

PENGARUH *INTERCRITICAL QUENCHING* DAN *NORMALIZING* TERHADAP LAJU KOROSI DAN STRUKTUR *MIKRO MILD STEEL*

Nurhabibah Paramitha Eka Utami^(1*), Diah Kusuma Pratiwi⁽¹⁾, Hendri Chandra⁽¹⁾ dan Randi Gaga Pisasefsio Pratama^(1,2)

⁽¹⁾Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

⁽²⁾PT. PLN (Persero) UIK Sumbagsel

^(*)E-mail *Corresponding Author* : nhparamitha@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Material yang terdampak korosi akan mengalami penurunan pada sifat fisik dan mekanik yang mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas pada material dan akan berdampak sangat besar pada dunia industri. Tujuan utama penelitian ini untuk melihat pengaruh dari temperatur pemanasan intercritical 750°C dengan metode pendinginan *quenching* dan *normalizing* terhadap laju korosi dan pengaruhnya terhadap fenomena perubahan nilai kekerasan pada *mild steel*. Pengamatan berupa pengujian korosi dan pengujian kekerasan pada ASTM A36. Hasil pengamatan menunjukkan adanya penurunan yang signifikan pada laju korosi dan nilai kekerasan pada sampel uji *normalizing*, sedangkan pada sampel uji *quenching* terjadi peningkatan nilai kekerasan yang diakibatkan hadirnya dual fasa ferrite-martensit pada permukaan spesimen *quenching* yang bersifat menurunkan keuletan sekaligus menaikkan nilai kekerasan pada *mild steel*.

Kata Kunci: ASTM A36, Korosi, Struktur Mikro, *Quenching*, *Normalizing*.

Abstract

Corroded materials get promote to the decrease in physical and mechanical properties which will affect to the decrease in the quality of the material and will have a huge impact on the industrial world. The purpose of this research is to observe the effect of the intercritical heating temperature of 750 °C with the quenching and normalizing cooling method due to the corrosion rate and its effect on the phenomenon of hardness change values in mild steel. The tests that was conducted are corrosion testing and hardness testing on ASTM A36. The results showed that there was a significant decrease in the corrosion rate and hardness values in the normalizing test sample, while in the quenching test sample there was an increase in the hardness value which that led to the presence of a ferrite – martensite dual phase on the surface of the quenching specimen which reduced ductility and increased the hardness value of mild steel.

Keywords: ASTM A36, Corrosion, Micro structure, *Quenching*, *Normalizing*

1 PENDAHULUAN

Material *mild steel* secara luas dipergunakan dalam berbagai industri manufaktur. Karena sifatnya yang tidak mudah patah, membuat material ini dipergunakan mulai dari konstruksi bangunan sederhana hingga struktur pada industri strategis [1] dimana kegagalan yang diakibatkan korosi menjadi permasalahan yang dihadapi secara global oleh hampir seluruh sektor industri. Kerugian yang diakibatkan kehadiran korosi tidak hanya memberikan efek penurunan sifat mekanik pada suatu komponen terpasang tetapi juga berdampak pada kegagalan secara ekonomi, kerusakan lingkungan bahkan timbulnya korban jiwa [2].

Berbagai upaya dilakukan untuk mencegah kegagalan yang diakibatkan adanya kehadiran korosi, seperti pengembangan paduan, penerapan lapisan anti

korosi dan berbagai upaya lain yang diharapkan dapat menekan dan mengendalikan kehadiran korosi [3]. Salah satu upaya yang digunakan untuk menekan pertumbuhan korosi material adalah dengan melakukan rekayasa perlakuan panas [4], dimana menurut [5] perlakuan panas menggunakan temperatur austenite yang dilakukan dengan benar pada baja akan meningkatkan ketahanan korosi dan berpengaruh pada umur pakai material tersebut.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengamati pengaruh dibawah temperature austenisasi yaitu temperature *intercritical* 750°C terhadap laju korosi dan sifat fisik pada mild steel dengan menerapkan variasi metode pendinginan *quenching* dan *normalizing*.

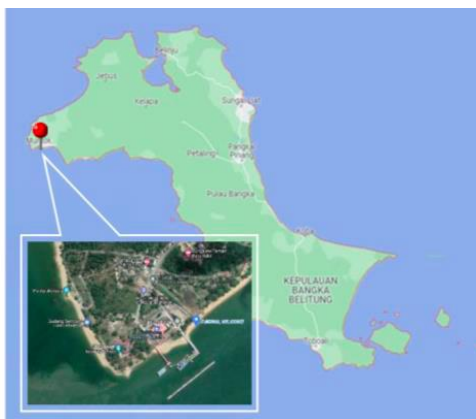
2 METODOLOGI

Sampel uji dipersiapkan dengan ukuran (Panjang 100 mm, lebar 50 mm dan ketebalan 10 mm). Komposisi kimia utama *mild steel* ditunjukkan pada Tabel 1. Pemanasan spesimen uji dilakukan pada temperatur *intercritical* 750°C dengan waktu penahanan 120 menit menggunakan metode *quenching* dengan media pendingin air dalam suhu ruang dan *normalizing*.

Tabel.1 Komposisi kimia *mild steel*

Unsur (%)	Fe Balance	C 0,17	Si 0,24	Mn 0,73	Cr 0,01	Mo 0,002
Unsur (%)	Ni 0,03	Al 0,01	S 0,009	Cu 0,04	Nb 0,002	Ti 0,006
Unsur (%)	N 0,02	V 0,003	P 0,015	CE 0,28		

Proses pengkorosian dilakukan menggunakan metode *total immersion* dengan cara merendam seluruh permukaan spesimen kedalam media korosif air laut yang berasal dari kabupaten Muntok, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Waktu perendaman bervariasi 48 jam, 96 jam, dan 144 jam. Peta lokasi pengambilan media korosif dan kandungan komposisi kimia media korosif ditunjukkan pada gambar 1 dan tabel 2 dibawah ini.



Gambar 1. Peta pengambilan media korosif

Tabel 2. Komposisi kimia media korosif

Parameter pengujian	Units	Hasil
Dissolved solid (TDS)	mg/L	31,4
Salinity	ppt	27
Temperatur	°C	24,5
konduktivitas	μS/cm	47,6
pH	-	7,00
Kelarutan oksigen	mg/L	8,5

Pengamatan Struktur mikro dilakukan menggunakan *optical microscope* dengan melakukan persiapan berupa pemotongan, *monting*, pemolesan dan pengetsaan menggunakan 2 % nital. Metode uji keras yang digunakan dalam menganalisa perubahan nilai kekerasan terhadap variasi waktu perendaman dan metode pendinginan pada ASTM A36 menggunakan metode *Brinell* dengan pembebanan 3000 kgf. Nilai kekerasan (BHN) diperoleh menggunakan persamaan 1 berikut.

$$BHN = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

Perhitungan nilai laju korosi dilakukan dengan melakukan perbandingan pada perubahan nilai ketebalan dan juga pengurangan berat pada sampel uji saat sebelum dan sesudah proses perendaman dengan variasi waktu 48, 96, dan 144 jam dilakukan. Perhitungan nilai laju korosi dilakukan menggunakan persamaan 2 [6] dibawah ini.

$$CR (mpy) = \frac{(K \times \Delta W)}{(A \times T \times D)} \quad (2)$$

Dimana, K = pengurangan berat (gr), K = faktor konstanta, D = densitas (g/cm³), A = luas area (cm²), T = waktu perendaman spesimen (jam).

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan reduksi ketebalan sampel uji dan reduksi berat ditunjukkan pada tabel 3 dan tabel 4, data menunjukkan lama waktu perendaman mempengaruhi laju korosi yang terjadi. Semakin lama waktu perendaman mengakibatkan interaksi permukaan sampel dengan media korosif semakin lama, hal ini mengakibatkan banyak terbentuknya ion korosif yang menyerang permukaan spesimen dan berdampak pada reduksi ketebalan pada permukaan sampel uji [7].

Tabel 3. Reduksi berat ASTM A36

Kondisi	Waktu Perendaman	W ₀ (gr)	W ₁ (gr)	ΔW (gr)
<i>Normalizing</i>	48	368,274	368,178	0,096
	96	364,573	364,336	0,237
	144	371,038	370,625	0,413
<i>Quenching</i>	48	372,612	372,344	0,268
	96	369,826	369,504	0,321
	144	368,521	367,979	0,542
<i>As received</i>	48	368,974	368,791	0,183
	96	366,172	365,751	0,421
	144	369,483	368,657	0,826

Tabel 4. Reduksi ketebalan ASTM A36

Kondisi	Waktu Perendaman	T ₀ (mm)	T ₁ (mm)	ΔT (mm)
<i>Normalizing</i>	48	10,164	10,022	0,142
	96	10,164	10,007	0,157
	144	10,164	10,001	0,163
<i>Quenching</i>	48	10,164	9,990	0,174
	96	10,164	9,983	0,181
	144	10,164	9,971	0,193
<i>As received</i>	48	10,164	9,979	0,185
	96	10,164	9,968	0,196
	144	10,164	9,946	0,218

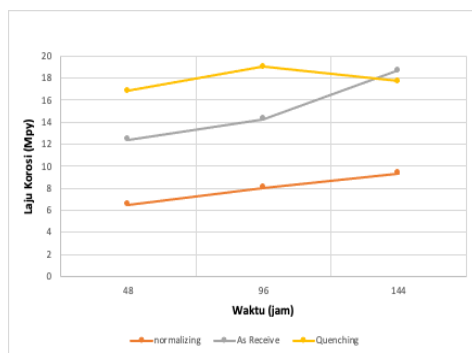
Tabel 5. Nilai Kekerasan ASTM A36

Kondisi	Waktu perendaman	BHN
<i>Normalizing</i>	48	124,51
	96	115,93
	144	114,76
<i>Quenching</i>	48	153,42
	96	161,79
	144	153,34
<i>As received</i>	Tanpa perendaman	140,26
	48	141,82
	96	138,47
	144	135,16

Tabel 6. Laju Korosi ASTM A36

Kondisi	Waktu perendaman	Laju korosi (mpy)
<i>Normalizing</i>	48	6,512
	96	8,038
	144	9,338
<i>As received</i>	48	12,414
	96	14,279
	144	18,677
<i>Quenching</i>	48	16,823
	96	18,994
	144	17,705

Data diatas menunjukkan bahwa sampel uji *as received* dengan waktu perendaman 144 jam memiliki reduksi berat tertinggi yaitu 0,826 gram dan reduksi ketebalan sebesar 0,218 mm. Sampel uji dengan reduksi berat tertinggi selanjutnya adalah sampel *quenching* dengan waktu perendaman 144 jam dimana reduksi berat yang terjadi adalah sebesar 0,542 gram dan reduksi ketebalan 0,193 mm. Nilai kekerasan ASTM A36 ditunjukkan pada tabel 4 mengalami penurunan seiring dengan penurunan keuletan yang terukur berdasarkan lama waktu perendaman sampel uji [8].



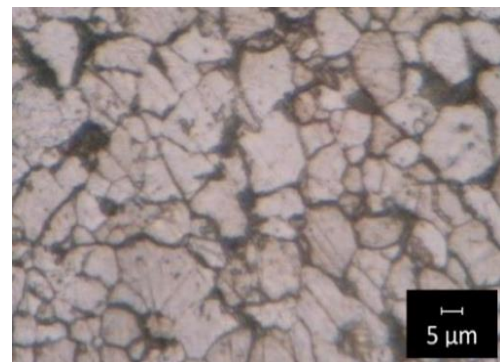
Gambar 2. Grafik Laju Korosi

Serangan korosi sangat erat kaitannya dengan penurunan kualitas material menjadi rapuh, mudah hancur dan keras. Pada tabel 6 dan gambar 2 menunjukkan laju korosi ASTM A36 berdasarkan variasi perlakuan panas dan lama waktu perendaman sampel uji. Material tanpa pelapisan akan mengalami degradasi permukaan yang tinggi seiring dengan

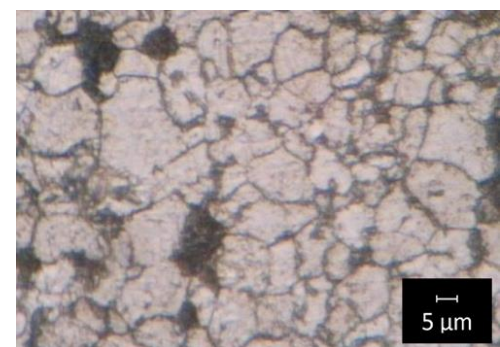
lamanya waktu perendaman dalam media korosif sehingga menginisiasi terjadinya laju korosi yang parah [9]. Sejalan dengan nilai laju korosi yang terjadi pada sampel uji *normalizing*, nilai kekerasan pada sampel uji *normalizing* juga mengalami penurunan nilai kekerasan yang cukup signifikan dibandingkan sampel uji *as received* dan *quenching*.

Pada sampel uji *quenching*, sampel uji dipanaskan pada temperatur 750°C selama 120 menit lalu kemudian dilakukan pendinginan cepat dengan media air bersuhu normal memiliki nilai kekerasan tertinggi dibandingkan sampel uji *as received* dan *normalizing* akibat terbentuknya dual fasa ferit-martensit [10]. Penurunan laju korosi yang cukup signifikan pada sampel uji *normalizing* terjadi akibat terbentuknya pasivasi alami dalam menghadapi serangan korosi pada ASTM A36 sehingga proses perlakuan panas *annealing* dengan temperatur *intercritical* 750°C dinilai cukup efektif dalam menahan laju korosi pada ASTM A36 [11] [12].

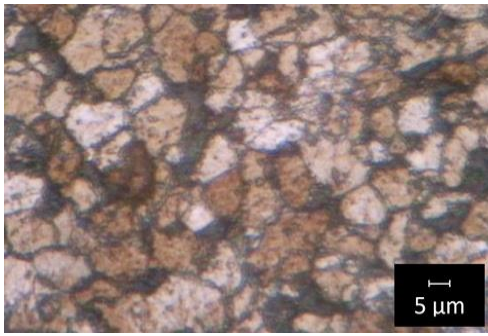
Gambar 3 menunjukkan kehadiran korosi seragam yang sering menyerang material pada berbagai kondisi kerja serta bertanggung jawab atas berbagai degradasi material yang terjadi di dunia industri. Pada sampel uji terlihat hadirnya karat coklat-kekuningan yang berangsur semakin gelap seiring dengan semakin lamanya waktu perendaman sampel uji dalam media korosif [13]. Karat coklat-kekuningan tersebut merupakan fasa oksida besi magnetik Fe₃O₄ yang terjadi karena kurangnya masukan oksigen pada saat proses pengkorosian terjadi dimana semakin lama waktu perendaman maka akan semakin terbentuk lapisan korosi baru pada permukaan material.



(a)

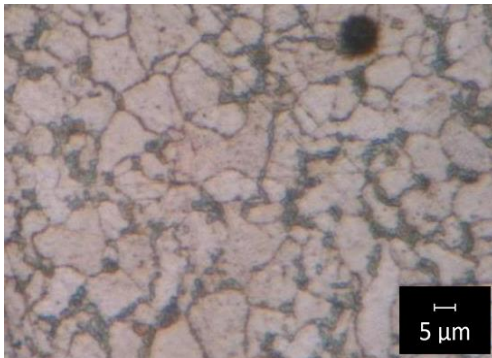


(b)

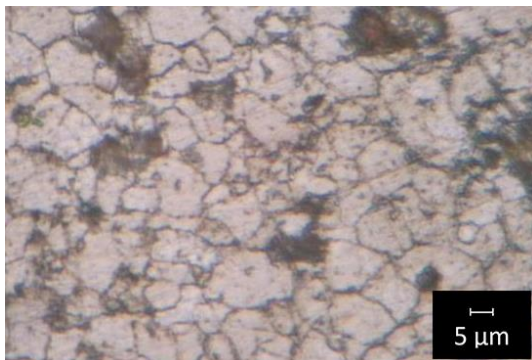


(c)

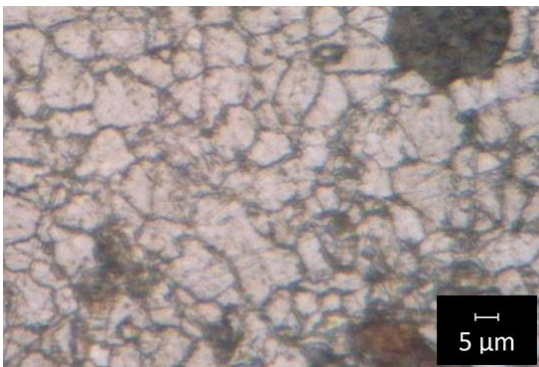
Gambar 3. Struktur mikro ASTM A36 *as receive* dengan waktu perendaman (a) 48 jam (b) 96 jam dan (c) 144 jam



(a)

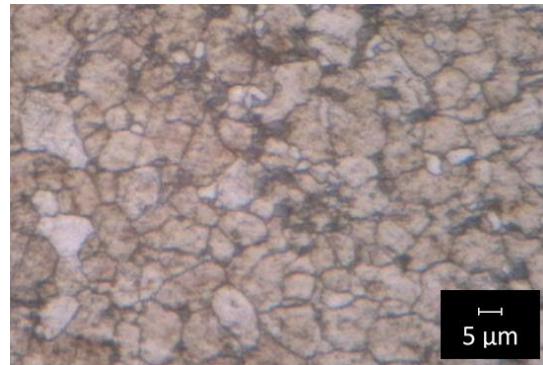


(b)

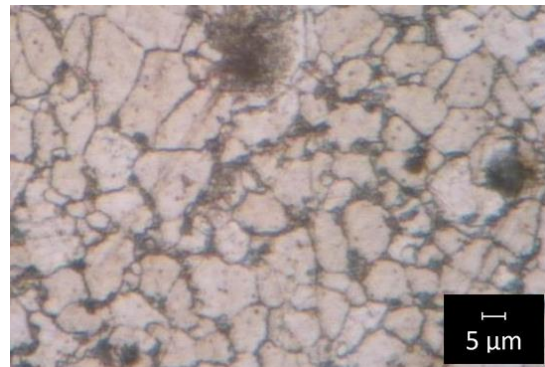


(c)

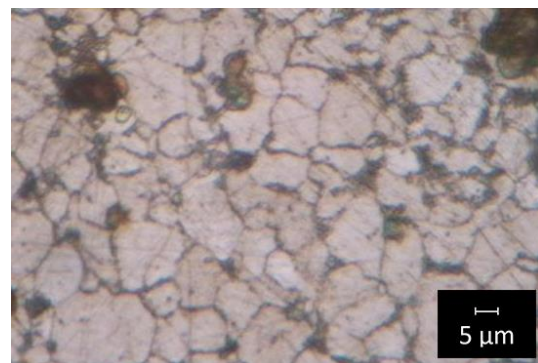
Gambar 4. Struktur mikro ASTM A36 *normalizing* dengan waktu perendaman (a) 48 jam (b) 96 jam dan (c) 144 jam



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Struktur mikro ASTM A36 *quenching* dengan waktu perendaman (a) 48 jam (b) 96 jam dan (c) 144 jam

Gambar 4 menunjukkan fenomena korosi yang terjadi pada sampel uji dengan perlakuan *normalizing*. Terlihat bahwa korosi yang terbentuk berupa korosi intergranular yang disebabkan adanya endapan elemen di batas butir akibat proses pemanasan yang berlangsung [14]. Butir yang terbentuk akibat proses pendinginan di luar tungku pemanas cenderung tidak seragam namun tetap berdampak pada pelunakan sampel uji yang kemudian mempengaruhi nilai kekerasannya. Sedangkan pada sampel uji *quenching* tampak

kehadiran struktur fasa ganda (*dual phase*) yang umumnya muncul ketika baja karbon rendah dan sedang dipanaskan pada temperature antara A1 dan A3. Fasa martensit yang muncul tidak menyeluruh melainkan hadir diantara dengan kumpulan fasa ferit yang dikarenakan temperature pemanasan belum mencapai titik austenisasi. Walaupun demikian, kehadiran struktur fasa ganda juga mampu meningkatkan nilai kekerasan pada material bila dibandingkan logam dengan struktur ferlit dan perlit saja atau tanpa perlakuan panas quenching.

4 KESIMPULAN

1. Laju korosi pada sampel uji *normalizing* mengalami penurunan signifikan dibandingkan sampel uji *quenching* dan *as received*, hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan panas *normalizing* dapat menekan laju korosi pada mild steel.
2. Proses perlakuan panas *normalizing* berdampak pada kenaikan nilai keuletan sekaligus menurunkan nilai kekerasan sekaligus menekan laju korosi pada *mild steel*
3. Pada sampel uji *as received*, terdapat Karat coklat-kekuningan yang merupakan fasa oksida besi magnetik Fe₃O₄ akibat kurangnya masukan oksigen pada saat proses pengkorosian.
4. Pada sampel uji *quenching* terdapat kehadiran struktur fasa ganda ferit-martensit yang secara signifikan berdampak pada kenaikan nilai kekerasan dari *mild steel*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Paul and R. Mondal, "Prediction and Computation of Corrosion Rates of A36 Mild Steel in Oilfield Seawater," *J Mater Eng Perform*, 2018, doi: 10.1007/s11665-018-3385-8.
- [2] O. S. I. Fayomi, I. G. Akande, and S. Odigie, "Economic Impact of Corrosion in Oil Sectors and Prevention: An Overview," *J Phys Conf Ser*, vol. 1378, no. 2, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1378/2/022037.
- [3] "Corrosion Prevention," in *Corrosion and Protection*, London: Springer London, pp. 237–307. doi: 10.1007/978-1-85233-845-9_10.
- [4] O. Sunday Isaac Fayomi and A. Patricia Idowu Popoola, "Corrosion propagation challenges of mild steel in industrial operations and response to problem definition," in *Journal of Physics: Conference Series*, Dec. 2019, vol. 1378, no. 2. doi: 10.1088/1742-6596/1378/2/022006.
- [5] S. Prifiharni, Moch. S. Anwar, and E. Maburri, "The Influence Of Heat Treatment On Microstructure And Corrosion Resistance Of 13cr-1mo Martensitic Stainless Steel," *Widyariset*, vol. 2, no. 1, p. 9, 2016, doi: 10.14203/widyariset.2.1.2016.9-16.
- [6] S. Sundjono, G. Priyotomo, L. Nuraini, and S. Prifiharni, "Corrosion behavior of mild steel in seawater from northern coast of java and southern coast of Bali, Indonesia," *Journal of Engineering and Technological Sciences*, vol. 49, no. 6, pp. 770–784, 2017, doi: 10.5614/j.eng.technol.sci.2017.49.6.5.
- [7] M. Pramudita and M. Nasikin, "The Effect of Immersion Time on The Ability of Tannins to Inhibit The Corrosion Rate of Mild Steel in 1M H2SO4 Solution," 2020. [Online]. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/WCEJ>
- [8] N. Ali and M. A. Fulazzaky, "The empirical prediction of weight change and corrosion rate of low-carbon steel," *Heliyon*, vol. 6, no. 9, p. e05050, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05050.
- [9] B. U. Oreko, "Corrosion Rates and its Impact on Mild Steel in Some Selected Environments Assessment of Inhibitive Drugs for Corrosion Inhibition Applications in Petrochemical Plants-A Review View project Product development View project," 2016.
- [10] A. Gaikwad *et al.*, "Development Of Dual Phase Steel And Determination Of It's Mechanical Properties And Comparison With Low Carbon Steel," *Ijmet*, 2014. [Online]. Available: www.jifactor.com
- [11] I. Alenezi, "Effects of Heat Treatment on the Corrosion Behavior of ASTM A-36 Steel," 2020. [Online]. Available: www.etasr.com
- [12] A. Kumar Tanwer, "Effect of Various Heat Treatment Processes on Mechanical Properties of Mild Steel and Stainless Steel," *American International Journal of Research in Science*, pp. 14–722, 2014, [Online]. Available: <http://www.iasir.net>
- [13] H. Zhang *et al.*, "The effect of immersion corrosion time on electrochemical corrosion behavior and the corrosion mechanism of eh47 ship steel in seawater," *Metals (Basel)*, vol. 11, no. 8, Aug. 2021, doi: 10.3390/met11081317.
- [14] V. Moura, A. Y. Kina, S. S. M. Tavares, L. D. Lima, and F. B. Mainier, "Influence of stabilization heat treatments on microstructure, hardness and intergranular corrosion resistance of the AISI 321 stainless steel," in *Journal of Materials Science*, Jan. 2008, vol. 43, no. 2, pp. 536–540. doi: 10.1007/s10853-007-1785-5.
- [15] A. Adesoji ADEDIRAN, S. Aribi, M. Olalekan Hakeem AMUDA, A. A. Adediran, and M. O. Amuda, "Mechanical properties of dual phase steel quenched in bitumen medium," *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, no. 26, pp. 1–16, Jan. 2015, [Online]. Available: <http://lejpt.academicdirect.org>