Modifikasi Pori Keramik Berbahan Dasar Pasir Kuarsa dan Lempung dengan Variasi Arus *Anodizing Technique*

Dila Kasari^a, Asifa Asri^{a*}

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

*Email: asifa.asri@physics.untan.ac.id

Abstrak

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk membuat keramik yang terbuat dari bahan-bahan alam yaitu pasir kuarsa dan lempung serta memodifikasi pori keramik tersebut menggunakan *anodizing technique*. Proses pembuatan keramik meliputi penghalusan, pencampuran, pembentukan setengah bola berongga berdiameter 6,4 cm, pengeringan selama 5 hari, pembakaran 945 °C, dan pendinginan 24 jam. Proses *anodizing* menggunakan tegangan 20 volt selama 30 menit dengan variasi arus yaitu 0,075 A, 0,10 A, 0,125 A, 0,150 A, dan 0,175 A. Porositas dan laju alir tertinggi adalah keramik dengan perlakuan *anodizing* untuk arus 0,075 A secara berturut-turut sebesar 31,9% dan 0,113 mL/menit. Porositas dan laju alir terendah adalah keramik dengan perlakuan *anodizing* untuk arus 0,175 A menghasilkan nilai secara berturut-turut sebesar 30,9% dan 0,108 mL/menit. Peningkatan arus yang diberikan saat proses *anodizing* justru membuat nilai porositas dan laju alir mengalami penurunan. Hal tersebut terindikasi akibat terjadi penebalan lapisan alumina saat proses *anodizing*.

Kata kunci: *Anodizing, Keramik berpori, Lempung, Pasir kuarsa.*

1. Latar Belakang

Lebih dari satu dasawarsa terakhir, industri hilir pemakai pasir kuarsa tumbuh dan berkembang dengan pesat. Hasil pemantauan Biro Pusat Statistik dalam kurun waktu 1981-1993, konsumsi pasir kuarsa meningkat sekitar 24,70% per tahun. Peningkatan produksi didukung oleh sumber daya pasir kuarsa yang sangat melimpah [1]. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, dan K₂O. SiO₂ yang dimanfaatkan sebagai filter gas buang [7].

Campuran pasir kuarsa dan lempung menjadi keramik berpori yang digunakan untuk filtrasi air mengalami peningkatan penyerapan besi oleh keramik lempung yang dicampur pasir kuarsa dibandingkan terhadap keramik yang terbuat dari lempung saja. Hal tersebut dipengaruhi oleh peningkatan porositas. Porositas keramik campuran lempung dan pasir kuarsa sebesar 47,68% dan untuk lempung saja 45,36%. Namun laju alir kedua jenis keramik masih rendah yakni 0,003 mL/menit dan 0,001 mL/menit [4]. Berdasarkan gambaran hasil tersebut maka dilakukan penelitian untuk meningkatkan laju alir keramik berbasis pasir kuarsa dan lempung yakni dengan memodifikasi porositas keramik.

Penelitian yang dilakukan memanfaatkan teknik *anodizing*. Teknik *anodizing* biasa menggunakan aluminium terhadap kecerahan dan ketebalan lapisan untuk proses pelapisan pada oksida logam [5]. Teknik *anodizing* juga

digunakan untuk memodifikasi ukuran dan struktur pori silikon dengan rata-rata pori 61,55-82,27 nm [2]. Penelitian yang telah dilakukan Tsai dan Campbell [8] menunjukkan adanya peningkatan perubahan iluminasi pada ukuran pori silikon selama *anodizing*.

Teknik *anodizing* belum pernah diterapkan pada keramik berpori berbasis pasir kuarsa. Kandungan silika yang relatif sangat tinggi dalam pasir kuarsa diasumsikan bahwa teknik *anodizing* juga dapat diterapkan untuk memodifikasi pori pada keramik berbasis pasir kuarsa. Penelitian yang telah dilakukan Sihite [7] yaitu pembuatan keramik berpori yang digunakan sebagai filter gas buang menghasilkan kandungan silika hingga 98,66% pada pasir kuarsa.

Tujuan penerapan teknik *anodizing* pada keramik berbasis pasir kuarsa adalah untuk meningkatkan laju alir keramik. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses *anodizing* yaitu suhu, kerapatan arus, nilai pH larutan elektrolit, temperatur, tegangan, dan waktu [5]. Semakin lama proses *anodizing*, maka akan menyebabkan pori-pori bertambah dan ukuran pori-pori semakin besar [3]. Oleh karena itu, penelitian dilakukan dengan meninjau pengaruh variasi arus *anodizing* terhadap nilai porositas dan laju alir keramik berpori dari pasir kuarsa.

2. Metodologi

Alat-alat yang digunakan pada penelitian adalah *power supply*, botol vial ukuran 100 ml, bola plastik berdiameter 6,4 cm, multimeter,

neraca digital, ayakan 40 *mesh*, regulator tegangan, wadah anodisasi, *beaker glass* 250 ml, mortar, kertas lakmus, wadah plastik dan *furnace* Carbolite bersuhu maksimum 1100°C.

Pembuatan Keramik

Padatan lempung dibersihkan secara manual dengan ukuran dadu. Pasir kuarsa dibersihkan terlebih dahulu dari material organik, untuk dijemur dan diayak. Masing-masing bahan (pasir kuarsa dan lempung) yang telah halus kemudian diayak dengan ayakan 40 *mesh* untuk mendapatkan ukuran butir yang lebih halus. Komposisi pasir kuarsa dan lempung yang digunakan masing-masing 60%wt dan 40%wt, maka massa pasir kuarsa adalah 36,99 gram dan lempung 24,66 gram

Campuran yang telah di-mixing, kemudian dibentuk setengah bola secara manual menggunakan *mold* bola plastik yang berdiameter dalam 6,7 cm dan tebal keramik yang dibuat yaitu 0,4 cm. Setelah sampel selesai dibentuk, sampel yang sudah mengeras dikeluarkan dari *mold* secara perlahan dan dikeringkan di ruang terbuka selama 5 hari. Proses pembakaran menggunakan *furnace* dari suhu ruang hingga mencapai suhu 100°C dengan rentang 2°C/menit. Keramik dibakar selama 2 jam dengan rentang 5°C/menit untuk mencapai suhu 945°C, kemudian dilakukan *holding time* (penahanan) selama 2 jam. Pendinginan dilakukan secara perlahan-lahan, dengan membiarkan sampel tetap di dalam *furnace* selama 12 jam.

Proses Anodizing

Sampel diberi perlakuan *anodizing* dengan variasi arus 0,075 A, 0,10 A, 0,125 A, 0,150 A, dan 0,175 A. Proses *anodizing* dilakukan dengan menghubungkan elektroda keramik (anoda) dan platina (katoda) kemudian dimasukkan ke dalam larutan elektrolit sehingga keramik dan platina tercelup setengah bagian. Larutan elektrolit yang digunakan adalah HCl sebanyak 0,2 M. Tegangan yang digunakan sebesar 20 volt. Mekanisme sistem *anodizing* pada Gambar 1 adalah ketika sumber tegangan menyuplai arus, arus akan mengalir dari kutub katoda (platina) ke kutub anoda (keramik). Saat sistem elektrolit dialiri arus maka elektrolit HCl akan menjadi ion-ion bebas yaitu ion H⁺ dan ion Cl⁻. Ion H⁺ akan menuju kutub positif yaitu anoda (sampel) dan ion Cl⁻ akan menuju katoda (platina). Ketika ion H⁺ sampai di anoda (keramik), ion H⁺ akan mengganggu komponen-komponen yang ada pada keramik. Ketika komponen kimia (Al₂O₃ dan SiO₂) di dalam sampel terganggu oleh H⁺ maka komponen senyawa kimia (Al₂O₃ dan SiO₂)

di dalam sampel akan mengalami oksidasi dan pori-pori menjadi teratur. Rangkaian sistem *anodizing* dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Rangkaian sistem *anodizing*: (a) sumber tegangan (*power supply*), (b) Platina (katoda), (c) keramik (anoda), dan (d) wadah larutan elektrolit.

Karakterisasi Sampel

Bahan lempung dan pasir kuarsa yang digunakan dalam proses pabrikasi dianalisis menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui komposisi kimia. Karakterisasi keramik yang dilakukan yaitu susut massa, susut volume, porositas, dan laju alir sebelum dan sesudah *anodizing*.

Susut massa dihitung dengan persamaan (1).

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

Keterangan :

m_0 = massa sebelum dibakar (gram)

m_1 = massa sesudah dibakar (gram)

Susut volume dihitung dengan persamaan (2).

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

Keterangan :

V_0 = volume sebelum dibakar (cm³)

V_1 = volume sesudah dibakar (cm³)

Porositas dihitung dengan persamaan (3).

$$p = \left(\frac{B - a}{B - c} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

p = Porositas (%)

B = Massa basah (gram)

a = Massa kering (gram)

c = Massa gantung (gram)

Laju alir dihitung dengan persamaan (4).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (4)$$

Keterangan :

Q = laju alir air (mL/menit)

V = volume air (mL)

t = waktu filtrasi (menit)

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis komposisi kimia terhadap lempung dan pasir kuarsa menggunakan XRF, diperoleh komposisi seperti yang tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia lempung dan pasir kuarsa

Senyawa	Komposisi berat (%)	
	Pasir kuarsa	Lempung
SiO ₂	99,2	53,2
Al ₂ O ₃	-	31,6
CaO	0,45	0,55
TiO ₂	0,17	5,99
Fe ₂ O ₃	0,066	5
NiO	0,01	0,11
CuO	0,038	0,076
Yb ₂ O ₃	0,04	-

Analisis Susut Bakar

Susut bakar terdiri dari dua bagian yaitu susut massa dan susut volume. Susut bakar dilakukan bertujuan untuk melihat penyusutan sebelum dan sesudah dibakar. Hasil pengukuran nilai penyusutan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Susut bakar filter keramik setelah pembakaran

Sampel	Susut Bakar (%)	
	Susut Massa	Susut Volume
1	14,60	18,62
2	14,54	18,61
3	14,73	18,61
4	14,32	18,59
5	14,33	18,56

Tabel 2 menunjukkan beda selisih susut bakar untuk setiap sampel tidak signifikan, sehingga dapat dianggap kondisi awal sampel dari segi ukuran dan komposisi adalah sama. Susut bakar bersumber dari penghilangan air dari dalam badan keramik sehingga jarak antar butiran mengecil. Hasil penyusutan susut massa cenderung konstan yang diakibatkan kadar kandungan air yang tidak merata pada keramik. Hasil penyusutan susut volume tersebut

dipengaruhi oleh pemampatan (densifikasi) butiran keramik setelah sisa kandungan air dikeluarkan dari dalam badan keramik.

Proses penyusutan berlangsung tidak merata karena penyusutan dapat terjadi akibat perbedaan ukuran butir, distribusi temperatur tidak merata untuk setiap titik, perbedaan komposisi dari campuran material, proses pencetakan, dan pembentukan sampel yang kurang teliti [6].

Analisis Teknik Anodizing

Teknik *anodizing* pada penelitian dilakukan untuk mengatur pori dan meningkatkan pori. Teknik *anodizing* yang dilakukan menggunakan elektroda platina sebagai katoda dengan potensial standar V_{Pt}^0 , sebesar +1,2 volt. Keramik berpori bertindak sebagai anoda dalam proses *anodizing*. Jika potensial standar lempung diwakili oleh SiO₂ yang merupakan senyawa paling berlimpah di dalam pasir kuarsa dan lempung, maka diperoleh tegangan standar sel sebesar 9,39 volt. Reaksi *anodizing* ditunjukkan dalam persamaan 5, 6, dan 7.

Analisis Porositas

Hasil perhitungan porositas setiap sampel tanpa perlakuan *anodizing* dan setelah diberi perlakuan *anodizing* dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Grafik nilai porositas sebelum dan setelah *anodizing* (—◆—, sebelum *anodizing*; —■—, setelah *anodizing*)

Grafik pada Gambar 2 terlihat kecenderungan nilai porositas yang signifikan menurun pada sampel yang diberi perlakuan *anodizing* seiring dengan peningkatan arus *anodizing*. Berdasarkan definisi arus dan Hukum Elektrolisis Faraday, peningkatan arus diiringi dengan peningkatan jumlah muatan yang mengalir. Saat muatan listrik yang mengalir bertambah, maka pembentukan ion H^+ dan mobilitas akan semakin meningkat. Ion-ion tersebut akan bereaksi dengan senyawa Al_2O_3 dan membentuk lapisan alumina di sekitar permukaan keramik dan menyebabkan kerapatan permukaan keramik semakin meningkat seiring dengan bertambahnya arus yang ditandai dengan penurunan nilai porositas [3].

Gambar 3. Grafik porositas setelah *anodizing* terhadap arus

Hasil perhitungan porositas setiap sampel setelah diberi perlakuan *anodizing* dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai porositas setelah perlakuan *anodizing* dan sebelum diberi perlakuan *anodizing* mengalami peningkatan sekitar 2,9%. Peningkatan porositas sampel setelah diberi perlakuan *anodizing* diindikasikan terjadi perubahan pada pori keramik akibat oksidasi ion-ion H^+ terhadap senyawa SiO_2 yang terkandung dalam keramik [3].

Analisis Laju Alir

Nilai laju alir pada penelitian ini untuk membandingkan hasil laju alir pada sampel keramik tanpa perlakuan *anodizing* dan diberi perlakuan *anodizing*. Hasil yang diperoleh digunakan untuk memperlihatkan keteraturan pori yang terbentuk setelah dilakukan proses *anodizing* pada sampel keramik. Pengujian laju alir bertujuan untuk mengetahui kemampuan keramik dalam meloloskan cairan pada rentang waktu tertentu.

Gambar 4. Grafik nilai laju alir sebelum dan setelah *anodizing* (—♦—, sebelum *anodizing*; —■—, setelah *anodizing*)

Grafik laju alir tanpa perlakuan *anodizing* dan diberi perlakuan *anodizing* disajikan pada grafik di Gambar 4. Grafik pada Gambar 4 memperlihatkan kenaikan laju alir setelah *anodizing* sekitar 0,015 mL/menit dibandingkan sebelum *anodizing*. Hal tersebut disebabkan oleh faktor utama yang sangat berpengaruh terhadap laju alir adalah dari segi porositas. Semakin tinggi porositas, maka akan meningkatkan laju alir karena distribusi dan jumlah pori-pori dalam badan keramik lebih tinggi [4]. Namun pada saat arus *anodizing* dinaikkan, nilai laju alir cenderung konstan. Mengingat nilai porositas sebelumnya pada Gambar 2 yang mengalami sedikit penurunan (cenderung konstan) saat arus *anodizing* ditambah, sehingga nilai laju alir pun tidak mengalami perubahan yang signifikan saat dilakukan penambahan arus *anodizing*. Lapisan alumina yang terbentuk pada permukaan keramik menjadi faktor penyebab kelajuan laju alir tidak mengalami perubahan.

Gambar 5. Grafik laju alir setelah *anodizing* terhadap arus

Gambar 5 menghasilkan nilai peningkatan selisih laju alir yang konstan yaitu 0,015 mL/menit pada arus 0,075 A, 0,10 A, dan 0,125 A. Semakin besar nilai arus yang digunakan, maka menghasilkan peningkatan selisih laju alir yang rendah. Hal tersebut dikarenakan lapisan alumina yang terbentuk pada permukaan keramik dan mengingat hasil laju alir sebelum perlakuan *anodizing* dan setelah diberi perlakuan *anodizing*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknik *anodizing* mengakibatkan terjadi peningkatan porositas hingga 2,9% dan laju alir sebesar 0,015 mL/menit dibandingkan sampel keramik tanpa perlakuan *anodizing*. Namun, nilai porositas mengalami penurunan dan nilai laju alir cenderung konstan seiring dengan penambahan arus *anodizing*.

dengan Memanfaatkan Limbah Padat Pulp dengan Bahan Baku Kaolin. Surabaya. *Skripsi Fisika FMIPA USU*, 2010.

- [7] Sihite, D. Rospita. Pembuatan dan karakterisasi bahan keramik berpori dengan aditif sekam padi yang digunakan sebagai filter gas buang. USU Medan, 2008.
- [8] Tsai, C. dkk. Effects Illumination During Anodization Of Porous Silicon. Microelectronics Research Center Department of Electrical and Computer Engineering The University of Texas, Austin, 1992.

Daftar Pustaka

- [1] Arifin, M., dan Suhala. Bahan Galian Industri. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral: Bandung, 1997.
- [2] Hussein, J. dkk. Fabrication and Characterization of Porous Silicon. Physics Department, Science Faculty, University of Al-Mustansiriyah, Baghdad, Iraq, 2018.
- [3] Nugroho, F. Pengaruh Rapat Arus Anodizing Terhadap Nilai kekerasan Pada Plat aluminium Paduan AA Seri 2024-T3. *Jurnal Angkasa*, Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Yogyakarta. 7 (2), 2015
- [4] Ridayani, D. Pembuatan Keramik Berpori Berbasis Clay Dan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Filter Untuk Menurunkan Kadar Besi Air Tanah. *Skripsi*. Jurusan Fisika. Universitas Tanjungpura Pontianak, 2017.
- [5] Santhiarsa, I. Nitya. Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Waktu Proses Anodizing Dekoratif Pada Aluminium Terhadap Kecerahan Dan Ketebalan Lapisan. *Skripsi*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, 2010.
- [6] Simanjuntak, R. Pembuatan dan Karakterisasi Keramik Konstruksi