

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari analisa hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dengan menggunakan berbagai variasi waktu (15 menit s/d 35 menit). Bila waktu proses diperlama, maka tingkat porositas akan semakin tinggi.
- Selain itu, jika waktu *anodizing* diperlama maka jumlah pori akan meningkat, hal ini berarti bahwa tebal dari dinding pori akan menjadi tipis. Tipisnya dinding dapat pula dihubungkan dengan menurunnya densitas dari permukaan aluminium hasil *anodizing*. Menurunnya densitas berimbas pada menurunnya kualitas kekerasan permukaan, sehingga sifat ketahanan abrasi menjadi menurun.
- Dengan menggunakan variasi tegangan listrik yang semakin meningkat pada proses *anodizing* antara 6V s/d 25 V, jumlah *porous* menjadi semakin sedikit, sehingga tingkat porositas akan semakin menurun.
- Semakin tinggi tegangan listrik menyebabkan jumlah *pores* menjadi menurun dan ketebalan dinding *pores* akan semakin meningkat. Selain itu terbentuk pula lapisan oksida yang relatif tebal. Lapisan oksida yang tebal ini dapat meningkatkan ketahanan terhadap aus dan abrasi pada tingkat menengah.
- *Continous anodizing* cenderung menghasilkan lapisan oksida yang cocok untuk tujuan dekoratif

5.2. Saran

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik dari mikrostruktur pada proses serupa, guna menunjang dan memperlengkap hasil penelitian.
- *Continous anodizing* sebaiknya dilanjutkan dengan proses pewarnaan agar, penelitian dapat lebih baik mengetahui kualitas permukaan aluminium hasil *anodizing*.
- Untuk mendapatkan karakteristik lapisan yang lebih kuat, disarankan menggunakan metode *hard anodizing* atau *pulse anodizing*.
- Pada saat melakukan penelitian hendaknya sangat diperhatikan pengontrolan terhadap variabel bebas, harapannya dengan pengontrolan yang baik diperoleh hasil penelitian yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Budinski, K. G. 1996. *Engineering Materials Properties and Selection*. New Jersey, USA : Prentice-Hall, inc.
- Fontana, Mars Guy. 1986. *Corrosion Engineering Third Edition*, Singapore : McGraw-Hill.
- Hifni, M. 1992. *Analisa Varian & Penerapannya*. Malang : Kopma Press.
- Juhl, A. D. 2002. *Theoretical Introduction to Pulse Anodizing*. Denmark : AluConsult.
- Magel, E. 2005. *Wheel/Rail Interaction Management: The Fundamentals* dalam *TRB Wheel/rail Management Workshop*. National Research Council. Canada, USA. Januari 2005
- McClain, Stephen T. 2002. *Theoretical Density Determination for Secondary Aluminum Alloys*. Materials and Mechanics Laboratory Mississippi State University : Mississippi State, USA
- Parthasaradhy, Y. 1989. *Practical Electroplating Handbook*. New Jersey, USA : Prentice-Hall, inc.
- Prado, R. A. 2007. *Advanced Anodizing using Process Control Technology* dalam *DoD Metal Finishing Workshop*. Materials Engineering Laboratory Testing and Corrosion/Wear. Jacksonville, USA. 16-17 May 2007.
- Rajagopal, C. 2000. *Conversion Coating A Reference for Phospating, Chromating, and Anodizing Process*. New Delhi, India : Tata McGraw-Hill Publishing Company.
- Richardson, J.F. 2004. *Redox Reactions and Electrochemistry*, Boston : Butterworth-Heinemann.
- Sato, T. 1997. "Lecture" *Theories of Anodized Aluminium 100 Q&A*. Tokyo, Jepang. <http://www.mc.mat.shibaura-it.ac.jp/~plaza/index.html>.
- Smallman, R. E. 1991. *Metalurgi Fisik Modern*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Spotts, M. F. 1991. *Design of Machine Elements Sixth Edition*. New Delhi, India : Prentice-Hall of India Private Limited.
- Suratman, R. 2005. *Jurnal Teknologi Perlindungan Logam*. Makalah dalam *Seminar Nasional : Aplikasi Teknologi Perlindungan Logam di Industri*. Prodi Tek. Material ITB. Bandung : 12 Maret 2005.
- Surdia, T. & Shinroku S. 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Taylor, R.P., McClain, S.T., Berry, J.T. 1999. *Uncertainty Analysis Of Metal-Cating Porosity Measurement Using Archimedes' Principle*. Materials and Mechanics Laboratory Mississippi State University : Mississippi State, USA
- Wahyono, S. 2000. *Elektro Metalurgi*. Malang : Universitas Brawijaya.

Lampiran 1 : Data Pengujian Piknometri Dengan Variasi Tegangan Listrik

No	Variasi (Volt)	Beban (gr)	Berat Kering (gr)	Berat Beban di Air (gr)	Berat Spesimen di Air (gr)	Apparent Density	True Density	Tingkat porositas (%)
1.1	6	99.24	12.84	91.75	7.49	2.3916	2.716615373	11.96398195
2.1	6	99.24	12.70	91.66	7.58	2.471787109	2.716615373	9.012253485
3.1	6	99.24	12.79	91.69	7.55	2.432296756	2.716615373	10.46591358
	Jumlah		38.33	275.10	22.62			31.44214902
	Rata-rata		12.78	91.70	7.54	2.431307766	2.716615373	10.50231881
1.2	12	99.24	12.83	91.54	7.70	2.492221248	2.716615373	8.260062417
2.2	12	99.24	12.47	91.76	7.48	2.490251503	2.716615373	8.332569721
3.2	12	99.24	12.35	91.82	7.42	2.496303245	2.716615373	8.109801989
	Jumlah		37.65	275.12	22.60			24.70243413
	Rata-rata		12.55	91.71	7.53	2.492905316	2.716615373	8.234881522
1.3	15	99.24	12.45	91.60	7.64	2.579298337	2.716615373	5.054710268
2.3	15	99.24	12.60	91.50	7.74	2.583518519	2.716615373	4.899363222
3.3	15	99.24	12.39	91.63	7.61	2.582978033	2.716615373	4.919258753
	Jumlah		37.44	274.73	22.99			14.87333224
	Rata-rata		12.48	91.58	7.66	2.581934948	2.716615373	4.957655259
1.4	18	99.24	12.41	91.55	7.69	2.620034958	2.716615373	3.55517444
2.4	18	99.24	12.57	91.45	7.79	2.620503138	2.716615373	3.537940478
3.4	18	99.24	12.37	91.52	7.72	2.650904301	2.716615373	2.418858134
	Jumlah		37.35	274.52	23.20			9.511973053
	Rata-rata		12.45	91.51	7.73	2.630337456	2.716615373	3.175934217
1.5	25	99.24	12.46	91.42	7.82	2.675946121	2.716615373	1.497055958
2.5	25	99.24	12.33	91.49	7.75	2.682717249	2.716615373	1.247807269
3.5	25	99.24	12.42	91.47	7.77	2.661619355	2.716615373	2.02443153
	Jumlah		37.21	274.38	23.34			4.769294757
	Rata-rata		12.40	91.46	7.78	2.673378875	2.716615373	1.591557574

Lampiran 2 : Data Pengujian Piknometri Dengan Variasi Waktu Proses

No	Variasi (menit)	Beban (gr)	Berat Kering (gr)	Berat Beban di Air (gr)	Berat Spesimen di Air (gr)	Apparent Density	True Density	Tingkat porositas (%)
1.1	15	99.24	12.73	91.25	7.99	2.676254219	2.716615373	1.485714687
2.1	15	99.24	12.83	91.18	8.06	2.680313417	2.716615373	1.336293543
3.1	15	99.24	12.77	91.26	7.98	2.656639875	2.716615373	2.207728737
Jumlah			38.33	273.69	24.03			5.029736967
Rata-rata			12.78	91.23	8.01	2.671038112	2.716615373	1.67772227
1.2	20	99.24	12.62	91.42	7.82	2.619964583	2.716615373	3.557764954
2.2	20	99.24	12.80	91.26	7.98	2.646307054	2.716615373	2.58808515
3.2	20	99.24	12.67	91.36	7.88	2.635836117	2.716615373	2.973525693
Jumlah			38.09	274.04	23.68			9.119375797
Rata-rata			12.70	91.35	7.89	2.6340517	2.716615373	3.039210983
1.3	25	99.24	12.85	91.38	7.86	2.566137275	2.716615373	5.539175694
2.3	25	99.24	12.40	91.64	7.60	2.574291667	2.716615373	5.239008354
3.3	25	99.24	12.53	91.59	7.65	2.55863627	2.716615373	5.815291487
Jumlah			37.78	274.61	23.11			16.59347553
Rata-rata			12.59	91.54	7.70	2.566310157	2.716615373	5.532811811
1.4	30	99.24	12.60	91.65	7.59	2.506167665	2.716615373	7.746687677
2.4	30	99.24	12.32	91.81	7.43	2.510609407	2.716615373	7.583184874
3.4	30	99.24	12.50	91.75	7.49	2.486277445	2.716615373	8.478856822
Jumlah			37.42	275.21	22.51			23.80872937
Rata-rata			12.47	91.74	7.50	2.500940979	2.716615373	7.939084639
1.5	35	99.24	12.44	91.81	7.43	2.474343313	2.716615373	8.91815831
2.5	35	99.24	12.73	91.68	7.56	2.45366441	2.716615373	9.679359307
3.5	35	99.24	12.64	91.75	7.49	2.445778641	2.716615373	9.969638504
Jumlah			37.81	275.24	22.48			28.56715612
Rata-rata			12.60	91.75	7.49	2.45777332	2.716615373	9.528108222

Lampiran 3 : Data Pengujian Keausan Dengan Variasi Tegangan Listrik

No	Variasi (Volt)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir I (gr)	Berat Akhir II (gr)	Berat Akhir III (gr)	Total Keausan(cm3)	Panjang Sliding (cm)	Koofisien Keausan	Ketahanan Aus (%)
1.1	6	12.84	12.81	12.76	12.68	0.058896818	1.1	0.021417025	46.69182672
2.1	6	12.70	12.64	12.59	12.53	0.062577869	1.1	0.022755589	43.94524868
3.1	6	12.79	12.73	12.68	12.62	0.062577869	1.1	0.022755589	43.94524868
	Jumlah	38.33	38.18	38.03	37.83	0.184052555	3.3		134.5823241
	Rata-rata	12.77666667	12.72666667	12.67666667	12.61	0.061350852	1.1	0.022309401	44.82415365
1.2	12	12.43	12.38	12.33	12.28	0.055215766	1	0.022086307	45.27692288
2.2	12	12.77	12.72	12.67	12.62	0.055215766	1	0.022086307	45.27692288
3.2	12	12.35	12.30	12.25	12.21	0.051534715	1	0.020613886	48.5109888
	Jumlah	37.55	37.40	37.25	37.11	0.161966248	3		139.0648346
	Rata-rata	12.51666667	12.46666667	12.41666667	12.37	0.053988749	1	0.0215955	46.30594386
1.3	15	12.45	12.40	12.36	12.31	0.051534715	0.95	0.021698828	46.08543936
2.3	15	12.60	12.54	12.50	12.46	0.051534715	0.95	0.021698828	46.08543936
3.3	15	12.39	12.33	12.29	12.26	0.047853664	0.95	0.020148911	49.63047316
	Jumlah	37.44	37.27	37.15	37.03	0.150923095	2.85		141.8013519
	Rata-rata	12.48	12.42333333	12.38333333	12.34333333	0.050307698	0.95	0.021182189	47.20947447
1.4	18	12.41	12.37	12.32	12.29	0.044172613	0.9	0.019632273	50.93653824
2.4	18	12.57	12.52	12.48	12.44	0.047853664	0.9	0.021268295	47.01834299
3.4	18	12.37	12.33	12.29	12.25	0.044172613	0.9	0.019632273	50.93653824
	Jumlah	37.35	37.22	37.09	36.98	0.136198891	2.7		148.8914195
	Rata-rata	12.45	12.40666667	12.36333333	12.32666667	0.04539963	0.9	0.020177613	49.55987505
1.5	25	12.46	12.43	12.39	12.36	0.036810511	0.8	0.018405255	54.33230746
2.5	25	12.33	12.30	12.27	12.24	0.03312946	0.8	0.01656473	60.36923051
3.5	25	12.42	12.39	12.35	12.33	0.03312946	0.8	0.01656473	60.36923051
	Jumlah	37.21	37.12	37.01	36.93	0.103069431	2.4		175.0707685
	Rata-rata	12.40333333	12.37333333	12.33666667	12.31	0.034356477	0.8	0.017178238	58.21318656

Lampiran 4 : Data Pengujian Keausan Dengan Variasi Waktu Proses

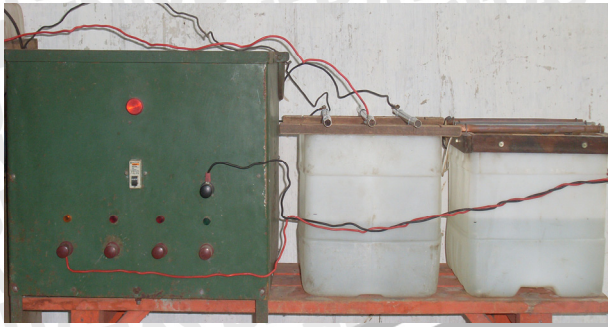
No	Variasi (menit)	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Akhir II (gr)	Berat Akhir III (gr)	Total Keausan(cm3)	Panjang Sliding (cm)	Koofisien Keausan	Ketahanan Aus
1.1	15	12.73	12.70	12.67	12.64	0.03312946	0.8	0.01656473	60.36923051
2.1	15	12.83	12.80	12.77	12.75	0.029448409	0.8	0.014724204	67.91538432
3.1	15	12.77	12.73	12.70	12.67	0.036810511	0.8	0.018405255	54.33230746
	Jumlah	38.33	38.23	38.14	38.06	0.09938838	2.40		182.6169223
	Rata-rata	12.77666667	12.74333333	12.71333333	12.68666667	0.03312946	0.8	0.01656473	60.36923051
1.2	20	12.62	12.57	12.54	12.50	0.044172613	0.9	0.019632273	50.93653824
2.2	20	12.80	12.77	12.73	12.69	0.040491562	0.9	0.01799625	55.56713263
3.2	20	12.67	12.61	12.56	12.53	0.051534715	0.9	0.022904318	43.65988992
	Jumlah	38.09	37.95	37.83	37.72	0.136198891	2.70		150.1635608
	Rata-rata	12.69666667	12.65	12.61	12.57333333	0.04539963	0.9	0.020177613	49.55987505
1.3	25	12.85	12.80	12.74	12.7	0.055215766	0.95	0.023248744	43.01307674
2.3	25	12.40	12.35	12.3	12.25	0.055215766	0.95	0.023248744	43.01307674
3.3	25	12.53	12.49	12.46	12.41	0.044172613	0.95	0.018598995	53.76634592
	Jumlah	37.78	37.64	37.50	37.36	0.154604146	2.85		139.7924994
	Rata-rata	12.59333333	12.54666667	12.5	12.45333333	0.051534715	0.95	0.021698828	46.08543936
1.4	30	12.60	12.56	12.51	12.45	0.055215766	1	0.022086307	45.27692288
2.4	30	12.32	12.27	12.22	12.18	0.051534715	1	0.020613886	48.5109888
3.4	30	12.50	12.45	12.39	12.33	0.062577869	1	0.025031147	39.95022607
	Jumlah	37.42	37.28	37.12	36.96	0.16932835	3.00		133.7381378
	Rata-rata	12.47333333	12.42666667	12.37333333	12.32	0.056442783	1	0.022577113	44.29264195
1.5	35	12.44	12.38	12.32	12.27	0.062577869	1.1	0.022755589	43.94524868
2.5	35	12.73	12.67	12.61	12.56	0.062577869	1.1	0.022755589	43.94524868
3.5	35	12.64	12.58	12.53	12.46	0.06625892	1.1	0.024094153	41.50384598
	Jumlah	37.81	37.63	37.46	37.29	0.191414657	3.30		129.3943433
	Rata-rata	12.60333333	12.54333333	12.48666667	12.43	0.063804886	1.1	0.023201777	43.10014774

Lampiran 5 : Tabel distribusi F (α ; v_1 ; v_2) untuk $\alpha = 5\%$

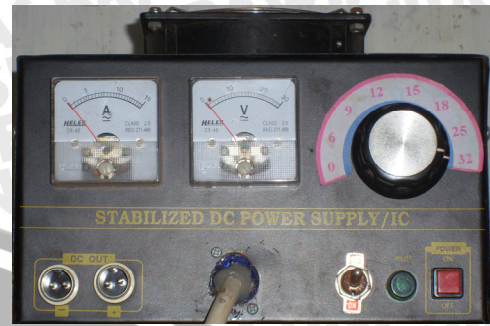
		Degrees of freedom for numerator																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3	
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36	
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30	
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01	
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96	
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92	
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88	
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84	
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69	
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67	
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64	
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	

Sumber : Walpole, 1997:471

Lampiran 6 : Alat, Spesimen dan Hasil Penelitian



Instalasi Anodizing



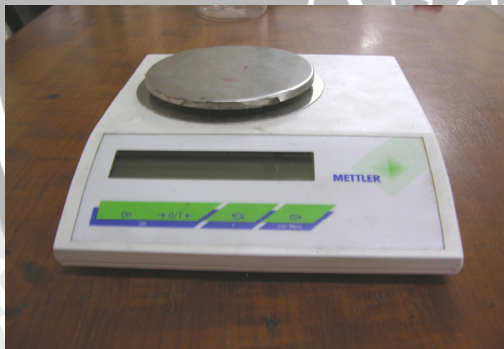
Stabilizer pengatur tegangan listrik



Pengujian Piknometri



Alat Uji Keausan



Timbangan Digital



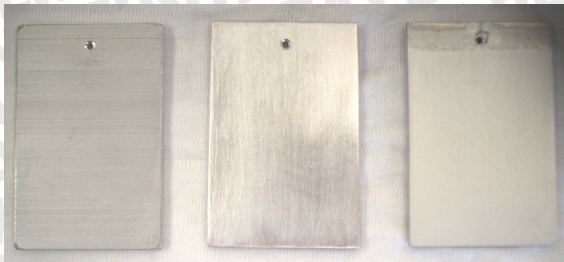
Avometer



Proses pengujian Ketahanan Aus



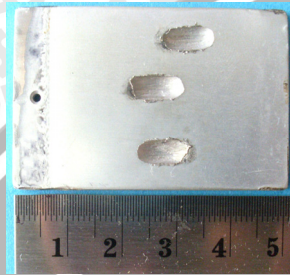
Jangka Sorong



Spesimen Aluminium sebelum *pre treatment*,
sesudah *pre treatment* dan sesudah proses
anodizing



Spesimen-spesimen hasil *anodizing*



Spesimen Hasil Pengujian Ketahanan Aus

