

Kajian Awal Penerapan *Anodizing Technique* pada Keramik Berpori dari Lempung (*Clay*)

Sari Wantia^a, Asifa Asria^a, Mariana B. Malino^{a*}

^aProdi Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura
Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

*Email : marianamalino9@gmail.com

Abstrak

Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk membuat keramik berpori berbasis lempung dan meningkatkan persentase pori keramik menggunakan *anodizing technique*. Proses pembuatan keramik berpori dilakukan secara manual melalui lima tahapan yaitu penghalusan lempung, pencampuran bahan pembentuk keramik, pencetakan dengan bentuk setengah bola berongga, pengeringan dan *sintering* pada suhu 945°C. Hasil penelitian menunjukkan nilai susut massa dan susut volume tertinggi setelah fabrikasi berturut-turut sebesar 14,41% dan 33,95%. Proses *anodizing technique* menggunakan larutan elektrolit HCl 0,2 M dengan rapat arus 25 mA/cm² dan variasi waktu *anodizing* yaitu 10, 15, 20, 25 dan 30 menit. Porositas tertinggi diperoleh dari sampel dengan waktu *anodizing* 30 menit sebesar 49,34%. Namun sampel yang diberi perlakuan *anodizing* selama 30 menit mengalami penurunan nilai laju alir sekitar 59% dibandingkan sampel tanpa perlakuan *anodizing*. Hal tersebut diduga disebabkan oleh pembentukan lapisan alumina oksida saat proses *anodizing*. Nilai laju alir tertinggi justru diperoleh sampel dengan variasi waktu *anodizing* 10 menit. Berdasarkan hasil uji yang diperoleh, porositas dan laju alir dipengaruhi oleh waktu *anodizing*. Porositas cenderung meningkat dan laju alir keramik berpori cenderung menurun seiring pertambahan waktu *anodizing*.

Kata Kunci: Keramik berpori, lempung (*clay*), *anodizing*, porositas, laju alir

1. Latar Belakang

Lempung pada dasarnya memiliki pori alami dan perlakuan pilarisasi menyebabkan pori baru timbul dengan ukuran mikropori 7,8 Å [1]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa struktur mikro lempung dapat dimodifikasi untuk meningkatkan volume pori. Volume pori dan porositas merupakan parameter yang menunjukkan ukuran jumlah pori [1].

Analisis porositas dan laju alir untuk keramik berpori berbasis lempung sebelumnya telah dilakukan. Nilai porositas yang dihasilkan tergolong tinggi yaitu sebesar 45,36%, tetapi nilai laju alir masih tergolong rendah yaitu sebesar 0,001 mL/menit [2]. Hal tersebut diduga disebabkan oleh susunan pori-pori yang masih bersifat tidak teratur dan tertutup sehingga menghambat aliran air.

Salah satu metode yang sudah diterapkan untuk memodifikasi struktur pori logam dan *alloy* adalah metode *anodizing*. *Anodizing* sudah terbukti dapat menghasilkan keteraturan pori. Membran anodik alumina berpori menghasilkan struktur pori baru dan pori yang sangat teratur setelah melalui dua tahapan *anodizing* dalam sistem H₂SO₄-Al₂(SO₄)₃-H₂O pada tegangan 40 dan 50 V [3]. Alumina nanopori dengan interval jejari dari 130 sampai 980 nm dapat dihasilkan melalui proses *anodizing* menggunakan larutan elektrolit asam pada 50 V [2]. Selain itu, generasi pori yang teratur dapat diperoleh dengan

menyesuaikan tingkat keasaman, kuat arus dan suhu elektrolit.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka penelitian yang dilakukan menggunakan teknik *anodizing* untuk memodifikasi pori pada keramik berbahan dasar lempung. Teknik *anodizing* belum pernah diterapkan untuk lempung, namun dengan kandungan silika (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) yang relatif tinggi masing-masing sebesar 61,43% dan 18,99% di dalam lempung [4], maka teknik *anodizing* memungkinkan untuk diterapkan pada lempung.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses *anodizing* ialah kerapatan arus, kesesuaian konsentrasi elektrolit dan lama waktu *anodizing* [5]. Semakin lama proses *anodizing* menyebabkan jumlah pori bertambah semakin banyak dan ukuran pori-pori semakin besar [6]. Oleh karena itu, penelitian yang dilakukan memvariasikan lama waktu *anodizing* untuk menganalisis pengaruh lama waktu *anodizing* terhadap keteraturan pori. Target keteraturan pori yang tinggi diharapkan dapat meningkatkan laju alir air.

2. Metodologi

Alat-alat yang digunakan pada penelitian adalah elektroda katoda dan anoda yang berupa platina dan sampel, botol via ukuran 100 ml, bola plastik berdiameter 6,4 cm, multimeter, neraca digital, potensio meter, ayakan 40 mesh,

regulator tegangan, wadah *anodizing*, *beaker glass* 250 ml, mortar, kertas lakmus, wadah plastik dan tanur Carbolite bersuhu maksimum 1100°C.

Pembuatan Keramik

Cara dan proses pembuatan keramik dilaksanakan dengan mengacu pada penelitian sebelumnya [2]. Preparasi bahan baku dimulai dengan pemotongan bongkah lempung berbentuk dadu dan menghaluskan lempung menggunakan mortar hingga berbentuk serbuk dan lolos ayak 40 mesh. Penakaran bahan serbuk lempung dan air yaitu sebanyak 66,16 gram dan air 30 ml. Proses pencampuran dilakukan selama 15 menit untuk proses pembentukan sampel.

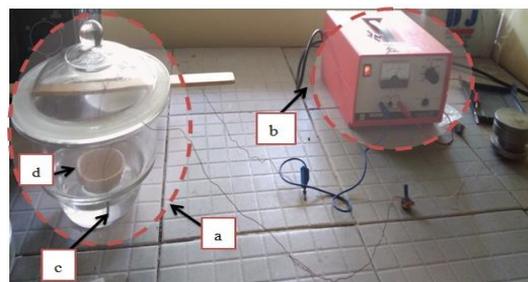
Campuran yang telah dicampur dibentuk setengah bola secara manual menggunakan cetakan bola plastik yang berdiameter dalam 6,7 cm dan tebal keramik yang dibuat yaitu 0,4 cm. Setelah sampel selesai dibentuk, sampel yang sudah agak mengeras dikeluarkan dari cetakan bola secara perlahan dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 5 hari. Proses pembakaran menggunakan tanur dengan pemanasan awal sampel hingga mencapai suhu 120°C dengan rentang 2°C/menit. Keramik dibakar selama 3 jam dengan rentang 5°C/menit untuk mencapai suhu 945°C untuk kemudian dilakukan *holding time* (penahanan) selama 2 jam. Pendinginan dilakukan secara perlahan-lahan, dengan membiarkan sampel tetap di dalam *furnace* selama 12 jam. Keramik hasil pembakaran pada gambar 1.

Mekanisme Anodizing

Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah lama waktu yaitu 10, 15, 20, 25 dan 30 menit. Proses *anodizing* dilakukan dengan menghubungkan sampel (anoda) dan katoda (Pt) berupa platina yang tercelup sebagian dalam larutan elektrolit dengan sumber tegangan. Larutan elektrolit yang digunakan adalah HCl 0,2 M. Tegangan yang digunakan sebesar 20 V dan kerapatan arus 25 mA/cm². Mekanisme proses *anodizing* pada gambar 2.



Gambar 1 Keramik hasil pembakaran



Gambar 2 Rangkaian *anodizing*: (a) wadah *anodizing*, (b) sumber tegangan power supply, (c) katoda (platina), (d) anoda (sampel)

Karakterisasi Sampel

Bahan baku berupa lempung yang digunakan dalam proses fabrikasi di analisis menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk melihat senyawa penyusun lempung.

Karakterisasi yang dilakukan pada sampel keramik meliputi susut bakar (susut massa dan susut volume), porositas sebelum dan setelah *anodizing*, laju alir air sebelum dan setelah *anodizing*.

Susut massa ditentukan menggunakan persamaan (1).

$$\% \text{ susut massa} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

dengan m_0 adalah massa sebelum dibakar (gram), m_1 adalah massa sesudah dibakar (gram).

Susut bakar ditentukan menggunakan Persamaan (2).

$$\% \text{ susut volume} = \frac{V_0 - V_1}{V_0} \times 100\% \quad (2)$$

dengan Persamaan volume setengah selimut bola:

$$V_{1/2} = \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} (r. \text{ luar}^3 - r. \text{ dalam}^3) \quad (3)$$

(2.4)

dengan V_0 adalah volume sebelum dibakar (cm³), V_1 adalah volume sesudah dibakar (cm³) r adalah jari-jari (luar dan dalam) keramik (cm).

Porositas ditentukan menggunakan Persamaan (4).

$$p = \left(\frac{B - a}{B - c} \right) 100\% \quad (4)$$

dengan p adalah porositas (%), B adalah massa basah (gram), a adalah massa kering (gram), dan c adalah massa gantung (gram).

Laju alir ditentukan menggunakan Persamaan (5).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (5)$$

dengan Q adalah laju alir air (mL/menit), V adalah volume air (mL), t adalah waktu filtrasi (menit).

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis bahan baku lempung menggunakan XRF diperlihatkan pada Tabel 1. Senyawa yang dominan terdapat dalam lempung adalah silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3). Kandungan silika dan alumina yang tinggi di dalam lempung menjadi dasar bagi penggunaan *anodizing technique* untuk memodifikasi keramik dari lempung.

Tabel 1. Komposisi kimia lempung (*clay*)

Senyawa	Komposisi Berat (%)	
	Lempung (<i>Clay</i>)	
Al_2O_3	31,6	
SiO_2	53,2	
P_2O_5	0,77	
K_2O	2,58	
CaO	0,55	
TiO_2	5,59	
V_2O_5	0,14	
Cr_2O_3	0,06	
MnO	0,057	
Fe_2O_3	5	
NiO	0,11	
CuO	0,076	
ZnO	0,047	
ZrO_2	0,72	

Sumber: Ridayani [2]

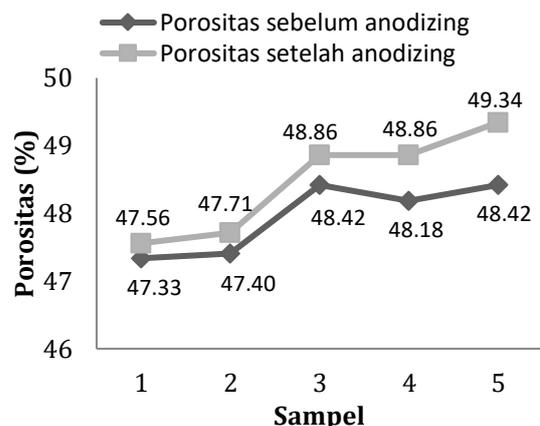
Analisis Susut Bakar

Tujuan dilakukan uji susut bakar adalah melihat pengaruh pembakaran terhadap perubahan massa dan dimensi keramik. Pengukuran penyusutan massa dan volume sampel keramik dilakukan setelah sampel melalui proses pembakaran. Hasil pengukuran nilai penyusutan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa ada nilai penyusutan yang berbeda pada setiap sampel keramik setelah pembakaran, baik pada nilai persentase susut massa maupun pada nilai susut volume. Namun perbedaan susut massa dan susut volume tiap sampel tidak signifikan sehingga kondisi awal semua sampel dianggap homogen.

Tabel 2. Susut bakar keramik setelah pembakaran

Sampel	Susut Bakar (%)	
	Susut Massa	Susut Volume
1	14,4	32,4
2	14,2	33,1
3	14,4	33,8
4	14,0	33,8
5	14,4	33,9



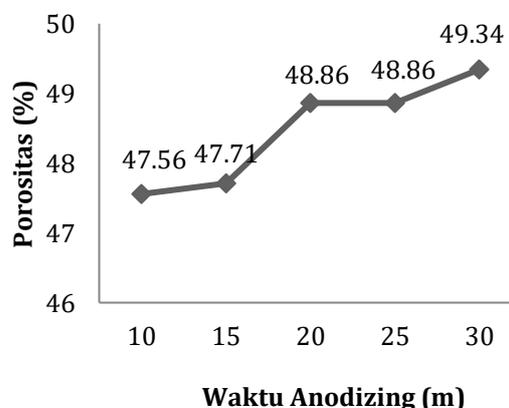
Gambar 3 Grafik Pembandingan hasil porositas tanpa *anodizing* dan diberi perlakuan *anodizing*

Tahap penyusutan terjadi selama proses sintering. Penyusutan massa merupakan hasil dari proses oksidasi material organik dalam badan keramik. Selain itu, penyusutan volume dipengaruhi oleh pemampatan (densifikasi) butiran keramik setelah sisa kandungan air dikeluarkan dari dalam badan keramik [7].

Analisis Porositas

Teknik *anodizing* pada penelitian dilakukan untuk mengatur pori dalam konteks penyeragaman diameter pori dan geometri pori pada keramik. Dengan pori yang teratur diharapkan nilai porositas dan laju alir meningkat.

Porositas yang dituju mengacu pada jumlah volume ruang kosong yang direpresentasikan sebagai jumlah massa atau volume air yang terserap pada material keramik. Hasil perhitungan porositas sampel keramik tanpa perlakuan *anodizing* dan yang diberi perlakuan *anodizing* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4 Grafik hasil persentase porositas *anodizing* terhadap waktu

Tabel 3. Laju alir keramik tanpa *anodizing*

Sampel	Volume (mL) setelah						Jumlah Laju Alir (mL/jam)
	0,9 (jam)	1,7 (jam)	2,5 (jam)	3,3 (jam)	4,2 (jam)	5 (jam)	
1	0	0	0	0	0,18	0,2	0,076
2	0	0	0	0	0,19	0,19	0,076
3	0	0	0	0	0,18	0,19	0,074
4	0	0	0	0	0,17	0,2	0,074
5	0	0	0	0	0,17	0,2	0,074

Peningkatan porositas sampel setelah *anodizing* mengindikasikan bahwa ada perubahan yang terjadi pada pori keramik akibat oksidasi ion-ion H^+ terhadap senyawa-senyawa yang terkandung dalam keramik seperti SiO_2 dan Al_2O_3 . Peningkatan porositas seiring pertambahan waktu proses *anodizing* menunjukkan bahwa semakin lama waktu proses *anodizing*, makin banyak jumlah ion H^+ untuk mengoksidasi senyawa-senyawa dalam keramik.

Analisis Laju Alir

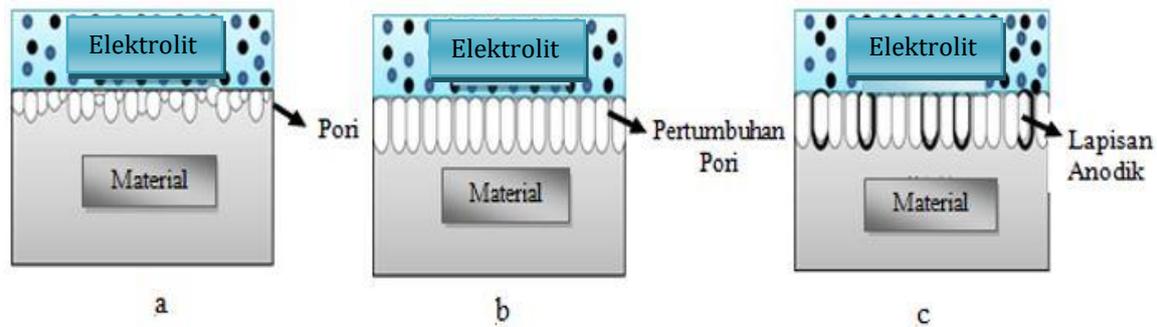
Pengujian laju alir bertujuan untuk mengetahui kemampuan sampel keramik dalam meloloskan partikel air pada rentang waktu tertentu. Volume yang dihasilkan selama rentang waktu uji alir tanpa perlakuan *anodizing* dapat dilihat pada Tabel 3.

Data volume yang dihasilkan selama rentang waktu uji alir setelah dilakukan perlakuan *anodizing* dapat dilihat pada Tabel 4. Secara umum laju alir mengalami penurunan seiring bertambah waktu *anodizing*. Ilustrasi proses yang terjadi saat dilakukan *anodizing* diperlihatkan pada Gambar 5. Ilustrasi gambar tersebut untuk mewakili

secara mikrokopis yang tidak dilakukan dalam penelitian. Gambar 5 (a) adalah keadaan pori di dalam keramik sebelum dilakukan *anodizing*. Terlihat bahwa pori-pori yang terbentuk tidak teratur dalam arti masih ada diameter pori dan geometri pori yang tidak seragam. Ketidakteraturan pori dilihat pada data porositas/laju alir sebelum *anodizing* pada Gambar 3 dan Tabel 3. Kemudian setelah dilakukan *anodizing* terjadi pertumbuhan pori, pori mulai terbentuk dan teratur yang ditandai dengan penyeragaman diameter pori dan geometri pori. Keteraturan pori dilihat pada data porositas setelah *anodizing* pada Gambar 3 dan Gambar 4. Keteraturan pori yang dimaksud seperti yang terlihat pada Gambar 5 (b). Seiring pertumbuhan pori, muncul lapisan penghalang di sekitar permukaan pori yang disebut lapisan oksida alumina yang menghalangi air untuk turun (Gambar 5 (c)). Lapisan tersebut yang menyebabkan nilai laju alir menurun. Penebalan lapisan bertambah seiring pertambahan durasi *anodizing* sehingga mengakibatkan penurunan nilai laju alir [5]. Lapisan terbentuk karena kandungan Al_2O_3 yang relatif tinggi pada lempung.

Tabel 4. Laju alir keramik setelah *anodizing*

Sampel	Volume (mL) untuk lama waktu				Jumlah Laju Alir (mL/jam)
	24 (jam)	48 (jam)	72 (jam)	96 (jam)	
1	0	0,35	1,21	1,41	0,0309
2	0	0,34	1,2	1,42	0,0308
3	0	0,32	1,21	1,42	0,0307
4	0	0,32	1,21	1,42	0,0304
5	0	0,3	1,2	1,4	0,0302



Gambar 5 Ilustrasi proses pembentukan pori pada sampel: (a) Ketidakteraturan pori sebelum dilakukan *anodizing*, (b) Pori mulai terbentuk dan teratur setelah dilakukan *anodizing*, (c) Terdapat lapisan penghalang (lapisan anodik) setelah *anodizing*

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknik *anodizing* menghasilkan peningkatan porositas keramik berbahan baku lempung. Nilai porositas semakin meningkat seiring pertambahan waktu *anodizing*. Porositas tertinggi diperoleh oleh sampel dengan waktu *anodizing* 30 menit sebesar 49,34%. Nilai laju alir seiring pertambahan lama waktu *anodizing* mengalami penurunan.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada COMDEV & OUTREACHING UNTAN yang telah mendanai riset.

Daftar Pustaka

- [1] Nugrahaningtyas, D.K., Widjonarko, D.M., Daryani, Haryanti, Y., 2016. Kajian Aktivitas H_2SO_4 Terhadap Proses Pemiliran Al_2O_3 Pada Lempung Alam Pacitan. *Jurnal Penelitian Kimia, Alchemy*. 12(2). 190-203. 2016.
- [2] Ridayani, D., Malino, M.B., Asri., Analisis Porositas dan Susut Bakar Keramik Berposi Berbasis *Clay* dan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Prisma Fisika* 8(2). 51-54. 2016.
- [3] Chu, SZ., Wada., Inoue, S., Isogani, M., Katsuta., Yasumori A., Large-Scale Fabrication of Ordered Nanoporous Alumina Films with Arbitrary Pore Intervals by Critical-Potential Anodization *Journal of The Electrochemical Society*. 153(9), B384-B391, 2006.
- [4] Qodari, M. T., Karakterisasi Lempung dari Daerah Pagedengan Kec Turun Kab Malang. *Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UINM*. 2010.
- [5] Li, Y., Ling, ZY., Chen, SS., Wang, JC., Fabrication of Novel Porous Anodic Alumina Membrans by Two-Step Hard Anodization. *Departemen Elektronik Material Science and Rekayasa, South China University of Technology, 381 Wu Shan Road, Guanngzhou 510.640, Republik Rekayasa Cina, Journal Nanotechnology*. 19. 1-6. 2008.
- [6] Nugroho, F., Pengaruh Rapat Arus Anodization Terhadap Nilai Kekerasan Pada Plat Aluminium Paduan AA Seri 2024-T3. *Jurnal Angkasa, Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Yogyakarta*. 7(2). 39-47. 2015
- [7] Simanjuntak, R., Pembuatan dan Karakterisasi Keramik Konstruksi dengan Memanfaatkan Limbah Padat Pulp dengan Bahan Baku Kaolin Surabaya. *Skripsi Fisika FMIPA USU*. 2010.