

## STRUKTUR DAN SIFAT MEKANIK KERAMIK BERPORI DENGAN PENAMBAHAN ZAT ADITIF DAUN JAGUNG (*ZEA MAYS*)

Suci Khairani<sup>1\*</sup>, Ridwan Yusuf Lubis<sup>2</sup>, Hariyati Lubis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Komputer dan Informatika, Politeknik Negeri Medan, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Amir Hamzah, Medan, Indonesia

Email : [sucikhairani@polmed.ac.id](mailto:sucikhairani@polmed.ac.id)

### Abstrak

Keramik berpori merupakan salah satu jenis keramik yang memiliki lobang – lobang yang dapat dilalui oleh fluida. Keramik berpori dibuat menggunakan bahan serbuk alumina ( $Al_2O_3$ ) dengan penambahan zat aditif abu daun jagung yang dipanaskan dengan furnace pada suhu  $600\text{ }^{\circ}C$ . Serbuk alumina di campur dengan zat aditif dengan variasi A (95% : 5%), B (90% : 10%) dan C (85% : 15%) kemudian dipanaskan pada suhu  $1300\text{ }^{\circ}C$  dan  $1400\text{ }^{\circ}C$ . Sampel keramik berpori dilakukan pengujian XRD untuk melihat mikrostruktur dan vickers untuk melihat kekerasannya. Berdasarkan hasil pengujian XRD, ukuran struktur kristal mengalami penurunan sering dengan meningkatnya jumlah variasi zat aditif yang dicampurkan. Hasil pengujian porositas mengalami penurunan sedangkan nilai kekerasan mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan atom Si dari zat aditif tercampur kedalam matriks  $Al_2O_3$  menggantikan atom Al yang memiliki ukuran lebih besar.

**Kata Kunci:** Keramik,  $Al_2O_3$ , Zat Aditif, Daun Jagung

### Abstract

*Porous ceramics are a type of ceramic that has holes that can be passed through by fluids. Porous ceramics are made using alumina powder ( $Al_2O_3$ ) with the addition of corn leaf ash additives which are heated in a furnace at  $600\text{ }^{\circ}C$ . Alumina powder is mixed with additives with variations A (95%: 5%), B (90%: 10%) and C (85%: 15%) then heated at  $1300\text{ }^{\circ}C$  and  $1400\text{ }^{\circ}C$ . Samples of porous ceramics were subjected to XRD testing to see the microstructure and vickers to see the hardness. Based on the results of XRD testing, the size of the crystal structure has decreased often with increasing amounts of additive variations mixed. The results of the porosity test decreased while the hardness value increased. This is because Si atoms from additives are mixed into the  $Al_2O_3$  matrix replacing Al atoms which have a larger size.*

**Keywords:** Ceramics,  $Al_2O_3$ , Additives, Corn Leaf



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

### Pendahuluan

Keramik secara luas digunakan dan berbagai bidang dikarenakan stabilitas dan sifat mekanik yang bagus serta tahan terhadap suhu yang tinggi [1]. Belakangan ini, keramik telah menarik banyak perhatian disebabkan karakteristiknya yang ringan, luas area permukaan yang spesifik, sifat mekanik yang baik dan kapasitas menahan beban yang bagus [2]. Saat ini, keramik telah secara luas digunakan dalam berbagai

bidang teknik, seperti struktur anti benturan, armor, penahan panas, pembawa katalitis, dan implan tulang medis [3]. Keramik berpori merupakan salah satu jenis material keramik yang memiliki rongga – rongga kecil pada permukaan dan bagian dalamnya yang dapat menyebabkan mengalirnya fluida melalui material tersebut. Keramik dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti membran filter, isolator perangkat elektronik, dan lainnya. Keramik memiliki sifat yang tahan korosi, konduktivitas panas rendah serta kapasitas panas yang baik, namun memiliki kelemahan pada kekuatan mekaniknya dikarenakan ikatan ion pada partikel penyusunnya [4-6].

Keramik struktural  $Al_2O_3$  dikenal sebagai bahan keramik berkinerja tinggi dalam industri mekanik karena kekuatannya yang tinggi, kekerasan yang tinggi, dan ketahanan termal yang sangat baik [7]. Mikrostruktur, atau ukuran butir dari partikel keramik memiliki pengaruh yang besar terhadap sifat mekanik dan elektriknya. Dalam hal sifat mekanik, penyempurnaan mikrostruktur sangat krusial untuk mengoptimalkan kemampuan mekanisnya [8]. Keramik berpori biasanya digunakan untuk filter karena memiliki pori-pori kecil yang mudah dilewati oleh cairan.

Keramik berpori memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap korosi, perubahan suhu tinggi, dan kontaminasi dengan bahan lain, jadi dapat digunakan sebagai filter media, antara lain air limbah, gas buang, membuang logam cair (misalnya timah) dan lain-lain. Penambahan bahan tambahan dapat mempengaruhi kemampuan menyerapnya [9]. Lempung juga dikenal sebagai keramik, dibuat dari campuran bahan dari berbagai fasa yang digunakan untuk membuat bahan padat anorganik. Lempung memiliki beberapa kelebihan daripada logam, termasuk kerapatan yang lebih kecil daripada kebanyakan logam. Karena kandungan tanah liat dari *hydrated aluminium silica* ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $H_2O$ ), yang digunakan untuk memfasilitasi proses pembentukan keramik dan memiliki plastisitas yang mudah dibentuk, keramik lebih disukai daripada logam [10]. Penambahan zat aditif abu daun jagung hasil pembakaran dapat meningkatkan luas pori dari keramik [11]. Dalam penelitian ini, telah dilakukan pembuatan keramik berpori dari bahan tanah lempung yang dicampurkan dengan zat aditif daun jagung untuk meningkatkan sifat mekaniknya.

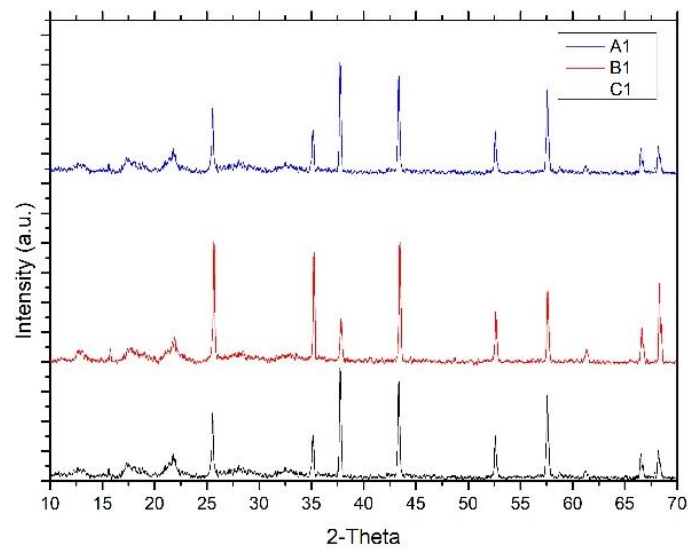
## Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan pada pembuatan keramik berpori menggunakan bahan material serbuk alumina ( $Al_2O_3$ ) 99% dengan penambahan zat aditif daun jagung adalah teknik *dry pressing*. Zat aditif abu daun jagung yang dipanaskan pada suhu  $600\text{ }^{\circ}C$  kemudian abunya diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Sebanyak 30 gr alumina dengan ukuran 100 mesh dicampurkan dengan zat aditif daun jagung dengan perbandingan serbuk alumina dan daun jagung A ( 95% : 5%), B (90% : 10%) dan C (85% : 15%). Campuran serbuk alumina dan zat aditif dikompaksi dengan tekanan 3 ton selama 10 menit dalam cetakan 3 x 3 cm. Keramik yang sudah dicetak selanjutnya dikeringkan selama 3 hari dibawah sinar matahari kemudian difurnace pada suhu  $1300\text{ }^{\circ}C$  (A1, B1 dan C1) dan  $1400\text{ }^{\circ}C$  (A2, B2 dan C2) selama 24 jam. Sampel keramik berpori dikarakterisasi mikrostruktur dan sifat mekaniknya.

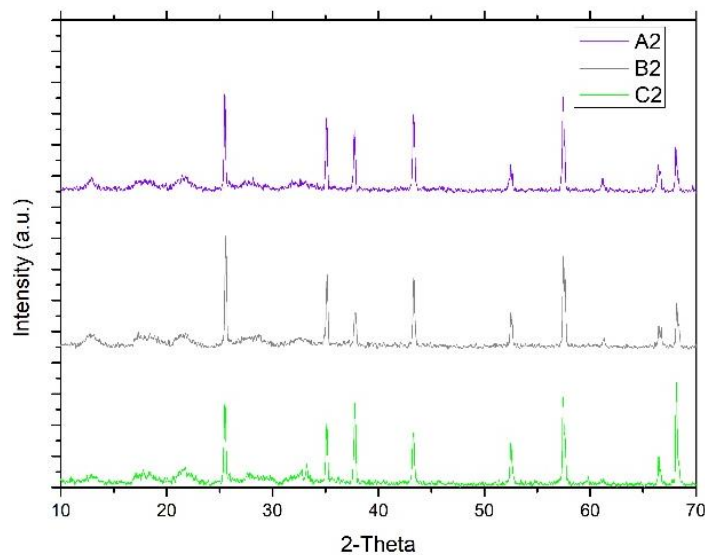
## Hasil dan Pembahasan

### Hasil pengujian mikrostruktur menggunakan XRD

Mikrostruktur dari sampel keramik berpori dapat dianalisa melalui pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD). Pengujian ini menggunakan mesin XRD merk Rigaku Miniflex 600 untuk melihat perubahan fasa dan struktur kristal yang terdapat pada sampel keramik berpori  $Al_2O_3$  dengan penambahan zat aditif abu daun jagung. Berdasarkan hasil pengujian XRD, terdapat senyawa puncak – puncak grafik yang menunjukkan struktur  $Al_2O_3$  pada sudut  $2\theta$  dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2 dengan sudut  $21,64^{\circ}$ ;  $25,52^{\circ}$ ;  $35,10^{\circ}$ ;  $37,70^{\circ}$ ;  $43,32^{\circ}$ ;  $52,49^{\circ}$ ;  $57,44^{\circ}$ ;  $66,46^{\circ}$  dan  $68,12^{\circ}$ . Indeks Miller dari setiap sudut grafik yang diperoleh adalah (100), (102), (104), (110), (201), (204), (116), (214) dan (109).



**Gambar 1.** Hasil pengujian XRD suhu 1300 °C



**Gambar 2.** Hasil pengujian XRD suhu 1400 °C

Berdasarkan hasil identifikasi fasa, fasa yang diidentifikasi adalah fasa corundum dan tidak terjadi reaksi antara alumina dan silika untuk menciptakan fasa baru. Dalam penelitian ini, silika dari daun jagung digunakan karena reaktifitas daun jagung pada alumina sangat rendah, sehingga tidak terjadi reaksi dengan alumina selama proses sintering. Berdasarkan hasil grafik pada gambar 1 dan 2, maka dapat diperoleh karakteristik mikrostruktur seperti pada table 1.

**Tabel 1.** Hasil pengujian XRD keramik

| 2θ (°) | Tinggi Intensitas (a.u.) | Area (Å) | FWHM   |
|--------|--------------------------|----------|--------|
| 21,64  | 13,2                     | 626,2    | 0,2953 |
| 25,52  | 28,6                     | 219,7    | 0,2953 |
| 35,10  | 36,4                     | 421,5    | 0,2370 |
| 37,70  | 15,0                     | 222,9    | 0,2959 |
| 43,32  | 45,6                     | 583,3    | 0,2612 |
| 52,48  | 14,5                     | 244,5    | 0,3356 |
| 57,44  | 41,7                     | 641,6    | 0,3183 |

|       |      |       |        |
|-------|------|-------|--------|
| 66,46 | 14,3 | 326,2 | 0,4553 |
| 68,12 | 24,1 | 302,9 | 0,2646 |

Ukuran jarak bidang kristal dari sampel keramik dapat dihitung menggunakan persamaan *Scherrer* berikut ini:

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (2.1)$$

Panjang gelombang dari sinar-x yang digunakan pada pengujian ini ( $\text{CuK}\alpha$ ,  $\lambda = 1,53 \text{ \AA}$ ) dan nilai sudut  $2\theta$  yang terdapat pada tabel 1, maka dapat diperoleh nilai  $d$  (jarak antar bidang) seperti pada tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai jarak antar bidang pada setiap sudut  $2\theta$

| $2\theta$ ( $^{\circ}$ ) | $d$ ( $\text{\AA}$ ) |
|--------------------------|----------------------|
| 21,64                    | 4,1027               |
| 25,52                    | 3,4864               |
| 35,10                    | 2,5544               |
| 37,70                    | 2,3839               |
| 43,32                    | 2,0867               |
| 52,48                    | 1,7419               |
| 57,44                    | 1,6028               |
| 66,46                    | 1,4056               |
| 68,12                    | 1,3753               |

Ukuran kristal  $D$  dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan *Scherrer* berikut ini :

$$D = \frac{K\lambda}{\beta\cos\theta} \quad (2.2)$$

Berdasarkan persamaan (2.2), maka dapat diperoleh nilai ukuran kristal sampel keramik dengan menggunakan nilai struktur kristal ( $K = 0,9$ ), FWHM ( $\beta$ ) dan sudut  $2\theta$  dari tabel 1 dan faktor seperti pada table 3 berikut :

**Tabel 3.** Ukuran kristal hasil pengujian XRD

| Suhu Sampel             | Variasi Sampel | Ukuran Krisal (nm) |
|-------------------------|----------------|--------------------|
| 1300 $^{\circ}\text{C}$ | A1             | 1,267              |
|                         | B1             | 0,668              |
|                         | C1             | 0,606              |
| 1400 $^{\circ}\text{C}$ | A2             | 1,254              |
|                         | B2             | 0,608              |
|                         | C2             | 0,552              |

Ukuran kristal  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya penambahan konsentrasi zat aditif abu daun jagung yang ditambahkan kedalam campuran keramik. Hal ini disebabkan daun jagung merupakan salah satu sumber  $\text{SiO}_2$ , sehingga terjadi sedikit perubahan pada struktur kristal  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Atom Si yang memiliki ukuran lebih kecil menggantikan atom Al dan menyebabkan terjadinya penurunan ukuran kristal seperti pada tabel 3. Semakin tinggi suhu furnace yang digunakan juga mempengaruhi penurunan ukuran kristal dikarenakan suhu dapat menyebabkan reaksi antara senyawa Si dan Al semakin banyak terjadi.

### Pengujian sifat mekanik

#### a. Porositas

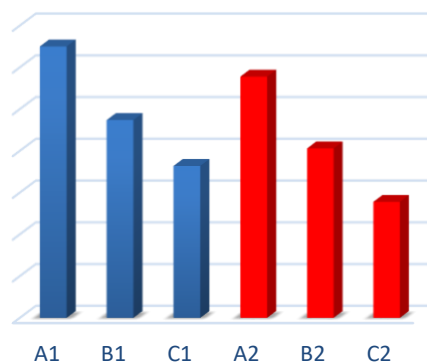
Pengujian porositas dilakukan dengan metode perendaman kedalam air selama 24 jam kemudian didiamkan selama 1 jam. Pengukuran dilakukan dengan melihat nilai massa dari sebelum perendaman

dan setelah perendaman. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, maka diperoleh nilai porositas seperti pada tabel 4 berikut ini :

**Tabel 4.** Hasil pengujian porositas

| Variasi Suhu  | Variasi Sampel |       |       |       |       |       |
|---------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               | A1             | B1    | C1    | A2    | B2    | C2    |
| Porositas (%) | 27,25          | 26,37 | 25,82 | 26,89 | 26,03 | 25,39 |

Porositas sampel berdasarkan perbandingan suhu mengalami penurunan yang dapat dilihat pada tabel 4 antara sampel A1 dan A2. Perbandingan antara variasi komposisi menunjukkan terjadi penurunan nilai porositas sampel yang dapat dilihat pada sampel 1300 °C (A1, B1 dan C1) dan 1400 °C (A2, B2 dan C2) [9-11].



**Gambar 3.** Grafik perbandingan nilai porositas

Kandungan Si pada zat aditif daun abu daun jagung menutupi sebagian pori dari keramik sehingga nilai porositas mengalami penurunan. Nilai porositas akan meningkat dengan bertambahnya persentase komposisi suatu zat aditif sampel [12]. Hal ini sejalan dengan hasil pengujian XRD yang menunjukkan bahwa kandungan Si dari zat aditif abu daun jagung menggantikan sebagian Al pada sampel keramik sehingga terjadi penutupan terhadap sebagian pori. Ini menunjukkan penurunan nilai porositas keramik alumina karena butiran bahan aditif yang disebabkan oleh butiran bahan aditif ini lebih kecil daripada alumina. Nilai porositas meningkat karena sebagian material penyusun keramik berubah ke fase gas, membentuk ruang antara partikelnya. Nilai porositas meningkat seiring dengan jumlah ruang kosong yang ada. Proses pencetakan juga dipengaruhi oleh besar kecilnya nilai porositas [13].

#### b. Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan vickers untuk melihat kekuatan. Pengujian kekerasan dilakukan pada tiga titik keramik alumina seta dilakukan pengukuran terhadap garis diagonal sampel. Titik tersebut kemudian diberikan tekanan beban hingga sampel tersebut mengalami retak/patah. Hasil pengujian sampel keramik berpori dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil pengujian kekerasan

| Variasi Suhu    | Variasi Sampel |       |       |       |       |       |
|-----------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | A1             | B1    | C1    | A2    | B2    | C2    |
| Kekerasan (Mpa) | 27,47          | 27,87 | 28,32 | 28,45 | 28,73 | 29,09 |

Berdasarkan tabel 5. dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai kekerasan seiring dengan bertambahnya jumlah variasi zat aditif abu daun jagung yang dicampurkan. Kekerasan juga dipengaruhi oleh suhu pemanasan pada saat sintering, semakin tinggi suhu yang digunakan maka kekerasannya juga mengalami peningkatan [14]. Hasil ini, sejalan dengan hasil XRD yang menunjukkan bahwa terjadi

penurunan nilai kandungan Al dan meningkatnya kandungan Si yang terdapat pada sampel yang berasal dari zat aditif abu daun jagung. Semakin kecil nilai porositas bahan maka semakin tinggi nilai kekerasan suatu bahan[10].

### Kesimpulan

Pembuatan keramik berpori dengan bahan serbuk  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dengan penambahan zat aditif abu daun jagung telah berhasil dilakukan. Keramik berpori alumina menunjukkan fasa kristal dengan struktur corondum. Berdasarkan hasil pengujian XRD menunjukkan terjadinya penurunan ukuran kristal (1,267 - 0,606 Å) yang disebabkan meningkatnya jumlah atom Si yang bersasal dari zat aditif daun jagung kedalam matriks  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sehingga terjadi penurunan nilai panjang kisi pada strukturnya. Hasil ini juga diperkuat dengan pengujian poristas yang mengalami penurunan pada sampel 1300 °C (27,25 – 25,82) dan 1400 °C (26,89 – 25,39) dan pengujian kekerasan yang mengalami peningkatan pada sampel 1300 °C (27,47 – 28,32) dan 1400 °C (28,45– 29,09).

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada semua pihak yang sudah memberikan bantuan baik itu moril dan material dalam proses penelitian dan pembuatan artikel ini.

### Daftar Pustaka

- [1] X. Zhang, K. Zhang, B. Zhang, Y. Li, and R. He, “Mechanical properties of additively-manufactured cellular ceramic structures: A comprehensive study,” *Journal of Advanced Ceramics*, vol. 11, no. 12, pp. 1918–1931, Dec. 2022, doi: 10.1007/s40145-022-0656-5.
- [2] Z. Wei *et al.*, “Fabrication and properties of symmetrical W/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/W functionally graded materials by spark plasma sintering,” *J Alloys Compd*, vol. 896, p. 163077, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.163077>.
- [3] V. Papetti, P. Dimopoulos Eggenschwiler, A. Della Torre, F. Lucci, A. Ortona, and G. Montenegro, “Additive Manufactured open cell polyhedral structures as substrates for automotive catalysts,” *Int J Heat Mass Transf*, vol. 126, pp. 1035–1047, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.06.061>.
- [4] A. S. S. Nasution, E. Jumiati, and M. Husnah, “Pengaruh Penyerapan Air Dan Porositas Pada Keramik Berpori Berbahan Clay Dan Puntung Rokok,” *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 14–19, Mar. 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.20664.
- [5] Ayu Dwi Retno, Ety Jumiati, and Ridwan Yusuf Lubis, “Pengaruh Penambahan Aditif Daun Jagung (Zea Mays) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Keramik Alumina,” *Komunikasi Fisika Indonesia*, vol. 20, no. 3, pp. 19–25, 2023.
- [6] Ayu Amalia rahma, Ety Jumiati, and Ridwan Yusuf Lubis, “Analisis Pengaruh Penambahan Daun Jagung Pada Keramik Berpori Berbahan Dasar Tanah Lempung,” *Komunikasi Fisika Indonesia*, vol. 20, no. 3, pp. 9–15, 2023.
- [7] S. Shi, S. Cho, T. Goto, and T. Sekino, “The effects of sintering temperature on mechanical and electrical properties of  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ti}$  composites,” *Mater Today Commun*, vol. 25, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.mtcomm.2020.101522.
- [8] Q. Feng *et al.*, “Investigation on the corrosion and oxidation resistance of Ni– $\text{Al}_2\text{O}_3$  nano-composite coatings prepared by sediment co-deposition,” *Surf Coat Technol*, vol. 202, no. 17, pp. 4137–4144, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2008.03.001>.
- [9] A. D. Retno, E. Jumiati, and R. Y. Lubis, “Komunikasi Fisika Indonesia PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF DAUN JAGUNG (Zea mays L.) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Keramik Alumina,” *Komunikasi Fisika Indonesia*, vol. 20, no. 3, pp. 275–278, 2023, doi: 10.31258/jkfi.20.3.275-278.
- [10] H. Siagian and D. M. Hutabalian, “Studi Pembuatan Keramik Berpori Berbasis Clay Dan Kaolin Alam Dengan Aditif Abu Sekam Padi,” *Jurnal Sainatika*, vol. 12, no. 1, pp. 14–23, 2012.
- [11] A. A. Rahma, E. Jumiati, and R. Y. Lubis, “Komunikasi Fisika Indonesia Analisis Pengaruh Penambahan Daun Jagung Pada Keramik Berpori Berbahan Dasar Tanah Lempung,” *Komunikasi Fisika Indonesia*, vol. 20, no. 3, pp. 267–274, 2023, doi: 10.31258/jkfi.20.3.267-274.

- [12] Dien. Ridayanti and Asifa Asri., “Analisis Porositas Dan Susut Bakar Keramik Berpori Berbasis Clay Dan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. ,” *SSN 2337-8204*, 51-54, vol. 5, no. 2, pp. 51–54, 2017.
- [13] K. Nisa Gulo, Sudati, and Mulyadi, “Efek Penambahan Aditif SiO<sub>2</sub> terhadap Suhu Sintering, Sifat Fisis, Struktur Kristal dan Mikrostruktur pada Keramik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,” *Journal of Technical Engineering :PISTON*, vol. 4, no. 1, 2020.
- [14] M. Husnah *et al.*, “Pengaruh Variasi Komposisi Kulit Durian Dan Batu Apung Pada Karakteristik Keramik Lantai,” *JISTech (Journal of Islamic Science and Technology) JISTech*, vol. 9, no. 1, pp. 16–23, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/jistech>