

# ANALISA PENGARUH TEGANGAN DAN SUHU ELEKTROLIT PADA KUALITAS PEWARNAAN KOMPOSIT AL 6061 – ABU BATUBARA

Zainun Achmad  
Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

## ABSTRAK

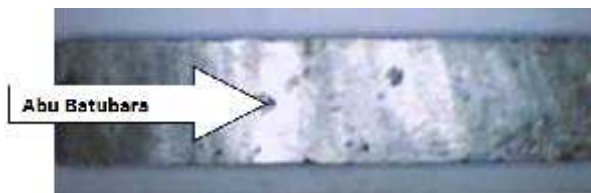
Perkembangan teknologi telah berjalan dengan cepat. Seiring dengan itu, permintaan akan material dengan sifat yang ringan namun tangguh juga meningkat dengan tajam. Oleh karena itu dikembangkanlah komposit Al 6061 – abu batubara yang ringan tapi lebih tangguh daripada komposit aluminium lainnya. Penampilan permukaan komposit ini yang berbintik-bintik hitam membuat nilai ekonomis menurun. Oleh karena itu diperlukan satu upaya untuk memperbaiki penampilan permukaannya yaitu dengan melakukan pewarnaan pada komposit Al 6061- abu batubara dengan proses anodizing. Dari proses anodizing pada temperature  $50^{\circ}\text{C}$  –  $60^{\circ}\text{C}$  dan tegangan 6 volt – 8 volt serta waktu celup 45 menit maka diperoleh ketebalan lapisan oksida  $5,25\ \mu\text{m}$  –  $9,23\ \mu\text{m}$  dan memiliki kualitas warna yang semakin baik dengan turunnya temperatur dan tegangan.

*Keywords: Komposite, Aluminium, Abu Batu Bara, Anodizing*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Komposit matrik logam Al 6061 - abu batubara sudah dapat diproduksi [Harjo, 2005]. Salah satu sifat komposit Al – abu batubara adalah ringan, tahan terhadap korosi dan memiliki kekerasan 54 HB (*hardness brinell*), tetapi komposit tersebut memiliki penampilan permukaan (*appearance*) yang kurang bagus, lihat Gambar 1. Akibatnya mengurangi *performance* material tersebut, khususnya untuk keperluan dekoratif [Yongki, 2007].



**Gambar 1.**

Penampilan permukaan komposit Al 6061 – abu batubara sebelum anodizing

Anodizing tidak dapat melapisi seluruh permukaan komposit Al 6061 – abu batubara tersebut karena adanya bintik hitam (abu batubara) yang bersifat isolator (penghantar listrik yang buruk).

Salah satu upaya untuk memperbaiki penampilan / kualitas permukaan hasil anodizing komposit Al 6061-abu batubara adalah dengan mengubah karakteristik permukaan dari sifat isolator listrik ke sifat konduktor listrik. Hal ini dapat dilakukan anodizing dan pembentukan warna-warna yang menarik pada permukaannya. Sehingga cakupan aplikasi dari komposit matrik logam Al 6061 – abu batubara lebih luas khususnya untuk keperluan dekoratif.

Sedangkan pembentukan warna dilakukan dengan pewarnaan atau 'analog' yaitu pembentukan warna-warna yang menarik pada permukaan logam, tanpa kehilangan sifat ketahanan terhadap korosi dan perubahan cuaca. Dimana kualitas dari warna yang dihasilkan dari proses pewarnaan sangat tergantung pada ketebalan lapisan oksida yang terbentuk pada proses anodizing sebelumnya [Derek.J, 2001]. Ketebalan lapisan oksida yang terbentuk pada proses anodizing aluminium dipengaruhi oleh rapat arus dan konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan [Sulistijono,2006].

### 1.2. Tinjauan Pustaka

#### 1.2.1. Karakteristik komposit Al 6061- Abu batubara

Dari penelitian yang dilakukan sebelumnya, karakteristik komposit Al 6061 – abu batubara memiliki karakteristik sebagai berikut :

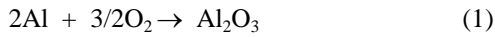
**Tabel 1**

Karakteristik komposit Al 6061 – abu batubara, setelah perlakuan panas T6 [Harjo,2006]

No	Sifat (Properties)	Nominal
1	Muai Panas Rata-rata ( $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ )	4,8437
2	Densitas Rata-rata ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2,4044
3	Kekerasan Rata-rata (HB)	54

#### 1.2.2. Pembentukan lapisan oksida/anodising

Umumnya material / logam berbasis aluminium dan paduannya, sangat reaktif terhadap pengikatan oksigen dan hasil reaksi tersebut membentuk selaput penghalang atau selaput oksida dengan ketebalan tidak lebih dari  $0,01\ \mu\text{m}$ , seperti dalam reaksi di bawah ini.



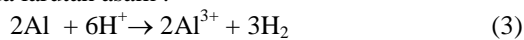
Potensial reduksi aluminium adalah -1,66 volt dengan reaksi dituliskan sebagai berikut :



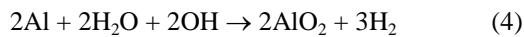
Aluminium larut dalam larutan asam klorida, asam nitrat encer dalam larutan natrium hidroksida membentuk lapisan aluminat dan gas hydrogen, tetapi aluminium tidak larut dalam asam-asam organik (Gazzapo, 1994).

Disamping itu aluminium juga bersifat amfoter, dimana logam ini akan larut dalam larutan asam dan basa dengan melepaskan hydrogen, dimana reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut (Robert.S.A, 2004).

Pada larutan asam :

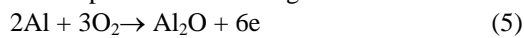


Pada larutan basa :

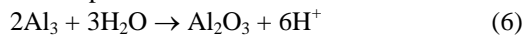


Pada proses anodizing aluminium, reaksi yang terjadi di katoda, di antarmuka larutan/oksida dan antarmuka oksida/logam Al bisa dijelaskan berikut (Canning,W, 1970) :

Reaksi pada antarmuka logam dan oksida :



Reaksi pada antarmuka oksida dan larutan



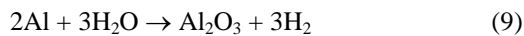
Reaksi kelarutan logam Al



Reaksi pada katoda



Reaksi keseluruhan



Penggunaan konsentrasi asam yang berlebih pada proses anodizing akan menghasilkan lapisan oksida yang lebih berpori serta memberikan absorbtifitas yang tinggi. Larutan yang sering digunakan adalah asam sulfat dengan konsentrasi 5% - 20% (Robert.S.A, 2004).

Densitas arus yang digunakan mempunyai suatu besaran yang maksimum yaitu pada besaran tersebut akan pecah, sehingga aliran arus akan terlokalisasi, hal ini menyebabkan lapisan oksida yang terbentuk akan terbakar, hal ini menyebabkan lapisan oksida mengalami penurunan ketebalannya (ASM Hand Book, Vol 2).

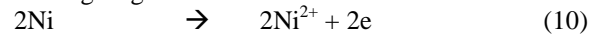
### 1.2.3. Prinsip kerja anodising

Bila arus listrik searah (DC) dialirkan antara kedua elektroda anodadan katoda dalam larutan elektrolit dengan waktu proses pelapisan yang telah ditentukan maka pada anoda terjadi oksidasi sehingga

akan terbentuk ion-ion positif, pada larutan elektrolit terjadi elektrolisis garam-garam logam. Anoda yang telah mengalami oksidasi meluruh dan larut dalam larutan elektrolit. Anoda yang meluruh menggantikan ion logam dalam larutan elektrolit yang ditarik oleh elektroda negatif (katoda). Dengan adanya hal tersebut akan terbentuk endapan pada katoda yang berupa berat lapisan.

Bila yang akan dilapisi nikel, berarti sebagai anoda adalah nikel dan plat sebagai katoda, sedangkan sebagai larutan elektrolit yang digunakan adalah garam logam nikel sulfat (NiSO<sub>4</sub>). Karena pada anoda dan katoda terjadi perbedaan potensial setelah dialiri listrik, maka logam nikel akan teroksidasi menjadi ion logam bermuatan positif (Ni<sup>2+</sup>), ion logam nikel (Ni<sup>2+</sup>) dari anoda larut dalam larutan untuk menggantikan ion logam nikel (Ni<sup>2+</sup>) dari garam logam NiSO<sub>4</sub> yang telah terelektrolisis menjadi Ni<sup>2+</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dan tertarik ke katoda untuk membentuk lapisan nikel (Dwi, 2008)

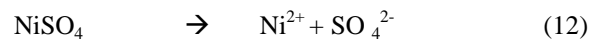
Reaksi yang terjadi selama proses pelapisan berlangsung :



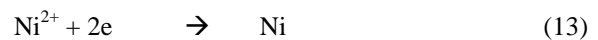
Reduksi pada anoda



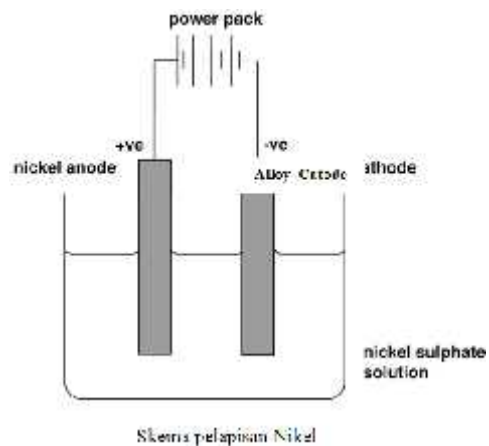
Elektrolisis garam logam pada anoda



Penggantian ion pada larutan



Oksidasi pada Katoda



Gambar 2

Skema pelapisan nikel

### 1.2.4. Hukum Faraday

Hukum Faraday I berbunyi : Jumlah perubahan kimia yang terjadi dalam sel elektrolisis, sebanding dengan muatan listrik yang dilewatkan di dalam sel tersebut

Maka dapat di rumuskan dari bunyi Hukum faraday diatas:

$$m = \frac{eit}{96.500}$$

$$q = i \cdot t$$

dimana :

- m : massa zat yang dihasilkan (gram)
- e : berat ekuivalen =  $A_r/Valensi = M_r/Valensi$
- i : kuat arus listrik (ampere)
- t : waktu (detik)
- q : muatan listrik (coloumb)

Hukum **Faraday II** berbunyi:

Jumlah muatan listrik sebanyak 96.500 coulomb akan menyebabkan perubahan suatu senyawa sebanyak 1,0 gramekuivalen (grek)

Dapat di simpulkan dengan rumus:

$$m_1 : m_2 = e_1 : e_2$$

dimana :

- m : massa zat (garam)
- e : berat ekuivalen =  $A_r/Valensi = M_r/Valensi$

### 1.2.5. Hal-hal yang mempengaruhi kecepatan reaksi

Seperti yang kita ketahui, bahwasannya banyak hal yang mempengaruhi kecepatan suatu reaksi kimia. Hal-hal tersebut antara lain:

1. Konsentrasi larutan
2. Sifat zat yang bereaksi
3. Suhu
4. Ada tidaknya katalis. (VLSM, 2000)

Akan tetapi pada elektrolisis mempunyai variabel tambahan yakni variabel listrik dan fisik seperti elektroda, jenis elektrolit, lapisan listrik ganda, materi/jenis elektroda, jenis sel elektrolisis yang digunakan, media elektrolisis dan derajat pengadukan (Evan, 2007)

#### 1.2.5.1. Konsentrasi larutan

Dari berbagai percobaan menunjukkan bahwa makin besar konsentrasi zat-zat yang bereaksi makin cepat reaksinya berlangsung. Makin besar konsentrasi makin banyak zat-zat yang bereaksi sehingga makin besar kemungkinan terjadinya tumbukan dengan demikian makin besar pula kemungkinan terjadinya reaksi. (VLSM, 2000)

#### 1.2.5.2. Sifat zat yang bereaksi

Sifat mudah sukarnya suatu zat bereaksi akan menentukan kecepatan berlangsungnya reaksi. Secara umum dinyatakan bahwa:

- **Reaksi antara senyawa ion umumnya berlangsung cepat.**

Hal ini disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara ion-ion yang muatannya berlawanan.

- **Reaksi antara senyawa kovalen umumnya berlangsung lambat.**

Hal ini disebabkan karena untuk berlangsungnya reaksi tersebut dibutuhkan energi untuk memutuskan ikatan-ikatan kovalen yang terdapat dalam molekul zat yang bereaksi. (VLSM, 2000)

### 1.2.5.3. Suhu

Pada umumnya reaksi akan berlangsung lebih cepat bila suhu dinaikkan. Dengan menaikkan suhu maka energi kinetik molekul-molekul zat yang bereaksi akan bertambah sehingga akan lebih banyak molekul yang memiliki energi sama atau lebih besar dari  $E_a$ . Dengan demikian lebih banyak molekul yang dapat mencapai keadaan transisi atau dengan kata lain kecepatan reaksi menjadi lebih besar. Secara matematis hubungan antara nilai tetapan laju reaksi (k) terhadap suhu dinyatakan oleh formulasi **Arrhenius**:

$$k = A \left( e^{-\frac{E}{RT}} \right)$$

dimana:

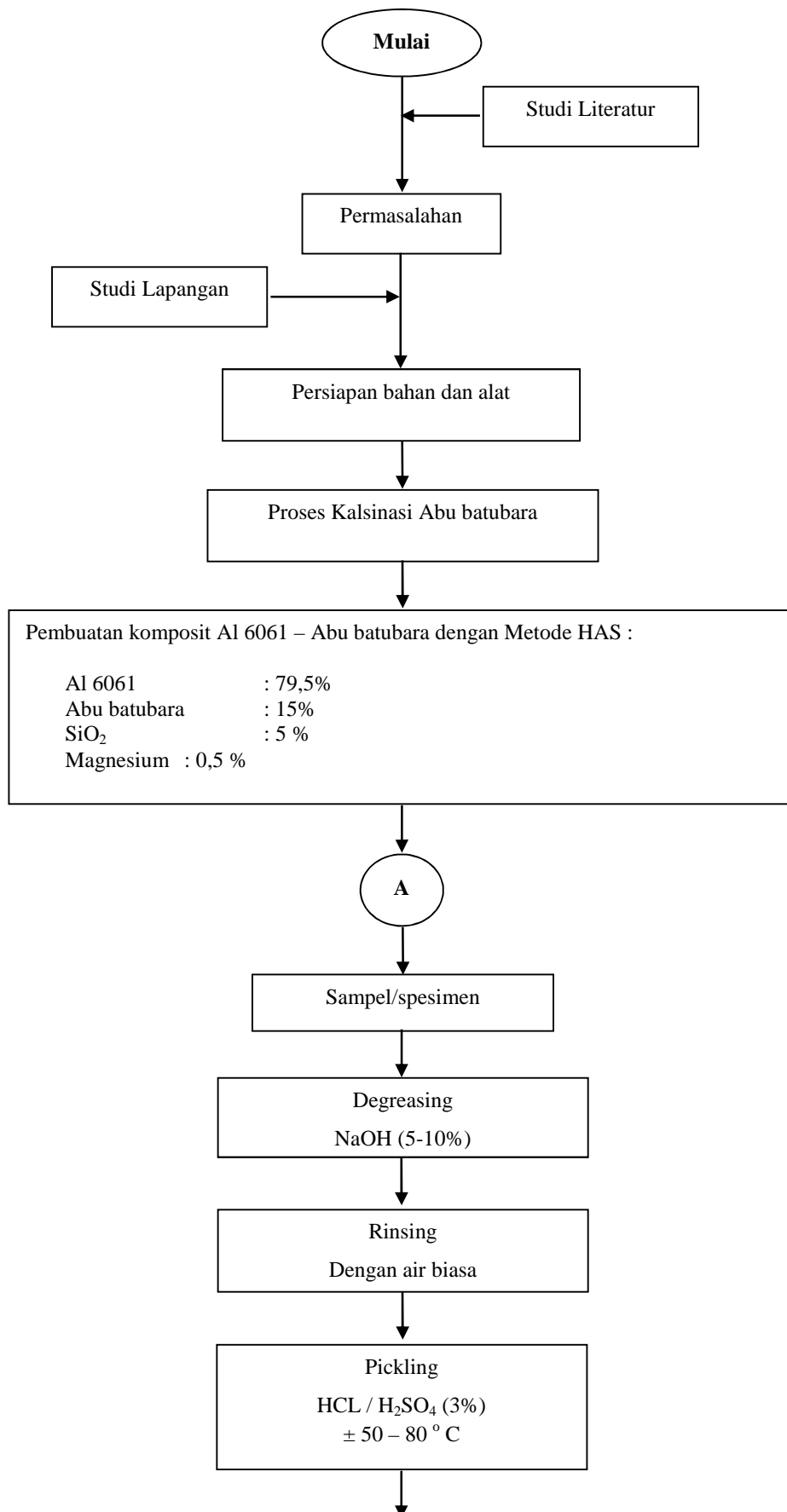
- k : tetapan laju reaksi
- A : tetapan Arrhenius yang harganya khas untuk setiap reaksi
- E : energi pengaktifan
- R : tetapan gas universal =  $0.0821 \text{ atm/mol } ^\circ\text{K} = 8.314 \text{ joule/mol } ^\circ\text{K}$
- T : suhu reaksi ( $^\circ\text{K}$ ) (VLSM, 2000)

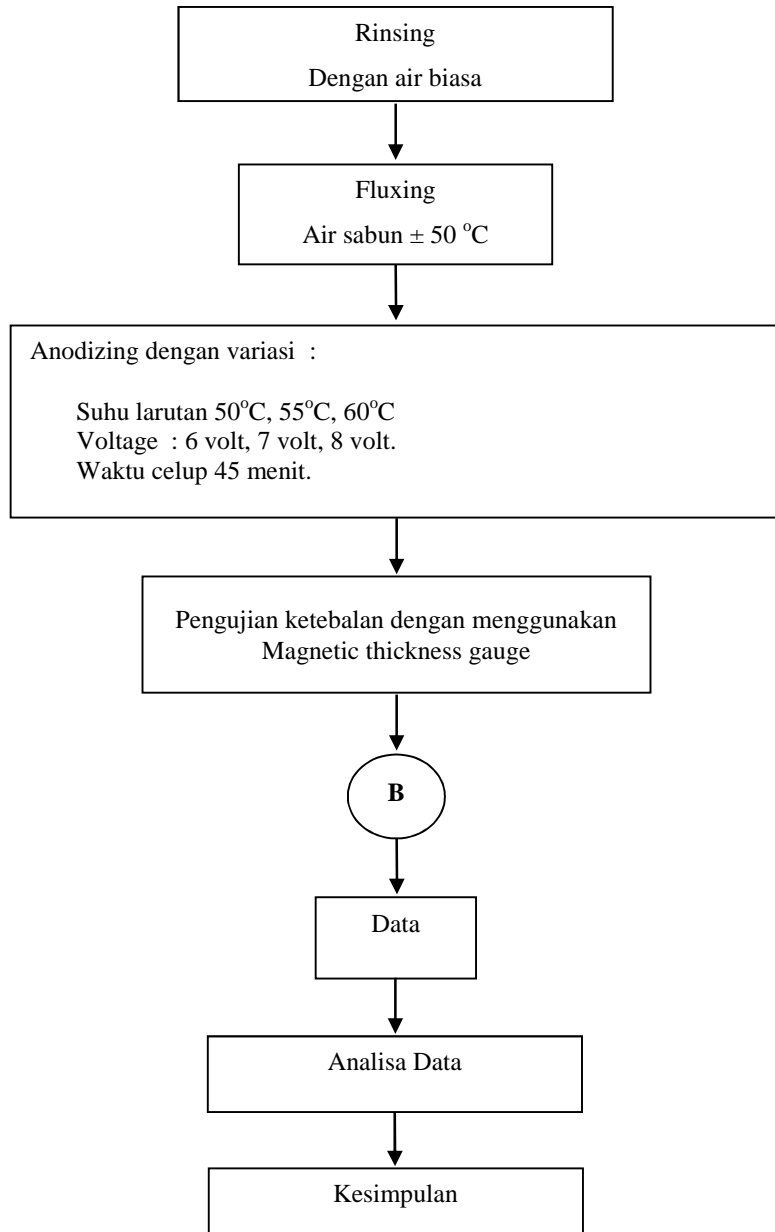
### 1.2.6. Katalis

Katalisator adalah zat yang ditambahkan ke dalam suatu reaksi dengan maksud memperbesar kecepatan reaksi. Katalis terkadang ikut terlibat dalam reaksi tetapi tidak mengalami perubahan kimiawi yang permanen, dengan kata lain pada akhir reaksi katalis akan dijumpai kembali dalam bentuk dan jumlah yang sama seperti sebelum reaksi. (VLSM, 2000)

Fungsi katalis adalah memperbesar kecepatan reaksinya (mempercepat reaksi) dengan jalan memperkecil energi pengaktifan suatu reaksi dan dibentuknya tahap-tahap reaksi yang baru. Dengan menurunnya energi pengaktifan maka pada suhu yang sama reaksi dapat berlangsung lebih cepat. (VLSM, 2000)

2. Metode Penelitian  
2.1. Diagram air penelitian



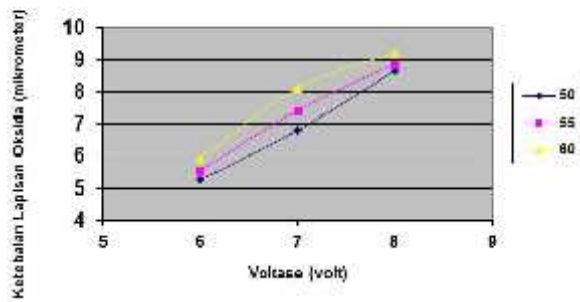


### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Data hasil pengujian

Spesimen	Voltase (volt)	Temperatur (°C)	Ketebalan Lapisan oksida (µm)	Kualitas Warna	Sifat Penampakan Visual
A1	6	50	5,25	Perak, rata	Baik
	6	50	5,30	Perak, rata	Baik
	6	50	5,27	Perak, rata	Baik
A2	6	55	5.60	Perak, rata	Baik
	6	55	5,71	Perak, rata	Baik
	6	55	5.82	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
A3	6	60	5.92	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
	6	60	5.88	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
	6	60	5.94	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
B1	7	50	6.55	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
	7	50	6,73	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
	7	50	6.81	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
B2	7	55	7,05	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
	7	55	7,23	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
	7	55	7,43	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
B3	7	60	7,93	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
	7	60	7,97	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
	7	60	8,12	Perak, rata mulai ada bercak	Kurang
C1	8	50	8,13	Perak, bercak bertambah	Kurang
	8	50	8,56	Perak, bercak bertambah	Kurang
	8	50	8,66	Perak, bercak bertambah	Kurang
C2	8	55	9,6	Perak, bercak bertambah	Kurang
	8	55	8,78	Perak, bercak bertambah	Kurang
	8	55	8,88	Perak, bercak bertambah	Kurang
C3	8	60	8.99	Perak, bercak bertambah	Kurang
	8	60	9,04	Perak, bercak bertambah	Kurang
	8	60	9,23	Perak, bercak bertambah	Kurang

### Pengaruh Voltase Terhadap Ketebalan Lapisan Oksida



**Gambar 3.1**

Pengaruh Voltase Terhadap Ketebalan Lapisan Oksida

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin tinggi voltase dan temperatur larutan elektrolit, semakin tebal lapisan oksida yang terbentuk. Pada Gambar 4.2 s/d Gambar 4.4 disajikan contoh hasil kualitas pewarnaan. Gambar secara lengkap disajikan pada Lampiran



**Gambar 3.2**

Sampel 1 Temp. 50 ° 6 Volt Proses Nikel



**Gambar 3.3**

Sampel 2 Temp. 50 ° 6 Volt Proses Nikel



**Gambar 3.4**

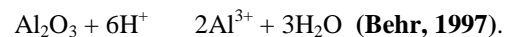
Sampel 3 Temp. 50 ° 6 Volt Proses Nikel

### 3.2. Pembahasan

Selama proses anodizing berlangsung pada permukaan katoda terlihat gelembung-gelembung gas, sedangkan pada anoda terbentuk suatu lapisan. Gelembung-gelembung gas yang terjadi pada permukaan katoda tersebut merupakan gelembung-gelembung gas hidrogen ( $H_2$ ), dimana ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa selama proses elektrolisa salah satu reaksi yang terjadi pada katoda adalah pembentukan gas hidrogen (**Brace, 1988**). Pembentukan gas hidrogen ini juga sesuai dengan teori pada proses anodizing yang menyatakan terjadinya reaksi pembentukan gas hidrogen pada katoda. Selama proses anodizing, seperti pada persamaan (3) dan (4) yaitu :

$6H^+ + 6e \rightarrow 3H_2$ , sedangkan lapisan oksida  $Al_2O_3$  yang terbentuk sesuai dengan persamaan (5).

Untuk pengaruh variasi voltase dan temperatur larutan elektrolit ditunjukkan pada Gambar 4.1. Terlihat bahwa ketebalan lapisan oksida semakin meningkat pada voltase dan temperatur larutan yang meningkat, namun pada voltase dan temperatur semakin tinggi tersebut terdapat bercak-bercak/ketidakteraturan permukaan. Hal ini disebabkan karena terjadi energi yang terlalu besar yang mengurai ikatan Al - O pada lapisan oksida  $Al_2O_3$ , penguraian atau peluruhan ini seperti pada persamaan (3) yaitu :



Warna adalah suatu nilai yang bersifat dekoratif. Dari Tabel 3.1 dapat dinyatakan warna terbaik pada variasi voltase 6 volt dan temperatur larutan elektrolit 50°C. Semakin tinggi voltase dan larutan elektrolit akan terjadi bercak-bercak pada permukaan spesimen.

### 4. Kesimpulan

1. Semakin tinggi voltase dan temperatur larutan elektrolit ada kecenderungan semakin tebal lapisan oksida yang terbentuk. Ketebalan maksimum diperoleh sebesar 9,12  $\mu m$  pada variasi 8 volt dan temperatur 60°C
2. Semakin tinggi voltase dan temperatur larutan elektrolit ada kecenderungan kualitas warna semakin menurun karena timbulnya bercak-bercak dan pengkasaran permukaan spesimen. Kualitas terbaik pada variasi 6 volt dan temperatur 50°C

### 5. Daftar Pustaka

- Ir. Tata Surdia, dan DR. Shinroku Saito, 1999. "Pengetahuan Bahan Teknik", Cetakan keempat, Pradiya Paramita, Jakarta.
- R.E Smallman, dan R.J Bishop. 1999. "Metalurgi Fisik Modern Dan Rekayasa Material", Edisi 6, Erlangga, Jakarta.

Lawrence H. Van Vlack, dan Sriati Djapri. M.E, M. Met. 1995, "*Ilmu Dan Teknologi Bahan*", Jakarta

Harjo.S.,2006,"*Pemanfaatan Abu Batubara Sebagai Bahan alternative Pengganti Logam*", Laporan Penelitian Dosen Muda, Teknik Mesin UNTAG Surabaya

Yongki, Harjo.S,2007, "*Analisa Struktur Mikro Pelapisan Nikel Komposit Al 6061 – Abu Batubara Dengan SEM – EDX* ", Tugas Akhir S1, Teknik Mesin UNTAG Surabaya

Jurnal ensiklopedia bebas "*Pelapisan krom dekoratif*", <http://www.wikepedia.com>, diakses 3 februari 2009