

# Optimasi Parameter Proses Anodisasi Aluminium 6061 Untuk Komponen Otomotif

Hidayat<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik  
Email: hidayat@umg.ac.id

**Abstrak:** Paduan Aluminium banyak digunakan untuk berbagai tujuan karena senyawanya yang menarik dengan kekuatan khusus yang sangat baik, mudah dibentuk, metode pembuatan yang bagus, konduktivitas listrik yang tinggi dan ketersediaan dalam berbagai aplikasi, terutama untuk keperluan komponen otomotif. Aluminium 6061 dipelajari dalam penelitian ini karena merupakan salah satu material yang sering digunakan untuk aplikasi komponen otomotif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Anodisasi. Tujuannya adalah untuk membangun lapisan oksida pada permukaan lembaran paduan Aluminium 6061, dan juga menganalisis struktur mikro dan sifat mekanik lapisan yang diendapkan. Pelapisan lapisan oksida dilihat dengan melakukan karakterisasi permukaan. Peningkatan kekerasan permukaan dengan uji kekerasan mikro dari 35,3 HV menjadi 65,8 HV. Uji adhesi untuk mengetahui kekuatan rekat dicapai dengan beban kegagalan sekitar 2023,9 mN. Sifat mekanik untuk kekerasan permukaan dan kekuatan rekat aluminium oksida yang dilapisi lembaran Aluminium 6061 meningkat.

**Kata kunci:** Aluminium 6061, Anodisasi, FESEM, Uji Kekerasan Mikro, Uji Adhesi.

**Abstract:** Aluminum alloys are widely used for various purposes due to their attractive compounds with excellent special strength, malleability, good manufacturing methods, high electrical conductivity and availability in a wide range of applications, particularly for automotive components. Aluminum 6061 was studied in this research because it is one of the materials that is often used for automotive component applications. The method used in this research is anodization. The aim is to build an oxide layer on the surface of the 6061 Aluminum alloy sheet, and also to analyze the microstructure and mechanical properties of the deposited layer. The coating of the oxide layer is seen by conducting surface characterization. Increased surface hardness by microhardness test from 35.3 HV to 65.8 HV. The adhesion test to determine the adhesive strength was achieved with a failure load of about 2023.9 mN. The mechanical properties for surface hardness and adhesive strength of aluminum oxide coated with 6061 Aluminum sheet are increased.

**Keywords:** Aluminum 6061, Anodizing, FESEM, Micro Hardness Test, Adhesion Test.

Paduan Aluminium banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena senyawanya yang menarik dengan kekuatan khusus yang sangat baik, mudah dibentuk, metode pembuatan yang bagus, konduktivitas listrik yang tinggi dan ketersediaan dalam berbagai aplikasi, terutama untuk keperluan otomotif (Abd-Elnaiem, 2013) (Adekunle, 2018). Dalam beberapa tahun terakhir, paduan aluminium telah menjadi perhatian yang berkembang untuk aplikasi otomotif karena kebutuhan global dalam penghematan berat untuk penurunan lebih lanjut dalam konsumsi bahan bakar (Agureev, 2018) (Billah, 2016). Terutama aplikasi lembaran untuk bagian struktural ringan baru dan konstruksi bodi mendapatkan minat dan upaya besar telah diberikan oleh semua produsen utama produk setengah jadi paduan aluminium untuk memenuhi permintaan utama (Canyook, 2018) (Chien, 2000).

Dalam beberapa tahun terakhir, bahan dan energi dikonsumsi oleh perusahaan yang telah melakukan perhatian umum tentang kebutuhan untuk menggunakannya secara lebih efisien (Chiller, 2018) (Refdi, 2014). Tuntutan untuk pertumbuhan yang berkelanjutan telah sangat meningkatkan kondisi lingkungan untuk meningkatkan representasi pemanfaatan dukungan dan untuk mengurangi timbulan limbah dan polusi radiasi (Habsari, 2017). Untuk memenuhi persyaratan kelestarian lingkungan, beberapa pendekatan diadopsi dalam beragam aplikasi dan praktik produksi. Sebagai ilustrasi di sektor transportasi, yang memberikan 19% emisi gas rumah kaca global, meningkatkan pasar bahan bakar dan menurunkan emisi yang dipengaruhi oleh transportasi adalah keadaan yang signifikan dalam industri otomotif (Li, 2019).

Aluminium karena kualitasnya yang luar biasa telah mengambil tempat penting dalam tujuan rekayasa, menjadikannya logam non-ferrous yang paling banyak diproduksi di industri metalurgi. Aluminium 6061 akan dipelajari dalam penelitian ini karena merupakan salah satu jenis material yang umum digunakan untuk pembuatan aplikasi otomotif (Zalnezhad, 2013). Metode yang akan digunakan dalam percobaan ini adalah Anodization. Tujuannya adalah untuk membuat lapisan oksida pada permukaan lembaran paduan Aluminium 6061. Sampel dikarakterisasi dengan Scanning Electron Microscopy (SEM), dan akan ditentukan kekerasannya menggunakan uji kekerasan mikro dan uji adhesi

## METODE

Metode penelitian yang akan digunakan merupakan metode eksperimen. Metode eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara yang satu dengan yang lainnya dengan cara membandingkan hasilnya.

### Material

Aluminium 6061 sebagai substrat yang akan diolah dalam metode Anodisasi.



Gambar 1. Material sebelum percobaan

### Persiapan Sampel

Sebelum memulai *pretreatment*, lembaran aluminium 6061 dihaluskan menggunakan mesin poles. Untuk mendapatkan hasil yang bagus dalam proses pemolesan, kita perlu melakukan satu arah. Untuk mengelola proses pemolesan, kita dapat mempraktekkan jenis-jenis pemoles (amplas) dalam berbagai jenis mulai dari jumlah 800 sampai dengan jumlah 1000. Gambar 2. menunjukkan mesin poles.



Gambar 2. Mesin Poles

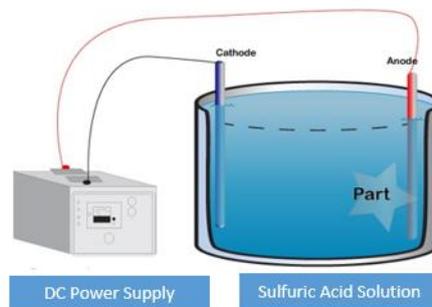
Setelah itu, letakkan benda uji di atas kaca (yang diisi dengan aseton) untuk merendam benda uji di atas penangas ultrasonik, untuk mengurangi biaya, kita tidak perlu meletakkan aseton di atas penangas aluminium, karena kita sudah masuk ke dalam wadah. potongan spesimen pada kaca. Oleh karena itu kita dapat menerapkan air dan langkah ini ditunjuk metode pembersihan. Ini adalah sekitar 10 menit untuk proses pembersihan menerapkan mandi ultrasonik. Gambar 3. menunjukkan proses pembersihan dengan bak pembersih ultrasonik.



Gambar 3. Pembersih Ultrasonik

### Percobaan Anodisasi

Pasang pegangan yang terbuat dari aluminium yang sesuai, itu akan membatasi kontaminasi spesimen dalam metode anodisasi, jadi tidak perlu menyentuhnya. Holder ini nantinya juga akan berfungsi sebagai penyambung listrik pada proses anodizing. Catu daya DC, kawat penghubung, grafit karbon, gelas kimia 75 ml, bak plastik digunakan untuk melakukan proses pelapisan. 7,5 ml asam sulfat diencerkan dengan 75 ml air suling untuk membuat asam sulfat konsentrasi 10% dan didinginkan hingga hampir 0oC. Gambar 4. mengilustrasikan skema proses anodisasi



Gambar 4. Skema Anodisasi

Untuk anodisasi, digunakan *setup* dua elektroda, dimana bagian aluminium *anodize* adalah anodenya. Benda aluminium terhubung ke kabel positif. Timbal negatif disatukan ke katoda yang dapat dibuat dari grafit karbon. Kedua elektroda harus dibagi dan sejajar satu sama lain. Substrat anoda harus direndam seluruhnya ke dalam elektrolit sebelum memulai proses. Porositas dan ketebalan lapisan oksida ini tergantung pada parameter listrik, jenis elektrolit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (asam sulfat), suhu dan waktu anodizing. Gambar 5. menunjukkan proses anodisasi.



Gambar 5. Proses Anodisasi

Untuk membatasi dari korosi, pori-pori perlu disegel dengan sempurna. Ada berbagai metode untuk melakukannya, salah satunya adalah hidrotermal sealing, menahan spesimen anodized ke dalam air mendidih. Sajikan panci dan air untuk

merebus bagian tersebut dan dilakukan kurang lebih 20 menit untuk merebus. Gambar 6. menunjukkan proses penyegelan hidrotermal.



Gambar 6. Penyegelan hidrotermal

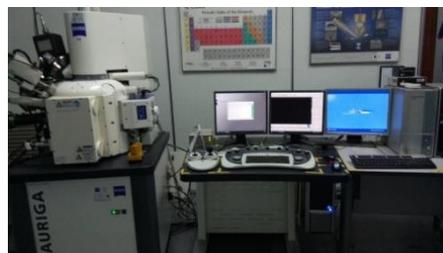
Tabel 1. merupakan parameter yang digunakan untuk proses anodisasi. Ada beberapa parameter yang digunakan dalam proses anodisasi untuk percobaan ini.

Tabel 1. Parameter yang digunakan untuk proses anodisasi

No	Parameters	Value
1	Concentration of sulphuric acid	10%
2	Voltage	25 V
3	Current	400mA
4	Temperature	4°C
5	Time	25 minutes
6	Cathode	Carbon Graphite

### Karakterisasi FESEM

SEM menunjukkan pada Gambar 7. Elektron dilepaskan dari sumber emisi medan dan dipercepat dalam gradien medan listrik yang tinggi. Dalam kolom vakum tinggi, yang disebut elektron fundamental ini dikonsentrasikan dan dipisahkan oleh lensa elektronik untuk menciptakan berkas pindaian sempit yang membombardir objek. Akibatnya, elektron sekunder ditransmisikan dari setiap titik pada target. Sudut dan kecepatan elektron sekunder ini berkorelasi dengan struktur permukaan benda. Detektor menangkap elektron sekunder dan menghasilkan tanda elektronik. Sinyal ini diperkuat dan diubah menjadi gambar pindaian video yang dapat diamati pada monitor atau ke gambar digital yang dapat dikumpulkan dan diolah lebih lanjut.



Gambar 7. Peralatan FESEM

### **Pengujian Kekerasan Mikro**

Sistem uji kekerasan mempraktekkan pemeriksaan indentor yang dipindahkan ke luar di bawah beban tertentu. Indentasi biasanya memiliki waktu tinggal yang ditentukan. Dalam eksperimen mekanik umum, ukuran atau kedalaman lekukan diukur untuk menentukan kekerasan. Gambar 8. menunjukkan uji kekerasan mikro



Gambar 8. Uji Kekerasan Mikro

### **Tes Adhesi**

Uji Adhesi dilakukan untuk memastikan kekerasan material terhadap goresan dan abrasi. Uji kekerasan mikro digunakan pada material tipis dengan beban yang diterapkan 1000N ke bawah dengan menggunakan pengujian kekerasan mikro. Ini digunakan untuk menghitung kekerasan material atau ketahanan material terhadap penetrasi. Area lekukan yang dibuat dengan menekan indentor berlian ke kedalaman kekerasan material diukur untuk menentukan kekerasannya. Gambar 9. menunjukkan Uji Adhesi.



Gambar 9. Uji Adhesi

Uji Adhesi dilakukan untuk memastikan kekerasan material terhadap goresan dan abrasi. Uji kekerasan mikro digunakan pada material tipis dengan beban yang diterapkan 1000N ke bawah dengan menggunakan pengujian kekerasan mikro. Ini digunakan untuk menghitung kekerasan material atau ketahanan material terhadap penetrasi. Area lekukan yang dibuat dengan menekan indentor berlian ke kedalaman kekerasan material diukur untuk menentukan kekerasannya.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Output dari percobaan Anodisasi**

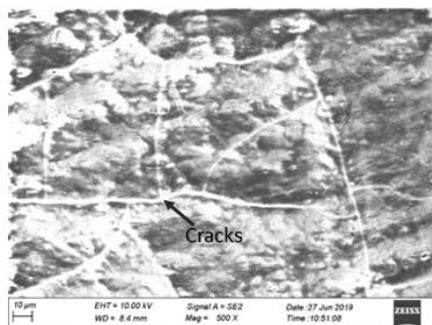
Ini adalah hasil dari Anodization, dari hasilnya adalah tergantung pada parameter yang digunakan. Gambar 10. menunjukkan dengan jelas sampel yang dilapisi berbeda.



Gambar 10. Sampel dilapisi dengan Anodisasi

### Lapisan Anodisasi

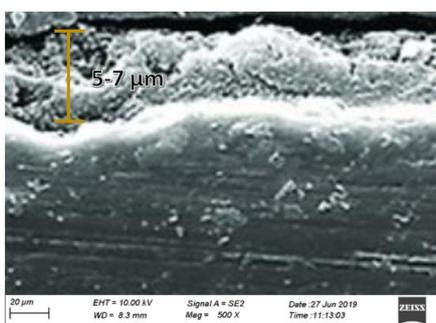
Morfologi permukaan lapisan anodisasi disajikan pada Gambar 11. Aluminium merespon dengan cepat dengan oksigen untuk membuat aluminium oksida. Setelah selesai oksida terikat kuat ke permukaan membentuk lapisan yang tidak bisa ditembus. Tampilan morfologi menunjukkan beberapa retakan pada lapisan oksida. Lapisan anodisasi ini merupakan kombinasi dari asam sulfat konsentrasi 10%, daya 25 V DC, 400mA, suhu 40C, waktu pengendapan 25 menit, dan karbon grafit sebagai katoda.



Gambar 11. Morfologi Permukaan Lapisan Anodisasi

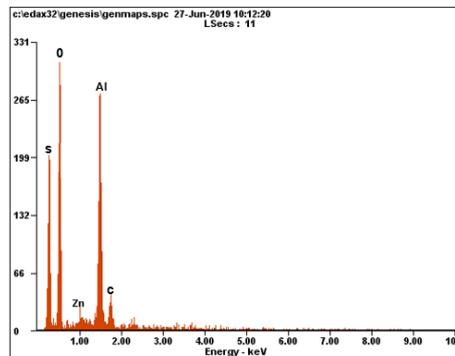
### Ketebalan Lapisan Anodisasi

Gambar 12. menunjukkan ketebalan film anodik meningkat dengan waktu pemrosesan. namun, berbagai faktor seperti rapat arus, jenis elektrolit, dan waktu perawatan juga mempengaruhi ketebalan (Zalnezhad, Sarhan, & Hamdi, 2013). Mula-mula terjadi kenaikan yang dipercepat dan mantap pada ketebalan semula, kemudian disertai anodisasi dalam jangka waktu yang cukup lama dengan kontraksi kecil tetapi peningkatan ketebalan berupa arus kontinu. Selama proses anodisasi, terjadi pertumbuhan konstan dari ketebalan film anodik dan juga disolusi dengan intervensi kimia. Ketebalan asli adalah ketebalan umum dikurangi ketebalan oksida terlarut. Meski begitu, nilai teoritisnya setara dengan waktu pemrosesan. Kerapatan arus kontinu tergantung pada hukum faraday, yang menyatakan bahwa oksida yang dihasilkan setara dengan muatan listrik yang ditransfer.



Gambar 12. Ketebalan lapisan anodisasi

Hasil komposisi kimia unsur menunjukkan bahwa lapisan tersusun atas S, O, Zn, Al, C seperti terlihat pada Gambar 13. Beberapa elemen berasal dari elektrolit itu sendiri, namun ada elemen lain (O) yang muncul dalam hasil ini



Gambar 13. Spektrum EDS representatif dari lapisan Anodisasi

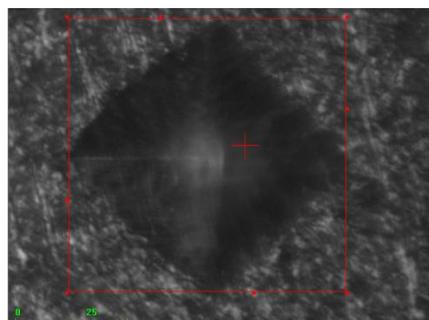
Tabel 2. menunjukkan konsentrasi atom dan berat lapisan anodisasi. % berat didefinisikan sebagai persentase berat suatu elemen yang diukur dibagi dengan berat semua elemen dalam sampel dikalikan 100. Persentase berat, % berat memberikan konsentrasi elemen dalam hal fraksi massa elemen tersebut dalam sampel. Sedangkan % atom didefinisikan sebagai jumlah atom unsur tersebut, berdasarkan persentasenya, dibagi dengan jumlah total atom dalam sampel dikalikan 100. S dan O adalah puncak tertinggi masing-masing pada 35,29% berat dan 34,37% berat.

Tabel 2. Komposisi kimia unsur dari lapisan anodisasi

Element	Wt%	At%
S	35,29	47,67
O	34,37	34,86
Zn	1,73	0,43
Al	24,25	14,58
C	3,55	2,05
Matrix	Correction	ZAF

### Kekerasan Mikro Lapisan Anodisasi

Gambar 14. menunjukkan sampel asli yang berada di bawah uji vicker kekerasan mikro.

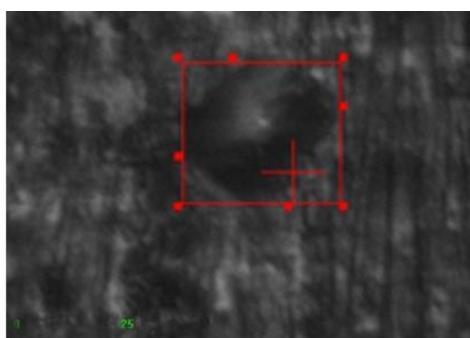


Gambar 14. Uji Kekerasan Mikro (Sebelum Pelapisan)

Dapat dilihat dari tabel 3, konstanta gaya yang digunakan adalah 980,7 mN, lama waktu 5 menit. Untuk melakukan ini, hasil yang diperoleh adalah 35,3 HV untuk kekerasan bahan ini.

Tabel 3. hasil uji kekerasan mikro vicker dalam sampel bahan asli

TEST CONDITION	
Test Force (mN)	980.7
Duration Time (Sec)	5
TEST RESULT	
H Length ( $\mu\text{m}$ )	61.72
V length ( $\mu\text{m}$ )	83.25
Average length ( $\mu\text{m}$ )	72.49
Hardness (HV)	35.3



Gambar 15. Sampel anodized setelah dilakukan uji kekerasan mikro

Dapat dilihat dari tabel 4, konstanta gaya yang digunakan adalah 980,7 mN, lama waktu 5 menit. Hasilnya meningkat menjadi 65,8 HV.

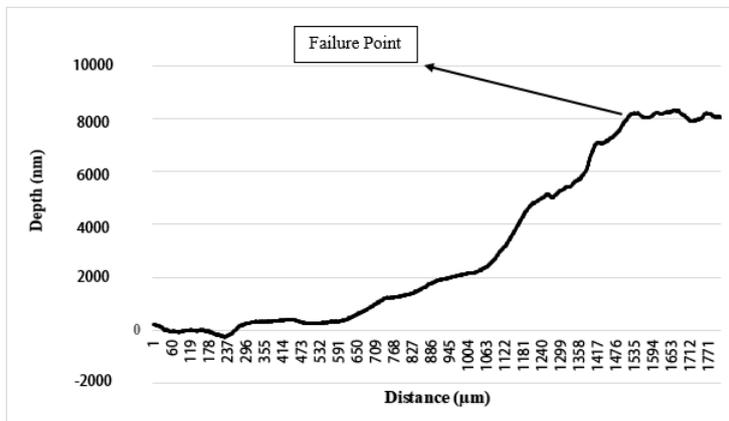
Tabel 4. Hasil uji kekerasan mikro vicker pada pelapisan anodisasi

TEST CONDITION	
Test Force (mN)	980.7
Duration Time (Sec)	5
TEST RESULT	
H Length ( $\mu\text{m}$ )	43.4
V length ( $\mu\text{m}$ )	62.75
Average length ( $\mu\text{m}$ )	53.08
Hardness (HV)	65.8

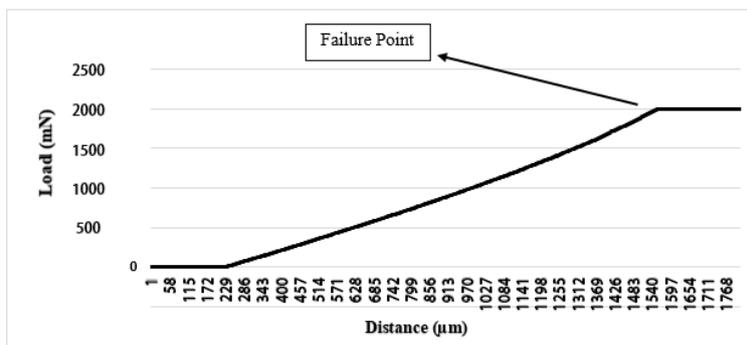
### Kekuatan Adhesi Lapisan Anodisasi

Kekuatan adhesi dinilai secara kuantitatif dengan menggunakan pemeriksa gores. Sebuah indenter intan dengan radius 25 m menerapkan beban awal nol terhadap sampel. Kecepatan gesernya adalah 5 m/s. Tekanan ditingkatkan secara bertahap sebesar 9,2 mN/s. Panjang goresan selama pengujian goresan adalah 1771 m. Dalam uji gores, beban penting dapat dipraktikkan untuk menentukan kekuatan adhesi. Untuk mendapatkan besarnya beban kritis digunakan sinyal akustik, kurva gesekan, dan pengamatan mikroskop. Sinyal akustik yang dihasilkan oleh delaminasi film dapat digunakan untuk mengkarakterisasi beban kritis. Eksperimen adhesi gores dilakukan pada sampel terlapis untuk mengukur beban kritis Uji gaya

gores (adhesi) pada sampel terlapis dan beban kritis disertai dengan gaya dan kedalaman versus grafiknya disajikan pada Gambar 16.



(a)



(b)

Gambar 16. a) Titik keruntuhan gaya gores dengan grafik kedalaman versus jarak, b) titik keruntuhan gaya gores dengan grafik beban versus jarak

### PENUTUP

Berdasarkan hasil percobaan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: 1) Lapisan oksida terlihat jelas dengan melakukan karakterisasi permukaan. Nilai ketebalan untuk lapisan Anodisasi berada pada kisaran 5-7 µm; 2) Peningkatan kekerasan permukaan dengan uji kekerasan mikro dari 35,3 HV menjadi 65,8 HV; 3) Uji adhesi untuk mengetahui kekuatan rekat dicapai dengan beban kegagalan sekitar 2023,9 Mn; 4) Berdasarkan hasil percobaan, sifat mekanik kekerasan permukaan dan kekuatan rekat aluminium oksida terlapisi lembaran Aluminium 6061 meningkat.

Saran yang diberikan pada penelitian ini adalah menggunakan variabel penelitian yang berbeda dan juga menggunakan material yang berbeda, sehingga nantinya bisa dilakukan perbandingan dan bisa dijadikan alternative penggunaan material untuk komponen otomotif

## DAFTAR RUJUKAN

- Abd-Elnaiem, A. M., Mebed, A. M., Gaber, A., & Abdel-Rahim, M. A. 2013. *Effect of the anodization parameters on the volume expansion of anodized aluminum films*. International Journal of Electrochemical Science, 8(8), 10515–10525.
- Adekunle, A. 2018. *Development of bovine hydroxyapatite coating on Ti6Al4V implant by plasma electrolytic oxidation (Unpublished doctoral dissertation)*. University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia
- Agureev, L., Savushkina, S., Ashmarin, A., Borisov, A., Apelfeld, A., Anikin, K., Bogdashkina, N. 2018. *Study of Plasma Electrolytic Oxidation Coatings on Aluminum Composites*. Metals, 8(6), 459. <https://doi.org/10.3390/met8060459>
- Billah, A. H. M. A. 2016. *Investigation of multiferroic and photocatalytic properties of Li doped BiFeO3 nanoparticles prepared by ultrasonication*. Bangladesh University of Engineering and Technology, Dhaka, Bangladesh
- Canyook, R., Seubsom, P., Sang-Ngean, J., Trirujirapapong, T., & Taweepup, K. 2018. *Influences of sealing solutions on anodized layer properties of 7075 aluminium alloy*. Materials Today: Proceedings, 5(3), 9483–9488.
- Chien, C. F. 2000. U.S. Patent No. 6,166,907. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Chiller. 2018. Retrieved from <https://en.wikipedia.org/wiki/Chiller>
- Refdi, M. Bin. Redzuan, 2014. *The effect of aluminium oxide coating on mechanical properties of Al50583 alloy Using Hard Anodizing Technique*. University of Malaya.
- Habsari, K. M., Wijono, W., & H.S., D. J. D. 2017. *Metode Flyback pada Pembangkitan Tegangan Tinggi untuk Aplikasi Plasma Electrolytic Oxidation*. Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI), 6(3), 374–379. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v6i3.341>
- Li, B., Ma, S., Gao, Y., Li, C., Guo, H., Zheng, Q., ... Jia, J. 2019. *Mechanical, Tribological, and Oxidation Resistance Properties of NiCrAlY Coating by Atmospheric Plasma Spraying*. Frontiers in Materials, 6(May), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fmats.2019.00067>
- Zalnezhad, E., Sarhan, A. A. D., & Hamdi, M. 2013. *Investigating the effects of hard anodizing parameters on surface hardness of hard anodized aerospace AL7075-T6 alloy using fuzzy logic approach for fretting fatigue application*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 68(1–4), 453–464. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-4743-1>