

# PENGARUH METODE *HOT DIPPING ALUMUNIZING COATING* PADA MATERIAL *STAINLESS STEEL 304* DALAM KOMPONEN *FIREWALL* PESAWAT CESSNA 150

<sup>1</sup>Isla Ikhlasul Hazmi, <sup>2</sup>Sehono, <sup>3</sup>Dhimas Wicaksono

Teknik Dirgantari, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta

## Abstrak

Baja tahan karat (*Stainless steel*) adalah salah satu logam ferro yang sering digunakan dalam dunia teknik. Baja tahan karat termasuk dalam baja paduan tinggi yang mempunyai sifat mampu bentuk yang baik, ketangguhan yang baik pada temperatur rendah maupun temperatur tinggi, memiliki sifat ketahanan korosi yang baik serta memiliki ketahanan mulur yang cukup besar pada temperatur tinggi. Kemudian penerapan pada pesawat Cessna 150 digunakan pada bagian firewall, fungsi dari firewall yaitu untuk menahan laju perpindahan panas dari engine menuju bagian cockpit. Dengan demikian maka material firewall harus memiliki ketahanan yang baik terhadap panas, kemudian juga harus memiliki sifat mekanik yang baik untuk menguatkan struktur pada pesawat. Pada penelitian ini dilakukan secara eksperimental kuantitatif, dengan melakukan perlakuan hot dipping alumunizing untuk meningkatkan ketahanan panas dan sifat mekanik dari material stainless steel 304. Setelah dilakukan perlakuan hot dipping alumunizing maka selanjutnya melakukan pengujian mekanik berupa uji tarik dan kekerasan, sedangkan untuk melakukan uji ketebalan terhadap lapisan alumunium yang melekat menggunakan mikroskop. Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa spesimen terbaik terdapat pada variasi pencelupan 4 menit dengan kekuatan tarik sebesar 232 Mpa, regangan rata-rata mencapai 25 % dan beban maksimal yang dapat ditahan mencapai 5207 N. Kemudian untuk pengujian kekerasan menunjukkan spesimen variasi 4 menit merupakan yang terbaik nilai rata-rata HV 90 kgf/mm<sup>2</sup>. Kemudian untuk ketebalan tertinggi terdapat pada spesimen 6 menit dengan ketebalan 370.75 µm.

**Kata kunci:** *Stainless, steel, dipping, alumunizing, mekanik*

## Abstract

*Stainless steel is one of the ferrous metals that is often used in the engineering world. Stainless steel is included in high alloy steel which has good formability, good toughness at low and high temperatures, has good corrosion resistance properties and has considerable creep resistance at high temperatures. Then the application on the Cessna 150 aircraft is used in the firewall section, the function of the firewall is to restrain the rate of heat transfer from the engine to the cockpit. Thus, the firewall material must have good resistance to heat, then it must also have good mechanical properties to strengthen the structure of the aircraft. This research was carried out quantitatively, by treating hot dipping alumunizing to increase the heat resistance and mechanical properties of stainless steel 304. After hot dipping alumunizing treatment was carried out, then mechanical tests were carried out in the form of tensile and hardness tests, while to carry out thickness tests on a layer of aluminum attached using a microscope. Based on the research conducted, it can be concluded that the best specimens are found in the 4 minute immersion variation with a tensile strength of 232 Mpa, the average strain reaching 25% and the maximum load that can be held up to 5207 N. Then for hardness testing, the 4 minute variation specimen is the best HV average value is 90 kgf/mm<sup>2</sup>. Then for the highest thickness found in the 6 minute specimen with a thickness of 370.75 µm.*

**Keywords:** *Stainless, steel, dipping, alumunizing, mechanic*

## Pendahuluan

Salah satu penyebab terjadinya kegagalan (patah) pada komponen mesin yaitu kelelahan (*fatigue*) pada material. Kelelahan ini terjadi akibat beban dinamis (pembebanan yang berulang-ulang atau berubah-ubah tiap waktu). Kegagalan ini biasanya terjadi saat level tegangan dibawah *yield strength material*. Semakin besar amplitudo pembebanan dinamis semakin cepat retak merambat. Baja tahan karat (*Stainless steel*) adalah salah satu logam ferro yang sering digunakan dalam dunia teknik. Baja tahan karat (*Stainless steel*) termasuk dalam baja paduan tinggi yang mempunyai sifat mampu bentuk

<sup>1</sup>Email Address : [170202058@students.sttkd.ac.id](mailto:170202058@students.sttkd.ac.id)

Received 1 Juli 2021, Available Online 30 Juli 2021

yang baik, ketangguhan yang baik pada temperatur rendah maupun temperatur tinggi, memiliki sifat ketahanan korosi yang baik serta memiliki ketahanan tumbuk yang cukup besar pada temperatur tinggi. Menurut Yafi (2016) baja tahan karat mengandung unsur *chromium* lebih dari 10.5%. Unsur *chromium* ini merupakan pelindung utama baja dalam *stainless steel* terhadap gejala-gejala yang disebabkan oleh kondisi lingkungan. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *stainless steel* 304 dengan sifat mekanik awal adalah memiliki *tensile strength* sebesar 586 MPa dan *yield strength* sebesar 241 MPa. Pada penelitian ini digunakan metode *hot dipping alumunizing coating*. *Hot dipping alumunizing coating* yaitu proses pelapisan dengan logam aluminium dengan baja sebagai substrat baja, yaitu dengan mencelupkan baja ke dalam aluminium cair. Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan dan dapat ditempa. Menurut Majanasastra (2016) kekuatan tarik aluminium murni adalah 90 MPa, sedangkan aluminium paduan memiliki kekuatan tarik berkisar hingga 600 MPa. Dengan dilapisi aluminium maka *stainless steel* 304 memiliki ketahanan oksidasi dan sulfidasi yang baik akan tetapi belum tentu dapat memengaruhi perambatan retak fatik pada *stainless steel*. Basyith *et al.* (2020) berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada SS304 dengan *coating* berupa Cr maka untuk laju korosi yang terjadi paling luas adalah pada variasi waktu 5 menit. Sedangkan untuk variasi waktu yang semakin lama akan membuat SS304 semakin kecil untuk laju perluasan korosinya. Kemudian penelitian ini memiliki target untuk mengetahui kekuatan tarik, kekerasan dan ketebalan spesimen *stainless steel* 304 yang telah dilakukan perlakuan *hot dipping alumunizing coating*. Sehingga diharapkan dapat memberikan ketahanan terhadap korosi dan sifat mekanis yang baik.

## Tinjauan Pustaka

### *Firewall*

*Firewall* atau dinding penahan panas adalah sebuah plat lebar yang dipasang untuk menghindari distribusi panas dari engine ketika beroperasi agar tidak berinteraksi dengan komponen yang lain ataupun dengan orang yang mengoperasikan engine. Untuk material dari *firewall* sendiri dibuat dengan bahan yang dapat menahan panas dengan baik dan memberikan kekuatan terhadap struktur dibagian *nose section*. Biasanya material yang digunakan untuk *firewall* adalah menggunakan baja tahan karat dan ringan namun kuat. Menurut Nugroho (2018) untuk memberikan penguat agar ketika terjadi kecelakaan dapat menahan api dari engine agar tidak menyebar ke *cockpit*.

### *Stainless Steel 304*

*Stainless steel* atau baja tahan karat adalah material yang sangat banyak diterapkan di bidang industri ataupun transportasi. Material jenis ini memiliki kelebihan yaitu tahan karat dan memiliki kekuatan yang baik untuk menahan beban tertentu. Menurut Setiawan dan Sungkono (2017) *stainless steel* memiliki sifat mekanik laju pengerasan, keuletan, kekuatan kekerasan dan ketahanan panas serta tahan terhadap korosi. *Stainless steel* 304 adalah baja tahan karat yang memiliki kandungan *chromium* sampai dengan 18.12 % (Setiawan, 2016). Kemudian Menurut Putri (2016) *stainless steel* 304 memiliki komposisi besi, *chromium* dan nikel, kelebihan dari jenis ini yaitu memiliki kandungan *chromium* yang dapat menyebabkan material tahan karat dan juga tahan terhadap reaksi apapun di lingkungan.

### *Hot Dipping Alumunizing Coating*

*Coating* adalah sebuah metode yang dilakukan untuk menambahkan lapisan pada suatu material agar menjadikan sifat mekanik dan fisik dari material dasar dapat menjadi lebih baik. Menurut Abdullah dan Tjahjanti (2021) dengan melakukan *hot dipping alumunizing coating* akan menyebabkan material tahan terhadap korosi dan oksidasi lingkungan. Proses perlakuan *hot dipping aluminium coating* yaitu melakukan sterilisasi baja yang akan dilakukan pencelupan dengan proses 2 kali. Pencelupan pada cairan aluminium panas, selanjutnya dilakukan perendaman pada waktu tertentu. Setelah

mencapai waktu target yang diinginkan maka selanjutnya melakukan pengangkatan dan pendinginan.

### Uji Tarik

Uji tarik merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui batas kekuatan material ketika diberikan beban tarik atau gaya translasi. Dimana dalam pengujian tarik menggunakan ASTM E8.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

### Uji Kekerasan

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kekerasan dari material yang diuji, uji kekerasan ini dilakukan dengan menekan material dengan penekan (indenter) berbentuk kerucut. Material ditekan dengan penekan berbentuk runcing sampai terjadi kerusakan. Menurut Syafei *et al.* (2020) uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada sekitaran penekan. Pada penelitian ini digunakan pengujian kekerasan Vickers untuk mengetahui daya tahan material terhadap indenter yang cukup kecil, sehingga untuk hasil akan lebih detail daripada menggunakan metode uji kekerasan lain.

$$D = \frac{(d1+d2)}{2} \quad (2)$$

$$HV = \frac{1.854F}{D^2} \quad (3)$$

### Uji Ketebalan Lapisan

Uji ketebalan lapisan dilakukan untuk mengetahui ketebalan dari alumunium yang menempel pada spesimen. Dengan menggunakan uji ketebalan maka diharapkan dapat mengetahui waktu yang efisien dalam melakukan pencelupan pada alumunium cair. Selain itu menurut Kevin *et al.* (2019) itu juga yang menjadi indikator tebal atau tidaknya dalam proses *hot dipping alumunizing* adalah komposisi dari lelehan paduan. Alat yang digunakan untuk uji ketebalan lapisan menggunakan *microscope*.

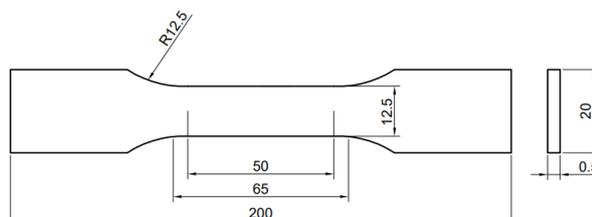
### Metode Penelitian

#### Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian yang akan dilakukan yaitu membentuk material *stainless steel* 304 sesuai dengan standar untuk dilakukan pengujian, kemudian setelah dibentuk maka selanjutnya melakukan perlakuan *hot dipping alumunium*. Setelah dilakukan pencelupan maka melakukan pengujian uji tarik, uji kekerasan, dan uji ketebalan.

#### Tahapan-Tahapan Penelitian

Mempersiapkan spesimen SS304 yang akan dilakukan pencelupan di cairan alumunium yang panas.



**Gambar 1. Skema untuk uji tarik**

Sumber: ASTM E-8



**Gambar 2. Hasil pemotongan aluminium berdasarkan ASTM**

Kemudian dicelupkan di aluminium dengan temperatur 700°C dengan variasi waktu pencelupan. Untuk pendinginan dilakukan dengan cara alamiah selama 5 menit. Untuk dimensi spesimen uji tarik dan uji kekerasan menggunakan ASTM E-8.

**Tabel 1. Variasi spesimen uji tarik**

Spesimen	Sebelum Pengujian			Keterangan
	P <sub>0</sub> (mm)	L <sub>0</sub> (mm)	t <sub>0</sub> (mm)	
V21	121.4	13.1	1.4	
V22	121.3	13	1.3	Variasi 2 menit
V23	121.4	12.8	1.5	
V41	120.5	13.1	1.6	
V42	124.6	13.9	1.6	Variasi 4 menit
V43	121.3	13.9	1.7	
V61	120.7	12.7	1.6	
V62	120.3	12.6	1.1	Variasi 6 menit
V63	123	12.5	1.5	

Setelah spesimen siap selanjutnya dilakukan pengujian pada masing-masing spesimen dengan menggunakan uji tarik, uji ketebalan lapisan dan uji kekerasan. Setelah mendapatkan hasil dari masing-masing pengujian selanjutnya dilakukan analisis data untuk mengetahui sifat mekanik masing-masing dari spesimen. Menarik kesimpulan terhadap penelitian yang telah dilakukan.

## Hasil dan Pembahasan

### Uji Tarik

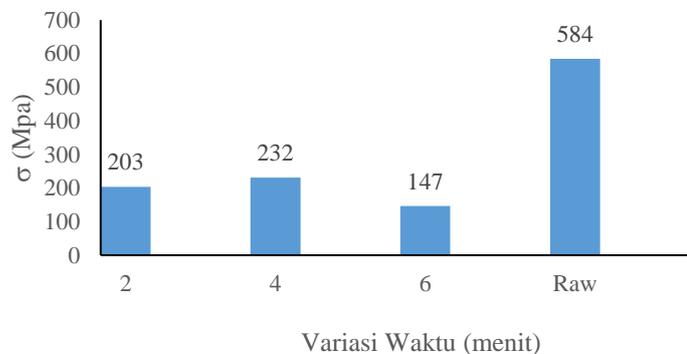
Untuk spesimen dengan variasi 2 menit yang memiliki nilai tegangan tertinggi terdapat pada nomor 2 dengan nilai 232 Mpa. Dan untuk nilai tegangan terendah pada variasi 2 menit yaitu pada spesimen nomor 3 dengan nilai 163 Mpa. Pada variasi 4 menit spesimen dengan nilai tegangan tertinggi terdapat pada nomor 1 dengan nilai 251 Mpa, sedangkan untuk nilai tegangan paling rendah terdapat pada nomor 3 dengan nilai 209 Mpa. Selanjutnya pada variasi 6 menit nilai tegangan tertinggi terdapat pada spesimen dengan nomor 2 dengan nilai 189 Mpa dan untuk tegangan terendah pada spesimen nomor 1 dengan nilai 109 Mpa. Pada spesimen *raw* yang memiliki nilai tegangan paling tinggi terdapat pada nomor 1 dengan nilai 642 Mpa dan nilai terendah pada nomor 3 dengan nilai 542 Mpa.

**Tabel 2. Hasil Uji Tarik Rata-Rata**

Variasi	No. Spesimen	F (N)	$\sigma$ (Mpa)	Rata-Rata Tegangan (Mpa)
2	1	3938	215	203
	2	3922	232	

	3	3132	163	
	1	5261	251	
4	2	5207	234	232
	3	4948	209	
	1	2214	109	
6	2	2624	189	147
	3	2655	142	
	1	5287	642	
Raw	2	4870	570	584
	3	4532	542	

Pada grafik menunjukkan nilai tertinggi didapat pada *raw* material dengan nilai 584 Mpa. Kemudian untuk pemberian perlakuan dengan *hot dipping alumunizing coating* mencapai 232 Mpa pada perlakuan pencelupan selama 4 menit.



**Gambar 3. Grafik tegangan rata-rata pada setiap spesimen**

Pada diagram hasil tegangan tarik menunjukkan hasil yang fluktuatif, dimana pada bagian perlakuan *hot dipping alumunizing* 6 menit memiliki hasil kekuatan tarik yang lebih kecil daripada variasi sebelumnya. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh ketika proses manufaktur spesimen yang kurang sempurna dalam pembentukan sesuai dengan ASTM dan terjadi pengurangan sifat mekanis akibat terlalu lama dalam proses *hot dipping alumunizing*.

### Uji Kekerasan

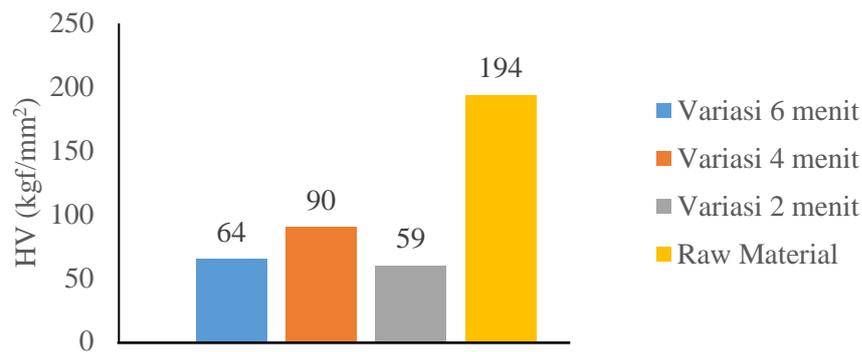
Pada Tabel terlihat bahwa nilai Hardness Vickers tertinggi untuk perlakuan *hot dipping alumunizing* dicapai pada nilai rata-rata 90 kgf/mm<sup>2</sup> pada variasi waktu pencelupan 4 menit. Kemudian nilai Hardness Vickers terendah terdapat pada variasi 2 menit dengan nilai 59 kgf/mm<sup>2</sup>.

**Tabel 3. Hasil perhitungan Hardness Vickers Test**

Variasi Material	D (mm)	F(kgf)	HV (kgf/mm <sup>2</sup> )	Rata-rata
Variasi 6 menit	0.0535	0.1	65	64
	0.0545	0.1	62	
	0.053	0.1	66	
	0.045	0.1	92	
Variasi 4 menit	0.0455	0.1	90	90
	0.046	0.1	88	

	0.0545	0.1	62	
Variasi 2 menit	0.056	0.1	59	59
	0.0575	0.1	56	
	0.03225	0.1	178	
Raw Material	0.02975	0.1	209	194
	0.031	0.1	193	

Kemudian pada gambar dibawah menunjukkan diagram batang pada masing-masing spesimen, pada gambar terlihat untuk nilai Hardness Vickers paling tinggi dicapai pada spesimen *raw material*. Namun untuk spesimen dengan perlakuan *hot dipping alumunizing* yang memiliki nilai Hardness Vickers paling tinggi dicapai pada spesimen dengan waktu 4 menit.



**Gambar 4. Grafik batang rata-rata hasil pengujian kekerasan**

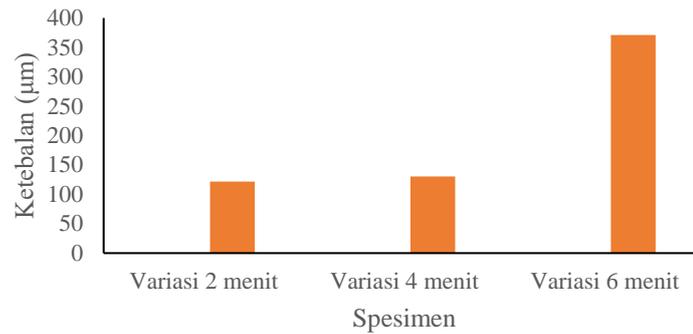
Berdasarkan hasil tersebut maka bertolak belakang terhadap teori, sehingga kemungkinan terjadi kesalahan dalam pengambilan data. Penelitian yang dilakukan oleh Surya dan Pintowantoro (2012) juga menunjukkan hasil yang sama dimana terjadi hasil yang fluktuatif dan hal itu disebabkan oleh kesalahan dalam pengambilan data pada alat. Kemudian terdapat kemungkinan dimana dalam proses *hot dipping alumunizing* kurang merata dalam menyelimuti seluruh permukaan, sehingga indenter mengenai bagian yang paling lemah dalam permukaan spesimen.

#### Uji Ketebalan Lapisan

Uji ketebalan dilakukan dengan menggunakan alat *microscope optic* atau makroskopik. Pada variasi *hot dipping alumunizing* selama 2 menit rata-rata ketebalan yang dapat dihasilkan mencapai 121.55  $\mu\text{m}$ , kemudian untuk variasi 4 menit rata-rata ketebalannya mencapai 130.48  $\mu\text{m}$ , dan untuk variasi 6 menit mencapai rata-rata ketebalan 370.75  $\mu\text{m}$ .

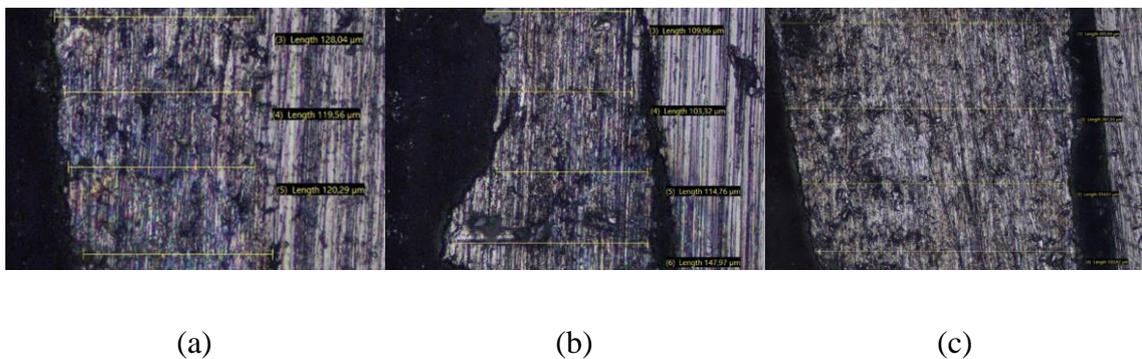
**Tabel 4. Perhitungan rata-rata ketebalan alumunium**

Variasi 2 menit	Variasi 4 menit	Variasi 6 menit
123.25	144.28	395.94
115.5	153.14	381.55
128.04	109.96	354.61
119.56	103.32	350.92
	Rata-rata	
121.55 $\mu\text{m}$	130.48 $\mu\text{m}$	370.75 $\mu\text{m}$



**Gambar 5. Grafik hasil pengujian ketebalan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sudjadi *et al.* (2012) menunjukkan bahwa semakin lama dalam proses pencelupan dapat meningkatkan ketebalan pada spesimen. Pada penelitian yang telah dilakukan dan tertampil pada gambar di bawah ini menunjukkan semakin lama perlakuan waktu yang diberikan dalam proses pencelupan secara signifikan dapat meningkatkan ketebalan lapisan aluminium yang melekat pada material *stainless steel*.



**Gambar 6. Hasil pengujian ketebalan (a) Variasi 2 menit, (b) Variasi 4 menit, dan (c) Variasi 6 menit**

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian uji tarik yang telah dilakukan maka spesimen dengan ketahanan terbaik dengan meninjau dari beban maksimal yang dapat ditahan, kekuatan tegangan maksimal dan regangan. Dengan peninjauan tersebut maka spesimen terbaik pada variasi *hot dipping alumunizing* 4 menit dengan kekuatan tarik rata-rata 232 Mpa, regangan rata-rata mencapai 25 % dan beban maksimal yang dapat ditahan mencapai 5207 N. Kemudian untuk pengujian Hardness Vickers atau uji kekerasan material dengan menggunakan metode Vickers menunjukkan spesimen terbaik pada variasi *hot dipping alumunizing* 4 menit dengan nilai rata-rata HV 90 kgf/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian ketebalan menggunakan *microscope optic* menunjukkan bahwa semakin lama perlakuan *hot dipping alumunizing* akan meningkatkan ketebalan secara linier. Hal ini terbukti pada spesimen dengan perlakuan 6 menit memiliki ketebalan 370.75 µm sedangkan perlakuan 2 menit hanya memiliki ketebalan 121.55 µm.

### Daftar Notasi

- $\sigma$  = Tegangan (Mpa)
- A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)
- D = Diagonal penjejakan rata-rata (mm)
- d1 = Diagonal penjejakan sisi 1 (mm)

- d<sub>2</sub> = Diagonal penjejakan sisi 2 (mm)  
 F = Beban maksimal (N)  
 HV = Nilai kekerasan Vickers (kgf/mm<sup>2</sup>)  
 L<sub>0</sub> = Lebar spesimen sebelum pengujian (mm)  
 P<sub>0</sub> = Panjang spesimen sebelum pengujian (mm)  
 t<sub>0</sub> = Tebal spesimen sebelum pengujian (mm)

#### Daftar Pustaka

- Abdullah, F., & Tjahjanti, P. H. (2021). *Analysis of Corrosion Resistant Steel Coating Using Hot Dip Galvanization Method and Polarization / Tafel Test. Procedia of Engineering and Life Science, 1(1)*.
- Basyith, M. A., Triyono, J., & Surojo, E. (2020). Analisis Laju Korosi Dan Keausan Spesifik Pada *Artificial Hip Joint Cr Coated SS304. Teknik Mesin Indonesia, 15(2)*, 1–4.
- Kevin, M., Syaiful, M., & Maburi, E. (2019). Karakteristik Lapisan *Hot Dip Aluminizing* Pada Baja Tahan Karat Martensitik 13C r. *Jurnal Metalurgi, 3*, 151–158.
- Majanasastra, R. (2016). Analisis Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Hasil Proses *Hydroforming* Pada Material Tembaga (Cu) C84800 Dan Aluminium Al 6063. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma, 4(2)*, 1–16.
- Nugroho, F. (2018). *Bab 1 Struktur Pesawat Udara*. Website Penerbangan Indonesia. <https://www.ilmuterbang.com/artikel-mainmenu-29/teori-penerbangan-mainmenu-68/111-bab-1-struktur-pesawat-udara?showall=1&start=0>. Diakses 10 September 2021 (19:10)
- Putri, A. L. (2016). Identifikasi Produk Korosi Baja SS304 Coating PANi / SiO<sub>2</sub> Pada Larutan Salinitas Tinggi NaCl 3 , 5 M. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Setiawan, A. (2016). Penelitian Stainless Steel 304 Terhadap Pengaruh Pengelasan (*Gas Tungsten Arc Welding* (Gtaw) Untuk Variasi Arus 50 A, 100 A Dan 160 A Dengan Uji Komposisi Kimia, Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan Dan Uji Impact. 3.
- Setiawan, J., & Sungkono, S. (2017). Karakteristik Daktilitas SS304 Yang Teroksidasi Pada Temperatur Tinggi. *Urania Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, 23(3)*, 165–174.
- Sudjadi, U., Sujitno, T., & Suprpto. (2012). Penelitian Kekerasan Permukaan Pada Bahan *Stainless Steel 316L* Yang Dikeraskan Dengan Alat Rf-Plasma Nitrocarburizing Hardening of Stainless. *Jurnal Urania, 18(2)*, 75.
- Surya, Y. S. H., & Pintowantoro, S. (2012). Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Celup Hot Dip Aluminizing terhadap Ketahanan Erosi dan Temperatur Tinggi pada Material SA 106 Grade B. *Jurnal Teknik Pomits, 5*.
- Syafei, N. S., Hidayat, D., Rohadi, N., & Trisanto, A. (2020). Analisa Penyebab Kegagalan Pengelasan Logam Stainless Steel (SA 213T2) dengan (SS 304 H). *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika, 4(2)*, 140–154.
- Yafi, A. (2016). Pengaruh Kadar Kromium Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Paduan Fe-Cr-Mn Melalui Proses Peleburan. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh November.