

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI *DEGREASING* DAN WAKTU *ANODIZING* TERHADAP LAJU KEAUSAN DAN KETAHANAN AUS

Agus Suprpto¹
Agus Suyatno²

Abstrak

Banyak komponen otomotif maupun industri yang bekerjanya bergesekan antara komponen yang satu dengan lainnya sehingga terjadi keausan. Hal ini berdampak pada : biaya maintenance menjadi membengkak, Pengujian yang dilakukan dalam hal ini uji aushasil anodizing dengan variasi waktu pencelupan dengan berbagai komposisi cairan pembakar (*degreasing*), sedangkan spesimen yang digunakan adalah Al 6082. Hasil *anodizing*, Ketahanan aus terendah sebesar 22, 542 % berbanding terbalik dengan laju keausan tertinggi sebesar 0,00026 g/s pada komposisi *degreasing*: Phosphor : 75 % ; H₂SO₄ : 20 %; HNO₃ : 5 % dengan waktu *anodizing* 10 menit. Laju keausan (*rate wear*) semakin rendah maka ketahanan aus semakin tinggi, dan waktu *anodizing* semakin lama maka ketahanan ausnyasemakin meningkat.

Kata kunci : anodizing, degreasing, laju keausan, ketahanan aus

Pendahuluan

Banyak komponen otomotif maupun industri yang bekerjanya bergesekan antara komponen yang satu dengan lainnya sehingga terjadi keausan. Hal ini berdampak pada : biaya maintenance menjadi membengkak, waktu operasional hilang, dapat menyebabkan kemacetan pada proses produksi bila komponennya vital. Bahan aluminium mempunyai potensi tahan korosi dan beratnya ringan (hanya 2,7 gr/cm³, sedangkan besi ± 8,1 gr/ cm³ dan tembaga 8.9 gr/ cm³) dengan kekuatan bahan sedang, namun ketahanan ausnya rendah dan gesekannya tinggi. Untuk itu memperbaiki sifat tahan aus khususnya pada bahan aluminium dapat dilakukan dengan proses anodizing dengan harapan dapat meningkatkan umur komponen. Ryan LB (2009) menyatakan hasil anodizing terhadap

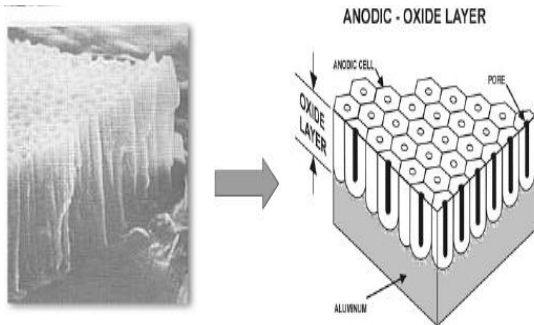
gesekan dan keausan pada permukaan Al sangat ekonomis dan efektif karena peningkatan kekerasan pada permukaan signifikan. Hard Anodizing (type III) adalah cara yang paling efektif untuk meningkatkan ketahanan gesek dan aus. Hal ini didukung oleh Jude M.R. and Aaron JP.,(2006) yang menyatakan bahwa anodizing type I, II dan III dapat meningkatkan ketahanan aus. Dari uraian diatas, penelitian ini dikembangkan pada bahan aluminium seri 6082 di anodizing dengan variasi waktu pencelupan dan cairan pembakar (*degreasing*) terhadap laju keausan (*rate wear*), dan ketahanan aus lapisan oksida aluminium, makatujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu penahanan pencelupan dan persentase cairan pembakar (*degreasing*) pada proses *anodizing* terhadap laju keausan (*rate wear*), dan ketahanan aus lapisan oksida aluminium.

¹ Dosen Teknik Jurusan Mesin Universitas Merdeka Malang

² Dosen Teknik Universitas Widyagama Malang

Anodizing

Anodizing adalah merupakan proses pelapisan dengan cara elektrolisa untuk melapisi permukaan logam dengan suatu material ataupun oksida, adapun tujuan anodizing adalah membentuk lapisan oksida Al_2O_3 (lihat Gbr.1).



Gbr.1. Lapisan Oksida Al_2O_3 (Toruan, Manahan L., 2011)

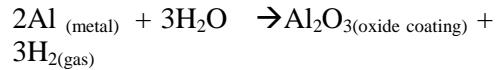
Anodic treatment (proses *anodizing*) dapat diklasifikasikan dalam dua tipe lapisan oksida, yaitu tipe *porous film* (lapisan pori-pori) dengan ketebalan berkisar 2,54 – 12,7 *micron* dan tipe *barrier film* (lapisan *barrier*) yang ketebalannya hanya 0,254 *micron*. Tipe *porous film* banyak digunakan di industri-industri karena sifat lapisannya cukup baik. Proses *anodizing* meliputi reaksi anoda dan katoda (Toruan, Manahan L., 2011)

Reaksi anode pada proses *anodizing*

- Reaksi pada logam/oxide
 $2\text{Al} + 3\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{e}^-$
- Reaksi pada oxide/elektrolit
 $2\text{Al}_{(\text{metal})} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3(\text{oxide coating}) + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^-$
- Reaksi total pada anode
 $2\text{Al} \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 6\text{e}^-$

Reaksi katode pada proses *anodizing*

- $6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{H}_2(\text{gas})$
- Reaksi total pada proses *anodizing*



Karakteristik *Anodizing*

- a. Keras
- b. Transparan
- c. Insulasi listrik
- d. Tidak terkelupas
- e. Tidak mudah retak
- f. Variasi warna sangat banyak

Manfaat *Anodizing*

- a. Warna stabil dan mengkilap
- b. Mudah perawatan \rightarrow biaya perawatan murah
- c. Keindahan \rightarrow tampilannya indah
- d. Biaya relatif murah
- e. Sehat dan aman
- f. Tahan lama

Anodizing dapat memperbaiki sifat Al

- a. Tahan korosi lubang, galvanis dan merata
- b. Tahan aus
- c. Permukaannya keras
- d. Tahan api, titik cairnya $650^0 - 2000^0 \text{ C}$

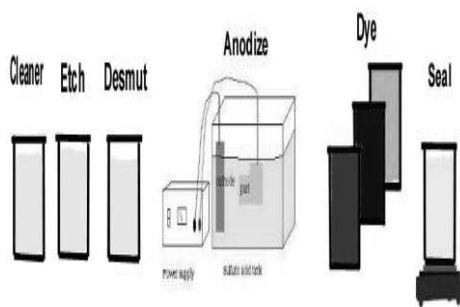
Type *Anodizing*

- a. Type I *Anodizing*, menggunakan chromic acid untuk meningkatkan ketahanan korosi, banyak digunakan pada pesawat dan kapal
- b. Type II *Anodizing*, menggunakan sulfuric acid, type ini yang paling banyak digunakan dalam proses *anodizing* karena tahan korosi dan aus
- c. Type III *Anodizing*, dikenal sebagai *hard-coat anodizing*, digunakan untuk permukaan yang membutuhkan kekerasan yang tinggi, contoh bearing

Proses Anodizing Aluminium

Dalam proses *anodizing*, lapisan oksida yang dihasilkan akan berbeda-beda sifatnya. Sesuai dengan rangkaian aliran proses *anodizing* yang digunakan. Tahapan proses *anodizing* aluminium secara umum adalah sebagai berikut:

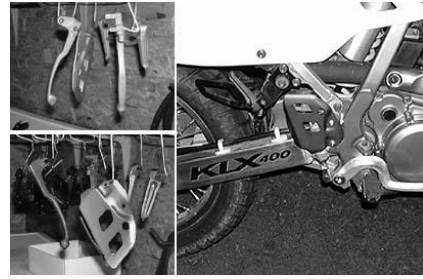
- a. Pencucian lemak (*Degreasing*)
- b. Pembilasan (*Rinsing*)
- c. Pengetsaan (*Etching*)
- d. Pembersihan dengan cara kimia (*Chemical Brightening*)
- e. *Anodizing*
- f. Pewarnaan (*Coloring*)
- g. Penutupan pori-pori (*Sealing*)



Gbr. 2. Proses *anodizing* (Newman Ron, 2011)

Aplikasi Anodizing

Aplikasi *anodizing* banyak digunakan untuk alat bedah, *jet engine control*, *valves*, *pistons*, *gears*, *bearings*, *medical handling and processing equipment*, *textile machiner*, *food processing & handling equipment*, komponen otomotif (Gbr.3).



Gbr. 3. Komponen otomotif

Aluminium

Aluminium ialah logam nonferro. Lambang aluminium ialah Al, dan nomor atomnya 13. Aluminium merupakan konduktor listrik yang baik. Terang dan kuat. Merupakan konduktor yang baik juga buat panas. Dapat ditempa menjadi lembaran, ditarik menjadi kawat dan diekstrusi menjadi batangan dengan bermacam-macam penampang dan tahan korosi.

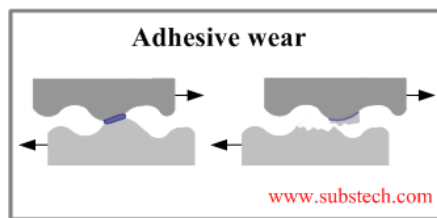
Aluminium banyak digunakan di industri dan rumah tangga karena sifatnya yang tahan korosi, penghantar panas yang baik, permukaan yang menarik, mudah di cor dan dibentuk serta beratnya yang ringan sehingga banyak digunakan di industri pesawat terbang. Aluminium dapat ditemper untuk memenuhi kebutuhan struktur dengan berbagai macam aplikasi. Ketika membutuhkan kekuatan bahan yang sedang dan tinggi pada umumnya menggunakan paduan aluminium seri 6061. Masa depan logam Aluminium sangat cerah dan menjadi pilihan customer karena sifat dan harga yang kompetitif dari bahan aluminium. Pengembangan aplikasi pada sektor elektronik ; *flat screen televisions*, *tablet computers*, *mobile phones and laptops*.

Keausan

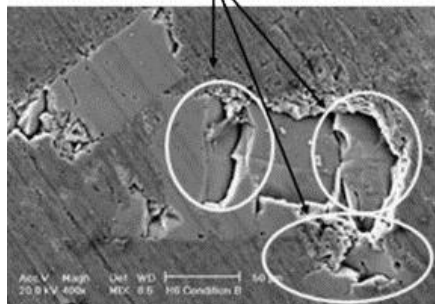
Keausan (*wear*) adalah kegagalan / kerusakan pada permukaan padat akibat gesekan dua permukaan material secara bertahap sehingga terjadi hilangnya material pada permukaan yang lebih lunak atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relative antara permukaan yang satu dengan permukaan lainnya. Laju keausan merupakan total kehilangan volume dalam satuan waktu, sedangkan ketahanan aus merupakan suatu fungsi terbalik dari laju keausan.

Klasifikasi Keausan:

1. Keausan Adhesi
2. Keausan Abrasi
3. Keausan Korosi
4. Keausan Erosi
5. Keausan Lelah



Adhesive Wear Marks



Gbr. 4. Keausan Adhesi
(Kopeliovich, Dmitri, 2012; Dougherty, Patrick S.M. et al, 2011)

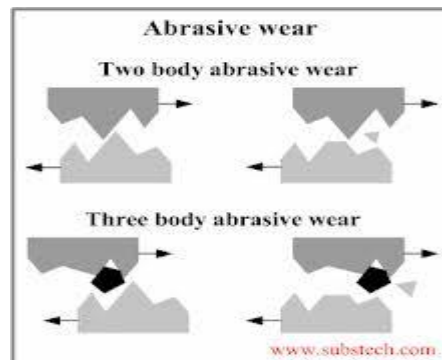
Keausan Adhesi

Keausan Adhesi terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih

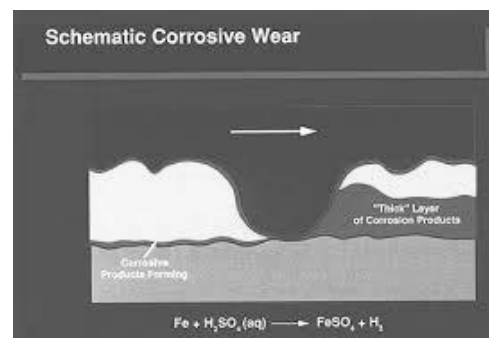
mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lain dan pada akhirnya terjadi pelepasan/pengoyakan salah satu material, seperti diperlihatkan oleh Gbr 4

Keausan Abrasi

Keausan Abrasi terjadi bila suatu partikel keras dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotongan material yang lebih lunak, sebagaimana ditunjukkan oleh Gbr. 5



Gbr.5. Keausan Abrasi
(Kopeliovich, Dmitri, 2012)



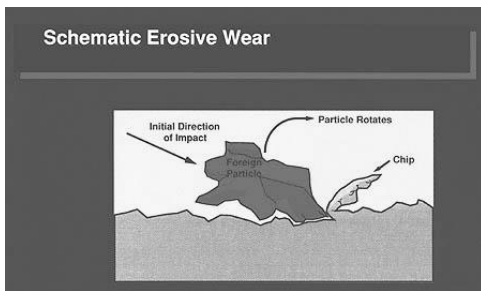
Gbr.6. Keausan Korosi
(Society of Tribologists and Lubrication Engineers, 2008)

Keausan Korosi

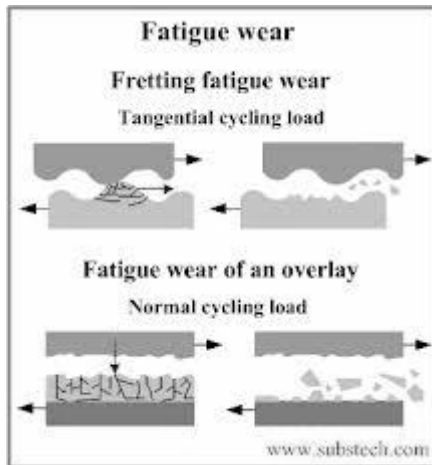
Keausan korosi terjadi adanya perubahan kimiawi material di bagian permukaan oleh faktor lingkungan (Gbr.6)

Keausan Erosi

Proses erosi disebabkan oleh partikel padat dalam cairan atau gas yang membentur permukaan material. Benturan tersebut secara bertahap menyebabkan pada permukaan material terkikis, skematis mekanismenya seperti terlihat pada Gbr.7



Gbr. 7. Keausan Erosi (*Society of Tribologists and Lubrication Engineers, 2008*)



Gbr. 8. Keausan lelah (*Kopeliovich, Dmitri, 2012*)

Keausan Lelah

Keausan lelah disebabkan oleh pembebanan yang berulang-ulang selama gesekan yang terjadi akibat interaksi permukaan sehingga menimbulkan retak-

retak mikro pada permukaan maupun dibawah permukaan. Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Gbr. 8 memperlihatkan skematis mekanisme keausan lelah.

Perhitungan Keausan

Berbagai macam metode dan teknik untuk menghitung laju keausan, berdasarkan ASTM G65 merupakan sebuah rumusan untuk laju keausan secara umum.

$$W = \frac{m_2 - m_1}{T} \text{ (g/s)} \quad (1)$$

dimana:

m_a adalah berat sebelum uji keausan (g)

m_f adalah berat sesudah uji keausan (g)

T adalah waktu proses (s)

W adalah laju keausan (g/s)

Untuk menghitung ketahanan aus dengan persamaan keausan adalah

$$V = \frac{KWL}{H} \quad (2)$$

Dari rumus (2) maka didapatkan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{VH}{WL} \quad (3)$$

Dimana:

v adalah volume total keausan (cm³)

W adalah besar pembebanan normal 3000(g)

L adalah panjang sliding atau bidang kontak 77436 (cm)

H adalah kekerasan; kekerasan alumina (Al₂O₃) 2x10⁸ (g/cm²)

K adalah koefisien keausan;

1/K adalah ketahanan aus

METODE PENELITIAN

1. Proses anodizing (Hendrawan, 2010), dengan menggunakan aluminum 6082.
2. Bahan yang diuji adalah aluminum dengan dimensi: panjang 60 mm, lebar 30 mm, dan tebal 1 mm.
3. Spesifikasi alat *anodizing* arus konstan 150 A, tegangan 220 V, temperatur pencelupan 50°C.
4. Variasi waktu pencelupan adalah 10, 20, 30 menit.
5. Variasi komposisi cairan pembakar (*degreasing*) adalah sebagai berikut :

Unsur	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	E (%)
Phosphor	75	80	85	80	85
H ₂ SO ₄	20	15	10	20	15
HNO ₃	5	5	5	0	0

6. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian keausan
7. Spesimen dari hasil *anodizing* terlebih dahulu diukur beratnya.
8. Spesimen dipasang pada pencekam alat uji ketahanan aus
9. Pada permukaan spesimen dilakukan uji keausan menggunakan disk baja (kekerasan= 320 BHN) dengan pembebanan 3 Kg dengan speed 900 rpm selama 9 menit di bagian tengah dan pinggir.
10. Menimbang spesimen uji yang telah mengalami keausan.

PEMBAHASAN

Laju Keausan

Pada komposisi *degreasing* AT₁- AT₃

Tabel 1. Laju Keausan dan Ketahanan Aus

Spesimen	Waktu Anodizing (menit)	Laju Keausan (g/s)	Ketahanan Aus (%)
AT ₁	10	0.00026	22.542
AT ₂	20	0.00019	34.846
AT ₃	30	0.00017	38.718
BT ₁	10	0.00019	31.559
BT ₂	20	0.00019	30.541
BT ₃	30	0.00014	41.164
CT ₁	10	0.00018	32.647
CT ₂	20	0.00015	37.871
CT ₃	30	0.00013	45.084
DT ₁	10	0.00020	29.587
DT ₂	20	0.00017	35.066
DT ₃	30	0.00015	37.871
ET ₁	10	0.00019	31.559
ET ₂	20	0.00016	36.414
ET ₃	30	0.00012	47.339

Berdasarkan Tabel 1& 2 dan Gbr.9 menunjukkan bahwa pengaruh waktu *anodizing* sangat berarti (*significant*), dimana pertambahan waktu anodizing dari 10 menit ke 20 menit terjadi penurunan laju keausan sebesar 26,92 %, untuk waktu dari 20 menit ke 30 menit terjadi penurunan laju keausan sebesar 10,53 %, hasil ini ada penurunan akan tetapi tidak sebesar pada waktu *anodizing* dari 10 menit ke 20 menit. Laju keausan pada AT₃ sebesar 0,00017 g/s terjadi penurunan laju keausan sebesar 37,45 %.

Pada komposisi *degreasing* BT₁- BT₃

Pada komposisi *degreasing* B laju keausannya berbeda dengan komposisi *degreasing* A, laju keausan tertinggi pada BT₁sebesar 0,00019 g/s dan laju keausan terendah pada BT₃ sebesar 0,00017 g/s. Pengaruh waktu *anodizing* untuk 10 menit ke

20 menit tidak ada perubahan yang berarti, namun pada waktu 20 menit ke 30 menit

Spesimen	Waktu Anodizing	Laju Keausan	Ketahanan Aus	Komparasi Laju Keausan thd waktu	Komparasi Ketahanan Aus thd waktu
	(menit)				
AT ₁	10	0.00026	22.542		
AT ₂	20	0.00019	34.846	26.92	54.58
AT ₃	30	0.00017	38.718	10.53	11.11
BT ₁	10	0.00019	31.559		
BT ₂	20	0.00019	30.541	0.00	-3.23
BT ₃	30	0.00014	41.164	26.32	34.78
CT ₁	10	0.00018	32.647		
CT ₂	20	0.00015	37.871	16.67	16.00
CT ₃	30	0.00013	45.084	13.33	19.05
DT ₁	10	0.0002	29.587		
DT ₂	20	0.00017	35.066	15.00	18.52
DT ₃	30	0.00015	37.871	11.76	8.00
ET ₁	10	0.00019	31.559		
ET ₂	20	0.00016	36.414	15.79	15.38
ET ₃	30	0.00012	47.339	25.00	30.00

terjadi perubahan penurunan laju keausan yang sangat berarti sebesar 26,32 %.

Pada komposisi *degreasing* CT₁- CT₃

Pada komposisi *degreasing* C pengaruh waktu *anodizing* untuk 10 menit ke 20 menit sebesar 16,67 % dan dibandingkan dengan waktu *anodizing* untuk 20 menit ke 30 menit terjadi penurunan 13,33 %, dan total penurunan laju keausan sebesar 30 %, namun bila dibandingkan dengan komposisi *degreasing* B penurunan laju keausannya lebih besar sedangkan dibandingkan dengan komposisi *degreasing* A penurunan laju keausannya lebih kecil.

Pada komposisi *degreasing* DT₁- DT₃

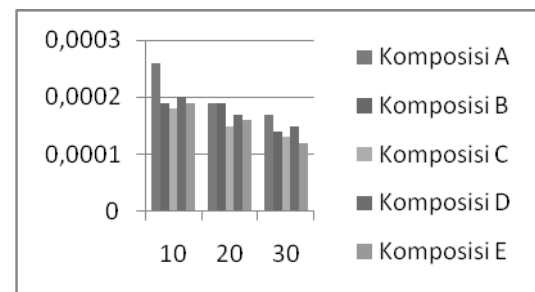
Pada komposisi *degreasing* D, total penurunan laju keausannya sebesar 26,76 % lebih kecil dibanding dengan komposisi

degreasing C sebesar 30 %, sedangkan perubahan waktu *anodizing* untuk 20 menit ke 30 menit hampir sama dengan perubahan pada komposisi *degreasing* C.

Pada komposisi *degreasing* ET₁- ET₃

Pada komposisi *degreasing* E, total penurunan laju keausannya sebesar 40,79 % . penurunan yang paling besar dibanding dengan komposisi *degreasing* lainnya, perubahan waktu *anodizing* untuk 20 menit ke 30 menit dan ke 30 menit perubahannya sangat berarti (*significant*), namun pada waktu 20 menit terjadi penurunan sebesar 15,79 % dan dari waktu 20 menit ke 30 menit ada penurunan sebesar 25 %.

Tabel 2. Komparasi Laju Keausan, dan Ketahanan Aus terhadap waktu *anodizing* dengan berbagai komposisi *degreasing*



Keterangan
 Komposisi A: Phosphor : 75 % ; H₂SO₄ : 20 % ; HNO₃ : 5 %
 Komposisi B: Phosphor : 80 % ; H₂SO₄ : 15 % ; HNO₃ : 5 %
 Komposisi C: Phosphor : 85 % ; H₂SO₄ : 10 % ; HNO₃ : 5 %
 Komposisi D: Phosphor : 80 % ; H₂SO₄ : 20 % ; HNO₃ : 0 %
 Komposisi E: Phosphor : 85 % ; H₂SO₄ : 15 % ; HNO₃ : 0 %

Gbr. 9. Laju Keausan terhadap waktu *anodizing* dengan berbagai komposisi *degreasing*

Berdasarkan Tabel 1 & 2 dan Gbr.9 menunjukkan laju keausan yang tertinggi

pada spesimen AT₁ dan laju keausan terendah pada spesimen ET₃.

Ketahanan Aus

Pada komposisi *degreasing* AT₁- AT₃

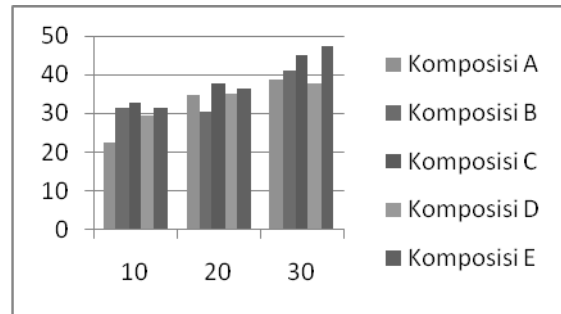
Berdasarkan Tabel 1& 2 dan Gbr.10 menunjukkan bahwa pengaruh waktu *anodizing* sangat berarti (*significant*), dimana perubahan waktu *anodizing* dari 10 menit ke 20 menit terjadi kenaikan ketahanan aus sebesar 54,58 %, untuk waktu *anodizing* 30 menit total kenaikan ketahanan aus sebesar 65,69%. Disini menunjukkan ketahanan aus pengaruh waktu *anodizing* dari 10 menit ke 20 menit lebih besar dibandingkan dengan waktu 20 menit ke 30 menit.

Pada komposisi *degreasing* BT₁- BT₃

Pada komposisi *degreasing* B, terjadi penurunan ketahanan aus dari waktu *anodizing* untuk 10 menit ke 20 menit, seharusnya ketahanan ausnya naik, hal ini dikarenakan dalam pengukuran berat kurang teliti, namun pada waktu *anodizing* 30 menit terjadi kenaikan ketahanan aus sebesar 34,78 %. Total ketahanan aus pada komposisi *degreasing* B lebih kecil dibanding dengan komposisi *degreasing* A.

Pada komposisi *degreasing* CT₁- CT₃

Pada komposisi *degreasing* C, ketahanan ausnya relatif sama dibanding dengan komposisi *degreasing* B pada waktu *anodizing* dari 10 menit ke 20 menit dan waktu 20 menit ke 30 menit terjadi kenaikan ketahanan aus yang *significant*.



Keterangan

Komposisi A: Phosphor : 75 % ; H₂SO₄ : 20 % ; HNO₃ : 5 %

Komposisi B: Phosphor : 80 % ; H₂SO₄ : 15 % ; HNO₃ : 5 %

Komposisi C: Phosphor : 85 % ; H₂SO₄ : 10 % ; HNO₃ : 5 %

Komposisi D: Phosphor : 80 % ; H₂SO₄ : 20 % ; HNO₃ : 0 %

Komposisi E: Phosphor : 85 % ; H₂SO₄ : 15 % ; HNO₃ : 0 %

Gambar.10. Ketahanan Aus terhadap waktu *anodizing* dengan berbagai komposisi *degreasing*

Pada komposisi *degreasing* DT₁- DT₃

Pada komposisi *degreasing* D, ketahanan ausnya paling kecil dibanding dengan komposisi *degreasing* A, B, C dan E pada waktu *anodizing* untuk 30 menit, kenaikan ketahanan aus dari waktu *anodizing* 10 menit ke 20 menit sebesar 18,52 % lebih besar dibandingkan dengan kenaikan waktu *anodizing* dari 20 menit ke 30 menit sebesar 8%.

Pada komposisi *degreasing* ET₁- ET₃

Pada komposisi *degreasing* E, ketahanan ausnya paling besar dibanding dengan komposisi *degreasing* A, B, C dan D pada waktu *anodizing* untuk 30 menit, kenaikan ketahanan aus pada waktu *anodizing* dari 10 menit ke 20 menit sebesar 15,38 % lebih kecil dibandingkan dengan kenaikan ketahanan aus dari waktu 20 menit ke 30 menit sebesar 30 %. Total kenaikan ketahanan aus sebesar 45,38% lebih kecil

dibanding dengan total kenaikan ketahanan aus komposisi *degreasing* A sebesar 65,69% waktu *anodizing* dari 10 menit ke 30 menit.

Dari uraian diatas menunjukkan bahwa pengaruh waktu *anodizing* dengan berbagai variasi komposisi *degreasing* (A, B, C, D dan E) terhadap ketahanan aus sangat *significant* (berarti), dari Tabel 1 & 2 menunjukkan bahwa waktu *anodizing* semakin lama maka ketahanan ausnya semakin meningkat, hal ini didukung oleh Jude M.R. and Aaron JP.,(2006) yang menyatakan bahwa *anodizing* type I, II dan III dapat meningkatkan ketahanan aus, sedangkan menurut Ryan LB (2009) dan Bal Seal Engineering Co, Inc., (2001) yang dapat meningkatkan ketahanan aus hanya *anodizing* type III.

Tabel 1 dan Gbr.10 menunjukkan ketahanan aus tertinggi pada spesimen ET₃ sebesar 47,339 % pada komposisi *degreasing* : Phosphor : 85 % ; H₂SO₄ : 15 %; HNO₃ : 0 % dengan waktu *anodizing* 30 menit, dan berbanding terbalik dengan laju keausan terendah pada spesimen ET₃ sebesar 0,00012 g/s, sedangkan ketahanan aus terendah pada spesimen AT₁ sebesar 22, 542 % pada komposisi *degreasing*: Phosphor : 75 % ; H₂SO₄ : 20 %; HNO₃ : 5 % dengan waktu *anodizing* 10 menit, dan berbanding terbalik dengan laju keausan tertinggi pada spesimen AT₁ sebesar 0,00026 g/s. Laju keausan (*rate wear*) semakin rendah maka ketahanan aus semakin tinggi.

SIMPULAN

Hasil *anodizing*, ketahanan aus tertinggi pada spesimen ET₃ sebesar 47,339 % berbanding terbalik dengan laju keausan terendah pada spesimen ET₃ sebesar 0,00012 g/s pada komposisi *degreasing* : Phosphor : 85 % ; H₂SO₄ : 15 %; HNO₃ : 0 % dengan waktu *anodizing* 30 menit. Sedangkan ketahanan aus terendah pada spesimen AT₁ sebesar 22, 542 % berbanding terbalik dengan laju keausan tertinggi pada spesimen AT₁ sebesar 0,00026 g/s pada komposisi *degreasing*: Phosphor : 75 % ; H₂SO₄ : 20 %; HNO₃ : 5 % dengan waktu *anodizing* 10 menit.

Laju keausan (*rate wear*) semakin rendah maka ketahanan aus semakin tinggi.

Waktu *anodizing* semakin lama maka ketahanan ausnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bal seal engineering Co, Inc., (2001), **hard anodizing of aluminum alloys and its effect on balTM seal performance**, Technical Report TR-17 (48-7-3), Rev. C; 03-22-01, <http://www.balseal.com/node/334>. Diakses tahun 2011
- Dougherty, Patrick S.M., Randyka Pudjoprawoto, C. Fred Higgs III, (2011), **An investigation of the wear mechanism leading to self-replenishing transfer films**, *Wear*, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043164811005461>. Diakses tahun 2012
- Hendrawan, Heru, (2010), **"Variasi waktu pencelupan dan persentase cairan pembakar pada proses anodizing terhadap laju korosi lapisan oksida aluminium"**, Tugas Akhir, Universitas Merdeka Malang

- Kopeliovich, Dmitri, (2012), **Mechanism of wear**,
http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=mechanisms_of_wear.
 Diakses tahun 2012
- Jude MR., and Aaron JP., (2006), **Understanding aluminum anodic oxide film formation: improving engineering properties through microstructural modification**, Presented at the XII Ebrats Brazilian Surface Treatment Meeting and II Latin – American Interfinish Sao Paulo, May 10, 2006, http://www.compcote.com/papers/download/Anodic_Oxide_Film_Formation-EBRATS.pdf. Diakses tahun 2012
- Newman, Ron, (2011), **Anodizing Aluminium**,
<http://www.focuser.com/atm/anodize/anodize.html>. Diakses tahun 2012
- Ryan LB., (2009), **The Effect of Anodizing to Minimize Friction and Wear of Aluminum Surfaces**, Rensselaer Polytechnic Institute MANE - 6960 **Friction and Wear of Materials**, December 15, 2009, <http://www.ewp.rpi.edu/hartford/~leblar2/FWM/Project/FWM%20Final%20Project.pdf>. Diakses tahun 2012
- Society of Tribologists and Lubrication Engineers (STLE), (2008), **Basic Wear**,
<http://www.stle.org/resources/lubelearn/wear/>. Diakses tahun 2012
- Toruan, Manahan L, (2011), **Anodizing**. (13702026). Materials Engineering Study Program. Bandung Institute of Technology,
https://www.google.com/search?q=manahan+L+toruan+ITB.pdf&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-beta#bav=on.2.or.r_qf.&fp=23fb2a1e433bfd45&q=anodizing+aluminium+pdf&rls=org.mozilla:en-US%3Aofficial, di akses 20 oktober 2011