
OPTIMASI PENAMBAHAN ARANG SEKAM PADI PADA KERAMIK ZEOLIT BERPORI TERHADAP SIFAT FISIK, PERMEABILITAS, DAN EFEKTIVITAS PENYARINGAN AIR

Safrudin Achmad Zailani¹, Sri Mulyo Bondan Respati^{2*}, Muhammad Dzulfikar³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang
Jln. Menoreh tengah X/22 Sampangan, Semarang, Indonesia

*) Email: bondan@unwahas.ac.id

ABSTRAK

Air merupakan komponen esensial bagi kehidupan, digunakan manusia untuk berbagai kebutuhan seperti konsumsi, kebersihan, dan aktivitas domestik lainnya. Namun, kualitas air semakin terancam akibat pencemaran dari limbah industri maupun rumah tangga yang dibuang tanpa pengolahan, sehingga berpotensi mengandung logam berat dan zat berbahaya. Meskipun berbagai teknologi filtrasi telah dikembangkan, masih terdapat keterbatasan dalam menghasilkan media filtrasi yang ekonomis, efektif, dan ramah lingkungan, khususnya dalam pemanfaatan material lokal seperti zeolit alam dan limbah biomassa sebagai pembentuk pori. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan arang sekam padi terhadap karakteristik fisik dan kinerja filtrasi membran keramik berbasis zeolit alam. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan pembuatan membran melalui proses pencampuran bahan, pencetakan, dan sintering pada suhu tertentu. Membran keramik dibuat menggunakan bahan dasar zeolit alam yang dikombinasikan dengan arang sekam padi sebagai pembentuk pori dengan variasi komposisi 0; 2,5; 5; 7,5; dan 10 gram. Bahan disaring menggunakan ayakan 80 mesh dan 120 mesh, dengan fraksi yang tidak lolos 120 mesh digunakan sebagai bahan utama. Pengujian dilakukan menggunakan air sumur dari lingkungan Universitas Wahid Hasyim Semarang dengan nilai awal TDS sebesar 521 ppm. Parameter yang dianalisis meliputi susut massa, susut volume, densitas (bulk dan Archimedes), porositas, serta laju aliran air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar arang sekam padi menyebabkan kenaikan susut massa tertinggi 16,35 % dan porositas tertinggi 61,34 %, namun menurunkan densitas terendah 0,76 % dan susut volume terendah 18,15 %. Selain itu, peningkatan porositas berkontribusi pada kenaikan laju aliran air tertinggi 16 ml/menit dan penurunan nilai TDS, dengan nilai terbaik mencapai 106 ppm. Dengan demikian, penambahan arang sekam padi terbukti berpengaruh signifikan dalam meningkatkan performa filtrasi dan kualitas air hasil penyaringan, sehingga berpotensi sebagai solusi alternatif filtrasi air yang efisien dan ramah lingkungan.

Kata Kunci : Keramik, zeolit, arang_sekam_padi, filter, TDS.

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi kehidupan manusia, terutama untuk konsumsi, sanitasi, dan aktivitas domestik. Kualitas air yang layak konsumsi harus memenuhi standar tertentu, salah satunya adalah kandungan Total Dissolved Solids (TDS). Air minum yang baik umumnya memiliki kadar TDS rendah, sehingga tidak membahayakan kesehatan. Namun, meningkatnya pencemaran air akibat limbah industri dan domestik menyebabkan kualitas air menurun, sehingga diperlukan teknologi pengolahan air yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan (Permenkes Nomor 2, 2023).

Di Indonesia, permasalahan kualitas air masih menjadi isu yang signifikan, terutama pada sumber air tanah dan air sumur yang banyak digunakan masyarakat. Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah, seperti zeolit alam, yang belum dimanfaatkan secara optimal sebagai media filtrasi air. Zeolit dikenal memiliki struktur berpori dan kemampuan sebagai adsorben serta penukar ion, sehingga berpotensi besar digunakan dalam teknologi penyaringan air. (Sa'idi, 2020). Untuk mengurangi kadar kandungan air diperlukan filter air yang murah, efisien dan ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan teknologi membran.

Berbagai penelitian telah mengkaji penggunaan zeolit sebagai media filtrasi, namun umumnya masih terbatas pada bentuk granular atau serbuk, dengan keterbatasan pada stabilitas mekanik dan efisiensi aliran. Pengembangan dalam bentuk membran keramik berpori berbasis zeolit masih relatif terbatas, khususnya yang memanfaatkan bahan tambahan alami sebagai pembentuk pori (Respati et al., 2018). Di sisi lain, limbah biomassa seperti sekam padi memiliki potensi sebagai

bahan pembentuk pori karena kandungan karbonnya yang tinggi setelah proses karbonisasi. Meskipun demikian, pemanfaatan arang sekam padi dalam membran keramik zeolit sebagai media filtrasi air belum banyak diteliti secara sistematis, terutama terkait pengaruh variasi komposisi terhadap sifat fisik dan kinerja filtrasi (Rokhim et al., 2021). Hal ini menunjukkan adanya research gap dalam pengembangan material filtrasi berbasis sumber daya lokal yang terintegrasi dan berkelanjutan.

Sekam padi merupakan limbah dengan nilai ekonomi relatif rendah dan pemanfaatannya masih belum optimal. Proses pembuatan arang aktif dari sekam padi meliputi beberapa tahapan, yaitu karbonisasi, aktivasi, karakterisasi, dan pengujian. Tahap karbonisasi dilakukan dalam kondisi minim oksigen untuk menghasilkan arang sekam dengan kualitas yang baik. Sedangkan aktivasi merupakan perendaman arang sekam menggunakan tiga jenis larutan, yaitu akuades, natrium hidroksida (NaOH), dan asam klorida (HCl). Karakterisasi arang aktif meliputi daya serap terhadap Iodin dan biru metilena (Cahya R, 2022). Arang aktif dari sekam padi yang dihasilkan memiliki kadar abu 2.11%, daya serap terhadap biru metilena 278.43 mg/g, pH sebesar 6.2, dan kadar air 4.22%. Karakteristik arang aktif yang dihasilkan dari sekam padi telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk arang aktif. Sekam padi merupakan limbah dengan nilai ekonomi relatif rendah dan pemanfaatannya masih belum optimal. Proses pembuatan arang aktif dari sekam padi meliputi beberapa tahapan, yaitu karbonisasi, aktivasi, karakterisasi, dan pengujian. Tahap karbonisasi dilakukan dalam kondisi minim oksigen untuk menghasilkan arang sekam dengan kualitas yang baik. (Mahfuzin Dkk, 2016). Pembuatan keramik dengan menggunakan arang sekam padi pernah dilakukan dengan hasil penambahan abu sekam membuat keramik semakin berpori (Siagian & Hutabalian, 2012). Penambahan arang sekam padi ini diharapkan dapat menambah daya serap keramik zeolit seperti arang batok kelapa (Respati et al., 2017).

State of the art penelitian ini terletak pada pengembangan membran keramik berpori berbasis zeolit alam dengan penambahan arang sekam padi sebagai pore-forming agent, yang diharapkan mampu meningkatkan porositas dan kinerja filtrasi secara optimal. Pendekatan ini mengintegrasikan material mineral dan limbah biomassa untuk menghasilkan media filtrasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi penambahan arang sekam padi terhadap karakteristik fisik (susut massa, susut volume, densitas, dan porositas) serta kinerja filtrasi (laju aliran air dan penurunan nilai TDS) pada membran keramik berpori berbasis zeolit alam.

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah bahwa penambahan arang sekam padi sebagai pembentuk pori akan meningkatkan porositas membran, yang berdampak pada peningkatan laju aliran air dan efektivitas penurunan TDS, meskipun berpotensi menurunkan densitas material.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Tahapan yang dilakukan dalam proses pembuatan membran keramik meliputi:

a) Persiapan alat dan bahan

Sebelum pelaksanaan penelitian, dilakukan pengecekan terhadap kondisi dan fungsi peralatan yang akan digunakan, seperti neraca digital, alat press, dan alat pemanas, guna memastikan seluruh alat bekerja dengan baik. Selanjutnya, disiapkan bahan penelitian berupa zeolit dan arang sekam padi yang kemudian diayak untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam, yaitu lolos ayakan 80 mesh dan tertahan pada ayakan 120 mesh. Keseragaman ukuran partikel zeolit dan arang sekam padi diharapkan dapat menghasilkan distribusi pori yang homogen pada seluruh bagian keramik. Zeolit yang digunakan merupakan zeolit komersial yang mudah diperoleh di pasaran, sedangkan arang sekam padi diperoleh dari penjual pupuk. Serbuk zeolit dan arang sekam padi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Serbuk zeolit dan serbuk arang sekam padi.

b) Proses pembuatan campuran bahan.

Pada tahap ini, serbuk zeolit dan arang sekam padi dengan ukuran partikel 80 mesh dicampurkan dan kemudian diaduk. Proses pengadukan bertujuan untuk memperoleh campuran yang merata dan homogen. (Wiyono et al., 2024). Pengaduk horizontal yang digunakan untuk mencampur serbuk material ditampilkan pada Gambar 2. Setelah proses pengadukan awal, bahan kemudian ditambahkan air secukupnya dan diaduk kembali hingga homogen sehingga terbentuk adonan yang siap untuk dicetak.



Gambar 2. Pengaduk horizontal

Komposisi dari pencampuran penadukan di antara zeolit dan arang sekam padi, dapat dilihat pada Tabel 1.

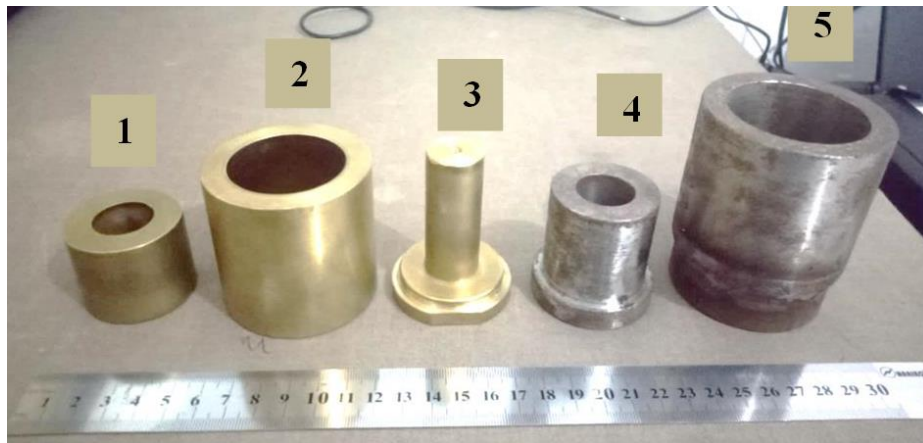
Tabel 1 Presentase komposisi bahan yang digunakan:

No.	Zeolit	Arang Sekam Padi
1	50,0 gram	0,0 gram
2	47,5 gram	2,5 gram
3	45,0 gram	5,0 gram
4	42,5 gram	7,5 gram
5	40,0 gram	10,0 gram

c) Proses pembentukan (pencetakan).

Setelah campuran zeolit dan arang sekam padi homogen, adonan dibentuk menggunakan cetakan silinder berbahan kuning. Cetakan terdiri dari tiga komponen, yaitu core dengan

diameter luar 62 mm, diameter dalam 43 mm, dan tinggi 63 mm; cavity dengan diameter 22 mm dan tinggi 66 mm; serta bagian penekan (pressing) dengan diameter luar 43 mm, diameter dalam 22 mm, dan tinggi 35 mm. Adonan dimasukkan ke dalam cetakan hingga penuh, kemudian ditekan menggunakan tuas dan dipress pada tekanan 400 kg/cm² (40 MPa) selama 5 menit. Setelah proses pengepresan selesai, green body dikeluarkan dari cetakan. Bentuk cetakan spesimen ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Cetakan.

Keterangan gambar Cetakan: 1. *Pressing*, 2. *Core*, 3. *As Cavity*, 4. *JIG press*, 5. *JIG lepas*

d) Proses sintering (pembakaran).

Setelah proses pencetakan selesai, sampel kemudian disinter menggunakan furnace merk Nabertherm dengan laju pemanasan 5°C/menit dan waktu penahanan pada suhu sintering selama 4 jam. Pendinginan dilakukan secara alami di dalam furnace hingga mencapai suhu kamar tanpa membuka tungku. Bentuk spesimen setelah proses sintering ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Spesimen setelah di sintering

e) Proses pendinginan sampel.

Setelah proses sintering pada suhu 900°C dengan waktu penahanan selama 4 jam, sampel kemudian didinginkan hingga mencapai suhu kamar dengan cara mematikan furnace tanpa membukanya (pendinginan dilakukan di dalam furnace). Metode ini bertujuan untuk mencegah terjadinya retakan akibat perubahan suhu yang terlalu cepat.

Setelah suhu di dalam furnace mencapai suhu kamar, sampel diambil untuk dilakukan pengujian dan analisis. Pengujian sifat fisik meliputi susut massa, susut volume, densitas, porositas, laju aliran air, serta nilai TDS (Total Dissolved Solids). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium

Material Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang, sedangkan pengujian dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada (LPPT UGM). Proses pengujian laju aliran air ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian laju air.

Pengujian TDS menggunakan alat merk AZ Instrument 8362 TDS Meter.

f) Perhitungan sifat fisik:

1) Perhitungan Susut Pemanasan (Respati et al., 2016).

- a. Susut volume merupakan rasio antara perubahan volume (ΔV) terhadap volume awal sampel sebelum proses pemanasan dilakukan.

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

dimana: V_o = adalah volume awal sampel sebelum mengalami proses pemanasan (cm^3).
 V_t = Volume sampel setelah mengalami proses pemanasan (cm^3).

- b. Susut massa merupakan perbandingan antara perubahan massa (Δm) dengan massa awal sampel sebelum proses pemanasan (m_o).

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

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

2) Perhitungan Densitas (Berger & Cc, 2010).

- a. *Bulk Densitas Kerapatan isi (Bulk Density)* adalah berat persatuan volume keramik lering oven, termasuk ruang pori. Satuan *Bulk Densitas* sangat dipengaruhi oleh porositas keramik.

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

dimana: m_t = Massa sampel setelah mengalami proses pemanasan (gram).
 V_t = Volume sampel setelah melalui proses pemanasan (cm^3).

b. Densitas Archimedes

Menurut prinsip Archimedes, suatu benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya dalam fluida akan mengalami gaya ke atas (gaya apung) yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda tersebut.

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

dimana: m_t = Berat sampel setelah melalui proses pemanasan (gram).

m_a = Massa sampel saat berada di dalam air (gram).

3) Perhitungan Pori-pori (Berger & Cc, 2010).

Porositas merupakan ukuran jumlah ruang kosong yang terdapat dalam suatu material, dinyatakan sebagai perbandingan antara volume pori terhadap volume total. Nilainya berkisar antara 0 hingga 1 atau dapat dinyatakan dalam persen (0–100%). Besarnya porositas dipengaruhi oleh jenis material, ukuran partikel, distribusi pori, tingkat sementasi, riwayat diagenesis, serta komposisi bahan tersebut.

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

dimana: V_s = Volume spesimen setelah sampel mengalami proses pemanasan (cm^3).

V_t = Volume sampel setelah melalui proses pemanasan (cm^3).

Perhitungan volume spesimen dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (6):

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

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

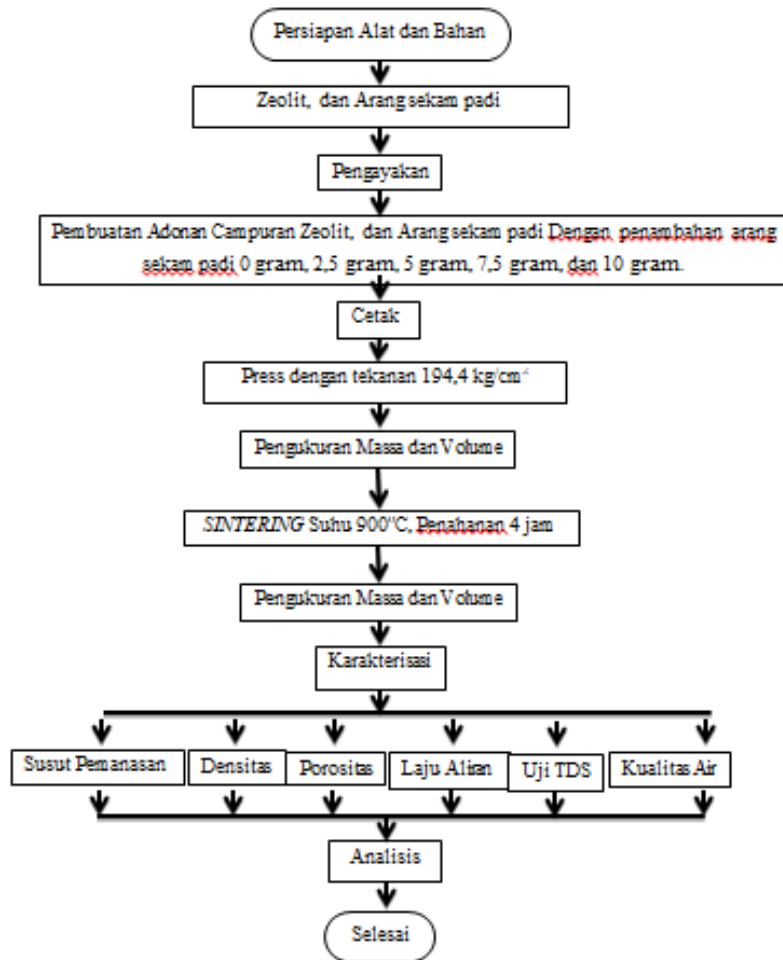
g) Parameter Variabel

Variabel Bebas: Penambahan Arang Sekam Padi pada zeolit: 0; 2,5; 5; 7,5 dan 10 %.

Variabel Terikat: Penyusutan Volume dan Massa, Densitas Bulk dan Archimedes, Porositas, Laju Aliran Air, TDS.

h) Diagram Alir Penelitian

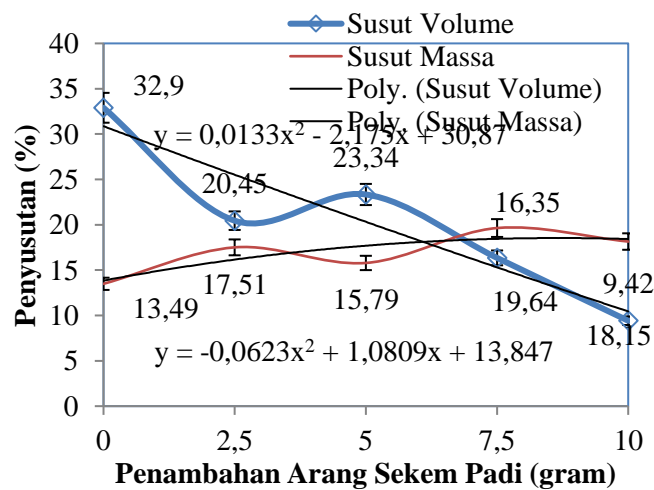
Tahapan penelitian ini diawali dengan persiapan bahan baku berupa bubuk zeolit dan arang sekam padi. Selanjutnya, kedua bahan tersebut diayak menggunakan ukuran mesh 80 agar diperoleh ukuran partikel yang seragam. Diagram alir proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

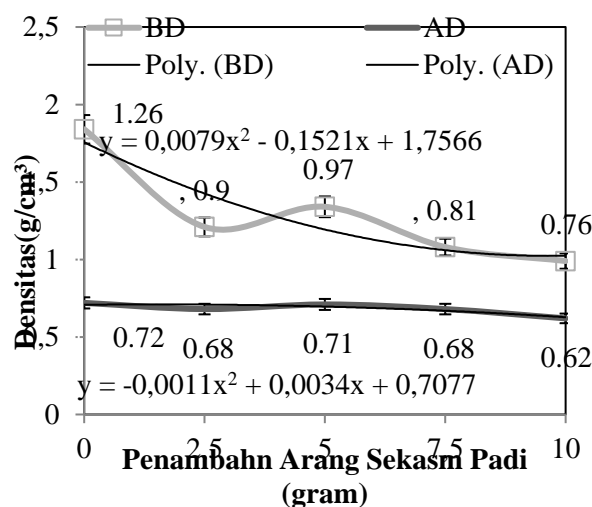
Tujuan pengujian ini untuk mengetahui susut pemanasan volume dan susut pemanasan massa. Material keramik berwarna merah bata keputih-putihan dan strukturnya lebih kuat dibanding sebelum melewati proses *sintering*. Hasil dari penyusutan dapat dijelaskan melalui Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Susut Pemanasan

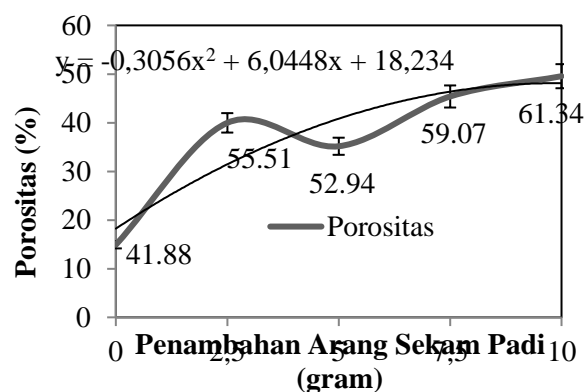
Gambar 7 memperlihatkan adanya perubahan nilai penyusutan, baik pada peningkatan susut massa dan penurunan dengan susut volume. Penyusutan yang signifikan terjadi pada perbandingan pencampuran arang sekam padi 10 gram. Berdasarkan grafik, dapat diperoleh informasi mengenai nilai susut volume dan susut massa saling berbanding terbalik yaitu semakin tinggi kandungan arang sekam padi maka semakin tinggi penyusutan terhadap massa. Akan tetapi pada penyusutan volume material keramik tersebut semakin rendah, ini dikarenakan arang sekam padi yang terdapat didalam material keramik terbakar pada saat proses *sintering* dan menimbulkan rongga atau pori-pori di dalam material keramik tersebut. Sehingga berat pada material keramik mengalami penyusutan. Selain itu pemanasan menyebabkan hilangnya air yang dikandung bahan keramik dan antar butiran zeolit, arang sekam padi yang saling mengikat. Hal ini sejalan dengan teori penyusutan (Rokhim et al., 2021).

Penyusutan ini tidak sejalan dengan densitas atau berat jenis. Hal ini karena arang menyebabkan porositas sehingga densitasnya menurun. Penurunan densitas dapat dilihat pada Gambar 8.



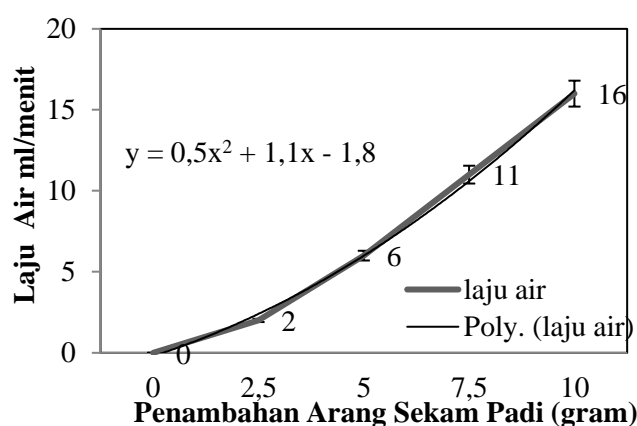
Gambar 8. Grafik Densitas

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai densitas bulk terendah diperoleh pada penambahan arang sekam padi sebesar 2,5 gram, sedangkan nilai tertinggi terjadi pada komposisi tanpa penambahan arang sekam padi (0 gram). Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah arang sekam padi yang ditambahkan, maka nilai kerapatan material cenderung menurun. Sementara itu, densitas berdasarkan metode Archimedes juga menunjukkan nilai terendah pada komposisi 2,5 gram. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya. (Respati et al., 2022).



Gambar 9 Grafik pengujian porositas

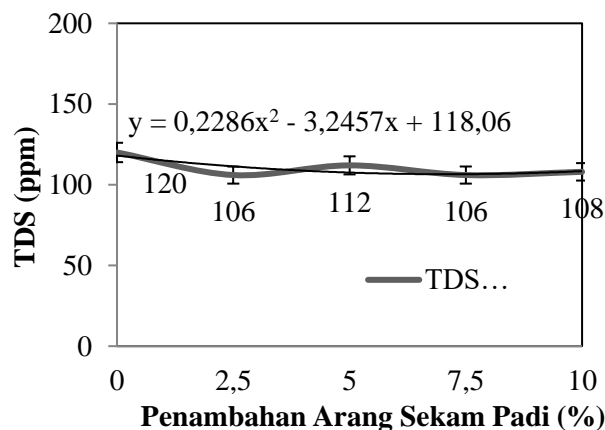
Gambar 9 menampilkan grafik porositas yang menunjukkan bahwa penambahan arang sekam padi memberikan pengaruh terhadap nilai porositas. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak arang sekam padi yang ditambahkan, maka nilai porositas material akan semakin meningkat. Peningkatan ini disebabkan oleh terbentuknya lebih banyak rongga atau pori-pori yang berasal dari arang sekam padi yang terbakar selama proses sintering. Mekanisme ilmiah pada material keramik berbasis zeolit dan arang sekam padi dapat dijelaskan melalui perubahan mikrostruktur dan proses difusi selama sintering serta interaksi material saat filtrasi. Pada proses sintering, partikel zeolit mengalami difusi permukaan dan difusi batas butir yang menyebabkan terbentuknya ikatan antarpartikel (necking) dan terjadinya densifikasi. Di sisi lain, arang sekam padi mengalami dekomposisi termal dan pembakaran yang menghasilkan gas seperti CO₂ dan CO, sehingga meninggalkan rongga atau pori dalam struktur material. Akibatnya, semakin tinggi penambahan arang sekam padi, maka jumlah pori yang terbentuk semakin banyak dan menghasilkan struktur keramik berpori (porous ceramic) dengan pori yang saling terhubung. (Respati et al., 2022). Secara fisik penggunaan campuran arang sekam padi juga akan berpengaruh terhadap laju aliran air dalam keramik tersebut. Laju aliran air dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik pengujian laju aliran air

Gambar 10 memperlihatkan grafik hasil pengujian laju aliran air, di mana peningkatan penambahan arang sekam padi menyebabkan laju aliran air menjadi semakin cepat saat proses penyaringan. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya jumlah rongga atau pori-pori dalam material keramik akibat pembakaran arang sekam padi selama proses sintering. Selain itu, interaksi antara zeolit alam dan arang sekam padi selama sintering turut membentuk struktur berpori di dalam material keramik tersebut. Adanya rongga ini mengakibatkan aliran air menjadi lebih lancar sehingga laju aliran airnya semakin deras. Selama proses tersebut, difusi atomik pada zeolit berperan dalam memperkuat ikatan antarpartikel, namun keberadaan arang sekam padi yang terbakar menghambat densifikasi penuh karena terbentuknya ruang kosong. Mikrostruktur yang dihasilkan ini berpengaruh langsung terhadap sifat fisis material, di mana peningkatan porositas menyebabkan penurunan densitas. Pori-pori yang terbentuk terdiri dari makropori yang meningkatkan laju aliran fluida serta mesopori dan mikropori yang berperan dalam proses adsorpsi (Bachtiar et al., 2022).

Dalam aplikasi filtrasi, air mengalir melalui jaringan pori dengan mekanisme aliran Darcy, adveksi, dan difusi molekuler. Semakin tinggi porositas, maka permeabilitas material meningkat sehingga laju aliran air menjadi lebih cepat. Namun, peningkatan ini dapat mengurangi waktu kontak antara air dan permukaan material, sehingga mempengaruhi efisiensi penyaringan. Penurunan nilai TDS terjadi karena peran arang sekam padi sebagai karbon aktif yang memiliki kemampuan adsorpsi tinggi melalui gaya Van der Waals (adsorpsi fisik) maupun interaksi kimia, sementara zeolit berkontribusi melalui mekanisme pertukaran ion dan struktur kristalnya yang berpori (Teng et al., 2024).



Gambar 11. Grafik Pengujian TDS

Gambar 11 menunjukkan bahwa hasil pengujian TDS air mengalami penurunan nilai ppm yang dipengaruhi oleh variasi penambahan arang sekam padi. Semakin rendah nilai ppm yang diperoleh, maka kualitas hasil penyaringan air semakin baik, karena nilai ppm mencerminkan kadar zat terlarut dalam air. Hal ini terjadi karena arang sekam padi berperan sebagai karbon aktif yang efektif sebagai adsorben atau penyerap zat-zat yang melewati material tersebut.

Selain itu, penyusutan massa terjadi akibat hilangnya zat volatil dan pembakaran arang sekam padi, sedangkan penyusutan volume dipengaruhi oleh proses densifikasi zeolit. Namun, pembentukan pori akibat pembakaran arang dapat mengurangi tingkat penyusutan volume secara keseluruhan. Dengan demikian, penambahan arang sekam padi berperan sebagai agen pembentuk pori (pore-forming agent) yang mempengaruhi mikrostruktur, meningkatkan porositas dan laju aliran, menurunkan densitas, serta meningkatkan kemampuan adsorpsi, meskipun terdapat kompromi antara permeabilitas dan efisiensi filtrasi. Namun demikian, hasil penyaringan ini masih menunjukkan bahwa air yang dihasilkan tergolong sebagai air sanitasi, bukan air murni maupun air layak minum. Hal ini disebabkan karena TDS (Total Dissolved Solids) hanya merupakan salah satu parameter dalam menentukan kualitas air, sementara masih terdapat berbagai faktor lain yang mempengaruhi kelayakan air untuk dikonsumsi (Gafur et al., 2022).

Berdasarkan hasil pengujian, air hasil filtrasi menggunakan keramik zeolit dan arang sekam padi belum dapat dikategorikan sebagai air layak minum. Meskipun terjadi penurunan nilai TDS yang menunjukkan adanya peningkatan kualitas air, parameter tersebut hanya merupakan salah satu indikator dan belum cukup untuk menentukan kelayakan konsumsi. Air minum harus memenuhi berbagai persyaratan lain, meliputi aspek fisik, kimia, dan biologis, seperti bebas dari mikroorganisme patogen, logam berat, serta memiliki pH yang sesuai. Oleh karena itu, air hasil filtrasi ini lebih tepat diklasifikasikan sebagai air bersih atau air sanitasi, sehingga masih memerlukan proses pengolahan lanjutan seperti perebusan atau desinfeksi sebelum aman untuk dikonsumsi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, peningkatan kadar arang sekam padi pada keramik berbasis zeolit berpengaruh signifikan terhadap sifat fisis dan kinerja filtrasi material. Peningkatan komposisi arang sekam padi menghasilkan susut massa tertinggi sebesar 16,35% dan porositas tertinggi sebesar 61,34%, sementara nilai densitas menurun hingga 0,76% dan susut volume mencapai nilai terendah sebesar 18,15%. Selain itu, peningkatan porositas juga berkontribusi terhadap kenaikan laju aliran air hingga 16 ml/menit serta penurunan nilai TDS, dengan nilai terbaik mencapai 106 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan komposisi arang sekam padi mempengaruhi mikrostruktur material yang berdampak pada karakteristik aliran dan kemampuan penyaringan zat terlarut.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengoptimalkan komposisi arang sekam padi dan zeolit guna memperoleh keseimbangan antara porositas, kekuatan mekanik, dan efisiensi filtrasi, serta mengkaji pengaruh variasi suhu dan waktu sintering terhadap pembentukan mikrostruktur material. Selain itu, perlu dilakukan pengujian kualitas air yang lebih komprehensif meliputi parameter kimia

dan mikrobiologi agar kinerja filtrasi dapat dievaluasi secara menyeluruh. Pengembangan juga dapat diarahkan pada modifikasi material, seperti aktivasi arang sekam padi atau penambahan lapisan filtrasi lain, guna meningkatkan kemampuan adsorpsi dan selektivitas penyaringan terhadap kontaminan tertentu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi dan Laboratorium Material Universitas Wahid Hasyim yang telah memberikan fasilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, Y. S., Harisuseno, D., & Sidqi, J. (2022). *Prediksi Laju Infiltrasi Berdasarkan Sifat Porositas Tanah, Distribusi Butiran Pasir, dan Lanau*. 2(1), 156–168.
- Berger, M. B., & Cc, C. (2010). The Importance And Testing Of Density / Porosity / Permeability / Pore Size For Refractories. *The Southern African Institute of Mining and Metallurgy Refractories 2010 Conference*. www.pitara.com
- Cahaya R, F. A. (2022). Uji efektivitas karbon aktif dan abu sekam padi dalam menurunkan kadar bod dalam limbah tahu dengan metode absorpsi. In *Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Gafur, A., Hamzah, W., & Syam, N. (2022). Pemanfaatan Sumber Air Bersih Yang Sehat Bagi Masyarakat Abstrak Sumur gali adalah salah satu sumber air bersih yang dipergunakan oleh masyarakat Desa Pucak, Kec. Tompobulu, Kab. Maros. Air bersih dipergunakan untuk berbagai kegiatan sehari-hari. *Ku. Window of Community Dedication Journal*, 3(1), 186–195.
- Mahfuzin Dkk. (2016). Analisis Filter keramik berpori Berbasis Zeolit Alam Dan Arang Sekam Pada Padi Dalam Menurunkan Kandungan Partikel Air Sumur Galian. *Analisis Filter Keramik Berpori Berbasis Zeolit*, 16(1), 63–68.
- Permenkes Nomor 2, T. 2023. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan* (Issue 55).
- Respati, S. M. B., Nugroho, A., Rohim, A. A., & Mauludin, M. S. (2022). Efek Penambahan Tepung Jagung Dalam Keramik Zeolit Sebagai Separator Baterai. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 11(2), 389–396. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v11i2.45268>
- Respati, S. M. B., Soenoko, R., Irawan, Y. S., & Suprpto, W. (2016). Effect of Low Temperature Sintering on the Porosity and Microstructure of Porous Zeolite Ceramic. *Applied Mechanics and Materials*, 836, 219–223. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.836.219>
- Respati, S. M. B., Soenoko, R., Irawan, Y. S., Suprpto, W., Saputra, W. B., & Purwanto, H. (2017). Capillary velocity of natural zeolite porous ceramic in different sintering temperatures. *MM Science Journal*, 2017(JUNE), 1803–1805. https://doi.org/10.17973/MMSJ.2017_06_2016104
- Respati, S. M. B., Soenoko, R., Irawan, Y. S., Suprpto, W., Wicaksono, D. K., & Purwanto, H. (2018). The effect of palm fibers addition on density, porosity, water discharge and TDS of the natural zeolite ceramic. *AIP Conference Proceedings*, 1977. <https://doi.org/10.1063/1.5042927>
- Rokhim, M. A., Respati, S. M. B., & Dzulfikar, M. (2021). Filter Air Bersih Menggunakan Keramik Berpori Studi Kasus Di Kabupaten Demak. *Majalah Ilmiah Momentum*, 17(2), 111–115.
- Sa'idi, M. M. (2020). Analisis Parameter Kualitas Air Minum (Ph, Orp, Tds, Do, Dan Kadar Garam) Pada Produk Air Minum Dalam Kemasan (Amdk). In *Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia*.
- Siagian, H., & Hutabalian, M. (2012). Studi pembuatan keramik berpori berbasis clay dan kaolin alam dengan aditif abu sekam padi. *Jurnal Sainika*, 12(1), 14–23.
- Teng, Y., Li, Z., & Chen, C. (2024). A Comprehensive Review of Pre-Darcy Flows in Low-Permeability Porous Media. *Physics > Geophysics*, 1–49. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.04930>
- Wiyono, T., Takari, L., Rini, S., & Finayani, Y. (2024). *Rekayasa Mesin Mixer Horisontal Untuk Meningkatkan Produktivitas Pakan Ternak Organik Di Ukm Al-Barokah Desa Ronggojati Kecamatan Batuwarno Kabupaten Wonogiri memiliki potensi tinggi*. 5(November), 191–197.