

# Peningkatan Sifat Fisik dan Mekanik Baja AISI 1030 dengan proses *Pack Chromizing* dengan variasi waktu penahanan

Yustiasih Purwaningrum<sup>1</sup>, Lembayung Asmarani<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Jl. Kaliurang km 14,5 Ngemplak Sleman Yogyakarta Indonesia

yustiasih.purwaningrum@uii.ac.id

---

---

## Abstrak

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh variasi waktu *pack chromizing* terhadap sifat fisik dan sifat mekanik baja AISI 1030. Proses *pack chromizing* menggunakan campuran *chromium* ( $Cr_2O_3$ ) dan amonium klorida ( $NH_4Cl$ ) dengan perbandingan 20 : 1. Proses *pack chromizing* dilakukan dengan menggunakan temperatur 1000°C dan variasi temperatur penahanan 4, 5 dan 6 jam. Proses pendinginan dilakukan pada media terbuka. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, pengamatan struktur mikro, pengujian kekerasan, pengujian keausan, dan pengujian korosi. Pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa material yang digunakan tergolong baja karbon sedang. Kandungan *chromium* meningkat setelah melalui proses *chromizing*. Kadar *chromium* tertinggi terdapat pada waktu penahanan 6 jam yaitu 0,49 % diikuti oleh waktu penahanan 5 jam dengan nilai 0,3139 % dan kadar *chromium* terendah terdapat pada waktu penahanan 4 jam dengan nilai 0,1136 %. Pengamatan struktur mikro menunjukkan baja AISI 1030 dan hasil *pack chromizing* mempunyai struktur mikro berupa terdapat perlit dan ferit. Hasil pengujian kekerasan dengan metode *Vickers microhardness* menunjukkan semakin lama waktu penahanan dalam proses *pack chromizing*, nilai kekerasannya semakin tinggi. Proses *pack chromizing* menurunkan nilai keausan pada material. Penurunan tertinggi terdapat pada waktu penahanan 6 jam yaitu sebesar 41,82 %. Hasil pengujian korosi menunjukkan baja AISI 1030 mempunyai nilai ketahanan korosi dalam kategori baik dengan nilai 0,11 mmpy, sedangkan hasil *pack chromizing* untuk semua variasi waktu penahanan masuk kategori sangat baik (0,02 – 0,1) mmpy.

**Kata kunci:** *pack chromizing*, baja AISI 1030, waktu penahanan

## Abstract

The aim of this research is to determine the effect of variation in holding time of *pack chromizing* on the physical and mechanical properties of AISI 1030 steel. The *pack chromizing* process uses a mixture of *chromium* ( $Cr_2O_3$ ) and ammonium chloride ( $NH_4Cl$ ) in a ratio of 20:1. The *pack chromizing* process is carried out at a temperature of 1000°C with holding time variations of 4, 5, and 6 hours. The tests conducted were chemical composition testing, microstructure observation, hardness testing, wear testing, and corrosion testing. Chemical composition tests show that the material used is classified as medium carbon steel. The *chromium* content increased after undergoing the *chromizing* process. The highest *chromium* content is found at a holding time of 6 hours, which is 0.49%, followed by a holding time of 5 hours with a value of 0.3139%, and the lowest *chromium* content is at a holding time of 4 hours with a value of 0.1136%. Microstructure observation shows that AISI 1030 steel and the results of *pack chromizing* have a microstructure consisting of pearlite and ferrite. The results of hardness testing using the *Vickers microhardness* method indicate that the longer the holding time in the *pack chromizing* process, the higher the hardness value becomes. The *pack chromizing* process reduces the wear value of the material. The highest reduction occurs at a holding time of 6 hours, amounting to 41.82%. The corrosion testing results indicate that AISI 1030 steel has a corrosion resistance value classified as good, with a value of 0.11 mmpy, whereas the results of *pack chromizing* for all variations of holding time fall into the very good category (0.02 – 0.1 mmpy).

**Keywords:** *pack chromizing*, AISI 1030 steel, holding time

---

---

## I. PENDAHULUAN

Baja mempunyai nilai kekuatan yang tinggi dan harga murah sehingga banyak digunakan pada industri manufaktur seperti otomotif, konstruksi, dan permesinan. Tetapi baja mempunyai kekurangan yaitu kekerasan dan ketahanan terhadap korosi rendah [1]. Kegagalan material struktural dalam rekayasa banyak terjadi karena keausan dan korosi terutama pada daerah permukaannya [2]. Oleh karena itu diperlukan cara untuk meningkatkan sifat permukaan dengan tetap mempertahankan karakteristik asli dari material untuk mengatasi permasalahan tersebut [3,4]. Salah satu caranya adalah melalui perlakuan permukaan yang bertujuan meningkatkan kekerasan permukaan dan sifat tribologinya [5-9]. Perlakuan permukaan bertujuan untuk meningkatkan kinerja komponen terutama meminimalkan keausan dan korosi [10,11].

*Stainless steel* memiliki ketahanan korosi dan aus yang baik karena adanya kromium didalamnya. *Stainless steel* dibentuk dengan penambahan kromium ke matriks baja [12-14] Tetapi proses pembentukannya sulit sehingga harganya mahal. Salah satu cara perlakuan permukaan adalah proses *chromizing* yaitu pelapisan permukaan dengan kromium. Kromium akan melapisi baja pada permukaan dan sebagian terdifusi kedalam baja sehingga terbentuk  $Cr_2O_3$  [15].

*Pack cromizing* pada baja karbon tinggi T9 dan baja SPCC dengan temperatur 950°C waktu 4 jam menghasilkan kekerasan dan ketahanan aus lebih tinggi [16]. Pengujian korosi dengan menggunakan SCWO (*super-critical water oxidation*) pada baja SS 316 yang telah dilakukan *chromizing* menunjukkan nilai laju korosi lebih rendah dibandingkan *raw materialnya* [17]. Nilai kekerasan dan sifat mekanik baja karbon rendah meningkat signifikan setelah dilakukan proses pelapisan chrom dan titanium dengan variasi campuran komposisi material pelapisnya [18].

Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik baja karbon rendah dengan proses *pack cromizing* dengan variasi waktu *chromizing*. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah material yang digunakan, campuran komposisi material pelapis dan metode pengujian korosi.

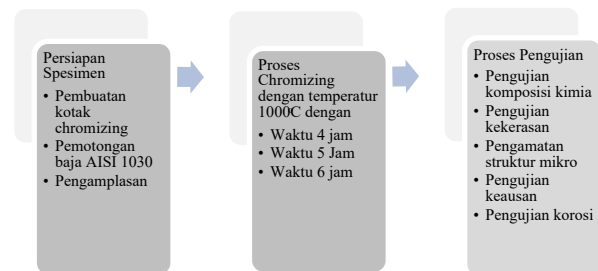
## II. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 1030 dengan ukuran 15 mm x 15 mm x 30 mm. Komposisi kimia baja AISI 1030 dapat dilihat pada tabel 1. Proses *chromizing* dilakukan dengan metode *pack chromizing* dengan menggunakan

temperatur 1000 °C dan variasi waktu penahanan 4 jam, 5 jam dan 6 jam. Proses pendinginan dilakukan di udara bebas. Bahan *chromizing* yang digunakan adalah campuran chromium ( $Cr_2O_3$ ) dan amonium klorida/garam halida ( $NH_4Cl$ ). Dengan perbandingan  $Cr_2O_3 : NH_4Cl = 20 : 1$ . Penambahan amonium klorida ( $NH_4Cl$ ) bertujuan untuk membentuk gas aktif (aktifator) yang membantu mempercepat proses difusi atom-atom Cr ke dalam baja.

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, pengamatan struktur mikro, pengujian kekerasan, pengujian keausan dan pengujian korosi.

Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur penelitian

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Komposisi Kimia

Hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan *Optical Emission Spectrometer (OES)* dapat terlihat pada tabel 1. Kandungan unsur Cr dalam spesimen hasil *chromizing* mempunyai nilai lebih besar dibandingkan dengan logam induknya. Jumlah unsur Cr hasil *chromizing* berbanding lurus dengan waktu penahanannya. Semakin lama waktunya semakin banyak unsur Cr yang terkandung di dalam spesimen.

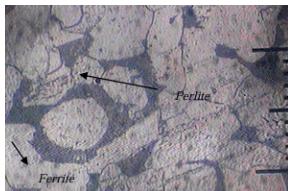
Tabel 1. Komposisi kimia hasil *pack chromizing*

Unsur	AISI 1030	Pack Chromizing		
		4 jam	5 jam	6 jam
Fe	98,0121	98,4595	97,6072	97,3503
S	0,0062	0,1390	0,1419	0,0585
Al	0,0347	0,0064	0,0088	0,0027
C	0,3016	0,3269	0,9003	0,5038
Ni	0,0131	0,0432	0,0353	0,0175
Nb	0,0007	0,0016	0,0024	0,0024
Si	0,3004	0,1713	0,2149	0,1738
Cr	0,0280	0,1136	0,3139	0,4900
V	0,0011	0,0010	0,0012	0,0014
Mn	0,4628	0,2243	0,1659	0,1352
W	0,0027	0,0001	0,0022	0,0002

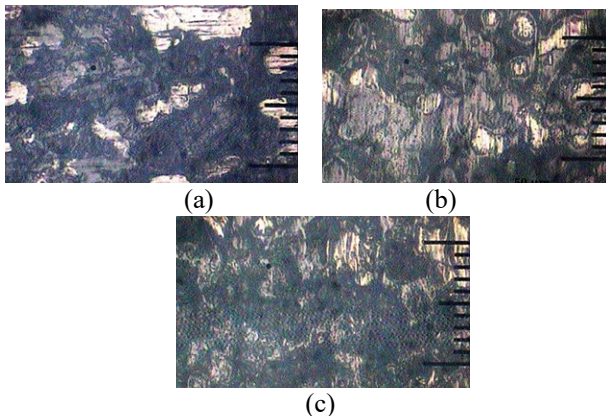
Unsur	AISI 1030	Pack Chromizing		
		4 jam	5 jam	6 jam
P	0,0025	0,0161	0,0105	0,0073
Cu	0,0162	0,4960	0,3546	0,2191
Ti	0,0046	0,0013	0,0021	0,0019
N	0,1273	0,0001	0,1565	0,0042
B	0,0010	0,0020	0,0020	0,0011
Pb	0,0085	0,0028	0,0055	0,0047
Sb	0,0001	0,0029	0,0020	0,0018
Ca	0,6478	0,0013	0,0138	0,0083
Mg	0,0263	0,0001	0,0301	0,0030
Zn	0,002	0,0007	0,0009	0,0006
Co	0,0024	0,009	0,0086	0,0091

### Pengamatan Struktur Mikro

Gambar 2 dan 3 menunjukkan hasil pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik pembesaran 200 kali. Terlihat dari gambar 1. struktur mikro logam induk terdiri dari ferite yang berwarna putih dan perlit yang berwarna lebih gelap.



Gambar 2. Struktur mikro baja AISI 1030



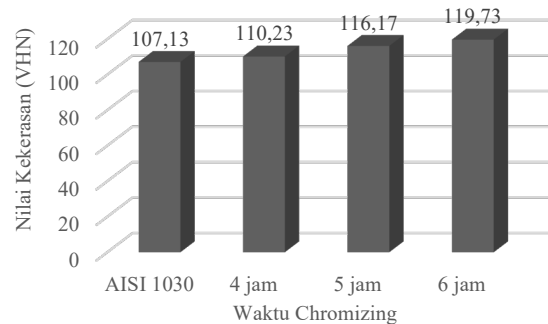
Gambar 3. Struktur mikro hasil chromizing dengan variasi waktu penahanan (a) 4 jam (b) 5 jam (c) 6 jam

Struktur mikro mikro hasil *chromizing* menunjukkan adanya lapisan hitam (*Chromium oxide*) untuk semua variasi waktu penahanannya. Semakin lama waktu penahanannya semakin lebar daerah lapisan chromnya. Hal ini sesuai dengan pengujian komposisi yang menunjukkan semakin lama waktu penahanan, nilai unsur chromnya meningkat.

### Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode *Vickers Microhardness* dengan menggunakan beban 200 gr. Pengujian dilakukan secara acak, dengan 3 buah pengujian tiap variasinya. Nilai kekerasan pada grafik adalah nilai rata-rata dari pengujian tersebut. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.

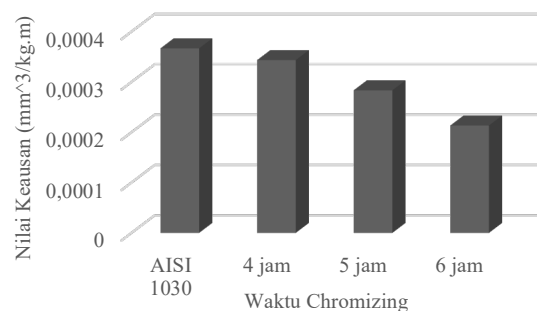
Semakin lama waktu penahanannya nilai kekerasan semakin tinggi. Unsur chrom dalam baja akan meningkatkan nilai kekerasan. Metode *pack chromizing* menggunakan *heat treatment*. Pada metode ini terjadi proses difusi atom *chromium* ke dalam baja AISI 1030 yang lebih optimal bila dibandingkan *chromizing* metode *electroplating* yang tidak menggunakan *heat treatment*. Dalam proses *elektroplating* hanya terjadi ikatan *adhesi*, antar permukaan logam dasar dan logam pelapisnya, sehingga kekuatan lapisan tidak baik [19].



Gambar 4. Hasil pengujian kekerasan

### Pengujian Keausan

Pengujian keausan pada spesimen baja AISI 1030 menggunakan *Universal Wear Tester* dengan metode *ogoshi*. Pengujian ini dilakukan pada permukaan spesimen dengan jarak pengausan sepanjang 15 meter dan diberi beban sebesar 6,36 kg. Setelah itu lebar dari area yang tergores diukur untuk dilakukan perhitungan keausan spesifik. Hasil pengujian keausan dapat dilihat pada gambar 5.

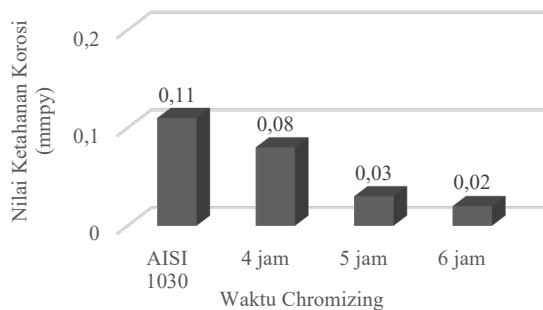


Gambar 5. Hasil pengujian keausan

Gambar 4 menunjukkan nilai keausan baja AISI 1030 adalah  $0,000367 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$  dan nilai hasil *chromizing* dengan waktu penahanan 4 jam, 5 jam dan 6 jam adalah  $0,000343 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ ;  $0,000283 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$  serta  $0,000213 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ . Semakin lama waktu *chromizing* maka nilai keausannya semakin rendah. Nilai kekerasan berbanding lurus dengan ketahanan aus, semakin keras material maka semakin baik pula ketahanan ausnya.

**Pengujian Korosi**

Gambar 6 menunjukkan nilai ketahanan korosi spesimen hasil *pack chromizing* dengan variasi waktu penahanan. Nilai ketahanan korosi tertinggi terdapat pada hasil *chromizing* dengan waktu penahanan 6 jam dengan nilai 0,02 mmpy. Nilai ini menunjukkan ketahanan korosinya 5x lebih baik dibandingkan dengan logam induknya yaitu AISI 1030. Untuk waktu penahanan 4 jam dan 5 jam nilai ketahanan korosinya adalah 0,08 mmpy dan 0,03 mmpy. Nilai ini juga lebih baik dibandingkan dengan logam induknya.



**Gambar 6. Hasil pengujian korosi**

Tabel 2 kolom 1 menunjukkan standar klasifikasi laju korosi [20]. Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa baja AISI 1030 yang digunakan sebagai logam induk masuk klasifikasi baik untuk nilai ketahanan terhadap korosinya. Setelah proses *pack chromizing* dengan variasi waktu penahanan, nilai ketahanan korosinya menjadi lebih baik yaitu masuk kategori sangat baik dengan nilai antar 0,02 mmpy sampai 0,08 mmpy.

**Tabel 2. Tingkat ketahanan korosi [20]**

Relative Corrosion Resistance/ standar (mmpy)	AISI 1030	Laju Korosi (mm/year)		
		Chromizing		
		4 jam	5 jam	6 jam
Outstanding < 0,02				
Excellent 0,02 – 0,1		0,08	0,03	0,02

Relative Corrosion Resistance/ standar (mmpy)	AISI 1030	Laju Korosi (mm/year)		
		Chromizing		
		4 jam	5 jam	6 jam
Good 0,1 – 0,5	0,11			
Fair 0,5 – 1				
Poor 1 – 5				
Unacceptable 5 +				

**IV. KESIMPULAN**

Perlakuan permukaan *pack chromizing* yang dilakukan pada baja AISI 1030 dengan variasi waktu penahanan 4 jam, 5 jam dan 6 jam dapat meningkatkan nilai kekerasan, ketahanan aus dan ketahanan korosi. Kadar unsur *chrom* setelah proses *chromizing* meningkat karena pada proses *chromizing* terjadi proses pelapisan *chrom* di permukaan benda uji serta terjadi proses difusi *chrom* ke dalam benda uji. Nilai kekerasan, ketahanan aus dan ketahanan korosi hasil *chromizing* lebih tinggi dibandingkan logam induknya. Nilai tersebut berbanding lurus dengan waktu penahanannya. Nilai keausan hasil *chromizing* dengan variasi waktu penahanan 4 jam, 5 jam dan 6 jam berkurang 6,53 %, 22,89 % dan 41,96 % dibandingkan logam induknya yang mempunyai nilai keausan  $0,000367 \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ . Nilai ketahanan korosi baja AISI 1030 masuk kategori baik dengan nilai laju korosi 0,11 mmpy, sedangkan untuk hasil *chromizing* masuk kategori sangat baik. Nilai laju korosi hasil *chromizing* dengan variasi waktu penahanan adalah 0,08 mmpy, 0,03 mmpy dan 0,02 mmpy untuk waktu penahanan 4 jam, 5 jam dan 6 jam.

**REFERENSI**

[1] S. Zhang, H. Zhang, H. Zhang, X. Zhao, Y. Li, Y. Study on diffusion kinetics and law of chromium on the surface of low-carbon steel, *Coatings*, 13(1) : 98 , pp. 1-15, 2023.

[2] N. Lin, L. Zhao, Q. Liu, J. Zou, R. Xie, S. Yuan, D. Li, L. Zhang, Z. Wang, B. Tang, Preparation of titanizing coating on AISI 316 stainless steel by pack cementation to mitigate surface damage: Estimations of corrosion resistance and tribological behavior, *Journal of Physics and Chemical of Solids*, 129, pp. 387–400, 2019.

- [3] A. Garcia-Giron, J.M. Romano, Y. Liang, B. Dashtbozorg, H. Dong, P. Penchev, S.S. Dimov,. Combined surface hardening and laser patterning approach for functionalising stainless steel surfaces, *Applied Surface Science*, 439, pp. 516–524, 2018.
- [4] Q. Luo, O. Oluwafemi, M. Kitchen, S. Yang, Tribological properties and wear mechanisms of DC pulse plasma nitrided austenitic stainless steel in dry reciprocating sliding tests, *Wear* 376, pp. 1640–1651, 2017.
- [5] H. Kumar, V. Ramakrishnan, S.K. Albert, A.K. Bhaduri, K.K. Ray, Friction and wear behaviour of Ni-Cr-B hardface coating on 316LN stainless steel in liquid sodium at elevated temperature, *Journal of Nuclear Materials*, 495, pp. 431–437, 2017.
- [6] M. Alvarez-Vera, H. M. Hdz-García, R. Muñoz-Arroyo, J.C. Diaz-Guillen, A.I. Mtz-Enriquez, J.L. Acevedo-Dávila, Tribological study of a thin TiO<sub>2</sub> nanolayer coating on 316L steel, *Wear*, 376, pp.1702–1706, 2017.
- [7] R. Djellal, A. Saker, B. Bouzabata, D.E. Mekki, Thermal stability and phase decomposition of nitrided layers on 316L and 310 austenitic stainless steels, *Surface and Coatings Technology*, 325, pp. 533–538, 2017.
- [8] J. Raudoniene, A. Laurikenas, M.M. Kaba, G. Sahin, A.U. Morkan, D. Brazinskiene, S. Asadauskas, R. Seidu, A. Kareiva, E. , Textured WO<sub>3</sub> and WO<sub>3</sub>: Mo films deposited from chemical solution on stainless steel, *Thin Solid Film*, 653, pp. 179–187, 2018.
- [9] S.Q. Sun, Y.W. Ye, Y.X. Wang, M.Q. Liu, X. Liu, J.L. Li, L.P. Wang, L.P., Structure and tribological performances of CrAlSiN coatings with different Si percentages in seawater, *Tribology International*, 115, pp. 591–599, 2017.
- [10] R. Yang, H. Yang, M. Zhang, X. Shi, J. Qiao, Refractory high-entropy aluminized coating with excellent oxidation resistance and lubricating property prepared by pack cementation method, *Surface and Coatings Technology*. 473, 129967, 2023.
- [11] C. Hwang, K.P. Shinde, J. Oh, S. Lee, C.H. Chung, J.S. Park, Microstructures and high temperature oxidation behaviors of AlMo<sub>0.5</sub>NbTa<sub>0.5</sub>TiZr high entropy alloys coated by silicon pack cementation, *Corrosion Science*, 219, 111203, 2023.
- [12] Y. Sun, Y. Liang, O. Zhao, Local–flexural interactive buckling behaviour and resistances of high-chromium stainless steel slender welded I-section columns, *Engineering Structure*, 220, 111022, 2020.
- [13] N.V. Skripnyak, E.S. Emelyanova, V.A. Skripnyak, E.G. Skripnyak, V.E. Panin, S.G. Psakhie, V.M. Fomin, V.M, Damage of High-Chromium Steels Under Deformation in a Wide Temperature Range, *AIP Conference Proceeding*, 1909 (1), 020200, 2017.
- [14] Y. Liu, Y.H. Sun, H.T. Wu, Effects of chromium on the microstructure and hot ductility of Nb-microalloyed steel, *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 28, 1011–1021, 2021.
- [15] F.A. Fauzi, T. Kurniawan, M.S. Salwani, Y.S. Bin, W.S.W. Harun, Chromium Enrichment on P11 Ferritic Steel by Pack Cementation. *MATEC Web of Conferences* 74, 00036, 2016:
- [16] S. Liu, J. Yang, X. Liang, Y. Sun, X. Zhao, Z. Cai, Investigation of the Preparation, Corrosion Inhibition, and Wear Resistance of the Chromized Layer on the Surfaces of T9 and SPCC Steels, *Materials* 15, 7902, 2022.
- [17] H. S. Kim, J. H. Yoon, J. H. Han, B. D. Mitton, R. M. Latanision and Y. S. Kim, Influence of Chromizing Treatment on the Corrosion Behavior of AISI 316 Stainless Steel in Supercritical Water Oxidation, *Metal and Materials, International*, 10(1) pp. 83-88, 2004.
- [18] A. Yousef , A.M. Bastaweesy, I. M. Maafa, A. Abutaleb, Improved Surface Properties of Low-Carbon Steel by Chromizing–Titanizing Coating Using Pack Cementation Process, *Metals*, 14, 1456. 2024.
- [19] E. Sundari, Taufikurahman, M. Bobi, Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Terhadap Kekerasan Dan Ketebalan Lapisan Pada Chromizing Baja St 37. *Jurnal Austenit*, 11(2), pp.54-58, 2019
- [20] Y.A. Afandi, I.S. Arief, Amiadji, Analisa Laju Korosi Pada Pelat Baja Karbon Dengan Variasi Ketebalan Coating. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), pp.1-5, 2015