

Pengaruh Variasi Waktu *Milling* dan Suhu Sintering Terhadap Sifat Fisis dan Kuat Tekan Keramik *Clay*

Angeli Riani*, Mora

Laboratorium Fisika Material, Departemen Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 13 April 2023
Direvisi: 04 Mei 2023
Diterima: 19 Mei 2023

Kata kunci:

Clay
Keramik *Clay*
Milling
Suhu Sintering

Keywords:

Clay
Clay Ceramics
Milling
Sintering Temperature

Penulis Korespondensi:

Angeli Riani
Email: angeliriani30@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi waktu *milling* dan suhu sintering terhadap sifat fisis dan kuat tekan keramik *clay*. *Clay* dimilling dengan variasi waktu 0 jam (tanpa *milling*), 5 jam dan 10 jam. Persentase campuran *clay* tanpa *milling* (*milling* 0 jam) dengan *milling* variasi waktu 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%. Pengujian yang dilakukan pada sampel meliputi uji sifat fisis (susut bakar, densitas, porositas) dan kuat tekan, serta karakterisasi menggunakan *X-ray Fluorescence* (XRF). Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, nilai susut bakar berbanding terbalik dengan nilai densitas. Semakin besar nilai susut bakar, semakin kecil nilai densitas yang dihasilkan. Nilai susut bakar keramik tertinggi diperoleh pada komposisi massa 100% tanpa *milling*, yaitu 21,26%, 20,47%, dan 20,04%. Nilai densitas tertinggi yaitu pada campuran *clay* 80% tanpa *milling* dengan 20% *milling* 5 jam untuk semua variasi suhu sintering (700°C, 800°C, dan 900°C) dengan yaitu 1,80 g/cm³, 1,63 g/cm³, dan 1,81 g/cm³. Nilai porositas terendah diperoleh pada keramik *clay* campuran 70% tanpa *milling* dengan 30% *clay* *milling* 5 jam untuk suhu sintering 700°C, yaitu 20,00%. Nilai kuat tekan tertinggi untuk suhu 900°C, yaitu pada *clay* 70% tanpa *milling* dengan 30% *milling* 5 jam, yaitu 383,13 kg/cm².

Research has been carried out to determine the effect of variations in milling time and sintering temperature on the physical properties and compressive strength of clay-based ceramics. The clay was milled with time variations of 0 hours (without mill), 5 hours, and 10 hours. Percentage of clay mixture without milling (milling 0 hours) with a variation of milling time 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%. Tests carried out on the samples included physical properties (burning shrinkage, density, porosity), compressive strength tests, and characterization using X-ray Fluorescence (XRF). Based on the results of the tests carried out, the value of burnt shrinkage is inversely proportional to the value of density. The greater the value of the burn shrinkage, the smaller the resulting density value. The highest burnt ceramic shrinkage values were obtained at 100% mass composition without grinding, namely 21.26%, 20.47%, and 20.04%. The highest density value is in a mixture of 80% clay without milling with 20% milling 5 hours for all sintering temperature variations (700°C, 800°C and 900°C) with i.e., 1.80 g/cm³, 1.63 g/cm³, and 1.81 g/cm³. The lowest porosity value was obtained for ceramic clay mixed with 70% without milling with 30% clay milling for 5 hours at a sintering temperature of 700°C, which is 20.00%. The highest compressive strength value for a temperature of 900°C, namely 70% clay without milling with 30% milling for 5 hours, is 383.13 kg/cm².

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi cadangan mineral non logam seperti tanah liat (*clay*) yang sudah tersebar di berbagai daerah, antaranya Nagari Aripian Kab. X Koto Singkarak, Sumatera Barat. Banyaknya tanah liat (*clay*) di Nagari Aripian membuat masyarakat cenderung berpikir kreatif dengan memanfaatkan tanah liat (*clay*) sebagai bahan untuk memproduksi sesuatu yang dapat dijual. *Clay* mempunyai sifat plastis bila basah dan sangat keras bila dibakar pada suhu tinggi sehingga tanah liat (*clay*) dapat digunakan sebagai bahan keramik.

Keramik merupakan suatu material yang dibentuk melalui proses pemanasan. Bahan keramik biasanya terbentuk dari unsur logam dan non logam. Keramik menjadi material yang banyak digunakan saat ini, mulai dari alat-alat dapur, komponen elektronik, komponen transportasi, bahan bangunan dan lain-lain, sehingga keramik menjadi material penting untuk terus dikaji dan dikembangkan (Husain *dkk.*, 2016)

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui maupun meningkatkan kualitas keramik *clay* dalam rangka menunjang pengembangan usaha kerajinan keramik di Indonesia, misalnya (Husain *dkk.*, 2016) telah meneliti pengaruh suhu sintering terhadap sifat mekanik keramik berbahan *clay* dan abu sekam padi. Dari penelitian tersebut, didapatkan hasil yaitu, massa jenis keramik bahan *clay* dan abu sekam padi pada komposisi lempung dan abu sekam padi yaitu, 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, dan 50%:50% masing-masing 2,14; 2,01; 1,98; 1,88; 1,84, dan 1,78 g/cm³. Susut bakar keramik yang dihasilkan memiliki rentang antara 3,4%-11,4%. Nilai kuat tekan maksimal pada keramik *clay* dan abu sekam padi pada suhu sintering 700°C, 800°C, dan 900°C adalah 115,58; 115,58; dan 128,42 kg/m³. Nilai ini memenuhi standar jika digunakan untuk batu bata. Namun pada penelitian tersebut terdapat kelemahan yaitu, tidak dilakukan analisa mengenai sifat fisis keramik dan *milling* lempung menggunakan *ball mill*.

(Setiawan *dkk.*, 2017) telah meneliti tentang analisis porositas dan kuat tekan campuran tanah liat kaolin dan kuarsa sebagai keramik. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik keramik dengan penambahan campuran pasir kuarsa terhadap sifat mekaniknya. Sampel keramik dibuat dengan komposisi berbeda sebanyak 6 sampel, dengan variasi perbandingan kaolin dan pasir kuarsa 8:0, 7:1, 6:2, 5:3, 4:4, 3:5. Pembentukan sampel dengan cara cetak dan proses sintering menggunakan *furnace* hingga mencapai 750°C dengan waktu penahanan 1,5 jam. Parameter karakterisasi sampel meliputi porositas dan kekerasan. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa sifat mekanik optimum keramik dihasilkan pada komposisi 50% kaolin dan 50% pasir kuarsa. Pada komposisi tersebut karakterisasi porositas 34,83% dan kekerasan 342,53 kg/cm². Namun pada penelitian yang dilakukan tersebut memiliki kekurangan diantaranya tidak dilakukan analisa lebih lanjut mengenai sifat fisis keramik tanah liat dan tidak dilakukan *milling* menggunakan *ball mill* serta sintering dengan variasi suhu.

(Mahdalena dan Mora, 2019) melakukan penelitian tentang efek variasi komposisi berdasarkan waktu *milling* terhadap sifat fisis dan kuat tekan keramik *clay*, untuk mengetahui persentase campuran *milling clay* yang optimum. Penelitian tersebut menggunakan variasi komposisi massa 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, 60%:40%, dan 0%:100% yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi pada komposisi masa 60% :40% yang *dimilling* 5 jam yaitu 584,03 kg/cm², susut bakar terendah yaitu 17,30%, dan densitas tertinggi yaitu 1,853 g/cm³. Namun penelitian tersebut memiliki kelemahan diantaranya tidak dilakukan analisa lebih lanjut mengenai suhu sintering. Suhu sintering pada penelitian tersebut tetap yaitu 900°C.

Berdasarkan keterbatasan penelitian sebelumnya diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai *clay* yang digunakan sebagai bahan dalam pembuatan keramik *clay*. Dalam penelitian ini *clay* yang digunakan diperoleh dari nagari Aripian Kab. X Koto Singkarak. Pembuatan keramik *clay* menggunakan pencetak pelet dengan variasi waktu *milling* dan suhu sintering untuk mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap sifat fisis (susut bakar, densitas, porositas) dan kuat tekan keramik *clay*.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen (Sikumbang dan Giyanto, 2020) dengan pengujian susut bakar menggunakan neraca digital untuk mengukur massa sampel keramik dan sintering menggunakan *furnace*, densitas menggunakan neraca digital untuk mengukur massa sampel keramik dan jangka sorong yang untuk mengukur diameter sampel sebelum dan setelah disinter, serta

porositas menggunakan wadah untuk merendam sampel setelah dilakukan uji susut bakar dan densitas selama 24 jam di Laboratorium Fisika Material Departemen Fisika Universitas Andalas. Pengujian kuat tekan menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) merek Galdabini Gallarete dilakukan di Laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Padang.

Bahan baku *clay* dihancurkan kemudian dikeringkan dengan suhu ruangan selama 7 hari. *Clay* yang sudah kering kemudian digerus menggunakan lumpang dan alu sehingga didapatkan partikel-partikel atau serbuk *clay*. Serbuk *clay* yang diperoleh diayak menggunakan ayakan 100 mesh sebanyak 180 g. Serbuk *clay* hasil ayakan disebut *clay* tanpa *milling* atau *milling* 0 jam.

Serbuk *clay* yang telah diayak kemudian dibagi menjadi 3 dan kemudian *dimilling* menggunakan alat *ball mill* selama 5 jam dan 20 jam masing-masing sebanyak 20 g. *Clay* tanpa *milling* dicampurkan dengan *clay milling* 5 jam dan 10 jam masing-masing dengan perbandingan massa 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, 0%:100% dengan total massa 160 g.

Setiap serbuk *clay* atau disebut *clay* paduan yang telah dicampur ditambahkan aquades sebanyak 160 ml kemudian diaduk menggunakan spatula selama 10 menit sehingga membentuk pasta. *Clay* paduan yang telah membentuk pasta dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 45 menit (Abubakar dkk, 2019). *Clay* paduan yang telah dikeringkan dicetak pada pencetak pelet berbentuk tabung dengan diameter 2,85 cm dan tinggi 1,8 cm dan dikompaksi dengan *hot packing press* pada suhu 100 °C dan diberi tekanan 2000 kg dengan waktu penahanan 10 menit. Sampel yang telah terbentuk disinter menggunakan *furnace* dengan variasi suhu 700 °C, 800 °C, dan 900 °C dengan waktu penahanan selama 3 jam (Podbolotov dkk., 2023)

2.1 Susut Bakar

Nilai susut bakar didapatkan dengan mengukur massa masing-masing sampel sebelum dan sesudah disintering menggunakan neraca digital. Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 1 untuk mendapatkan nilai susut bakar sampel uji.

$$\text{Susut Bakar (\%)} = \frac{M_k - M_{bk}}{M_k} \times 100\% \quad (1)$$

M_{bk} adalah massa setelah dibakar (g) dan M_k adalah massa sebelum dibakar (g).

2.2 Densitas

Nilai densitas didapatkan dengan mengukur massa sampel setelah disinter menggunakan neraca digital, ketebalan dan diameter sampel diukur menggunakan jangka sorong, kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai densitas menggunakan Persamaan 2.

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (2)$$

ρ adalah densitas bahan (g/cm³), M adalah massa benda (g) dan V adalah volume benda (cm³).

2.3 Porositas

Pengujian porositas dilakukan pada sampel uji densitas dan susut bakar. Mula-mula dilakukan perendaman pada sampel uji dalam wadah berisi aquades pada suhu ruang selama 24 jam. Lalu sampel uji diangkat dan diseka dengan kain hingga airnya tidak menetes. Kemudian sampel uji ditimbang menggunakan neraca digital. Nilai porositas ditentukan menggunakan Persamaan 3.

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{M_b - M}{V} \times \frac{1}{\rho} \times 100\% \quad (3)$$

M_b adalah massa basag sampel setelah direndam (g), M adalah massa sampel kering (g), V adalah volume sampel (cm^3) dan ρ adalah massa jenis air yaitu 1 gr/cm^3 .

2.4 Kuat Tekan

Mula-mula sampel uji disiapkan dan diukur diameter dan ketebalannya menggunakan jangka sorong. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan mesin UTM dengan meletakkan sampel uji pada tumpuan. Lalu sampel uji diberi beban secara vertikal, setelah itu sampel diamati sampai retak. Beban maksimum yang menyebabkan sampel uji retak sebai nilai Pr . Setelah itu dilakukan perhitungan nilai kuat tekan menggunakan Persamaan 4.

$$f_c = \frac{Pr}{A} \quad (4)$$

f_c adalah *Compressive Strenght* (kg/cm^2), Pr =Gaya tekan (kg) dan A = Luas sampel (cm^2).

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisa Hasil Pengujian Susut Bakar

Dari data pengukuran massa masing-masing sampel keramik *clay* sebelum dan setelah sintering didapatkan nilai susut bakar menggunakan Persamaan 1. Hasil perhitungan susut bakar keramik *clay* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Susut bakar keramik *clay*

Sampel	Komposisi	Susut Bakar (%)		
		Suhu 700°C	Suhu 800°C	Suhu 900°C
A	100% 0 jam	21,26	20,04	20,47
B	100% 5 jam	17,83	18,97	19,10
C	100% 10 jam	18,77	17,87	18,26
D	90% 0 jam : 10% 5 jam	17,58	19,66	17,42
E	80% 0 jam : 20% 5 jam	19,07	20,65	19,63
F	70% 0 jam : 30% 5 jam	17,87	17,85	17,77
G	90% 0 jam : 10% 10 jam	19,33	19,45	19,04
H	80% 0 jam : 20% 10 jam	20,48	19,09	17,65
I	70% 0 jam : 30% 10 jam	20,56	17,61	18,91

Hasil pengujian susut bakar pada penelitian ini berkisar antara 17,42% hingga 21,26%. nilai susut bakar dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kandungan senyawa *clay*, homogenitas ukuran butir, ukuran partikel dan pencampuran *clay* (Suwardono, 2002). Hasil yang didapatkan lebih besar dibandingkan dengan nilai susut bakar *clay* yang diharapkan dalam pembuatan keramik *clay* yaitu 2,5%. Hal ini disebabkan karena ukuran partikel *clay* yang halus dan kandungan air di dalamnya banyak, sehingga penyusutan yang terjadi akan semakin besar. Ukuran partikel *clay* yang besar dan tidak homogen atau tidak menyatu dengan baik dapat menyebabkan penurunan nilai susut bakar. Semakin kecil partikel maka semakin kecil pula susut bakar yang dihasilkan.

3.2 Analisa Hasil Pengujian Densitas Keramik *Clay*

Dari data pengukuran volume dan massa masing-masing sampel keramik *clay* yang telah sintering, didapatkan nilai densitas menggunakan Persamaan 2. Nilai densitas yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara $1,05 \text{ g/cm}^3$ hingga $1,81 \text{ g/cm}^3$. Tabel 2 menunjukkan nilai densitas tertinggi diperoleh pada Sampel E dengan komposisi 80% *clay* tanpa *milling* dengan 20% *clay milling* 5 jam untuk suhu 900°C , yaitu $1,81 \text{ g/cm}^3$, sedangkan nilai densitas terendah diperoleh pada Sampel I dengan komposisi 70% *clay* tanpa *milling* dengan 30% *clay milling* 10 jam untuk suhu 700°C , yaitu $1,05 \text{ g/cm}^3$. Berdasarkan hasil pengujian susut bakar dan densitas dapat dilihat hubungan antara kedua parameter

tersebut, yaitu berbanding terbalik. Semakin kecil susut bakar maka semakin besar densitas yang dihasilkan pada pembuatan keramik *clay*. Hasil pengujian densitas keramik *clay* pada penelitian ini memenuhi standar mutu (Lingkup, 1996) SNI-03-4164-1996 yaitu $1,6 \text{ g/cm}^3 - 2,5 \text{ g/cm}^3$.

Tabel 2 Densitas keramik *clay*

Sampel	Komposisi	Densitas (gr/cm ³)		
		Suhu 700°C	Suhu 800°C	Suhu 900°C
A	100% 0 jam	1,40	1,45	1,44
B	100% 5 jam	1,56	1,43	1,43
C	100% 10 jam	1,41	1,49	1,46
D	90% 0 jam : 10% 5 jam	1,43	1,25	1,45
E	80% 0 jam : 20% 5 jam	1,80	1,63	1,81
F	70% 0 jam : 30% 5 jam	1,63	1,63	1,63
G	90% 0 jam : 10% 10 jam	1,42	1,41	1,44
H	80% 0 jam : 20% 10 jam	1,43	1,56	1,71
I	70% 0 jam : 30% 10 jam	1,05	1,27	1,16

3.3 Analisa Hasil Pengujian Porositas Keramik *Clay*

Pengujian porositas pada keramik dilakukan untuk mengetahui jumlah volume rongga pada keramik berbahan *clay*. Nilai porositas keramik berbahan *clay* dapat mempengaruhi nilai kuat tekan keramik (Cibro dan Mora, 2020), dimana nilai porositas keramik *clay* yang diharapkan rendah. Pengujian masing-masing sampel keramik *clay* dilakukan setelah proses sintering, dari data pengukuran massa sampel sebelum dan setelah direndam dalam aquades selama 24 jam diperoleh nilai porositas menggunakan Persamaan 3. Hasil perhitungan porositas ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3 Porositas keramik *clay*

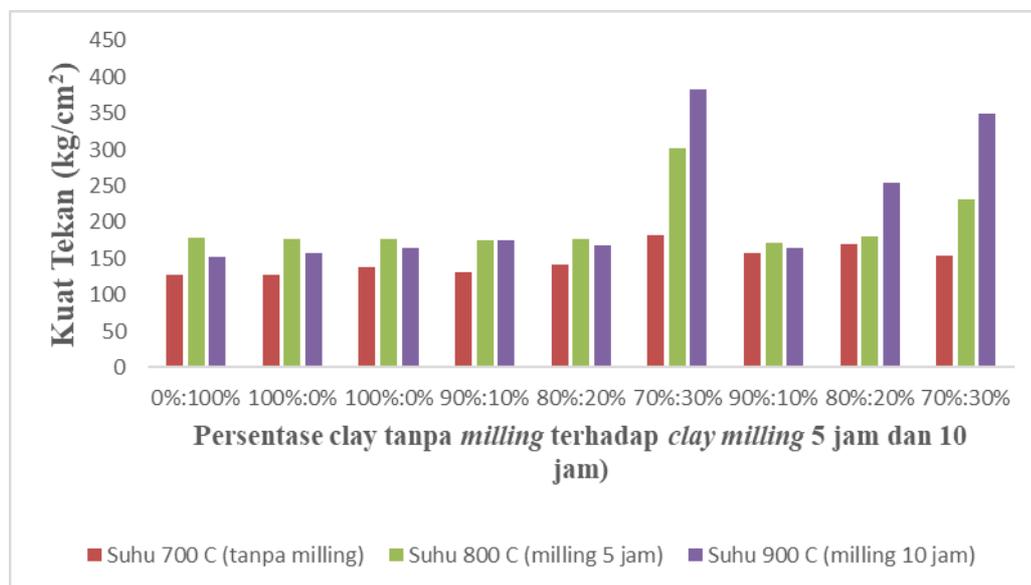
Sampel	Komposisi	Porositas (%)		
		Suhu 700°C	Suhu 800°C	Suhu 900°C
A	100% 0 jam	21,70	23,30	22,20
B	100% 5 jam	22,60	21,80	22,60
C	100% 10 jam	28,70	21,40	23,80
D	90% 0 jam : 10% 5 jam	20,30	23,40	20,60
E	80% 0 jam : 20% 5 jam	23,20	28,20	22,40
F	70% 0 jam : 30% 5 jam	20,00	22,10	20,10
G	90% 0 jam : 10% 10 jam	28,90	25,10	21,90
H	80% 0 jam : 20% 10 jam	23,40	23,70	20,00
I	70% 0 jam : 30% 10 jam	24,50	24,10	21,90

Nilai porositas keramik *clay* yang dihasilkan pada penelitian ini berkisar antara 20%-28,9%. Tabel 3 menunjukkan nilai porositas keramik Sampel A komposisi 100% *clay* tanpa *milling* lebih rendah dibandingkan dengan porositas keramik Sampel B dan C, yaitu 100% *clay milling* 5 jam dan 10 jam untuk semua suhu sintering. Hal ini disebabkan karena susut bakar pada Sampel A lebih besar sehingga porositas yang dihasilkan lebih kecil. Nilai porositas yang kecil menyebabkan nilai kuat tekan keramik *clay* besar atau tinggi (Octavianie dan Sari, 2016). Ukuran partikel dan susut bakar sampel yang lebih kecil, menyebabkan keramik tersebut memiliki kuat tekan yang tinggi dan ukuran kerapatannya kecil. Hasil pengujian porositas pada penelitian ini memenuhi syarat nilai porositas keramik dipasaran yaitu 20% hingga 30% (Kiswanto, 2011).

3.4 Analisa Hasil Kuat Tekan Keramik *Clay*

Kuat tekan mengidentifikasi kualitas dari sebuah struktur sampel uji. Semakin tinggi kuat tekan sampel uji maka semakin kuat sampel uji dalam menahan beban hingga maksimum (Nyoman dkk, 2014). Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan mesin UTM dengan meletakkan sampel uji pada tumpuan. Lalu sampel uji diberi beban secara vertikal, setelah itu sampel diamati sampai retak. Beban

maksimum yang menyebabkan sampel uji retak sebagai nilai P_r . Perhitungan nilai kuat tekan menggunakan Persamaan 4. Hasil perhitungan kuat tekan ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1 Kuat tekan keramik *clay*

Gambar 1 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan keramik berbahan *clay* yang berasal dari Nagari Aripian Kec. X Koto Singkarak, Kab, Solok, Sumatera Barat pada penelitian ini belum bisa digunakan sebagai porselen dengan kuat tekan yang berkisar antara $4000 \text{ kg/cm}^2 - 6000 \text{ kg/cm}^2$, tetapi bisa digunakan sebagai bahan untuk memproduksi gerabah dan batu bata mutu A yang mempunyai nilai kuat tekan yaitu $25 \text{ kg/cm}^2 - 250 \text{ kg/cm}^2$ (Perindustrian, 1978) SII-0021-1978. Hal ini disebabkan karena terjadinya cacat material selama proses sintering atau pembakaran, sehingga porositas yang dihasilkan menjadi lebih besar. Semakin lama waktu *milling* yang digunakan, nilai kuat tekan yang dihasilkan akan semakin meningkat. Begitu pula dengan suhu sintering, semakin tinggi suhu sintering yang digunakan, nilai kuat tekan yang dihasilkan juga akan semakin meningkat (Yanti dan Iqbal, 2013).

IV. KESIMPULAN

Variasi komposisi massa terbaik yaitu pada komposisi 70% *clay* tanpa *milling* dengan 30% *clay milling* 5 jam yang memiliki kuat tekan tertinggi yaitu $383,13 \text{ kg/cm}^2$ pada suhu 900°C , susut bakar terendah yaitu 17,42%, dan densitas tertinggi yaitu $1,81 \text{ g/cm}^3$ serta porositas terendah yaitu 20%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, M., Mohd Noor, S.F. binti and Ahmad, N. (2019), "Effect of milling time on the performance of ceramic membrane from ball clay for the treatment of nickel plating wastewater", *Journal of the Australian Ceramic Society*, Journal of the Australian Ceramic Society, Vol. 55 No. 3, pp. 667–679, doi: 10.1007/s41779-018-0276-2.
- Cibro, L.P.H. and Mora, M. (2020), "Pengaruh Massa Magnesium Oksida (MgO) dan Alumina (Al₂O₃) Terhadap Karakteristik Keramik Kordierit dari Abu Vulkanik Gunung Sinabung", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 9 No. 3, pp. 292–298, doi: 10.25077/jfu.9.3.292-298.2020.
- Husain, S., Haryanti, N.H. and Manik, T.N. (2016), "Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Sifat Mekanik Keramik Berbahan Lempung Dan Abu Sekam Padi", *Jurnal Fisika FLUX*, Vol. 13 No. 1, pp. 1–10.
- Kiswanto, H. (2011), "Optimasi Sifat–sifat Mekanik Genteng Press dengan Bahan Adiktif Silika dan Dolomit", *Skripsi Semarang. Universitas Negeri Semarang*, pp. 1–72.
- Lingkup, R. (1996), "SNI 03-4164-1996 Pengujian Dinding Pasangan Batu Bata".

- Mahdalena, A.A. and Mora. (2019), “Efek Variasi Komposisi dan Waktu Milling terhadap Sifat Fisis dan Kuat Tekan Keramik *Clay*”, *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 8 No. 1, pp. 6–12.
- Nyoman, A., Tjok, P.S.G. and Wayan, B.A. (2014), “Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif yang Ditambahkan Semen dan Abu Sekam Padi Sebagai Subgrade Jalan”, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol. 18 No. 2, pp. 113–121.
- Octavianie and Sari, L.R. (2016), “Pemanfaatan Lempung Untuk Pembuatan Keramik HalusKeras (Studi Kasus Di Gunung Siwareng, Kecamatan Seyegan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta)”, *Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi*, Vol. 4, pp. 130–137.
- Perindustrian, D. (1987), “SNI 03-0106-1987 Mutu dan Uji Ubin Lantai Keramik”.
- Podbolotov, K., Moskovskikh, D., Abedi, M., Suvorova, V., Nepapushev, A., Ostrikov, K. (Ken) and Khort, A. (2023), “Low-temperature reactive spark plasma sintering of dense SiC-Ti₃SiC₂ ceramics”, *Journal of the European Ceramic Society*, Elsevier Ltd, Vol. 43 No. 4, pp. 1343–1351, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2022.11.036.
- Setiawan, F., Arifani, L., Yulianto, A. and Aji, M.P. (2017), “Analisis Porositas dan Kuat Tekan Campuran Tanah Liat Kaolin dan Kuarsa sebagai Keramik”, *Jurnal MIPA*, Vol. 40 No. 1, pp. 24–27.
- Sikumbang, S. and Giyanto. (2020), “Pengaruh Waktu Milling dan Suhu Sintering terhadap Karakterisasi (Sifat Fisis dan Mekanik) pada Pembuatan Keramik Zirkon dan Alumina”, *Journal of Technical Engineering : Piston*, Vol. 3 No. 2, pp. 17–20.
- Suwardono. (2002), *Mengenal Pembuatan Bata Genteng, Genteng Berglasir*, Cetakan Pe., CV.Yrana Widya, Bandung.
- Yanti, E.D. and Iqbal, P. (2013), “Karakteristik Fisik dan Kimia Lempung Lampung Barat dalam Penggunaannya sebagai Bahan Baku Pembuatan Keramik”, *Publikasi Ilmiah Pendidikan Dan Pelatihan Geologi*, Vol. 10 No. October 2016, pp. 1–15.