



**ANALISIS KANDUNGAN UNSUR LOGAM DENGAN XRF DAN OES
TERHADAP KEKERASAN ASTM A240 UNS S32760 PADA PROSES
HARDENING DAN QUENCHING**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin**



Disusun Oleh:

Achmadi

NPM. 21601052018

**UNIVERSITAS ISLAM MALANG
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
MALANG**

2020

ABSTRAK

Achmadi.2020. Analisis Kandungan Unsur Logam Dengan XRF Dan OES Terhadap Kekerasan ASTM A240 UNS S32760 Pada Proses *Hardening* Dan *Quenching*. Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang. Dosen Pembimbing: Dr. Priyagung Hartono, S. T., M. T. dan Ir. Unung Lesmanah, S. T., M. T.

Pesatnya pembangunan yang terjadi disegala bidang, terutama dalam pembangunan sebuah infrastruktur, dan kontruksi, sangat memberikan pengaruh terhadap pelaku bisnis atau pengusaha yang bergerak dibidang industri logam terutama logam besi dan baja. Salah satunya adalah baja ASTM A240 UNS S32760, baja ini termasuk baja tahan korosi yang dipengaruhi oleh nilai Chromium yang tinggi, sehingga banyak digunakan untuk keperluan kapal laut. Tetapi akhir-akhir ini sering kita dengar, bahwa sering terjadi sebuah kebakaran kapal, seperti yang terjadi pada tanggal 22 Mei 2018. Disekitar prairan dermaga gudang matoso juruju, Pontianak Kalimantan barat Indonesia. Disamping itu pemadaman yang dilakukan secara cepat dengan menggunakan air laut. Oleh karena itu perlu adanya sebuah penelitian tentang pengaruh perlakuan panas dengan media pendingin air laut. Penelitian kali ini temperatur yang digunakan 880°C, 895°C, dan 910°C. Menggunakan *holding time* 10 menit untuk setiap perlakuan panas, dan dikonsentrasikan pada unsur logam dan kekerasan material baja ASTM A240 UNS S32760. Hasil dari penelitian ini untuk nilai kekerasan meningkat sampai dengan 7% dari 103.35(HRB) menjadi 111,182(HRB). Hasil variasi suhu dianalisis menggunakan uji T dan Anova satu arah. Didapat dari uji T untuk temperature 880°C dan 895°C bahwa $t_{hitung} 1,73427802 < t_{tabel} 2,13185$. Untuk temperatur 880°C dan 910°C bahwa $t_{hitung} 4.5555711 > t_{tabel} 2,13185$. artinya rentan suhu 30°C dapat memberikan pengaruh terhadap kekerasan material. Untuk temperatur 895°C dan 910°C bahwa $t_{hitung} 0.488604917 < t_{tabel} 2.13185$. Hasil dari uji Anova di dapat bahwa $F_{hitung} < F_{tabel} (2.48180175 < 2.97)$. Artinya bahwa untuk nilai kekerasan hasil dari variasi suhu tidak terjadi perbedaan secara signifikan antara 880°C, 895°C, dan 910°C. Hasil analisa unsur logam didapatkan bahwa ada pengaruh terhadap nilai chromium, molybdenum, dan nikel. Sedangkan untuk nilai carbon tidak mengalami perubahan.

Kata Kunci: perlakuan panas *hardening*, *quenching* air laut, unsur logam, kekerasan baja duplex.

ABSTRACT

Achmadi.2020. Analysis of Metal content with XRF dan OES on the Hardenest of ASTM A240 UNS S32760 in The Hardening and Quenching process. Thesis, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Islam Malang. Supervisor I: Dr. Priyagung Hartono, S. T., M. T. Supervisor II: Ir. Unung Lesmanah, S. T., M. T.

The rapid development that occurs in all fields, especially in the construction of an infrastructure and construction, greatly influences business actors or entrepreneurs engaged in the metal industry, especially iron and steel. One of them is ASTM A240 UNS S32760 steel, this steel is a corrosion resistant steel which is influenced by high Chromium grades, so it is widely used for marine vessels. But lately we often hear that ship fires often occur, such as the one on May 22 2018. In the vicinity of Matoso Juruju warehouse dock, Pontianak, West Kalimantan, Indonesia. Besides that, the blackout was carried out quickly using sea water. Therefore it is necessary to have a study on the effect of heat treatment with sea water cooling media. In this research, the temperature used was 880 ° C, 895 ° C, and 910 ° C. Using a *holding time* of 10 minutes for each heat treatment, and concentrated on the metal element and hardness of the ASTM A240 UNS S32760 steel material. The results of this study for the value of hardness increased by 7% from 103.35 (HRB) to 111.182 (HRB). The results of temperature variations were analyzed using the T test and one-way Anova. Obtained from the T test for temperatures of 880 ° C and 895 ° C that $t_{count} 1.73427802 < t_{table} 2.13185$. For temperatures of 880 ° C and 910 ° C, that $t_{count} 4.5555711 > t_{table} 2.13185$. This means that the temperature susceptibility to 30 ° C can have an influence on the hardness of the material. For temperatures 895 ° C and 910 ° C that $t_{count} 0.488604917 < t_{table} 2.13185$. The results of the Anova test show that $F < F (2.48180175 < 2.97)$. This means that for the hardness value resulting from temperature variations there is no significant difference between 880 ° C, 895 ° C, and 910 ° C. The analysis of metal elements showed that there was an effect on the value of chromium, molybdenum and nickel. Meanwhile, the carbon value has not changed.

Keywords:Heat Treatment *Hardening, Quenching* Seawater, Metal elements, Hardness of Duplex steel.

BAB I

PENDAHULUAN

I.I Latar belakang

Pesatnya pembangunan disegala bidang, khususnya dalam pembangunan infrastruktur dan kontruksi mampu memberikan dampak yang signifikan bagi pelaku bisnis atau pengusaha yang bergerak dibidang industri logam terutama logam besi dan baja. Berbagai dampak positif maupun negatif mulai terasa dengan banyaknya industri-industri logam yang menghasilkan komoditi besi dan baja, baik untuk keperluan dalam negeri maupun ekspor. Namun berjalannya waktu dalam perkembangan industri logam, secara tidak langsung dipengaruhi oleh kondisi krisis global saat ini. Impor baja Amerika Serikat diperkirakan mencapai 42 juta ton per tahun. Negara eksportir utama baja ke Amerika Serikat adalah Kanada (9,1 juta ton), Brazil (7,2 juta ton), Mexico (4,2 juta ton), RRC (3,1 juta ton) dan Rusia (2,6 juta ton). Sedangkan Indonesia sendiri menempati urutan ke-46 sebagai eksportir baja ke Amerika Serikat dengan volume ekspor hanya 17.900 ton. Sebaliknya impor baja Indonesia pada tahun 2019 mencapai US\$ 1 159.1 miliar atau naik dibandingkan nilai impor tahun 2017 yang mencapai US\$ 815.6 miliar. Negara pengeksportir baja ke Indonesia pada tahun 2019 adalah RRC (266,7 Ton), Jepang (90.8 Ton), Singapura (52,5 Ton), Korea (33,3 Ton), India (18,1 Ton) dan lain-lainnya. Harga rata-rata nilai jual besi dan baja di Asia, seperti di Tiongkok sekitar US\$ 701/ton, Malaysia sekitar US\$ 577/ton, dan Taiwan sebesar US\$ 693/ton, dalam negeri sebesar US\$ 981/ton, Thailand sebesar US\$ 1.083/ton, Jepang sebesar US\$ 893/ton, dan Korea sebesar US\$ 1.109/ton (Usman 2015).

Baja plat ASTM 240 UNS S32760 adalah salah satu jenis baja yang sering dipakai untuk kebutuhan industri. Tipe baja plat ini masuk kategori *duplex stainless steel*. Dinamakan *duplex* karena struktur mikro dua fase yang terdiri dari butiran baja tahan karat feritik dan austenitik. Ketika bahan ini meleleh, maka akan membeku dari fase cair menjadi struktur feritik. Ketika bahan menjadi dingin pada suhu kamar, setengah dari butir feritik berubah menjadi butiran austenitik. Hasilnya adalah struktur mikro sekitar 50% austenit dan 50% ferit. Komposisi stainless steel dupleks dicirikan oleh Kromium tinggi (19 – 32%), nikel lebih rendah (hingga %8), molibdenum (hingga %4) dan sisanya akan berupa nitrogen, karbon, dan isi lainnya

dari pada baja tahan karat austenitik. Ada beberapa nilai yang paling umum dari stainless steel dupleks adalah 2205 atau UNS S31803 (22% CR., 3% Mo, 5% ni & 0,15% N) dan 2507 atau UNS S32750 (25% CR., 4% Mo, 7% ni & 0,25% N) Duplex Stainless Steel (DSSs), UNS S32760 (C:0.03 Cr: 24. Ni: 6.0 N:0.20) yang berarti mereka dengan mikrostruktur campuran tentang proporsi yang sama Austenite dan ferit. Salah satu nilai dupleks pertama yang dikembangkan secara khusus untuk peningkatan resistensi terhadap retak korosi stres klorida adalah 3RE60. DSS dari tipe 329 menjadi mapan setelah Perang Dunia II dan digunakan secara ekstensif untuk tabung penukar panas untuk layanan asam nitrat. Dalam tahun yang sama, baik tempa dan cor, dupleks telah digunakan untuk berbagai aplikasi industri pengolahan termasuk kapal, Penukar panas dan pompa. Tipe pertama dari baja tahan karat dupleks ini memberikan karakteristik kinerja yang baik tetapi memiliki keterbatasan dalam kondisi as-welded (Jithin et al. 2015)

Plat baja ASTM 240 UNS S32760 mempunyai sifat tahan karat, sehingga banyak digunakan untuk kebutuhan pembuatan kapal. Struktur kimianya C: 0.03 Si: 1.00 Cr: 24.0-26.0 Mn: 1.00 Ni: 6.0-8.0 P: 0.03 S: 0.01 N: 0.20-0.30 (ASTM2004). Perlakuan panas pada material baja ASTM 240 UNS S32760 diketahui dapat merubah struktur material. Perubahan yang terjadi dapat berlaku seperti pada kasus kebakaran kapal (Jithin et al. 2015).

Kebakaran kapal yang terjadi seperti yang terjadi pada tanggal 22 Mei 2018. Disekitar prairan dermaga gudang matoso juruju, Pontianak Kalimantan barat Indonesia (KNKT.2019). Pemadaman yang dilakukan dengan Cara cepat pada saat terjadinya kebakaran, agar kebakaran pada kapal tidak meluas. Sehingga media yang digunakan adalah air laut. Sering tanpa disadari bahwa air laut Akan memberikan pengaruh pada material kapal seperti pada baja plat ASTM A240 UNS S32760. Yaitu dapat mengakibatkan perubahan struktur pada material dan kekerasan baja (Karim and Zulkifly 2012), sehingga perlu adanya penelitian untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas dengan media pendingin air laut.

Pengujian kali ini Baja plat ASTM A240 UNS S32760. Sebelum dilakukan pengujian pada material ini, terlebih dahulu dilakukan analisis agar bisa mengetahui unsur dan kekerasan sebelum mengalami *Heat Treatment*. Selanjutnya diberikan Perlakuan panas dengan bervariasi panas antara: 880°C, 895°C, dan 910°C.

Kemudian di dinginkan secara cepat menggunakan air laut. Lalu di analisis dengan OES tipe *Arc-met* 8000 dan *X-ray fluorescence* (XRF) dan dilakukan uji kekerasan dengan metode *Rockwell* menggunakan *Rockwell Hardness Tester* Untuk mengetahui unsur logam dan perubahan kekerasan pada material baja tersebut.

Penelitian kandungan unsur logam menggunakan OES dan XRF terhadap kekerasan baja plat ASTM A240 UNS S32760 setelah mengalami proses *Hardening* dan *Quenching* dengan variasi panas 880°C, 895°C, dan 910°C dan didinginkan menggunakan air laut belum pernah dilakukan sebelumnya. Material yang diteliti adalah kandungan unsur logam dan kekerasan logam setelah mengalami *heat treatment*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas. Rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh proses *Hardening* dan *Quenching* menggunakan air laut terhadap Unsur logam dan Kekerasan pada baja plat ASTM A240 UNS S32760.

1.3 Batasan Masalah

Pada setiap penelitian perlu adanya batasan agar pembahasan lebih terarah. Batasan yang dimaksud sebagai berikut:

1. Temperatur yang dipakai pada penelitian ini yaitu 880°C, 895°C, dan 910°C
2. Bahan yang digunakan adalah baja plat ASTM A240 UNS S32760
3. Dilakukan *Holding Time* selama 10 menit untuk semua variasi temperatur.
4. Media pendinganannya menggunakan Air laut.
5. Analisis unsur logam difokuskan pada nilai Chromium (Cr), Molebdenium (Mo), Nickel (Ni), dan Carbon (C)
6. Analisis untuk unsur logam menggunakan OES. Tipe *Arc-met* 8000 (untuk nilai carbon) dan XRF, Tipe *X-met* 5000 (untuk nilai Chromium, Molebdenium, Nickel).
7. Untuk menguji kekerasan material Menggunakan metode Rockwell dengan alat *Rockwell hardness tester*.

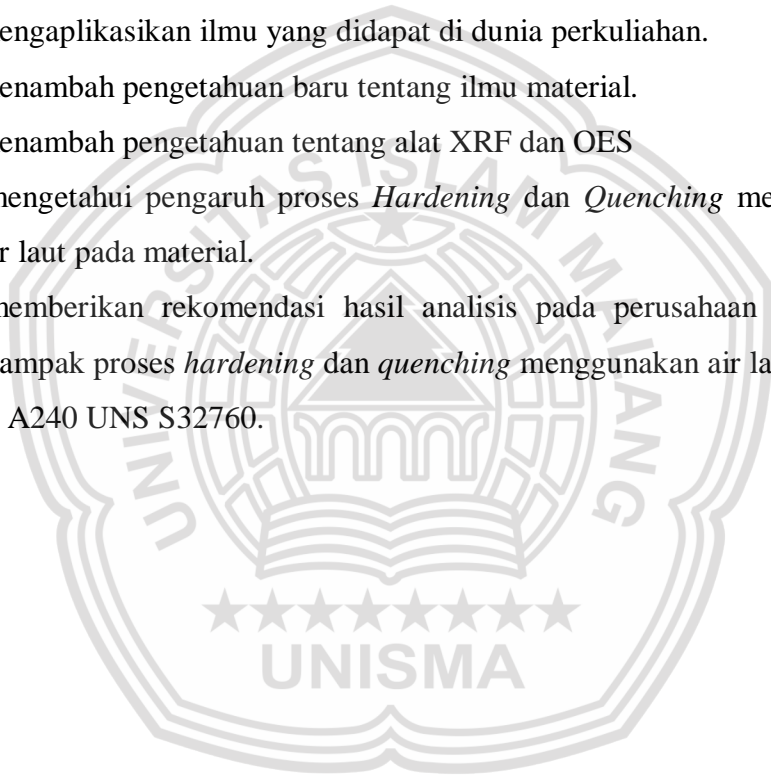
1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *Hardening* dan *Quenching* pada kerasan dan unsur logam baja plat ASTM A240 UNS S32760 setelah mengalami perlakuan panas pada temperatur 880°C, 895°C, dan 910°C. Dengan Cara di dinginkan secara cepat menggunakan media air laut. Alat yang digunakan OES tipe Arc –met 8000 dan XRF tipe X-Met 5000 untuk mengetahui unsur logam, sedangkan untuk uji kekerasannya menggunakan metode *Rockwell*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat mengaplikasikan ilmu yang didapat di dunia perkuliahan.
2. Dapat menambah pengetahuan baru tentang ilmu material.
3. Dapat menambah pengetahuan tentang alat XRF dan OES
4. Untuk mengetahui pengaruh proses *Hardening* dan *Quenching* menggunakan media air laut pada material.
5. Dapat memberikan rekomendasi hasil analisis pada perusahaan Petrokimia Gresik dampak proses *hardening* dan *quenching* menggunakan air laut terhadap plat baja A240 UNS S32760.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan pengamatan pada data yang didapatkan dari pengujian perlakuan panas *hardening* dan *quenching* menggunakan air laut, serta pengujian kekerasan dan unsur logam pada plat baja ASTM. A240 UNS. S32760, pengaruh proses *hardening* dan *quenching* menggunakan air laut, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh terhadap kekerasan baja, bahwa Proses perlakuan panas *hardening* dan *quenching* menggunakan media air laut, memberikan meningkatkan kekerasan sampai 7%, yaitu dari 103,35(HRB) menjadi 111,182(HRB).
2. Pengaruh terhadap unsur logam (Cr. Mo. Ni. C), bahwa Proses perlakuan panas *hardening* dan *quenching* menggunakan media air laut, tidak memberikan pengaruhh secara signifikan terhadap perubahan unsur logam.
3. Proses perlakuan panas *hardening* dan *quenching* air laut dapat diaplikasikan didunia industri.

5.2 Saran

Setelah dilakukan analisis dan pengamatan pada hasil pengujian perlakuan panas *hardening* dan *quenching* menggunakan air laut, saran yang diberikan adalah:

1. Dalam melakukan penelitian selajutnya perlu memberikan variasi media pendingin yang lain seperti minyak aloe vera.
2. Dalam melakukan penelitian selajutnya perlu adanya uji korosi terhadap material yang sudah dilakukan *heat treatment*.
3. Dalam melakukan penelitian selajutnya perlu variasi *holding time* untuk mengetahui pengaruh *holding time* terhadap kekerasan material.



DAFTAR PUSTAKA

a. **Buku**

- Ir. Wahid suherman (1999). *Ilmu logam*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- ASTM, A370 (2004). *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*.
- Samuel R. Low (2001). *Rockwell Hardness Measurement of Metallic Materials*.
Materials Science and Engineering Laboratory. U.S. Department of Commerce.
- ASTM, E 1476 – 04(2004). *Standard Guide for Metals Identification, Grade Verification, and Sorting*.
- Dr. Richard V (2010) *Information and Examination Preparation Booklet: Natural Resources Canada (NRCan) Government of Canada*. Version 3
- Panalytical (2009). *Definition of X-Rays Fluorescence and Application*. Brisbane. Kangaroo Book.
- Fernandez (2012). *Arc Met 8000- Optical Emission Spectroscopy*. Buku Pegangan Laboratorium Inspeksi Teknik Khusus PT.Petrokimia Gresik.
- Paula, Jonhson (2000). *Non-Destructive Testing Method*. Germany: All-Prevent Book.
- Angela, Catherina S. (2005). *X-Rays Fluorescence For Industry Stainless Steel*. Brisbane: Comper Intenational.
- Gosseau (2009). *Principles of X-Rays Fluorescence*. Vol 1-2. Moscow: Qrium.
- Malkoc, Henry L. (2007). *Optical Emission Spectroscopy for Research*. Warsawa: Polandia.
- Viklund, A. (2008). *Teknik Pemeriksaan Material Menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDS*.

b. **Artikel Jurnal**

- Jithin, M., Anees Abdul Hameed, Ben Jose, and Anush Jacob. 2015. "Influence Of Heat Treatment On Duplex Stainless Steel To Study The Material Properties." *International Journal of Scientific & Technology Research* 4(2):291–93.
- Karim, Azis A. ., and A. .. Zulkifyly. 2012. "Analisa Pengaruh Penambahan Inhibitor Kalsium Karbonat Dan Tapioka Terhadap Tingkat Laju Korosi Pada Pelat Baja Tangki Ballast Air Laut." *Jurnal Riset Dan Teknologi Kelautan* 10(2):205–2011.
- Kwok, C. T., H. C. Man, and F. T. Cheng. 1998. "Cavitation Erosion and Damage Mechanisms of Alloys with Duplex Structures." *Materials*

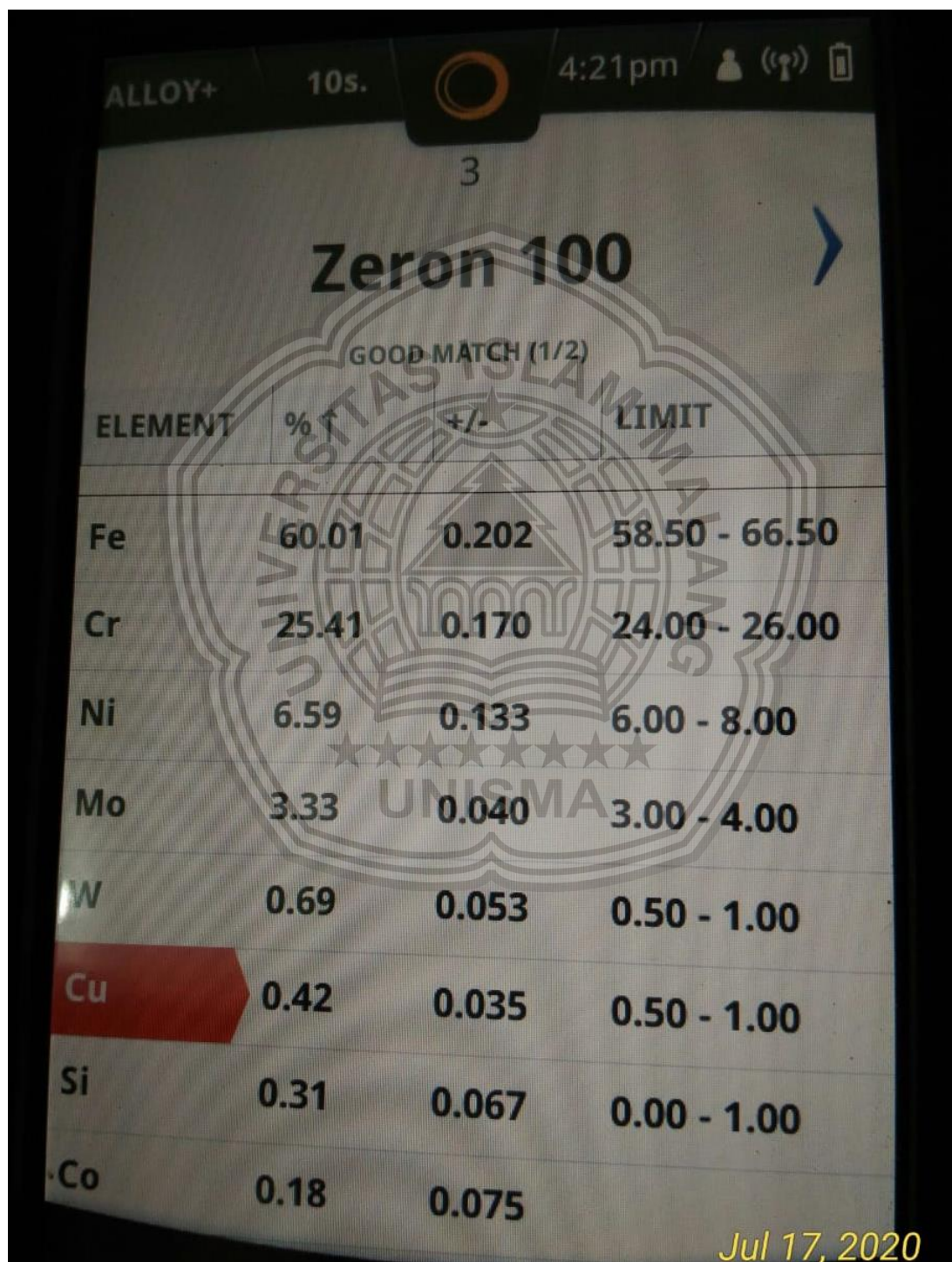
- Science and Engineering A* 242(1–2):108–20.
- M, Mohammed Asif, Kulkarni Anup Shrikrishna, P. Sathiya, and Sunkulp Goel. 2015. “The Impact of Heat Input on the Strength, Toughness, Microhardness, Microstructure and Corrosion Aspects of Friction Welded Duplex Stainless Steel Joints.” *Journal of Manufacturing Processes* 18:92–106.
- Tavares, S. S. M., A. Loureiro, J. M. Pardal, T. R. Montenegro, and V. C. Da Costa. 2012. “Influence of Heat Treatments at 475 and 400 °c on the Pitting Corrosion Resistance and Sensitization of UNS S32750 and UNS S32760 Superduplex Stainless Steels.” *Materials and Corrosion* 63(6):522–26.
- Usman, Dudi Nasrudin. 2015. “Ketersediaan Potensi Endapan Bijih Besi Indonesia Dalam Mendukung Industri Besi Dan Baja Nasional.” *Jurnal Teknik Pertambangan* 1–20.
- Oliver, J. (2013). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Lesmanah, E Marsyahyo, P Vitasari, (2013). *Optimasi sifat mekanis kekuatan Tarik baja St 50 dengan perlakuan gas carburizing variasi holding time untuk peningkatan mutu baja standar uji Astm A370.*

c. Website

- Kebakaran kapal tahun 2019. Komite Nasional Keselamatan Transportasi, <http://knkt.dephub.go.id/knkt/ntsc-Maritime/Laut/2019>.
- Impor dan ekspor baja menurut Badan Pusat Statistik 2019. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/1047/impor-pipa-besi-dan-baja-menurut-negara-asal-utama-2000-2019.html>.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto pengambilan data



ALLOY+ 10s. 4:21pm

3

Zeron 100

GOOD MATCH (1/2)

ELEMENT	% ↑	+/-	LIMIT
Fe	60.01	0.202	58.50 - 66.50
Cr	25.41	0.170	24.00 - 26.00
Ni	6.59	0.133	6.00 - 8.00
Mo	3.33	0.040	3.00 - 4.00
W	0.69	0.053	0.50 - 1.00
Cu	0.42	0.035	0.50 - 1.00
Si	0.31	0.067	0.00 - 1.00
Co	0.18	0.075	

UNISMA

Jul 17, 2020

Data hasil pengujian Rockwell setelah mengalami perlakuan panas.

No	880°C	895°C	910°C
1	112.02	112.27	109.32
2	112.41	111.42	110.03
3	112.32	111.48	111.49
4	111.93	109.08	111.53
5	111.60	111.42	111.13
Jumlah	560.28	553.95	553.5
Rata-rata	112.05	111.13	110.7

Data hasil pengujian XRF dan OES (Cr,Mo,Ni,C) Wt %

Suhu	Cr	Mo	Ni	C
880°C	(25.40)	(3.63)	(6.32)	(0.03)
895°C	(24.88)	(3.74)	(7.21)	(0.03)
910°C	(25.41)	(3.33)	(6.59)	(0.03)

Data hasil pengujian XRF dan OES (Cr,Mo,Ni,C) Wt %

Suhu	Cr	Mo	Ni	C
Sebelum	(25.82)	(3.51)	(6.88)	(0.03)

Data hasil pengujian XRF dan OES (Cr,Mo,Ni,C) Wt % 880°C

	Cr	Mo	Ni	C
Sebelum	(25.82)	(3.51)	(6.88)	(0.03)
Sesudah	(25.40)	(3.63)	(6.32)	(0.03)

Data hasil pengujian XRF dan OES (Cr,Mo,Ni,C) Wt % 895°C

	Cr	Mo	Ni	C
Sebelum	(25.82)	(3.51)	(6.88)	(0.03)
Sesudah	(24.88)	(3.74)	(7.21)	(0.03)

Data hasil pengujian XRF dan OES (Cr,Mo,Ni,C) Wt % 910°C

	Cr	Mo	Ni	C
Sebelum	(25.82)	(3.51)	(6.88)	(0.03)
Sesudah	(25.41)	(3.33)	(6.59)	(0.03)

Pembimbing PMMB
Farvande 2

PT PETROKIMIA
GRESIK

MEMO

Kepada : Ketua Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Malang
Dari : Pembimbing PMMB PT Petrokimia Gresik
Perihal : Surat Keterangan Penelitian
Tanggal : 30 Juli 2020

Bersama surat ini kami menerangkan bahwa mahasiswa berikut,

Nama : Achmadi
NIM : 21601052018
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Islam Malang

Telah melaksanakan penelitian di PT Petrokimia Gresik, Departemen Inspeksi Teknik, Bagian Inspeksi Teknik Khusus, dengan judul:

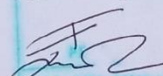
"Analisis Kandungan Unsur Logam Dengan XRF Dan OES Terhadap Kekerasan ASTM A240 UNS S32760 Pada Proses *Hardening* dan *Quenching*"

Yang meliputi pengujian dan *treatment* sebagai berikut :

1. Pengujian komposisi kimia logam :
 - 1.a. Metode X-Ray Fluorescence (XRF),
 - Nama Alat : X-MET 8000 Expert - Oxford Instruments
 - 1.b. Metode Optical Emission Spectroscopy (OES),
 - Nama Alat : ARC-MET 8000 - Oxford Instruments
2. Pengujian kekerasan logam :
Hardness Rockwell Tester,
 - Nama Alat : LC-200R – Future tech
3. Proses heat treatment,
 - Nama Alat : Dry Block Calibrator- Isotech Pegasus

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat digunakan semestinya.

Pembimbing PMMB



Fernandez

DAFTAR PUSTAKA

a. Buku

- Ir. Wahid suherman (1999). *Ilmu logam*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- ASTM, A370 (2004). *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*.
- Samuel R. Low (2001). *Rockwell Hardness Measurement of Metallic Materials*.
Materials Science and Engineering Laboratory. U.S. Department of Commerce.
- ASTM, E 1476 – 04(2004). *Standard Guide for Metals Identification, Grade Verification, and Sorting*.
- Dr. Richard V (2010) *Information and Examination Preparation Booklet: Natural Resources Canada (NRCAN) Government of Canada*. Version 3
- Panalytical (2009). *Definition of X-Rays Fluorescence and Application*. Brisbane. Kangaroo Book.
- Fernandez (2012). *Arc Met 8000- Optical Emission Spectroscopy*. Buku Pegangan Laboratorium Inspeksi Teknik Khusus PT.Petrokimia Gresik.
- Paula, Jonhson (2000). *Non-Destructive Testing Method*. Germany: All-Prevent Book.
- Angela, Catherina S. (2005). *X-Rays Fluorescence For Industry Stainless Steel*. Brisbane: Comper Intenational.
- Gosseau (2009). *Principles of X-Rays Fluorescence*. Vol 1-2. Moscow: Qrium.
- Malkoc, Henry L. (2007). *Optical Emission Spectroscopy for Research*. Warsawa: Polandia.
- Viklund, A. (2008). *Teknik Pemeriksaan Material Menggunakan XRF, XRD dan SEM-EDS*.

b. Artikel Jurnal

- Jithin, M., Anees Abdul Hameed, Ben Jose, and Anush Jacob. 2015. "Influence Of Heat Treatment On Duplex Stainless Steel To Study The Material Properties." *International Journal of Scientific & Technology Research* 4(2):291–93.
- Karim, Azis A. ., and A. .. Zulkifyly. 2012. "Analisa Pengaruh Penambahan Inhibitor Kalsium Karbonat Dan Tapioka Terhadap Tingkat Laju Korosi Pada Pelat Baja Tangki Ballast Air Laut." *Jurnal Riset Dan Teknologi Kelautan* 10(2):205–2011.
- Kwok, C. T., H. C. Man, and F. T. Cheng. 1998. "Cavitation Erosion and Damage Mechanisms of Alloys with Duplex Structures." *Materials*

- Science and Engineering A* 242(1–2):108–20.
- M, Mohammed Asif, Kulkarni Anup Shrikrishna, P. Sathiya, and Sunkulp Goel. 2015. “The Impact of Heat Input on the Strength, Toughness, Microhardness, Microstructure and Corrosion Aspects of Friction Welded Duplex Stainless Steel Joints.” *Journal of Manufacturing Processes* 18:92–106.
- Tavares, S. S. M., A. Loureiro, J. M. Pardal, T. R. Montenegro, and V. C. Da Costa. 2012. “Influence of Heat Treatments at 475 and 400 °c on the Pitting Corrosion Resistance and Sensitization of UNS S32750 and UNS S32760 Superduplex Stainless Steels.” *Materials and Corrosion* 63(6):522–26.
- Usman, Dudi Nasrudin. 2015. “Ketersediaan Potensi Endapan Bijih Besi Indonesia Dalam Mendukung Industri Besi Dan Baja Nasional.” *Jurnal Teknik Pertambangan* 1–20.
- Oliver, J. (2013). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Lesmanah, E Marsyahyo, P Vitasari, (2013). *Optimasi sifat mekanis kekuatan Tarik baja St 50 dengan perlakuan gas carburizing variasi holding time untuk peningkatan mutu baja standar uji Astm A370.*
- c. Website**
- Kebakaran kapal tahun 2019. Komite Nasional Keselamatan Transportasi, <http://knkt.dephub.go.id/knkt/ntsc-Maritime/Laut/2019>.
- Impor dan ekspor baja menurut Badan Pusat Statistik 2019. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/1047/impor-pipa-besi-dan-baja-menurut-negara-asal-utama-2000-2019.html>.