

ANALISA PENGARUH VARIASI RAPAT ARUS PADA PROSES *HARD CHROME* TERHADAP KEKERASAN DAN KETEBALAN LAPISAN PADA ALUMINIUM ALLOY 6061

Ari Suryadi¹, Nurdin², Yuniati², Naziruddin³

¹Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

³Dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata

Email: arisuryadi344@gmail.com

Abstrak

Aluminium alloy 6061 merupakan logam yang bersifat ringan, tahan korosi, peng hantar listrik dan panas yang baik serta mudah di bentuk. Namun Aluminium alloy 6061 memiliki kelemahan seperti kekerasan rendah dan permukaan kusam, Proses *hard chrome* merupakan salah satu cara finishing logam yang banyak dipakai agar terhindar dari korosi, selain itu juga *hard chrome* dapat meningkatkan mutu logam seperti kekerasan. Proses *Hard chrome* dilakukan dengan memvariasikan rapat arus 25 Amp/dm², 30 Amp/dm², 35 Amp/dm², dan 40 Amp/dm² dengan waktu pelapisan selama 40 menit di suhu larutan 50 C. Setelah proses *hard chrome* dilakukan pengujian kekerasan permukaan menggunakan indentasi mikro vickers dengan pembebanan 50 gf Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan tebal dan kekerasan meningkat bila kuat arus meningkat, Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada arus 40 Amp/dm² sebesar 528,70 VHN dan ketebalan lapisan 0,02485 mm.

Kata kunci : Aluminium, kekerasan, ketebalan.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Material Aluminium Alloy 6061 ini dapat di gunakan untuk komponen Otomotif dan konstruksi dimana Aluminium Alloy 6061 ini dan paduan memiliki sifat tahan korosi yang sangat baik, namun Aluminium Alloy 6061 juga memiliki kelemahan seperti kekerasan rendah dan permukaan kusam, Untuk memperbaiki sifat pada Aluminium Alloy 6061 ini perlu di lakukan teknik *Surface treatment* yang bisa meningkatkan kekerasan ketahanan aus dan ketahanan korosi.

Untuk memperbaiki sifat fisis dan mekanis seperti ketahanan aus dan kekerasan pada paduan, maka di lakukan proses pelapisan *hard chrome* proses pelapisan *hard chrome* adalah salah satu proses akhir dari perkerjaan logam yang banyak di tetapkan dalam industri logam maupun industri permesinan. [1]

Pelapisan *hard chrome* banyak di gunakan material Aluminium untuk benda kerja yang pada penyusunannya memerlukan sifat-sifat tertentu karena pelapisan *hard chrome* mempunyai sifat yang bisa memperbaiki kualitas bahan, sifat paling penting yang di hasilkan dari pelapisan *hard chrome* adalah kekerasan, daya lekat, ketahanan korosi.[2]

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis mencoba untuk meneliti dan mempelajari bagaimana kajian pengaruh rapat arus proses *hard chrome* terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan pada Aluminium Alloy 6061 dengan proses variasi rapat arus 25 Amp/dm², 30 Amp/dm², 35 Amp/dm², dan 40 Amp/dm².

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui Analisa Rapat arus pada proses *hard chrom* pada Aluminium Alloy 6061 yang akan di uji.
2. Untuk mengetahui teknologi pada lapisan Aluminium Alloy 6061 menggunakan krom dengan proses *elektroplating*.
3. Untuk mengetahui kekerasan dan ketebalan Aluminium Alloy 6061 yang di lapisi *hard chrome*.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini sistematis maka perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut:

1. Waktu yang digunakan selama proses *hard chrome* waktu 40 menit.

2. Material yang digunakan adalah Aluminium *Alloy* tipe 6061.
3. Temperatur larutan hard chrome yang digunakan 50°C.
4. Larutan yang digunakan *Chrome Acid* dan Asam Sulfat.
5. Variasi rapat arus yang digunakan 25 Amp/dm², 30 Amp/dm², 35 Amp/dm², dan 40 Amp/dm².

2. Metodologi Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Januari tahun 2021. Adapun pelaksanaannya sebagai berikut :

1. Pemotongan benda kerja akan dilakukan di bengkel Produksi Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.
2. Proses Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektrolating Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe. Pengujian.
3. Pengujian kekerasan di dilakukan di Laboraturium Uji Bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.

2.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini seperti pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Alat Dan Bahan

| No | Alat | No | Bahan |
|-----|---------------------------|-----|---|
| 1. | Mesin gergaji potong | 1. | Alumunium <i>Alloy</i> 6061 (Diameter 2,54 cm dan tebal 6 mm) |
| 2. | Alat pemans <i>Heater</i> | 2. | <i>Chromic acid</i> (asam khromat) |
| 3. | Gelas Kimia | 3. | Asam sulfat |
| 4. | Timbangan | 4. | Elektroda pb <i>alloy</i> |
| 5. | Pipet ukur | 5. | Kawat penggantung |
| 6. | Sarung Tangan | 6. | Larutan NaOH |
| 7. | Masker | 7. | Asam klorida |
| 8. | Batang pengaduk | 8. | Kertas <i>abrasive</i> |
| 9. | Rectifer | 9. | <i>Aquadest</i> |
| 10. | Cepit Buaya | 10. | HNO ₃ (asam nitrat) |
| 11. | Power Supply | | |
| 12. | Kompor listrik | | |
| 13. | Termometer | | |

2.3 Metode Pengambilan Data

2.3.1 Tahapan Pemotongan Spesimen

Tahapan yang dilakukan saat pemotongan spesimen benda kerja Aluminium *Alloy* 6061 yaitu mengukur ukuran benda kerja sebelum dilakukan proses *plating*, yaitu dengan ukuran diameter 2,54 cm dan tebal 6 mm. Setelah dilakukan pengukuran, selanjutnya dilakukan pemotongan benda kerja dengan mesin gergaji potong seperti gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Proses Pemotongan Spesimen Dengan Mesin Gergaji Potong.

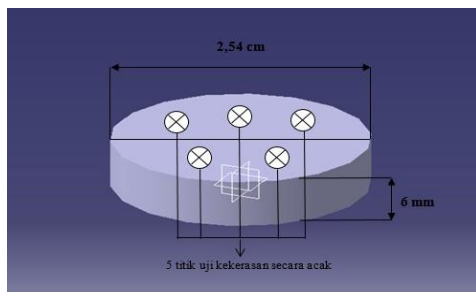
2.4 Langkah Proses Pelapisan *Hard Chrome*

1. Persiapkan benda kerja Aluminium *Alloy* 6061 lalu potong Aluminium tersebut menggunakan mesin bubut dengan ukuran Aluminium yang akan dipotong yaitu diameter 2,54 cm dan tebal 6 mm sebanyak 5 spesimen.
2. Gosok spesimen dengan kertas *abrasive* untuk menghilangkan kotoran dan debu yang melekat pada spesimen hingga menghilang, setelah itu bilas dengan *aquadest* selama 30 detik.
3. Proses *ultrasonic cleaning*, yaitu menghilangkan lemak pada benda kerja dengan alat *ultrasonic cleaner* selama 180 detik, setelah itu bilas dengan *aquadest* selama 30 detik.
4. Dilanjutkan dengan proses membersihkan spesimen dengan cara mencelupkan spesimen dengan menggunakan larutan *alkaline etching* atau NaOH untuk membersihkan kadar lemak pada permukaan spesimen 1 menit, setelah itu bilas dengan *aquadest* selama 30 detik.
5. *Desmut*, pada proses ini pada proses ini material dicelupkan pada larutan *desmut* selama 30 detik, setelah itu bilas dengan *aquadest* selama 30 detik.
6. *Zincate*, yaitu larutnya aluminium ke dalam larutan *immersion zinc* yang kemudian tergantikan oleh seng (logam seng menempel di permukaan aluminium). Proses *zincate* ini dilakukan selama 30 detik, setelah itu bilas dengan *aquadest* selama 30 detik.

7. Lalu masukkan lagi material kedalam larutan *desmut* selama 30 detik, setelah itu bilas dengan *aquadest* selama 30 detik.
8. Setelah itu masukkan lagi material kedalam larutan *zinkcate* sekali lagi selama 30 detik, setelah itu bilas dengan *aquadest* selama 30 detik.
9. Proses *brass plating*, masukkan material pada larutan *brass salt* selama 5 menit, setelah itu bilas dengan *aquadest* selama 30 detik.
10. *Pickling*, yaitu proses membersihkan kotoran pada permukaan logam dengan asam klorida selama 30 detik, setelah itu bilas dengan *aquadest* selama 30 detik.
11. Proses *chrome plating*, yaitu proses pelapisan material dengan larutan *chrome* dengan variasi rapat arus 25 Amp/dm², 30 Amp/dm², 35 Amp/dm², dan 40 Amp/dm². Setelah itu bilas dengan *aquadest* selama 30 detik.
12. Keringkan. Setelah proses pengeringan maka akan dilakukan pengujian kekerasan dan ketebalan lapisan. [3]

2.5 Proses Pengujian Kekerasan

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kekerasan permukaan (*micro hardness*) dengan metode *vickers*. Pengujian kekerasan *micro hardness* ini dilakukan dengan menggunakan *vickers* atau mata permata intan untuk dapat melihat permukaan kekerasan permukaan Aluminium yang telah di *hard chrome*. Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan 5 sampel yaitu sampel tanpa perlakuan dan sampel pada variasi rapat arus 25 Amp/dm², 30 Amp/dm², 35 Amp/dm², dan 40 Amp/dm². dan satu sampel untuk Aluminium tanpa perlakuan. Masing – masing sampel akan diuji kekerasannya sebanyak 5 titik, pembebanan yang dilakukan 50 gf (gram gaya) dan lama penekanan selama 10 detik permukaan Dari hasil pengujian kekerasan menggunakan *micro hardness* akan diambil hasil yang terbaik untuk diterapkan dan diaplikasikan pada komponen dapat di lihat pada gambar 2.2 dibawah.



Gambar 2.2 Spesimen Pengujian

Angka kekerasan *vickers* (HV) dapat ditentukan dari persamaan :

$$\text{Area indentation} = \frac{d^2}{2 \sin \frac{\theta}{2}} = \frac{d^2}{1,854}$$

$$\text{HV} = \frac{1,854 P}{d^2}$$

2.6 Pengujian ketebalan Lapisan

Pada pengujian ini dilakukan dengan cara perhitungan dengan menggunakan rumus.

Metode Perhitungan :

Penentuan tebal lapisan

$$t = \frac{J \cdot T \cdot \text{Berat Jenis Aluminium} \cdot e \cdot 6000000}{\gamma \cdot \text{valensi} \cdot F}$$

Keterangan :

- t : Tebal lapisan (mikron)
- γ : Berat jenis (kg/m³)
- v : Valensi
- F : Ketetapan Faraday 96500
- J : Rapat arus (A/dm²)
- e : Efisiensi
- T : Waktu pelapisan (menit)
- Berat jenis atom (gram/mol)

2.7 Analisa Data

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa dengan cara pengujian, Data dari hasil pengujian dimasukkan kedalam tabel yang ada sehingga diperoleh data yang bersifat kuantitatif, yaitu data yang berupa Analisa pengaruh variasi rapat arus pada proses *hard chrome* terhadap kekerasan dan ketebalan lapisan Aluminium *alloy* 6061 berupa perbandingan persentase dan rata-rata antara data-data yang mengalami variasi rapat arus 25 Amp/dm², 30 Amp/dm², 35 Amp/dm², dan 40 Amp/dm².

3. Hasil dan Pembahasan

3.1.1 Hasil Permukaan Sesudah Proses *Zinkcate*

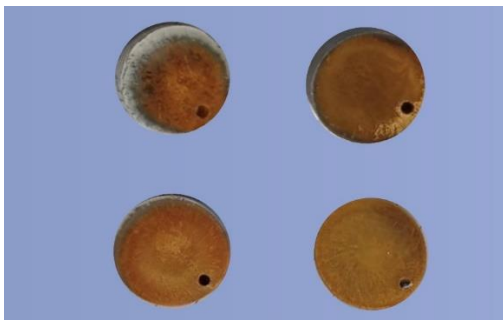
Pada proses *zinkcate*, logam seng akan menempel pada permukaan Aluminium. Permukaan akan berwarna sedikit ke kuning-kunigan. Proses ini dilakukan selama 30 detik, dapat di lihat pada gambar 3.1 di bawah.



Gambar 3.1 Permukaan Aluminium Setelah Proses *Zinkcate*.

3.1.2 Hasil Permukaan Sesudah Proses *Brass Plating*

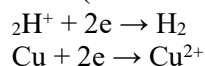
Pada proses *brass plating*, Empat permukaan Aluminium berwarna kuning keemasan dikarenakan melengketnya tembaga ke permukaan Aluminium. Larutan yang digunakan pada proses ini adalah campuran larutan antar *brass salt* (150 gr/liter) dengan *ammoniak* (2,8 ml/lt). Pada proses ini tembaga sebagai anoda akan larut dalam larutan *elektrolit*. Dengan gaya dorong beda potensial listrik dan dibantu oleh reaksi-reaksi kimia, ion-ion logam akan menuju permukaan katoda dan menangkap *electron* dari katoda, sambil mendeposisikan diri di permukaan katoda yaitu Aluminium Alloy 6061 dapat di lihat pada gambar 3.2 di bawah ini.



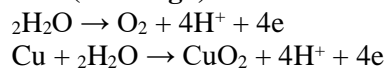
Gambar 3.2 Permukaan Aluminium Sesudah Proses *Brass Plating*

Reaksi kimia pada proses *brass plating* :

Pada katoda (Aluminium Alloy 6061) :



Pada anoda (Tembaga) :



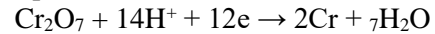
4.2.3 Spesimen Hasil Pelapisan *Hard Chrome*

Pada proses pelapisan *hard chrome*, anoda yang dipakai adalah timah hitam. Timah hitam akan larut dalam larutan *elektrolit*. Dengan gaya dorong beda potensial listrik dan dibantu oleh reaksi-reaksi kimia, ion-ion dari timah hitam akan menuju permukaan katoda dan menangkap *electron* dari katoda, sambil mendeposisikan diri di permukaan katoda yaitu Aluminium Alloy 6061.

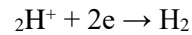
Reaksi kimia pada proses *hard chrome* :

Pada katoda (Aluminium Alloy 6061) :

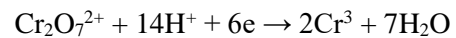
Pengendapan Cr :



Pelepasan H_2 :

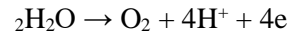


Pembentukan ion Cr :

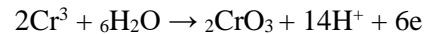


Pada anoda (Timah Hitam) :

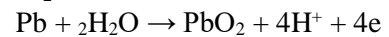
Pelepasan O_2 :



Oksidasi ion Cr :



Pembentukan PbO_2 :

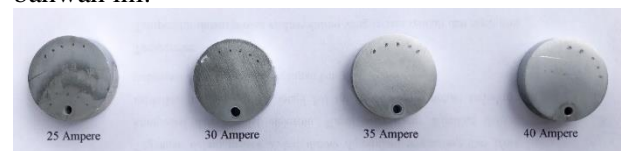


Pada gambar 3.3 di bawah dapat di lihat benda kerja A. sebelum di lapisi sangat kasar dan benda kerja B. setelah *brass plating* ke kuning - kuningan dan benda kerja C. setelah di *Hard Chrome* sangat mengkilap dan licin.



Gambar 3.3 Spesimen material sebelum di lapisi, setelah *Brass Plating* dan setelah dilapisi *hard chrome*

Proses pelapisan dilakukan untuk membedakan hasil dari nilai kekerasan dan ketebalan dengan variasi rapat arus 25 Amp/dm², 30 Amp/dm², 35 Amp/dm² dan 40 Amp/dm² dengan waktu 40 menit dan suhu 50°C. dapat di lihat pada gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4 Spesimen dengan rapat arus 25 ampere, 30 ampere, 35 ampere, 40 ampere.

- Permukaan material 30 Ampere lebih halus dan mulai terlihat mengkilap.
- Permukaan material 35 Ampere lebih tebal daripada proses 30 Ampere dan lebih mengkilap.
- Permukaan material 40 Ampere terlihat sangat mengkilap dan ada sedikit permukaan yang tidak sempurna terlapisi dikarenakan arus yang terlalu besar.

3.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 3.2 Data pengujian kekerasan

| NO | Variasi Rapat Arus | Kekerasan permukaan (VHN) | | |
|------------|----------------------|-----------------------------|--------|-----------|
| | | SEMPEL PENGUJIAN KE 1 | | Rata-Rata |
| 1 | Tampa Perlakuan | TITIK KE 1 | 120,20 | 81,76 |
| | | TITIK KE2 | 72,30 | |
| | | TITIK KE 3 | 85,70 | |
| | | TITIK KE 4 | 60,40 | |
| | | TITIK KE 5 | 70,20 | |
| 2 | 25 A/dm ² | SEMPEL PENGUJIAN KE 2 | | Rata-Rata |
| | | TITIK KE 1 | 148,10 | 133,86 |
| | | TITIK KE2 | 81,80 | |
| | | TITIK KE 3 | 140,20 | |
| | | TITIK KE 4 | 177,00 | |
| TITIK KE 5 | 122,20 | | | |
| 3 | 30 A/dm ² | SEMPEL PENGUJIAN KE 3 | | Rata-Rata |
| | | TITIK KE 1 | 135,80 | 240,06 |
| | | TITIK KE2 | 180,60 | |
| | | TITIK KE 3 | 318,20 | |
| | | TITIK KE 4 | 222,00 | |
| TITIK KE 5 | 343,70 | | | |
| 4 | 35 A/dm ² | SEMPEL PENGUJIAN KE 4 | | Rata-Rata |
| | | TITIK KE 1 | 469,70 | 367,12 |
| | | TITIK KE2 | 337,90 | |
| | | TITIK KE 3 | 200,60 | |
| | | TITIK KE 4 | 240,10 | |
| TITIK KE 5 | 587,30 | | | |
| 5 | 40 A/dm ² | SEMPEL PENGUJIAN KE 5 | | Rata-Rata |
| | | TITIK KE 1 | 125,80 | 528,70 |
| | | TITIK KE 2 | 549,00 | |
| | | TITIK KE 3 | 519,10 | |
| | | TITIK KE 4 | 699,80 | |
| TITIK KE 5 | 749,80 | | | |

Data pengujian kekerasan pada tabel 3.2 di atas di simpulkan bahwa permukaan spesimen yang di lakukan dengan alat uji kekerasan *Vickers* dengan indikator bahan intan, kenaikan rapat arus pada proses *Elektroplating* pada *hard chrome* akan meningkatkan ketebalan lapisan pada permukaan, hasil pengujian di peroleh meningkatnya rapat arus yang mengalir maka menyebabkan jumlah ion-ion makin banyak sehingga ion-ion *chrome* yang lepas dari larutan semakin banyak dan mengendap di permukaan katoda jika arus yang mengalir terlalu besar dari pelapisan terlalu lama lapisan *chrome* akan terbakar dan hitam, kekerasan paling tinggi

pada rapat arus 40 Amp/dm² sebesar 528,70 VHN kuat arus sangat mempengaruhi pada ketebalan lapisan.

3.1.4 Hasil Pengujian Ketebalan

Berikut hasil perhitungan dari ketebalan lapisan :

Effisiensi chrome : 0,15
 Valensi chrome : 6

Berat jenis Aluminium : 2700 kg/m³
 Waktu : 40 Menit

Penentuan tebal lapisan :

$$t = \frac{J \cdot T \cdot \text{Berat Jenis Aluminium} \cdot e \cdot 6000000}{\gamma \cdot \text{valensi} \cdot F}$$

a) 25 Amp/dm²

$$= \frac{25 \text{ Amp/dm}^2 \cdot 40 \text{ menit} \cdot 26.98 \text{ g/mol} \times 0.15 \times 6000000}{2700 \text{ kg/m}^3 \cdot 6.96500}$$

= 0,01553 mm

b) 30 Amp/dm²

$$= \frac{30 \text{ Amp/dm}^2 \cdot 40 \text{ menit} \cdot 26.98 \text{ g/mol} \times 0.15 \times 6000000}{2700 \text{ kg/m}^3 \cdot 6.96500}$$

= 0,01863 mm

c) 35 Amp/dm²

$$= \frac{35 \text{ Amp/dm}^2 \cdot 40 \text{ menit} \cdot 26.98 \text{ g/mol} \times 0.15 \times 6000000}{2700 \text{ kg/m}^3 \cdot 6.96500}$$

= 0,02174 mm

d) 40 Amp/dm²

$$= \frac{40 \text{ Amp/dm}^2 \cdot 40 \text{ menit} \cdot 26.98 \text{ g/mol} \times 0.15 \times 6000000}{2700 \text{ kg/m}^3 \cdot 6.96500}$$

= 0,02485 mm

Dari data hasil pengukuran ketebalan dengan menggunakan metode perhitungan dapat disimpulkan bahwa semakin besar rapat arus pada pelapisan *chrome* maka semakin tebal permukaan Aluminium yang terlapisi *chrome* dapat di lihat di tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Nilai Ketebalan

| Variasi Rapat Arus | Hasil Ketebalan |
|----------------------|-----------------|
| 5 A/dm ² | 0,01553 mm |
| 30 A/dm ² | 0,01863 mm |
| 35 A/dm ² | 0,02174 mm |
| 40 A/dm ² | 0,02485 mm |

Pengaruh Rapat arus pelapisan sangat mempengaruhi hasil dari kekerasan dan ketebalan, hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3 dimana nilai

kekerasan terbesar terjadi pada variasi rapat arus 40 Ampere yaitu sebesar 528,70 HV dan nilai ketebalan terbesar juga pada variasi Rapat arus 40 Ampere dengan nilai 0,02485 mm. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai kekerasan maka semakin tebal hasil lapisan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian Spektrometri sesuai dengan grade 6061.
2. Rapat arus sangat menentukan hasil pelapisan *Hard Chrome*.
 - Pada rapat arus 25 amp/dm² terjadi lebih kasar dan tidak habis terlapisi karena variasi rapat arus yang terlalu rendah.
 - Pada rapat arus 40 amp/dm² terlihat sangat mengkilap dan ada sedikit permukaan yang tidak sempurna terlapisi dikarenakan arus yang terlalu besar.
 - Dari variasi rapat arus 25 amp/dm², 30 amp/dm², 35 amp/dm², 40 amp/dm² Spesimen yang paling bagus terjadi di variasi rapat arus 35 amp/dm², dengan lapisan *hard chrome* yang merata dan lebih mengkilap tanpa cacat di permukaan.
3. Nilai kekerasan akan semakin meningkat dengan naiknya rapat arus, kekerasan paling tinggi terjadi pada rapat arus 40 amp/dm² dengan nilai kekerasan 528,70 VHN dan spesimen tanpa perlakuan 81,71 VHN menjadi terendah pada rapat arus 25 amp/dm² sebesar 133,86 VHN.
4. Ketebalan lapisan akan semakin meningkat dengan lamanya variasi rapat arus pelapisan.
 - Pada ketebalan 0,01553 mm dengan rapat arus 25 Amp/dm²
 - Pada ketebalan 0,01863 mm dengan rapat arus 30 Amp/dm²
 - Pada ketebalan 0,02174 mm dengan rapat arus 35 Amp/dm²
 - Pada ketebalan 0,02485 mm dengan rapat arus 40 Amp/dm²

5. Saran

Untuk lebih mengembangkan proses penelitian *hard chrome* ini, maka penulis menyarankan di lakukan penelitian lebih lanjut mengenai pelapisan *hard chrome* dengan memvariasikan larutan yang di gunakan, maka penulis memberikan saran :

1. Dalam proses Elektroplating tahap *pre-treatment* sebaiknya dilakukan dengan baik karena proses kualitas hasil lapisan sangat tergantung pada proses tahap *pre-treatment*.
2. Pastikan material dalam keadaan bersih agar tidak terjadi penumpukan saat proses pelapisan.
3. Pastikan larutan yang digunakan pada proses pelapisan *hard chrome* disetiap variasi rapat arus diganti untuk setiap material dikarenakan jika larutan digunakan untuk semua variasi rapat arus maka kandungan larutan *chrome* tersebut akan berkurang sehingga mengakibatkan tidak sempurnanya pelapisan pada material.

6. Daftar Pustaka

- [1] Callister, (2014). Material Science and Engineering. United States of Amerika.
- [2] Huang, C.A, Tu, G.C., Liao, M.C., Kao, Y.L. 2000, "Hard Chromium Plating On Cold Swaged Cr-Mo Steel Using Rotating Cylinder Electrode" Journal Of Materials Science Letters 19, 1357 – 1359.
- [3] Soleh Wahyudi, Modul proses Elektroplating *hard chrome* 2021.