
ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN PADA PROSES HARDENING BAJA ST 41 TERHADAP LAJU KOROSI DENGAN MEDIA KOROSI AIR GARAM

Silvanus Langkarten¹, Edi Santoso., ST. MT², Fatkhurrohman, S.T., M.Eng³
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya^{1,2,3}

Email : langkarten@gmail.com¹, edisantoso@untag-sby.ac.id², Fatkhurrohman@untag-sby.ac.id³

ABSTRAK

Korosi merupakan peenurunan sifat suatu logam akibat reaksi kimia antara logam dengan lingkungannya/paduan logam. Besi baja ST-41 mempunyai arti tegangan tarik atau tensile strength dengan 40 kg/mm². Natrium Klorida (NaCl) pada proses elektro kimia tidak untuk dikonsumsi, sehingga untuk membuat konsentrasi elektrolit konstan perlu ditambahkan H₂O atau aquades dan NaCl. Data penelitian ini meliputi hasil Pengujian kehilangan berat setelah perlakuan panas dengan suhu temperatur 875°C, 925°C, 975°C dengan perlakuan pendinginan cepat menggunakan air dan masing-masing perlakuan panas menggunakan variasi waktu tahan 10 menit, 15 menit dan 20 menit. Perlakuan proses panas dilakukan untuk mengetahui variasi pengaruh temperatur pada proses hardening pada baja ST 41. hal ini dilihat bahwa laju korosi yang terjadi pada spesimen tanpa perlakuan panas 0°C dengan perendaman larutan garam selama 15 hari didapatkan rerata kecepatan korosi sebesar 0,9077 mm/y dan akan menurun terus menerus, pada variasi suhu temperature 975°C sebesar 0,1512 mm/y. Proses hardening dengan variasi suhu temperatur (875°C, 925°C, dan 975°C) korosi air garam dapat mengurangi laju korosi pada baja ST 41 hasil terbaik yaitu suhu temperatur 975°C dengan waktu tahan (*holding time*) 20 menit nilai laju korosinya adalah 0,1512 mm/y. *holding time* 10, 15, dan 20 menit perlakuan panas hardening dengan media quenching air tawar memberikan waktu karbon berdifusi sehingga mengurangi laju kecepatan korosi pada baja ST 41.

Kata kunci: Baja ST 41, Perlakuan Panas, Temperatur, Waktu Tahan, Korosi.

ABSTRACT

Corrosion is a decrease in the properties of a metal due to a chemical reaction between the metal and its environment/metal alloy. ST-41 steel has a tensile strength meaning of 40 kg/mm². Sodium chloride (NaCl) in the electro-chemical process is not to be consumed, so to make the electrolyte concentration constant, you need to add H₂O or distilled water and NaCl. The research data includes the results of weight loss testing after heat treatment at temperatures of 875°C, 925°C, 975°C with fast cooling treatment using water and each heat treatment using a variation of holding time of 10 minutes, 15 minutes and 20 minutes. Heat treatment was carried out to determine variations in the effect of temperature on the hardening process on ST 41 steel. It can be seen that the corrosion rate that occurs in specimens without heat treatment at 0°C by immersing in salt solution for 15 days obtained an average corrosion rate of 0.9077 mm/ y and will decrease continuously, at a temperature variation of 975°C of 0.1512 mm/y. The hardening process with variations in temperature (875°C, 925°C, and 975°C) of salt water corrosion can reduce the corrosion rate of ST 41 steel. The best result is a temperature of 975°C with a holding time of 20 minutes. its corrosion is 0.1512 mm/y. holding time of 10, 15, and 20 minutes hardening heat treatment with fresh water quenching media provided time for carbon to diffuse thereby reducing the corrosion rate of ST 41 steel.

ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN.....

Keywords: *Steel ST 41, Heat Treatment, Temperature, Holding Time, Corrosion*

I. PENDAHULUAN

Bahan baja yang banyak digunakan dalam latihan fungsional modern atau pemanfaatannya, baja memiliki sifat mekanik tertentu seperti contoh kekerasan. Beberapa tahapan proses treatment dapat ditingkatkan dengan melakukan, sebagai contoh adalah mechanical treatment/intensity therapy yaitu pada sifat mekanik. Karbon baja rendah banyak digunakan pada bagian-bagian komponen mesin seperti roda gigi, sekrup, rantai, dan poros, dan lain-lain.

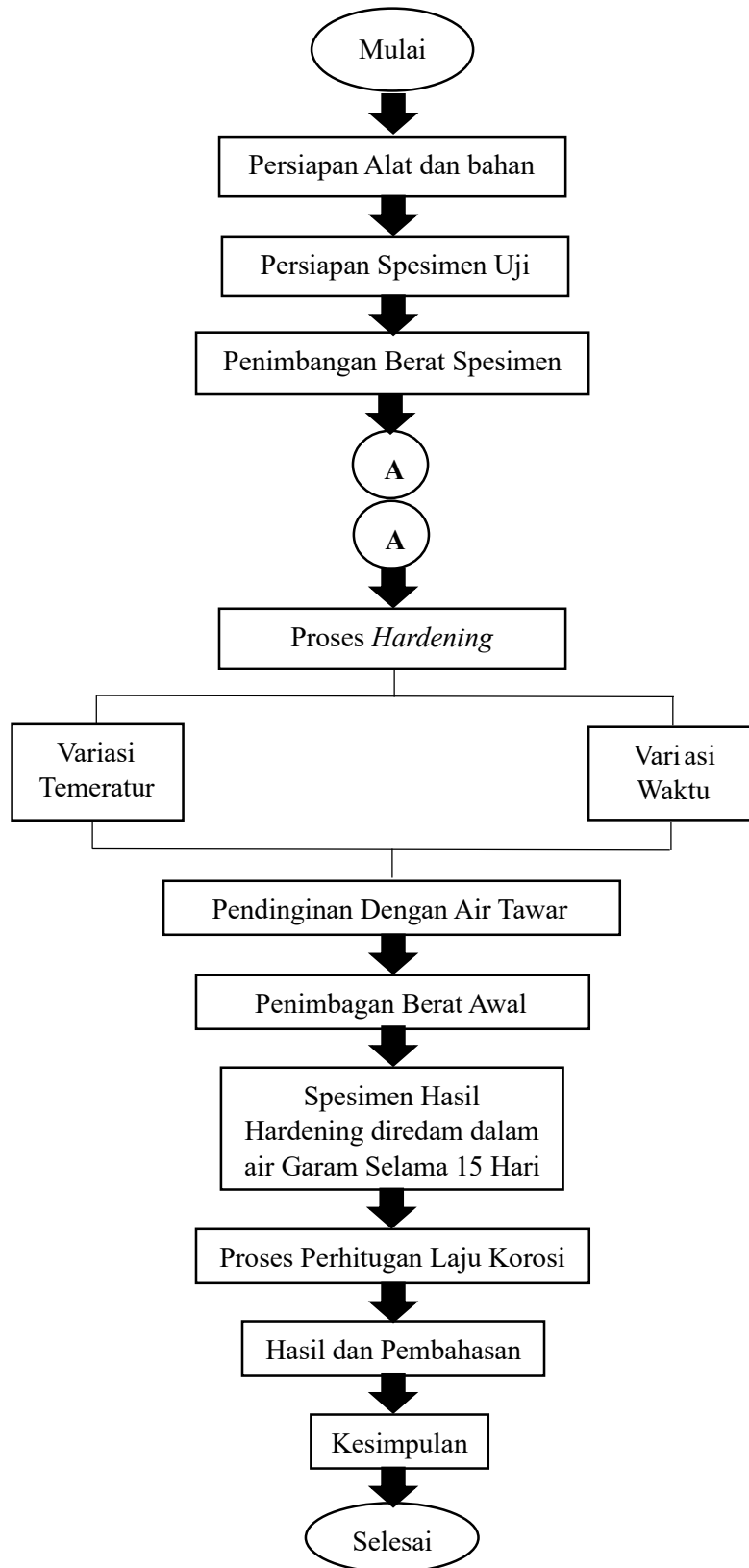
Baja karbon rendah merupakan Baja ST 41 sehingga mempunyai sifat mekanik, utamanya kekerasan dan fleksibilitas, yang tidak sesuai dengan kebutuhan yang ada. Penggunaan bahan baja ST 41 akan mudah membesar atau memanjang bila digunakan karena bahan baja yang digunakan tidak cukup keras. Untuk mengubah sifat material yang sebenarnya, perlakuan panas dapat menghasilkan pepadatan yang kekerasan sangat ideal. Cara pepadatan atau pepadatan yang paling umum adalah proses penerapan intensitas untuk mendapatkan objek bahan yang keras, rangkaian proses ini diselesaikan dengan perlakuan suhu tinggi, khususnya pada suhu austenisasi yang digunakan untuk memecah semenit dalam austenite yang dipadamkan kemudian.

Sistem pepadatan memerlukan temperatur dan holding time yang tepat untuk mendapatkan material yang keras dan tidak lemah. Laju pendinginan pada sifat mekanik baja sangat kuat dalam setiap kemalangan intensitas cepat yang akan menyebabkan komponen kekerasan baja menjadi martensit, baja merupakan logam kombinasi yang memiliki komponen dasar besi karbon dan lain-lain, pengertian baja sangat menarik pada kandungan karbon yang dimilikinya. Karbon sendiri adalah salah satu komponen utama sehingga dapat meningkatkan kekerasan dari bahan itu sendiri. (Muhammad Irham Hawari dkk, 2020).

Umumnya, terapi intensitas yaitu dimaksud dengan perlakuan panas atau yang sering disebut sebagai cara yang paling umum untuk logam dipanaskan pada treatment suhu tertentu dengan kecepatan pemanasan tertentu, dan pada saat itu dibiarkan diam selama waktu tertentu. Kerangka waktu dan diaktifkan kembali dengan perubahan laju pendinginan tertentu dengan media cairan atau udara, seperti air dan oli. (Novri Media, 2017).

Pada penelitian ini dalam pengaplikasian baja karbon struktur material bangunannya salah satunya untuk ketel uap, seperti yang telah diketahui bahwa lingkungan yang dapat terkorosif dan akan cepat bereaksi dengan logam lain apabila terjadi kontak secara langsung dengan air adalah pada bangunan ketel uap. Pada penelitian ini akan dibahas tentang “analisa pengaruh variasi temperatur dan waktu tahan pada proses *hardening* baja ST 41 terhadap laju korosi dengan media korosi air garam”.

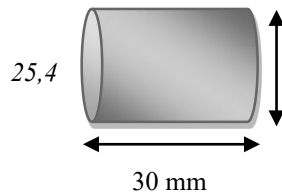
II. METODE PENELITIAN



Bahan atau spesimen uji menggunakan baja ST 41 gambar di bawah ini dapat dilihat pada dengan dimensi ukuran :

ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN.....

- a. Spesimen
 Panjang : 30 mm
 Diameter : 25,4 mm



Gambar Material Spesimen (Media Nofri 2017)

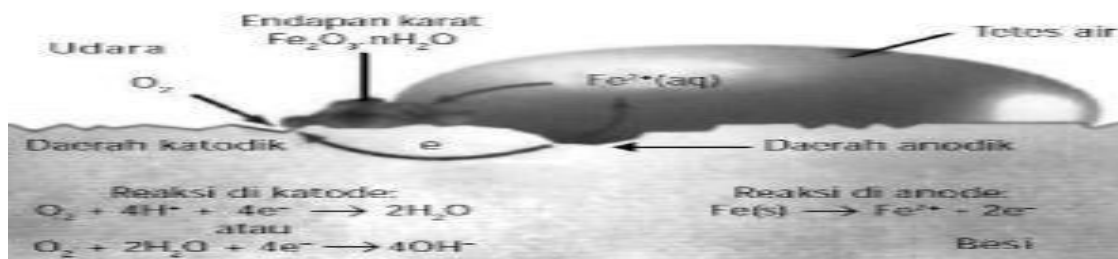
Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*)

Sebelum spesimen dimasukkan dalam tungku pemanasan maka akan dilakukan penimbangan berat spesimen. Masukkan 3 buah spesimen ke dalam tungku pemanasan pada setiap variasi temperatur. Lalu panaskan tungku pemanasan pada temperatur 875°C, 925°C, dan 975°C secara bergantian dengan waktu tahan yang sudah ditentukan, tahan temperatur dan lakukan proses *holding time*, lama tahan proses *holding time* 10, 15 dan 20 menit. Pada setiap variasi *holding time* membutuhkan 3 buah spesimen.

	10 m	15 m	20 m
875°C	875°C 10 m (3spesimen)	875°C 15 m (3spesimen)	875°C 20 m (3spesimen)
925°C	925°C 10 m (3spesimen)	925°C 15 m (3spesimen)	925°C 20 m (3spesimen)
975°C	975°C 10 m (3spesimen)	975°C 15 m (3spesimen)	975°C 20 m (3spesime)

proses pendinginan (*quenching*)

Keseluruhan komponen korosi yang terjadi pada suatu larutan dimulai dengan logam yang teroksidasi dan kemudian melepaskan elektron untuk membentuk partikel logam yang bermuatan positif. Susunan berikut akan terjadi sebagai katoda dan respon yang khas adalah kedatangan H₂ dan penurunan O₂, karena berkurangnya partikel H⁺ dan H₂O. Respons ini terjadi pada permukaan logam yang kemudian menyebabkan pengupasan karena logam terus larut ke dalam ssusunan. (Nurdin, dkk, 1998)



Mekanisme Terjadinya Korosi (Putrandi, 2017)

Sesudah dilakukan *holding time* spesimen akan dilanjutkan dengan proses pendinginan cepat dengan menggunakan air tawar.

❖ **Pengerosian**

Sebelum dilakukan pengikisan, contoh yang telah digerus terlebih dahulu dibersihkan, kemudian ditimbang dan dicatat berat dasarnya, kemudian contoh yang telah diukur tersebut dimasukkan ke dalam wadah yang telah berisi larutan air garam 500 ml. Tunggu waktu erosi selama 15 hari. Setelah 15 hari konsumsi, contoh diambil dari pemegangnya. Kemudian dibersihkan menggunakan air dengan cara digosok dengan bahan kemudian dimasukkan ke dalam panggangan selama 24 jam kemudian ditimbang berat contoh yang telah diminum dan dicatat hasilnya. Apa yang akan terjadi sebagai katoda dalam respons tipikal adalah kedatangan H₂ dan penurunan O₂, karena berkurangnya partikel H⁺ dan H₂O. Respons ini terjadi pada lapisan luar logam yang akan terkelupas karena penghancuran logam berulang kali ke dalam susunan. (Nurdin, dkk, 1998).

❖ **Analisa Data dan Hasil Pengujian *Weight Loss Metode kehilangan berat***



Penimbangan Berat Awal Spesimen

❖ **Sebelum Pengerosian**

Pada penelitian ini perhitungan laju korosi menggunakan metode kehilangan berat (*weight Loss*). Sebelum dihitung laju korosinya, terlebih dahulu dilakukan penimbangan bobot awal spesimen, yaitu sebelum bahan dilakukan perendaman (w_1) dan penimbangan berat akhir bahan setelah dilakukan perendaman (w_2) pada setiap variabel. Khusus untuk penimbangan berat akhir spesimen dilakukan pada hari ke- 15 pada setiap variasi temperatur. Adapun semua hasil data dari pengujian metode kehilangan berat yang dihasilkan pada saat pengambilan data bisa dilihat pada tabel berikut ini:

Data kehilangan berat variasi beberapa temperatur dengan jangka waktu *holding time* 10 menit

Tempe ratur	Waktu Prenda man	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	ΔW (gram)
0°C	15	119.105	119.023	0.08
875°C	15	117.040	116.980	0.06
	15	117.768	117.710	0.05
	15	118.918	118.853	0.06

ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN.....

925°C	15	119.721	119.670	0.05
	15	119.924	119.980	0.04
	15	118.995	118.960	0.03
975°C	15	115.871	115.857	0.01
	15	115.795	115.761	0.03
	15	115.227	115.199	0.02

Data kehilangan berat beberapa variasi temperatur dengan jangka waktu *holding time* 15 menit

Tempe ratur	Waktu Prenda man	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	ΔW (gram)
0°C	15	118.109	118.013	0.09
875°C	15	118.603	118.510	0.09
	15	119.076	118.992	0.08
	15	118.995	118.935	0.06
925°C	15	119.828	119.752	0.07
	15	120.182	121.138	0.04
	15	120.828	120.760	0.06
975°C	15	116.655	116.635	0.02
	15	115.918	115.879	0.03
	15	118.800	118.780	0.02

Data kehilangan berat variasi temperatur dengan waktu *holding time* 20 menit

Tempe ratur	Waktu Prenda man	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	ΔW (gram)
0°C	15	118.995	118.899	0.09
875°C	15	120.310	120.236	0.07
	15	118.164	118.073	0.09
	15	117.563	117.474	0.08
925°C	15	120.152	120.068	0.08
	15	118.003	117.924	0.07
	15	120.747	120.683	0.06
975°C	15	114.087	114.060	0.02
	15	114.165	114.153	0.01

	15	116.441	116.429	0.01
--	----	---------	---------	------

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian ini meliputi hasil pengujian weigh loss kehilangan berat berat sesudah perlakuan panas hardening dengan temperatur 875°C, 925°C, 975°C dengan laju pendinginan cepat menggunakan air tawar dengan masing-masing perlakuan panas *hardening* menggunakan variasi waktu tahan 10 menit, 15 menit dan 20 menit dan spesimen bahan pada penelitian ini menggunakan material baja ST 41. Pada gambar (A) Hasil Pengujian perlakuan panas spesimen uji dengan holding time 10 menit.

Pada gambar (A) Hasil proses perlakuan panas spesimen ST 41 dengan temperatur 875°C, 925°C, 975°C menggunakan media pendingin air tawar dengan waktu tahan (*holding time*) 10 menit serta lama perendaman selama 15 hari.



(A)

Pada gambar (B) Hasil Pengujian perlakuan panas spesimen uji dengan *holding time* 15 menit. Pada gambar di bawah ini hasil proses perlakuan panas spesimen ST 41 dengan temperatur 875°C, 925°C, 975°C menggunakan media pendingin air tawar dengan waktu tahan (*holding time*) 15 menit dan lama perendaman selama 15 hari.



(B)

Pada gambar (C) Hasil Pengujian perlakuan panas spesimen uji dengan spesimen uji 20 menit. Pada gambar di bawah ini Hasil proses perlakuan panas spesimen ST 41 dengan temperatur

ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN.....

875°C, 925°C, 975°C, menggunakan pendingin air tawar sebagai media dengan waktu tahan (*holding time*) 20 menit dan lama perendaman selama 15 hari.



(C)

Data perhitungan laju korosi beberapa variasi temperatur dengan lama waktu (*holding time*) 10 menit

Heat treatment		Lama perendaman		Kehilangan Berat (gram)	Laju korosi mm/y
kode	Temp eratur	jam	hari		
D1	0°C	360	15	0.09	1.212
<i>Rata-rata laju korosi tanpa perlakuan ;1.0212</i>					
A1	875°C	360	15	0.09	1.0212
A2	875°C	360	15	0.08	0.9077
A3	875°C	360	15	0.08	0.6808
<i>Rata-rata laju korosi 875°C: 0.8699</i>					
B1	925°C	360	15	0.07	0.742
B2	925°C	360	15	0.04	0.4538
B3	925°C	360	15	0.06	0.6808
<i>Rata-rata laju korosi 925°C: 0.6429</i>					
C1	975°C	360	15	0.02	0.2269
C2	975°C	360	15	0.03	0.3404
C3	975°C	360	15	0.01	0.2269
<i>Rata-rata laju korosi 975°C: 0.2647</i>					

Data perhitungan laju korosi variasi temperatur dengan lama waktu (*holding time*) 15 menit

Heat treatment		Lama perendaman		Kehilangan Berat (gram)	Laju korosi mm/y
kode	Temp eratur	jam	hari		
D1	0°C	360	15	0.08	1.9070
<i>Rata-rata laju korosi tanpa perlakuan ;0.9070</i>					
A1	875°C	360	15	0.06	0.6808
A2	875°C	360	15	0.05	0.5673

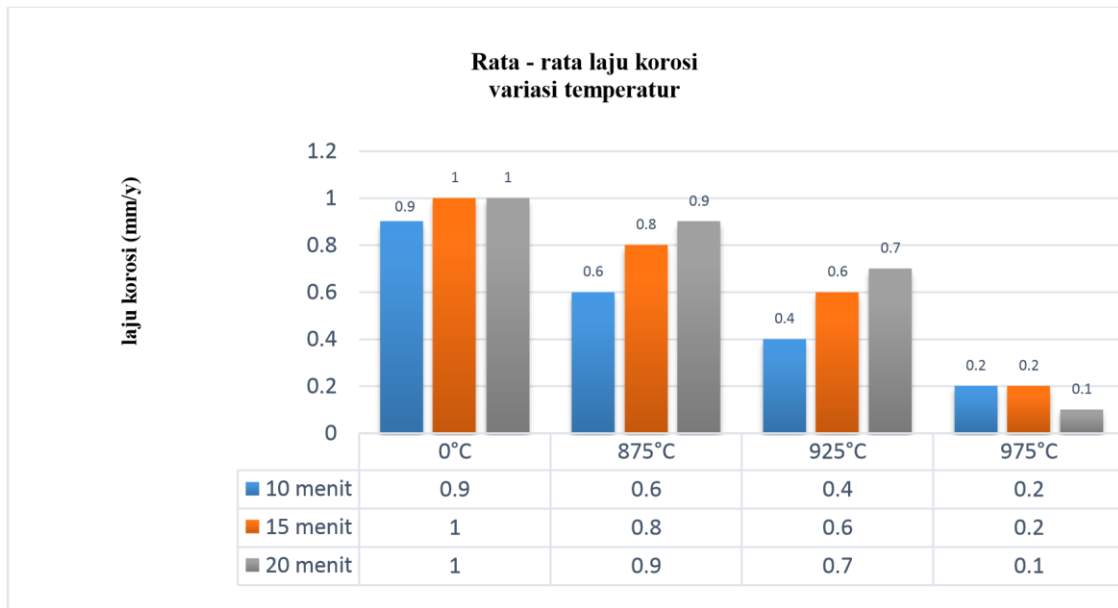
A3	875°C	360	15	0.06	0.6808
<i>Rata-rata laju korosi 875°C: 0.6429</i>					
B1	925°C	360	15	0.05	0.5673
B2	925°C	360	15	0.04	0.4538
B3	925°C	360	15	0.03	0.3404
<i>Rata-rata laju korosi 925°C: 0.4537</i>					
C1	975°C	360	15	0.01	0.1134
C2	975°C	360	15	0.03	0.3404
C3	975°C	360	15	0.02	0.2269
<i>Rata-rata laju korosi 975°C: 0.2269</i>					

Data perhitungan laju korosi variasi temperatur dengan lama waktu (*holding time*) 20 menit

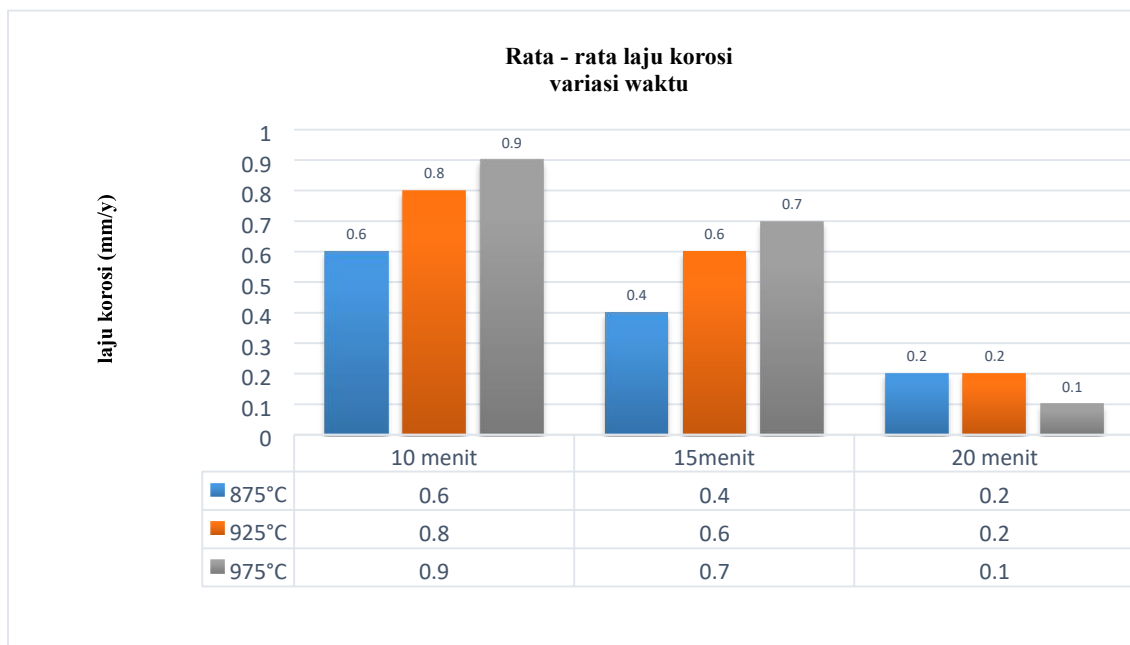
Heat treatment		Lama prendaman		Kehilangan Berat (gram)	Laju korosi mm/y
kode	Temp eratur	jam	hari		
D1	0°C	360	15	0.09	1.0212
<i>Rata-rata laju korosi tanpa perlakuan ;1.0212</i>					
A1	875°C	360	15	0.07	0.7943
A2	875°C	360	15	0.09	1.0212
A3	875°C	360	15	0.08	0.9077
<i>Rata-rata laju korosi 875°C: 0.9077</i>					
B1	925°C	360	15	0.08	0.9077
B2	925°C	360	15	0.07	0.7943
B3	925°C	360	15	0.06	0.6808
<i>Rata-rata laju korosi 925°C: 0.7942</i>					
C1	975°C	360	15	0.02	0.2269
C2	975°C	360	15	0.01	0.1134
C3	975°C	360	15	0.01	0.1134
<i>Rata-rata laju korosi 975°C: 0.1512</i>					

Berikut ini adalah grafik yang menjelaskan tentang nilai rata-rata laju korosi dipengaruhi dari beberapa variasi suhu temperatur 875°C, 925°C dan 925°C dengan waktu tahan (*holding time*) 10 menit, 15 menit serta 20 menit serta waktu perendaman menggunakan media air garam dan lama proses perendaman selama 15 hari, pada gambar grafik di bawah ini:

ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN.....



(A)



(B)

Berdasarkan pada gambar grafik di atas dapat disimpulkan bahwa perlakuan panas terutama pada temperatur dan *holding time* memberikan pengaruh terhadap nilai kecepatan korosi besi baja ST41. Hal tersebut dilampirkan pada gambar grafik bahwa laju korosi yang terjadi pada spesimen tanpa perlakuan panas 0°C dengan perendaman larutan garam selama 15 hari didapatkan rerata

kecepatan korosi pada specimen sebesar 0,9077 mm/y dan akan menurunkan nilai laju korosinya terus menerus, hal ini dapat di buktikan dengan grafik yang terus menurun dan nilai kecepatan korosi terendah pada variasi temperatur 975°C serta waktu tahan (*holding time*) 10 menit yang nilai laju korosinya sebesar 0,2669 mm/y. begitu juga pada perlakuan berikutnya dengan *holding time* 15 menit dan waktu perendaman 15 hari, spesimen tanpa perlakuan panas 0°C akan didapatkan nilai grafik yang berbanding lurus dengan jumlah atom karbon terlarut (Karmin dan Ginting, 2012).

Holding time (waktu tahan) pada suatu bahan dalam proses *hardening* agar dapat menghasilkan kekerasan yang maksimum dengan cara menahan temperatur sehingga untuk mendapatkan pemanasan yang homogen, terjadi kelarutan karbida ke dalam *austenite* /struktur *austenitnya* menjadi homogen, difusi karbon dan unsur paduannya.

Quenching adalah salah satu proses perubahan logam dengan cara pendinginan secara cepat. Untuk mengurangi adanya proses yang dapat terjadi pada pertumbuhan butir saat pendinginan lambat seperti maka dilakukan dengan dengan menggunakan proses *quenching*. Umumnya menurunnya ukuran butir karena *quenching* dan akan mengakibatkan peningkatkan nilai kekerasan pada suatu padatan logam. Beberapa jenis baja waktu tahan (menit) baja paduan 10-15 dan baja karbon. Baja paduan menengah 15-25 (*Hot-work tool stell* 15-30, *Low alloy tool stell* 10-30, *high alloy chorome stell* 10-60,) dipengarui oleh laju *quenching*. Faktor-faktor seperti medium, penguapan dengan panas, panas spesifik, medium termal konduktifitas, aliran media pendingin (agritasi), viskositas, dan pendingin dengan udara memiliki kecepatan yang sangat paling kecil, sedangkan kecepatan pendinginan dengan menggunakan media air lebih besar pendinginanya dibandingkan dengan pendinginan dengan menggunakan media oli (Syaefudin, 2001).

IV. PENUTUP

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses *hardening* perlakuan panas dengan variasi temperatur (875°C, 925°C, dan 975°C) dengan media korosi air garam dapat menurunkan laju korosi pada baja ST-41 dan akan didapatkan hasil terbaik pada temperatur 975°C dengan waktu tahan (*holding time*) 20 menit dengan nilai laju korosinya yaitu 0,1512 mm/y.
2. Waktu tahan *holding time* (10, 15, dan 20 menit) dalam proses *hardening* perlakuan panas memberikan waktu karbon berdifusi sehingga dapat menurunkan laju korosi pada baja ST41 dengan media *quenching* air tawar.

Saran :

Dari hasil penelitian ini dapat disarankan pada peneliti selanjutnya akan menjadi lebih sempurna.

1. Proses perlakuan panasnya menggunakan variasi lain dan waktu tahan (*holding time*) yang bervariasi lebih lagi.
2. Media pendinginan dapat menggunakan bahan media yang lain.
3. Metode pengujian dilakukan yang lain juga.

V. DAFTAR PUSTAKA

ANALISA PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU TAHAN.....

- Lillah, Husni Atok (2020) *Pengaruh Variasi Waktu Hardening Terhadap Laju Korosi Pada Baja AISI 1045 Dengan Media Air Tawar*, Undergraduate (S1) Thesis, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Maula Navy, Djoko Sulistiyono, Ichlas Wahid. *Jurnal Teknik Mesin. Vol 7.2021*. ISSN:24603693 (E). *Analisa Pengaruh Preheating Terhadap Hasil Pengelasan SMAW Pada ASTM A53 Dengan Variasi Temperatur Dan Waktu Dengan Pengujian Kekerasan Dan Struktur Mikro* Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Machinery, *Jurnal Teknelogi Terapan. Vol. 1 No. 1, Agustus 2020*.
[Http://Dx.Doi.Org/10.5281/Zenodo.4540916](http://Dx.Doi.Org/10.5281/Zenodo.4540916)
- Nanda Aden, Ahmad Fauzan Zakki, Good Rindo. *Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Vol.5, No.4 Oktober 2017*. Universitas Diponegoro
[Http://Ejournal3.Undip.Ac.Id/Ind_eks.Php/Naval/](http://Ejournal3.Undip.Ac.Id/Ind_eks.Php/Naval/)
- Ksoffarifah, Muhrijal. 2019. *Pengaruh Variasi Beda Temperatur Terhadap Sifat Kekerasan Baja St 41*. Undergraduate Thesis, Universitas Muhammadiyah Jember
[Http://Repository.Unmuhjember.Ac.Id/Id/Eprint/7268](http://Repository.Unmuhjember.Ac.Id/Id/Eprint/7268).
- Gurun AP, Ayu SA, Dita Rahmayanti, Dan N. E. (2015). *Perhitungan Laju Korosi Di Dalam Larutan Air Laut Dan Air Garam 3% Pada Paku Dan Besi Astm A36*. In Gravity : Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika (Vol.1, Issue1). [Https://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Gravity/Article/View/2489](https://Jurnal.Untirta.Ac.Id/Index.Php/Gravity/Article/View/2489).
- Andi Tri Widyanto, 2020. *Pengaruh Variasi Waktu Inshibisi Media Asam Terhadap Laju Korosi Dan Sifat Mekanik Baja St 41 Dengan Inhibitor Ekstrak Kacang Kedelai*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Nadia Nofri, Acing Taryana, 2017. *Analisis Sifat Mekanik Baja SKD 61 Dengan Baja ST 41 Dilakukan Hardening Dengan Variasi. Temperatur*. Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains Dan Teknologi Nasional, Jakarta Selatan.
- Dodi Prayitno, Paskaha Putra Indayanto, 2021. *Pengaruh Hardening Terhadap Korosi Pada Baja S45C*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industry Universitas Trisakti.
- Yuda Maulana Putra, Kornea Hastuti, 2021. *Pengaruh Komposisi Bio Inpibitot Ektra Daun Ketapang (Terminalia Catappa) Pada Laju Korosi Baja ASTM A36 Dalam Media Air Garam*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
- Sumarji, 2012. *Evaluasi Korosi Baja Karbon Rendah ASTM A36 Pada Lingkungan Atmosferik Di Kabupaten Jember*. Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Laili Mei Ari Putrid, Trapsilo Prihandono, Bambang Supriadi, 2017. *Pengaruh Kosentrasi Larutan Terhadap Laju Kenaikan Suhu Larutan*. Program Study Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember.
- Muhammad Irham Hawari, Tri Widagdo, Soengeng W, 2020. *Pengaruh Temperature Dan Holding Time Pada Proses Hardening Dengan Media Pendinginan Air Kelapa Tua Terhadap Kekerasan Baja JIS S45C*, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya.