

Research Article

## Penambahan Arang Batok Kelapa ke Zeolit Alam untuk Filter Air Keramik

**Sri Mulyo Bondan Respati<sup>1,\*</sup>, Helmy Purwanto<sup>1</sup>, Nur Kholis<sup>1</sup>, Ulin Nuha<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim, Indonesia

\*Corresponding author: [bondan@unwahas.ac.id](mailto:bondan@unwahas.ac.id)

### ARTICLE INFO

**Article History:**

Received : 27 – 03 - 2023

Revised : 17 – 07 - 2023

Accepted : 06 – 12 - 2023

Available online: 31 – 01 - 2024

**Keyword:** natural zeolite;  
Coconut shell charcoal;  
ceramic filters

**Kata Kunci:** Zeolit Alam;  
Arang Batok Kelapa;  
Saringan Keramik

### ABSTRACT

*This mixture of a natural zeolite and a coconut shell charcoal can be used as a filter because of its a unique physical, a chemical properties and an adsorbent properties for liquids. The existing of the filters was still in the form of small particles arranged. The arrangement of particles can change which makes the filtering not optimal. There is a need for innovation in the manufacture of the ceramic filters made from a natural zeolite-coconut shell charcoal. Ceramic filters made from a natural zeolite and a coconut shell charcoal have been a made by sintering at a temperature of 900° C. This research has a calculated the shrinkage, a density and a porosity of the ceramic filter. The results of the filtering were measured by the flowability and the TDS (Total Dissolved Solid) value of the water. The results of this study indicate that the more of the coconut shell charcoal mixture, the higher of the shrinkage, the lower of the density, the higher of the porosity value, the higher of the water flow rate and the lower of the water TDS value. The addition of the coconut shell charcoal had been shown to a reduce the particle content in the water although it an increases the porosity.*

### ABSTRAK

Campuran zeolit alam dan arang tempurung kelapa ini dapat digunakan sebagai filter karena sifat fisik, kimia dan adsorbennya yang unik untuk cairan. Filter yang ada masih berupa partikel-partikel zeolit kecil yang disusun dan tidak dijadikan keramik. Susunan partikel dapat berubah yang membuat tidak maksimal penyaringannya. Perlu adanya inovasi pembuatan filter keramik berbahan baku zeolit alam-arang tempurung kelapa. Filter keramik berbahan dasar zeolit alam dan arang tempurung kelapa telah dibuat dengan cara sintering pada suhu 900°C. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan penyusutan, densitas dan porositas filter keramik. Hasil penyaringan diukur dengan flowability dan nilai TDS (Total Dissolved Solid) air Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak campuran arang tempurung kelapa maka semakin tinggi susutnya, semakin rendah densitasnya, semakin tinggi nilai porositasnya, semakin tinggi debit airnya dan

---

semakin rendah nilai TDS airnya. Penambahan arang batok kelapa terbukti mengurangi kandungan partikel dalam air meskipun memperbesar porositas.

---

## 1. PENDAHULUAN

Filter keramik berpori baik digunakan pada keramik membran, karena filter keramik tidak bereaksi terhadap air, dimana tahan terhadap panas dan memiliki kekuatan yang stabil. Namun harga filter keramik sangat mahal karena terbuat dari bahan atau proses yang mahal. Arang tempurung kelapa dan batuan zeolit alam memiliki daya serap yang baik. Penelitian ini menyajikan campuran zeolit alam dan arang tempurung kelapa untuk membuat filter keramik dengan harga murah. Zeolit adalah sekelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal dalam batuan beku alkali. Mineral-mineral ini biasanya ditemukan pada celah-celah pengisi atau rekahan pada batuan tersebut. Selain itu, zeolit juga merupakan endapan dari aktivitas gunung berapi yang banyak mengandung silika. Pada saat ini penggunaan mineral zeolit semakin meningkat, dari penggunaan pada industri kecil hingga industri skala besar.

Pencemaran air yang disebabkan oleh kegiatan limbah industri dan rumah tangga, Contohnya, pembuangan limbah yang tidak tepat akan mengakibatkan pencemaran logam berat pada suatu air. Salah satu logam berat yang terkandung dalam air adalah besi. Kandungan zat besi dalam air menyebabkan air berubah menjadi kuning kecoklatan setelah beberapa saat terkena udara, Kandungan zat besi dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti gangguan usus, gangguan pernapasan karena baunya yang tidak sedap dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan. penyebab warna kuning pada pakaian. Standar kandungan TDS atau kandungan mineral menjadi acuan kriteria air bersih yang perlu diperhatikan. Air yang layak minum memiliki kadar TDS 10-100 ppm dan tidak mengandung mineral yang tinggi [1]. Salah satu cara mengurangi kandungan kadar TDS dengan cara disaring dengan filter keramik berpori.

Keramik berpori adalah keramik yang memiliki rongga kecil (30-70% pori-pori) yang menyebabkan cairan masuk ke dalam membran. Keunggulan membran keramik berpori adalah selain dapat menyerap cairan, juga relatif lebih tahan terhadap perubahan suhu tinggi, korosi, dan kontaminasi bahan lain, sehingga dapat digunakan sebagai bahan yang sangat spesifik. media filter air [2]. Pembuatan keramik berbahan dasar zeolit dengan bahan ijuk telah dilakukan oleh Respati, et al. [3]. Hasil yang diperoleh dapat berupa pengurangan kandungan suatu partikel di dalam air. Penurunan kandungan tidak signifikan karena ijuk hanya dapat menyaring beberapa partikel. Han et al membuat keramik berpori dengan bahan limbah zeolit. Efek dari sintering dan kandungan solid menghasilkan 71.9 % porositas dan kekuatan tekan 2.9 MPa. Kecuali kandungan solid 20 % berat dan dipanaskan 950o C mengandung 76.9 % porositas dan kekuatan tekan 1,8 MPa [4]. Ma'ruf and Al Fathoni memproduksi membran dengan bahan zeolit alam ditambah TiO<sub>2</sub> [5]. Hasilnya mempunyai porositas 53.29%, densitas 1.44 gr/cm<sup>3</sup>, dan dapat menyerap air 36.38%. Jafari, et al mengembangkan membran dua lapis terbuat dari kaolin, alumina dan zeolit alam. Membran itu dilsisi dengan zeolit alam dan karbon aktif. Hasilnya membran ini dapat mengurangi minyak dalam air 90 mg/L[6]. Beberapa air hasil saringan zeolit alam masih kurang murni sehingga masih perlu ditambah dengan karbon aktif. Karbon aktif adalah bahan dapat digunakan untuk mengikat bahan kimia yang berbahaya dalam

kandungan air [7]. Arang aktif juga dapat untuk menyaring air limbah sehingga dapat digunakan kembali sebagai air penyiram [8]. Review tentang karbon aktif yang nantinya banyak digunakan dalam permurnian air dipaparkan oleh Tadda, et al [9]. Karbon aktif dengan ukuran material nano juga direview oleh Sweetman, et al [10]. Mereka mengatakan bahwa karbon nanotube yang dipadukan dengan karbon aktif akan menjadikan material yang efektif dalam permurnian air. Permurnian air dengan menggunakan karbon aktif dan abu dapat mengurangi logam berat [11]. Aktif karbon dapat memurnikan air untuk konsumsi manusia [12]. Karbon aktif terbuat dari bahan kayu yang dipanaskan. Ada juga karbon aktif dari bambu. Karbon aktif dari bambu berkhasiat menyerap air terkontaminasi [13]. Arang dapat menurunkan sifat keasaman air, diteliti oleh Musa et al arang dapat meningkatkan pH air dari 5.7 menjadi 7.7 setelah disaring [14]. Silva et al menggunakan karbon aktif terbuat dari kulit kacang tanah. Hasilnya dapat menghilangkan fenol dalam larutan air[15]. Hal ini juga dilakukan oleh de Lima et al. Mereka menggunakan karbon aktif dari limbah kayu *Tectona grandis*. Hasilnya dapat menyerap methylene blue (MB), phenol and Cr+6 ions in media berair. Karbon aktif juga dapat dibuat dengan tempurung kelapa [16].

## 2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: arang tempurung kelapa dengan kandungan: selulosa 26,60%, lignin 29,40%, pentosan 27,70%, pelarut ekstraktif 4,20%, uronic anhydride 3,50%, abu 0,62%, nitrogen 0,11%, dan air dan zeolit 8,01%. dengan komposisi uji analisis kimia : 66,9 % SiO<sub>2</sub>, 11,43 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4,59 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,18 % TiO, 2,40 % CaO, 1,44 % MgO, 1,95 % K<sub>2</sub>O, 1,29% Na<sub>2</sub>O.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Langkah-langkah dalam pembuatan filter keramik berpori ini adalah:

### 2.1. Pembuatan adonan

Pada proses ini bubuk zeolit dan arang tempurung kelapa yang sudah satu ukuran yaitu diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh Selanjutnya dibuat adonan dengan menggunakan media air sebagai perekat, kemudian siap untuk di cetak. Adapun Variasi komposisi kedua campuran bahan baku dibuat berdasarkan perbandingan % massa, seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

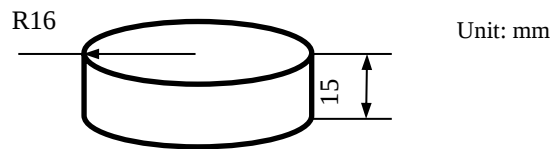
Tabel 1. Variasi komposisi zeolit dan arang tempurung kelapa.

| Zeolite (% massa) | Content coconut shell charcoal (% massa) |
|-------------------|------------------------------------------|
| 100               | 0                                        |
| 95                | 5                                        |
| 90                | 10                                       |
| 85                | 15                                       |
| 80                | 20                                       |

### 2.2. Pencetakan material keramik

Proses pencetakan, bahan keramik yang pertama dilakukan adalah menyiapkan bahan baku yaitu serbuk zeolit dan serbuk arang tempurung kelapa yang sebelumnya telah diayak 80 mesh

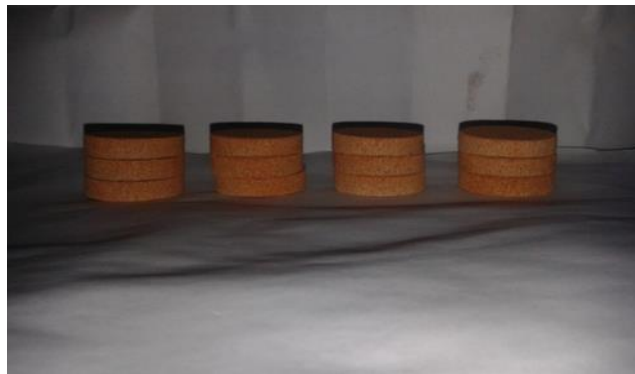
untuk mendapatkan ukuran butir yang sama. Selanjutnya serbuk zeolit dicetak menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter lubang cetakan 32 mm dan tinggi cetakan 15 mm. Masukkan adonan ke dalam cetakan hingga penuh lalu tekan dengan tuas, lalu tekan dengan tekanan 400 kg/cm<sup>2</sup> dengan waktu tahan selama 5 menit. Ukuran spesimen ditunjukkan pada Gambar 1



**Gambar 1** Ukuran spesimen

### 2.3. Sintering

Spesimen disinter menggunakan tanur dengan laju pemanasan 5 °C/menit, waktu tahan 4 jam dengan suhu sinter 900°C. Pendinginan dilakukan dengan meninggalkan sampel di dalam tungku hingga suhu kamar. Keramik hasil sintering dapat dilihat pada Gambar 2



**Gambar 2** Spesimen Keramik after sintering

Spesimen yang sudah siap dilakukan pengukuran

2.4. Perhitungan susut pemanasan dapat menggunakan persamaan [21].

$$\text{Susut volume} = \frac{V_o - V_t}{V_o} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:  $V_o$  = Volum sampel sebelum dipanaskan (cm<sup>3</sup>)  $V_t$  = Volum sampel sesudah dipanaskan (cm<sup>3</sup>).

$$\text{Susut massa} = \frac{m_o - m_t}{m_o} \times 100\% \quad (2)$$

dimana:  $m_o$  = Massa sampel sebelum dipanaskan (gram)  $m_t$  = Massa sampel sesudah dipanaskan (gram).

2.5. Perhitungan densitas dapat menggunakan persamaan [22].

$$BD = \frac{m_t}{V_t} \quad (3)$$

dimana:  $BD$  = Bulk densitas,  $m_t$  = Massa sampel sesudah dipanaskan (gram)  $V_t$  = Volum sampel sesudah dipanaskan ( $\text{cm}^3$ ).

$$AD = \frac{m_t}{m_t - m_a} \times \rho_{air} \quad (4)$$

dimana:  $AD$  = Archimedes densitas,  $m_t$  = Massa sampel sesudah dipanaskan (gram)  $m_a$  = Massa sampel didalam air (gram).

2.6. Perhitungan porositas dapat menggunakan persamaan [22].

$$\text{Porositas} = 1 - \frac{V_s}{V_t} \times 100\% \quad (5)$$

dimana:  $V_s$  = Volume sepesimen sesudah sampel dipanaskan ( $\text{cm}^3$ )  $V_t$  = Volum sampel sesudah dipanaskan ( $\text{cm}^3$ )

Untuk menghitung volume spesimen dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_s = \frac{m_t - m_a}{\rho_{air}} \quad (6)$$

dimana:  $m_t$  = Massa sampel diudara (gram)  $m_a$  = Massa sampel didalam air (gram).

Pengukuran kecepatan alir menggunakan pipa 1 inch dengan ujung dipasang saringan keramik. Saringan keramik dipasang di ujung pipa pada posisi dibawah. Pipa diisi air dari atas. Selang beberapa waktu air akan turung melaui saringan dan diukur volumenya. Posisi pipa dapat dilihat pada Gambar 3



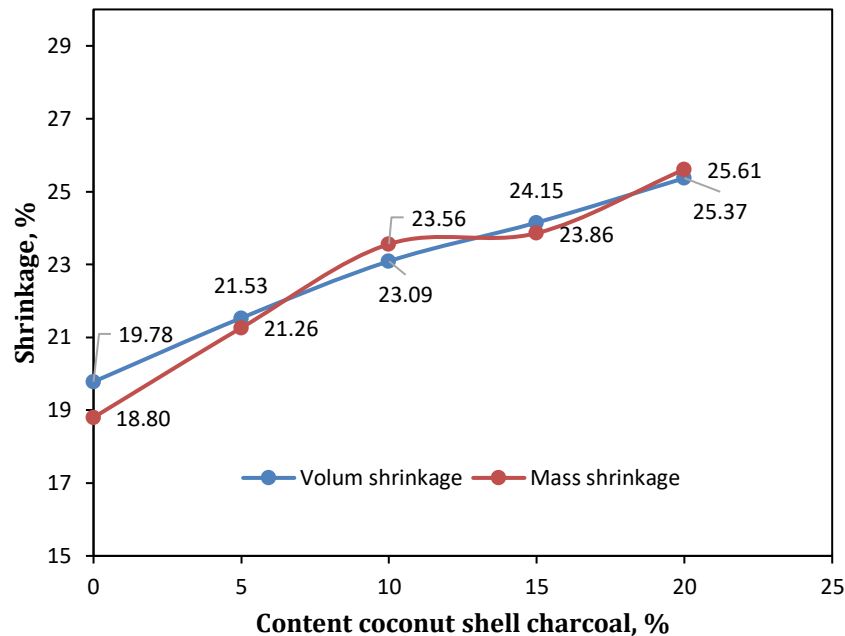
**Gambar 3.** Posisi pipa saat pengukuran kecepatan air

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Pada penelitian ini telah dibuat membran keramik berpori berbahan dasar zeolit alam dan arang tempurung kelapa. Kesesuaian dua material zeolit alam dengan arang tempurung kelapa diharapkan mampu menjadi material yang kuat. Seperti yang diutarakan oleh Respati et al [23] bahwa kompatibilitas akan menjadikan dua bahan yang slaing menguntungkan. Sebelum membahas secara mekanik perlu dikarakterisasi secara fisik. Berikut hasil karakterisasi pengujian susut sintering, densitas, porositas, debit air dan nilai TDS.

### 3.1. Susut pemanasan

Pengujian susut pemanasan ada 2 yaitu susut volume dan susut massa. Adapun grafik dari hasil data susut pemanasan tersebut ditampilkan dalam Gambar 4.

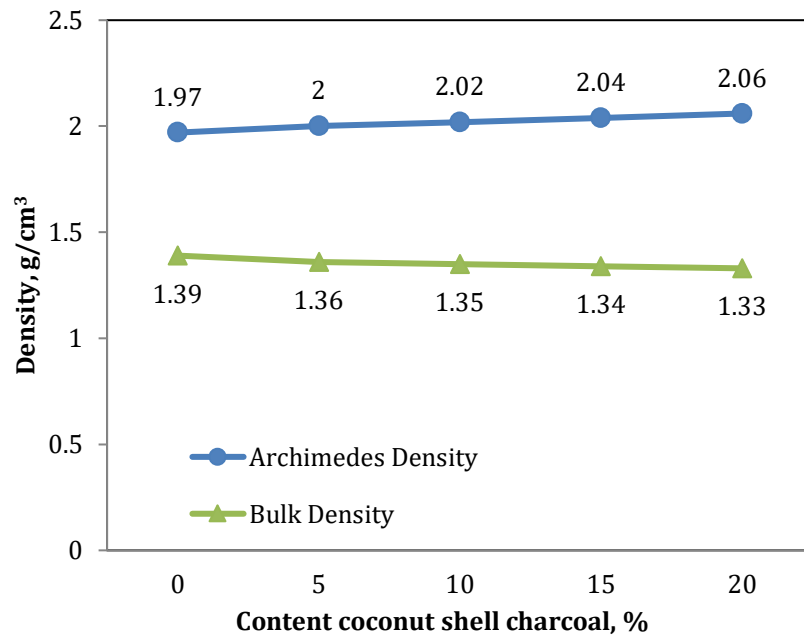


**Gambar 4.** Susut pemanasan

Dari Gambar 4 dapat diketahui susut volume dan susut massa berbanding lurus yaitu semakin banyak campuran arang tempurung kelapa maka semakin besar penyusutan terhadap volume dan massa pada material keramik tersebut, ini dikarenakan arang tempurung kelapa yang terdapat didalam material keramik terbakar pada saat proses *sintering* dan menimbulkan rongga atau pori-pori didalam material keramik tersebut. Sehingga berat pada material keramik mengalami penyusutan.

### 3.2. Densitas

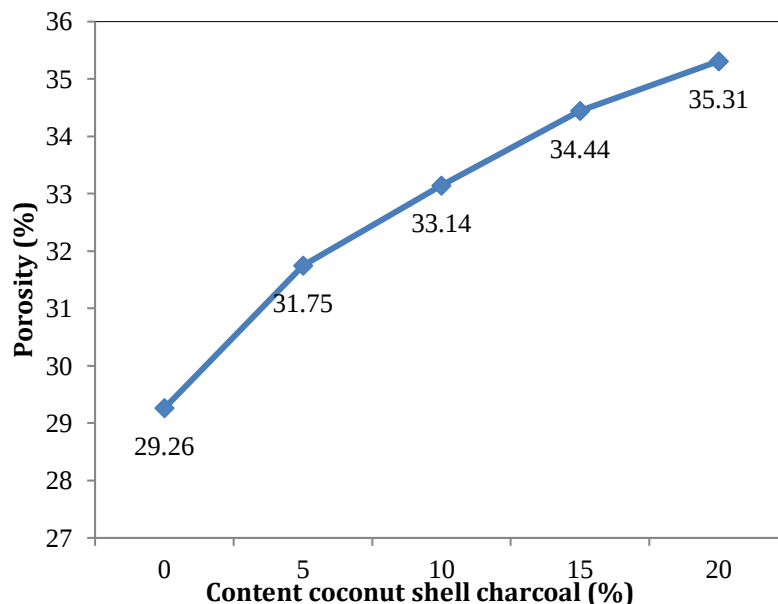
Pengujian densitas ada 2 yaitu *bulk* densitas dan archimedes densitas. Adapun grafik dari hasil data densitas tersebut ditampilkan dalam Gambar 5. Gambar 5 memperlihatkan semakin sedikit campuran arang tempurung kelapa semakin tinggi nilai kerapatannya. Sedangkan pada archimedes densitas terkecil dengan perbandingan zeolit dan arang tempurung kelapa 0%. Terbesar terjadi pada perbandingan zeolit dan arang tempurung kelapa 20%. Sehingga semakin banyak campuran arang tempurung kelapa maka nilai archimedes densitas semakin tinggi dan nilai kerapatannya semakin kecil. Karena nilai densitas berpengaruh terhadap porositas dari suatu material keramik. Semakin banyak prosentase arang tempurung kelapa maka semakin kecil nilai kerapatan dari material keramik tersebut.



Gambar 5. Densitas

### 3.3. Porositas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ruang kosong atau pori-pori yang terdapat pada material keramik. Pengujian ini menunjukkan bahwa adanya gelembung air yang keluar dari material keramik. Adapun grafik dari hasil data porositas tersebut ditampilkan dalam Gambar 6.



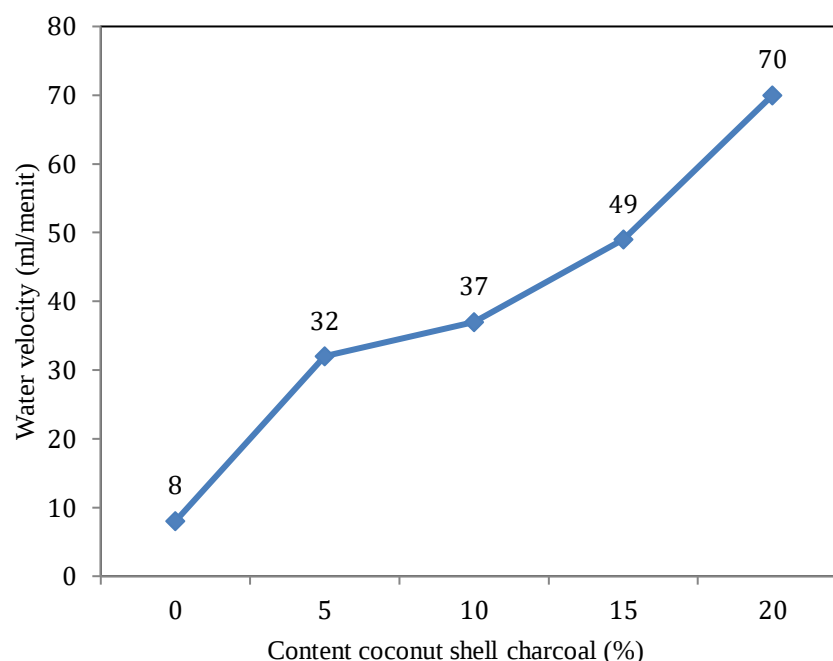
Gambar 6. Porositas

Gambar 6 menunjukkan dimana prosentase campuran antara zeolit dan arang tempurung kelapa sangat berpengaruh terhadap nilai porositas. Sehingga hal ini dapat diketahui bahwa semakin banyak arang tempurung kelapa yang terkandung pada material keramik maka akan semakin

tinggi nilai porositasnya dikarenakan material tersebut terdapat banyak rongga atau pori-pori yang dihasilkan dari arang tempurug kelapa yang terbakar ketika proses *sintering*. Secara fisik penggunaan campuran arang tempurung kelapa juga akan berpengaruh terhadap berat maupun volume keramik tersebut.

### 3.4. Uji laju aliran air

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui jumlah air yang dihasilkan dengan waktu yang sudah ditentukan. Adapun grafik dari hasil data uji laju aliran air tersebut ditampilkan dalam Gambar 7.

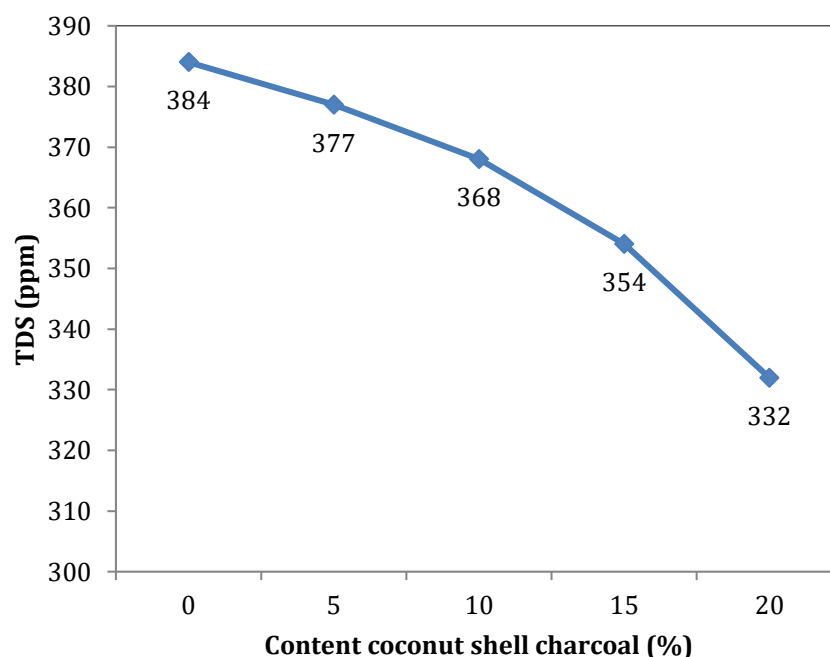


**Gambar 7** Uji laju aliran air

Gambar 7 terlihat semakin banyak prosentase campuran arang tempurung kelapa maka semakin cepat pula laju aliran air ketika proses penyaringan. Hal ini disebabkan oleh banyaknya rongga atau pori-pori yang terdapat didalam material keramik karena terbakarnya arang tempurung kelapa pada saat proses *sintering* dan terjadinya perekatan antara zolit alam dan arang tempurung kelapa karena proses pemanasan. Laju aliran air ini berpengaruh dengan banyaknya penambahan arang tempurung kelapa dimana pencampuran arang 0% laju aliran air terlihat sedikit, semakin banyak prosentase penambahan arang tempurung kelapa maka laju kecepatan alirann air maka semakin banyak alir yang mengalir melewati spesimen keramik.

### 3.5. Uji TDS air

Hal dari tujuan dari penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air sumur dilingkungan kampus sebelum dan sesudah disaring menggunakan keramik berbasis zeolit alam dan arang tempurung kelapa. Yang semula nilai TDS air sanitasi adalah 398 ppm. Adapun grafik dari hasil data uji TDS tersebut ditampilkan dalam Gambar 8.



**Gambar 8.** Uji TDS air

Gambar 8 diperlihatkan penurunan nilai TDS saat semakin banyak penambahan arang tempurung kelapa pada keramik berbasis zeolit alam. Hal ini menunjukkan semakin baik nilai kemurnian air dan zat yang terkandung didalamnya. Semakin tinggi nilai TDS air maka semakin jelek air tersebut. Hal ini disebabkan karena arang tempurung kelapa sebagai karbon aktif yang sangat baik dan sebagai absorben atau penyerap zat-zat yang melewati arang tersebut. Tetapi hasil penyaringan ini menunjukkan nilai ppm air sanitasi tidak air murni ataupun layak minum. Karena nilai TDS hanyalah salah satu faktor dari terjadinya air yang sehat, disamping itu masih ada banyak faktor lainnya yang menentukan apakah air itu sehat atau tidak.

Hasil penyusutan menunjukkan semakin tinggi penambahan arang tempurung kelapa semakin tinggi pula penyusutannya. Hal ini dikarenakan arang tempurung kelapa yang terdapat pada bahan keramik akan terbakar pada saat proses sintering dan menimbulkan rongga atau pori-pori pada bahan keramik. Terbakarnya arang tempurung kelapa menjadi CO dan gas CO<sub>2</sub> [24]. Sehingga gas ini meninggalkan rongga yang ditempati oleh transformasi zeolit ke padat. Hilangnya arang tempurung kelapa menjadi gas ini membuat berat bahan keramik menyusut. Penyusutan ini secara fisik penggunaan campuran arang tempurung kelapa juga akan mempengaruhi berat dan volume keramik. Penyusutan ini akan mempengaruhi densitas.

Densitas juga dipengaruhi oleh penambahan arang tempurung kelapa, semakin tinggi arang tempurung kelapa semakin rendah densitas keramik. Nilai densitas yang lebih rendah memperlihatkan banyak porositas. Karena nilai densitas mempengaruhi porositas suatu bahan keramik. Seperti yang dijelaskan oleh Cang [24] arang tempurung kelapa yang terbakar menjadi CO dan gas CO<sub>2</sub>, maka semakin banyak persentase arang tempurung kelapa maka semakin tinggi pula porositas bahan keramik tersebut. Hal ini dapat dibuktikan dalam uji

porositas. Pada uji porositas semakin banyak penambahan arang tempurung kelapa semakin tinggi porositas. Hal ini dikarenakan bahan tersebut memiliki banyak rongga atau pori-pori. Pori-pori ini dihasilkan dari arang tempurung kelapa yang terbakar selama proses sintering. Pori-pori ini terjadi akibat pembakaran arang tempurung kelapa selama proses sintering dan perekatan antara zolite alam dengan arang tempurung kelapa akibat proses pemanasan. Jumlah pori-pori mempengaruhi laju aliran air. Hal itu dapat dibuktikan dengan hasil pengujian laju aliran air.

Laju alir air ini dipengaruhi oleh penambahan arang tempurung kelapa, dimana keramik zeolit tanpa arang tempurung kelapa lebih rendah laju alir airnya. Semakin banyak persentase arang tempurung kelapa yang ditambahkan, semakin tinggi laju aliran air yang dapat melewati keramik berpori. Air yang melalui filter diukur kandungan TDS. Hasilnya semakin banyak penambahan arang tempurung kelapa maka semakin rendah nilai TDS. Ini menunjukkan bahan arang tempurung kelapa dapat dengan baik menyerap kandungan yang ada dalam air [19]. Nilai kandungan TDS memang turun akan tetapi nilainya tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa desain keramik masih belum cukup baik untuk digunakan sebagai membran keramik untuk menyerap kandungan bagian dalam air. Fenomena ini disebabkan oleh banyaknya rongga atau pori-pori pada material keramik akibat pembakaran arang tempurung kelapa dari proses sintering.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan bahwa penambahan arang tempurung kelapa pada keramik zeolit alam berpori meningkatkan densitas Archimedes dan menurunkan bulk densitas serta menunjukkan bahwa porositas keramik meningkat. Peningkatan porositas ini juga meningkatkan laju aliran air. Penambahan arang tempurung kelapa juga dapat mengurangi kadar air. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air hasil saringan semakin baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Situmorang and J. Willem, "Kimia Lingkungan," no. 061, pp. 6613319–6614002, 2012.
- [2] J. Baosaree *et al.*, "The Effect of Rice Husk Charcoal and Sintering Temperature on Porosity of Sintered Mixture of Clay and Zeolite," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 11, no. 8, pp. 1–12, 2018, doi: 10.17485/ijst/2018/v11i8/104310.
- [3] S. M. B. Respati, R. Soenoko, Y. S. Irawan, W. Suprpto, D. K. Wicaksono, and H. Purwanto, "The effect of palm fibers addition on density, porosity, water discharge and TDS of the natural zeolite ceramic," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1977, 2018, doi: 10.1063/1.5042927.
- [4] L. Han *et al.*, "Preparation of porous ceramics with waste zeolites as raw material," <https://doi.org/10.1080/17436753.2020.1817710>, vol. 119, no. 8, pp. 448–455, Nov. 2020, doi: 10.1080/17436753.2020.1817710.
- [5] A. Ma'Ruf and M. A. S. Al Fathoni, "Development of porous ceramic membrane from natural zeolite - Clay for microfiltration," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 403, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/403/1/012006.
- [6] B. Jafari, M. Abbasi, S. A. Hashemifard, and M. Sillanpää, "Elaboration and characterization of novel two-layer tubular ceramic membranes by coating natural zeolite and activated carbon on mullite-alumina-zeolite support: application for oily wastewater treatment," <https://doi.org/10.1080/21870764.2020.1793475>, pp. 848–861, 2020, doi: 10.1080/21870764.2020.1793475.
- [7] Y. K. Siong, J. Idris, and M. M. Atabaki, "Performance of Activated Carbon in Water Filters."

- [8] A. FrancicsA, "Waste Water Treatment Unit Using Activated Charcoal," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, Accessed: Mar. 27, 2023. [Online]. Available: [www.irjet.net](http://www.irjet.net).
- [9] M. Tadda *et al.*, "A Review On Activated Carbon: Process, Application And Prospects," *J. Adv. Civ. Eng. Pract. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–13, 2016, [Online]. Available: [www.ababilpub.com/jaceprhttp://dx.doi.org/xxhttp://ababilpub.com/download/jacepr2-1-3/](http://www.ababilpub.com/jaceprhttp://dx.doi.org/xxhttp://ababilpub.com/download/jacepr2-1-3/).
- [10] M. Sweetman *et al.*, "Activated Carbon, Carbon Nanotubes and Graphene: Materials and Composites for Advanced Water Purification," *C*, vol. 3, no. 4, p. 18, 2017, doi: 10.3390/c3020018.
- [11] A. R. Telgote and S. S. Patil, "Study and Application of Various Activated Carbons and Ash used in Water Purification Techniques: A Review," *Curr. World Environ.*, vol. 15, no. 3, pp. 384–397, 2020, doi: 10.12944/cwe.15.3.03.
- [12] A. T. Alves, D. J. Lasmar, I. P. de Andrade Miranda, J. da Silva Chaar, and J. dos Santos Reis, "The Potential of Activated Carbon in the Treatment of Water for Human Consumption, a Study of the State of the Art and Its Techniques Used for Its Development," *Adv. Biosci. Biotechnol.*, vol. 12, no. 06, pp. 143–153, 2021, doi: 10.4236/abb.2021.126010.
- [13] O. O. Ijaola, K. Ogedengbe, and A. Y. Sangodyn, "On The Efficacy of Activated Carbon Drived From Bamboo in the Adsorption of Water Contaminants," *Int. J. Eng. Invent.*, vol. 2, no. 4, pp. 29–34, 2014.
- [14] A. Musa, S. Salaeh, K. Mohammed, Y. H. Labaran, J. Z. Yau, and H. Mato, "Evaluation of Potential Use of Charcoal as a Filter Material In Water Treatment," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, no. May, pp. 1930–1939, 2020, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/341387361>.
- [15] T. Silva, C. Barbosa, B. Gama, G. Nascimento, and M. Duarte, "Adding value to agro-industrial residue: Phenol removal using adsorbent prepared from peanut husks," *Mater. Mag.*, vol. 23, no. 1, 2018.
- [16] R. V. de Lima, A. C. C. de Araújo, M. F. F. Pego, B. C. D. Soares, M. L. Bianchi, and P. F. Trugilho, "Activated carbon quality produced by tectona grandis wastes: Activation methods and adsorption capacity," *Rev. Mater.*, vol. 25, no. 4, pp. 1–11, 2020, doi: 10.1590/S1517-707620200004.1191.
- [17] E. Budi, U. Umiatin, H. Nasbey, R. A. Bintoro, F. Wulandari, and E. Erlina, "Adsorption and Pore of Physical-Chemical Activated Coconut Shell Charcoal Carbon," 2018, doi: 10.1088/1757-899X/335/1/012007.
- [18] S. S. Ratnoji and N. Singh, "A study of coconut shell - activated carbon for filtration and its comparison with sand filtration," *Int. J. Renew. Energy Environ. Eng.*, vol. 02, no. 03, pp. 3–6, 2014.
- [19] S. Jamilatun and I. Mufandi, "The Effectiveness of Activated Charcoal from Coconut Shell as The Adsorbent of Water Purification in The Laboratory Process of Chemical Engineering Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta," *J. Tek. Kim. dan Lingkungan.*, vol. 4, no. 2, p. 113, 2020, doi: 10.33795/jtkl.v4i2.151.
- [20] S. Mohd Samdin, L. H. Peng, and M. Marzuki, "Investigation of coconut shells activated carbon as the cost effective absorbent in drinking water filter," *J. Teknol.*, vol. 77, no. 22, pp. 13–17, 2015, doi: 10.11113/jt.v77.6656.
- [21] S. M. B. Respati, R. Soenoko, Y. S. Irawan, W. Suprpto, W. B. Saputra, and H. Purwanto, "Capillary velocity of natural zeolite porous ceramic in different sintering temperatures," *MM Sci. J.*, vol. 2017, no. JUNE, pp. 1803–1805, Jun. 2017, doi: 10.17973/MMSJ.2017\_06\_2016104.
- [22] M. B. Berger and C. Cc, "The Importance And Testing Of Density / Porosity / Permeability / Pore Size For Refractories," Accessed: Mar. 27, 2023. [Online]. Available: [www.pitara.com](http://www.pitara.com).
- [23] S. M. B. Respati, R. Soenoko, Y. S. Irawan, and W. Suprpto, "Interfacial shear stress with pull-out test at zeolite ceramic matrix and SS316 single fiber," *Rev. Mater.*, vol. 23, no. 1, 2018, doi: 10.1590/s1517-707620170001.0316.
- [24] S. Sen Chang, D. Gunnell, B. W. Wheeler, P. Yip, and J. A. C. Sterne, "The evolution of the epidemic of charcoal-burning suicide in Taiwan: A spatial and temporal analysis," *PLoS Med.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–11, 2010, doi: 10.1371/journal.pmed.1000212.