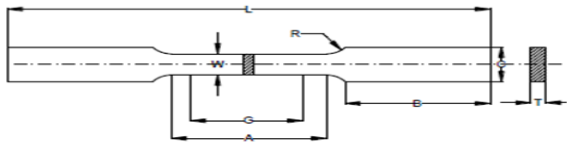
3.2.1. Persiapan Spesimen

Adapun banyaknya jumlah spesimen dalam penelitian ini berjumlah 20 dengan rincian 9 spesimen untuk uji tarik masing-masing 3 spesimen untuk air, air garam, dan oli SAE 40 dan 9 spesimen untuk uji kekerasan dengan 3 spesimen untuk air, air garam, dan oli SAE 40 dan masing-masing 1 spesimen *raw material* untuk uji tarik dan uji kekerasan.

3.2.2. Dimensi Spesimen

a. Spesimen Uji Tarik

Dalam pembuatan spesimen untuk uji tarik bentuk spesimen uji tarik mengacu pada standar ASTM E8M.



Gambar 5. Bentuk Spesimen Standar ASTM E8M

Keterangan (dalam mm) :

- Gage length (G) : 50
- Length of reduced section (A) : 57
- Width (W) : 12,5
- Thickness (T) : 5
- Radius of fillet (R) : 12,5
- Overall length (L) : 200
- Width of grip section (C) : 20
- Length of grip section (B) : 50

b. Spesimen Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di 3 titik yaitu tengah las, 1 cm kiri dari titik tengah las dan 1 cm kanan dari titik tengah las. Pengujian kekerasan dilakukan mengacu pada ASTM E92 dengan pembebanan *macro* 30 kg.



Gambar 6. Bentuk Spesimen Uji Kekerasan

Keterangan (dalam mm):

- *Lengt* : 100
- *Width* : 30
- *Thickness* : 5

3.2.3. Proses Pengelasan

Baja dibuatkan kampuh terlebih dahulu sesuai kampuh yang diinginkan yaitu kampuh X. Setelah itu dilakukan pengelasan SMAW pada kampuh tersebut.

Tabel 1. Data Pengelasan

Elektroda	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Kecepatan Las(cm/m)
E6013	20	100	3,4

3.2.4. Proses Heat Treatment

Pemanasan memberikan pengaruh pada sifat mekanis bahan. Setelah dipanaskan pada suhu 900°C dan di tahan sampai waktu 15 menit, spesimen di *quenching* dengan 3 media pendingin berbeda yaitu air, air garam (10%) dan oli SAE 40.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

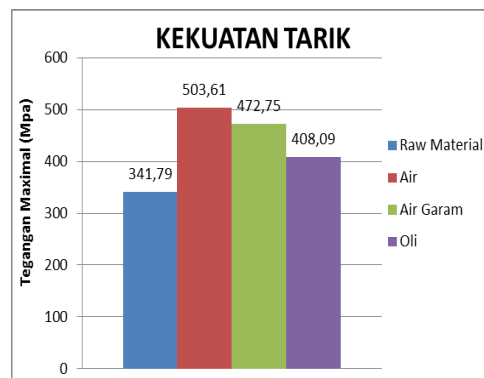
4.1. Hasil Pengujian Tarik

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 kaliatan/keuletan yang ditunjukkan dengan adanya prosen perpanjangan (*elongation*) dan prosen kontraksi atau reduksi penampang (*reduction of area*). Hasil pengujian tarik ditunjukkan dalam tabel grafik di bawah ini:

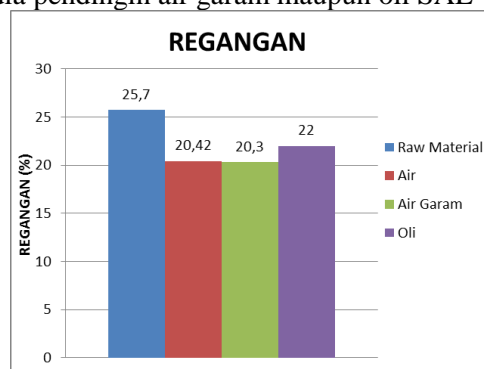
Tabel 2. Nilai Kekuatan Tarik

Spesimen	Teg. Luluh (σ_Y) MPa	Teg. Max (σ_u) MPa	Regangan (%)	σ Rata-rata MPa
Raw Material	300,36	341,79	25,7	341,79
Air 1	381,6	518,48	20,5	503,61
Air 2	345,5	490,86	21,3	
Air 3	382,87	501,48	19,9	
Air	335,63	461,49	21,3	472,75
Garam 1	347,32	487,91	19,4	
Garam 2	336,49	468,85	20,2	
Garam 3	341,56	409,87	21	408,09
Oli 2	344,47	424,29	24,7	
Oli 3	319,18	390,11	20,3	



Gambar 1. Diagram rata-rata nilai kekuatan tarik

Grafik dan tabel di atas menjelaskan bahwa nilai kekuatan tarik spesimen hasil *quenching* lebih tinggi di banding *raw material*. Spesimen dengan media pendingin air memiliki nilai kekuatan tertinggi di banding dengan spesimen media pendingin air garam maupun oli SAE 40.

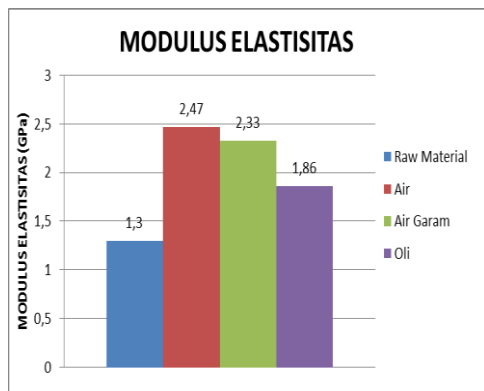


Gambar 2. Diagram rata-rata nilai regangan

Dari hasil tabel dan grafik regangan diketahui *raw material* memiliki regangan tertinggi di banding spesimen dengan proses *quenching*. Dan diantara spesimen yang mengalami proses *quenching* bahwa regangan tertinggi berturut-turut dimiliki oleh spesimen oli, air dan air garam. Ini terjadi karena proses pendinginan pada oli berjalan dengan lambat tidak secepat air maupun air garam.

Tabel 3. Hasil Nilai Modulus Elastisitas

Spesimen	Σ Max (Mpa)	Regangan (%)	E Rata-rata (Gpa)
<i>Raw material</i>	341,79	25,7	1,3
Air 1	518,48	20,05	2,47
Air 2	490,86	21,3	
Air 3	501,48	19,9	
Air	461,49	21,3	2,33
Garam 1	487,91	19,4	
Garam 2		Air	
Garam 3	409,87	21	1,86
Oli 1		24,7	
Oli 2		20,3	



Grafik 3. Rata-rata nilai regangan

Dari hasil perhitungan modulus elastisitas nilai rata-rata tertinggi berturut-turut dimiliki oleh spesimen dengan media air 2,4 GPa, air garam 2,33 GPa, oli 1,86 GPa dan *raw material* 1,3 GPa. Modulus elastisitas menggambarkan kekakuan suatu bahan, semakin tinggi nilainya semakin tinggi juga kekakuannya. Dan proses *quenching* membuat spesimen menjadi kaku.



Gambar 7. Hasil Fisik Pengujian Tarik (dari kiri ke kanan spesimen *raw material* media air, air garam, dan oli)

4.2. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode pengujian *vickers* atau dikenal dengan *Diamond Pyramid Hardness test (DPH)*. Uji Kekerasan *vickers* menggunakan indentor piramida intan dengan besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136°. Pengujian *vickers* memakai pengujian *macro* yaitu dengan pembebanan 1-100 kg ke benda uji. Dalam penelitian pengujian kekerasan ini menggunakan pembebanan 30 kg. Diputuskan memakai pembebanan 30 kg karena dikhawatirkan terjadi *deformasi* pada spesimen mengingat spesimen yang digunakan adalah baja ST 36 yang merupakan baja karbon rendah yaitu baja yang lunak dan melihat dari penelitian-penelitian yang sebelumnya pernah dilakukan. Berikut adalah tabel hasil pengujian kekerasan :

Tabel 4. Hasil Kekerasan Rata-rata *vickers*

Spesimen	Posisi Titik uji	Rata-rata		
		D (mm)	P (Kg)	Kekerasan (VHN)
<i>Raw Material</i>	1 cm kiri las	0,7	30	79,46
	Tengah las	0,6	30	92,70
	1 cm kanan las	0,7	30	79,46
Air	1 cm kiri las	0,52	30	106,96
	Tengah las	0,45	30	123,60
	1 cm kanan las	0,51	30	109,09
Air Garam	1 cm kiri las	0,52	30	106,96
	Tengah las	0,59	30	94,27
	1 cm kanan las	0,68	30	81,79
Oli	1 cm kiri las	0,69	30	80,61
	Tengah las	0,59	30	94,27
	1 cm kanan las	0,68	30	81,79

Tabel di atas adalah nilai rata-rata dari semua spesimen. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa spesimen dengan proses *quenching* memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibanding spesimen *raw material* walau dengan nilai yang berbeda-beda antara media pendingin. Rata-rata kekerasan dititik 1 cm kiri las, tengah las, maupun 1 cm kanan las tertinggi dimiliki oleh spesimen dengan media pendingin air walaupun kekerasan di bagian 1 cm kiri las mempunyai kesamaan dengan kekerasan di spesimen media pendingin di titik yang sama. Lalu kemudian disusul oleh spesimen dengan media pendingin garam dan oli. Nilai kekerasan di bagian tengah las dan 1 cm kanan las mempunyai kesamaan antara kedua spesimen tersebut. Dari hasil pengujian tersebut disimpulkan bahwa kenaikan nilai kekerasan dari spesimen yang mengalami *quenching* dibandingkan *raw material* hanya sedikit.



Gambar 8. Hasil Fisik Pengujian Kekerasan

5. KESIMPULAN dan SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan hasil uji tarik dan kekerasan pada baja ST 36 hasil pengelasan SMAW dengan perbedaan media pendingin pada proses *quenching* yang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kekuatan tarik baja ST 36 pengelasan SMAW dengan perbedaan media pendingin pada proses *quenching* menghasilkan kekuatan tarik berbeda jika dibandingkan dengan *raw material*. Kekuatan tarik rata-rata tertinggi dihasilkan oleh spesimen dengan media pendingin air yaitu sebesar 503,61 Mpa. Sedangkan hasil kekuatan tarik rata-rata terendah berturut-turut dimiliki oleh spesimen dengan media pendingin air garam 472,75 Mpa dan oli 408,09 Mpa. Hasil kekuatan tarik *raw*

material sendiri adalah 341,79 Mpa. Untuk regangan rata-rata pada spesimen dengan media air adalah 20,42 %, air garam 20,30% dan oli adalah 22%. Sedangkan regangan untuk *raw material* adalah 25,7%. Dan untuk modulus elastisitas rata-rata tertinggi berturut-turut adalah spesimen dengan media air 2,40 GPa, air garam 2,33 GPa, oli 1,86 GPa dan *raw material* 1,3 GPa. Grafik dari hasil pengujian tarik menunjukkan grafik yang berbeda, grafik spesimen media pendingin air dan air garam berbeda dengan grafik *raw material* sedangkan spesimen media oli mempunyai grafik yang sama dengan *raw material*. Perbedaan grafik itu karena tidak adanya titik luluh atas dan luluh bawah pada grafik hasil uji tarik spesimen media pendingin air dan air garam, titik luluh atas dan luluh bawah pada grafik mengindikasikan benda tersebut mempunyai sifat ulet. Ini berarti spesimen media pendingin air dan air garam bersifat getas dan spesimen media pendingin oli masih mempunyai keuletan. Ini dikarenakan presentase struktur mikro martensit pada spesimen media pendingin air dan air garam jauh lebih tinggi di banding spesimen media pendingin oli.

2. Hasil pengujian kekerasan antara spesimen dengan proses *quenching* dengan *raw material* tidak mengalami kenaikan yang signifikan dan semua spesimen hasil *quenching* mempunyai nilai yang sama walau tidak disemua titik. Hasil kekerasan tertinggi untuk daerah tengah las berturut-turut adalah air dengan 123,6 VHN, air garam dengan 103,86 VHN dan oli dengan 94,27 VHN setelah itu *raw material* dengan 92,7 VHN. Untuk 1 cm kiri las adalah air dan air garam dengan 106,96 VHN, Oli 80,61 VHN, dan *raw material* 79,46 VHN. Untuk 1 cm kanan las adalah air 109,09 VHN, air garam, oli 81,79 VHN dan *raw material* 79,46 VHN. Dengan hasil kedua pengujian ini membuktikan bahwa proses *quenching* berpengaruh besar pada kekuatan tarik karena poses *quenching* membuat kenaikan kekuatan tarik yang tinggi pada baja tapi tidak begitu berpengaruh pada kekuatan kekerasan karena

kekuatan kekerasan yang dihasilkan proses *quenching* hanya mengalami kenaikan yang sedikit. Dengan begitu baja ST 36 kurang cocok diuntuk dilakukan proses *quenching*.

5.2. Saran

Setelah menganalisa hasil penelitian, maka terdapat beberapa saran yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut ditambah proses *tempering* untuk mengetahui struktur mikro pada baja tersebut dan dengan media yang lebih banyak.
2. Pengujian selanjutnya sebaiknya di tambah dengan pengujian bending dan impak.
3. Sebaiknya dilakukan penelitian dengan menggunakan baja karbon sedang atau tinggi agar mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alip, M., 1989, *Teori dan Praktik Las*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- [2] Amanto, Hari. 1999. *Ilmu Bahan*. Bumi Aksara, Jakarta.
- [3] Amstead, BH.1997. *Teknologi Mekanik jilid 1*. Erlangga, Jakarta.
- [4] Arifin, S. , 1997, *Las Listrik dan Otogen*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- [5] ASM Handbook.2005. Volume 4, *Heat Treatment*. ASM International.
- [6] Bradbury, EJ. 1990. *Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [7] Dieter, George E. 1987. *Metalurgi Mekanik*. Erlangga, Jakarta.
- [8] Koswara, Engkos. 1999. *Pengujian Bahan Logam*. Humaniora Utama Press, Bandung.
- [9] Widharto, S., 2001, *Petunjuk Kerja Las*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [10] Wiryosumarto, H., 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, Erlangga, Jakarta.