

Efektivitas Pengolahan Air Tanah dalam Mengurangi *Total Suspended Solids* Menggunakan Membran Keramik

Muhammad Riza Pahlevi, Mohamad Mirwan*, Restu Hikmah Ayu Murti

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: mmirwan.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 27 November 2025

Disetujui: 10 Desember 2025

Abstract

Groundwater serves as one of the primary sources of drinking water and requires proper management; however, its quality often declines due to the presence of suspended particles or Total Suspended Solids (TSS) carried when the water is pumped from the soil layers. High TSS levels in water can reduce cleanliness, cause unpleasant odors, and promote microorganism growth. Moreover, the deposition of suspended particles can clog water channels and accelerate the deterioration of sanitation installations, thereby reducing environmental hygiene. The purpose of this study is to analyze the effect of composition variations and sintering temperatures of ceramic membranes on the effectiveness of filtration in reducing TSS concentrations in groundwater, as well as to determine the optimum membrane performance based on TSS reduction and filtration rate. The research was conducted using variations in the composition ratios of clay:zeolite:rice husk charcoal (85:10:5 and 80:10:10) and sintering temperatures of 900 °C and 850 °C. Samples were collected at 0 and 60 minutes during the filtration process. The highest TSS removal efficiency (100%) was achieved by the membrane with a composition ratio of 85:10:5 and a sintering temperature of 900 °C.

Keywords: groundwater, filtration, ceramic membrane, tss

Abstrak

Air tanah berfungsi sebagai salah satu sumber utama air minum dan memerlukan pengelolaan yang tepat; namun, kualitasnya sering menurun akibat keberadaan partikel tersuspensi atau *Total Suspended Solids* (TSS) yang terbawa saat air dipompa dari lapisan tanah. Tingginya kadar TSS dalam air dapat menurunkan tingkat kebersihan, menimbulkan bau tidak sedap, dan memicu pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, endapan partikel tersuspensi dapat menyumbat saluran air dan mempercepat kerusakan instalasi sanitasi, sehingga menurunkan kualitas kebersihan lingkungan. Riset ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi dan suhu sintering membran keramik terhadap efektivitas filtrasi dalam menurunkan konsentrasi TSS pada air tanah, serta menentukan kinerja membran yang paling optimal berdasarkan penurunan TSS dan laju filtrasi. Penelitian dilakukan menggunakan variasi rasio komposisi tanah liat:zeolit:arang sekam padi (85:10:5 dan 80:10:10) serta suhu sintering 900 °C dan 850 °C. Pengambilan sampel dilakukan pada menit ke-0 dan menit ke-60 selama proses filtrasi. Efisiensi penurunan TSS tertinggi (100%) dicapai oleh membran dengan komposisi 85:10:5 dan suhu sintering 900 °C.

Kata Kunci: air tanah, filtrasi, membran keramik, tss

1. Pendahuluan

Air tanah merupakan seluruh air yang tersimpan di pada formasi akuifer yang berada di bawah tanah, mencakup mata air yang timbul secara alami. Peranannya kian signifikan karena menyediakan sumber utama bagi pemenuhan kebutuhan dasar manusia. Air tanah diperoleh dari sumber air permukaan (seperti sungai, danau, dan air hujan) yang masuk ke dalam tanah pada wilayah imbuhan (*recharge area*), kemudian mengalir pada daerah pelepasan (*discharge area*) [1]. Setiap individu membutuhkan air sekitar 5 liter/hari untuk kebutuhan minum, Di sisi lain, konsumsi air rumah tangga di Indonesia dapat mencapai 60 liter per hari.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Lampiran VI mengenai Baku Mutu Air Nasional menyatakan bahwa kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dalam air termasuk dalam Kelas II. Kelas ini mencakup air yang diperuntukkan bagi sarana/prasarana rekreasi, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pertanian, dan keperluan lain dengan kualitas serupa, dengan batas standar TSS sebesar 50 mg/L. Total padatan tersuspensi merupakan partikel-partikel dalam air, termasuk partikel tanah (lempung, pasir, dan lanau), alga, plankton, serta berbagai zat lainnya dengan ukuran berkisar antara 0.004

mm hingga 1.0 mm [2]. Konsentrasi TSS yang banyak dalam badan air mampu menurunkan kadar oksigen terlarut dan menghambat proses fotosintesis tumbuhan air, baik mikro maupun makro, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kematian ikan akibat kekurangan oksigen. Peningkatan kadar TSS merupakan salah satu penyebab utama kekeruhan pada sumber air. TSS, atau *Total Suspended Solids*, adalah material padat halus yang tersuspensi dalam air, yang terdiri dari bahan organik dan anorganik dengan diameter partikel sekitar 0,045 μm [3].

Proses filtrasi dalam pengolahan air limbah dilakukan untuk memisahkan padatan dan cairan menggunakan media berpori, guna mengurangi sebanyak mungkin partikel tersuspensi dan koloid di dalam air. Tujuan utama filtrasi adalah menghilangkan partikel-partikel tersebut dengan mengalirkan air melalui media penyaring [4].

Membran keramik merupakan material berbahan dasar tanah liat yang sudah menjalani proses sintering. Membran ini memiliki sifat-sifat yang sesuai untuk beragam penerapan, meliputi kapasitas unggul, tingkat konduktivitas termal yang rendah, ketahanan terhadap korosi, kekerasan, serta kekuatan mekanik, meskipun sifatnya cenderung rapuh. Performa filter keramik yang terbuat dari tanah liat dapat mengalami peningkatan yang cukup besar dengan penambahan bahan aditif yang dapat terbakar, yang berfungsi membentuk jaringan pori antarpartikel sehingga meningkatkan laju aliran, serta penambahan senyawa bersifat bakterisidal untuk membantu menghilangkan patogen. Berbeda dengan proses desinfeksi kimia atau termal, filter keramik tidak mengubah rasa maupun suhu air secara signifikan, dan efektif dalam menurunkan kekeruhan [5].

Membran keramik umumnya tersusun atas tanah liat, abu sekam padi, dan zeolit. Tanah liat bersifat berpori serta mampu mengadsorpsi zat dan memfasilitasi pertukaran ion (Urabe, 2006). Abu sekam padi berfungsi sebagai agen pembentuk pori yang akan terbakar saat proses sintering, menghasilkan pori-pori halus yang memengaruhi laju aliran dan kekuatan mekanik membran. Zeolit ditambahkan sebagai media adsorben untuk meningkatkan kemampuan membran dalam menyisihkan polutan, berkat sifatnya seperti pertukaran ion, adsorpsi, penyaringan molekuler, katalisis, dan proses dehidrasi-rehidrasi [6].

Suhu sintering sangat memengaruhi sifat membran, terutama debit air, yang cenderung menurun seiring meningkatnya suhu. Pada suhu sekitar 800 °C, membran umumnya memiliki struktur amorf dengan ukuran butir permukaan yang tidak homogen [7]. Ketidakhomogenan ini dapat menyebabkan partikel membran terlepas dan menyumbat pori-pori, sehingga menurunkan laju filtrasi atau permeabilita [8].

2. Metode Penelitian

2.1 Peralatan dan Bahan Penelitian

Instrument yang digunakan meliputi ayakan 80 dan 100 mesh, furnace, cetakan membran, pipa \varnothing 5 inci (100 cm) beserta fitting-nya, aerator, tangki penampung, selang, dan botol sampel.

Bahan utama yang digunakan sebagai campuran membran keramik dalam penelitian ini adalah tanah liat, zeolit, dan arang sekam padi. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi komposisi bahan (tanah liat, zeolit, dan arang sekam padi) serta suhu sintering. Komposisi membran keramik disiapkan dalam dua perbandingan, yaitu 85:10:5 dan 80:10:10. Selain itu, membran disintering pada dua suhu yang berbeda, yaitu 850 °C dan 900 °C. Setelah menentukan bahan dan variabel penelitian, langkah berikutnya adalah menyiapkan peralatan yang diperlukan untuk proses pembuatan membran.

2.2 Langkah Penelitian

Terdapat beberapa tahapan dalam proses penelitian dalam filtrasi membran keramik, antara lain sebagai berikut.

2.2.1 Preparasi Membran Keramik

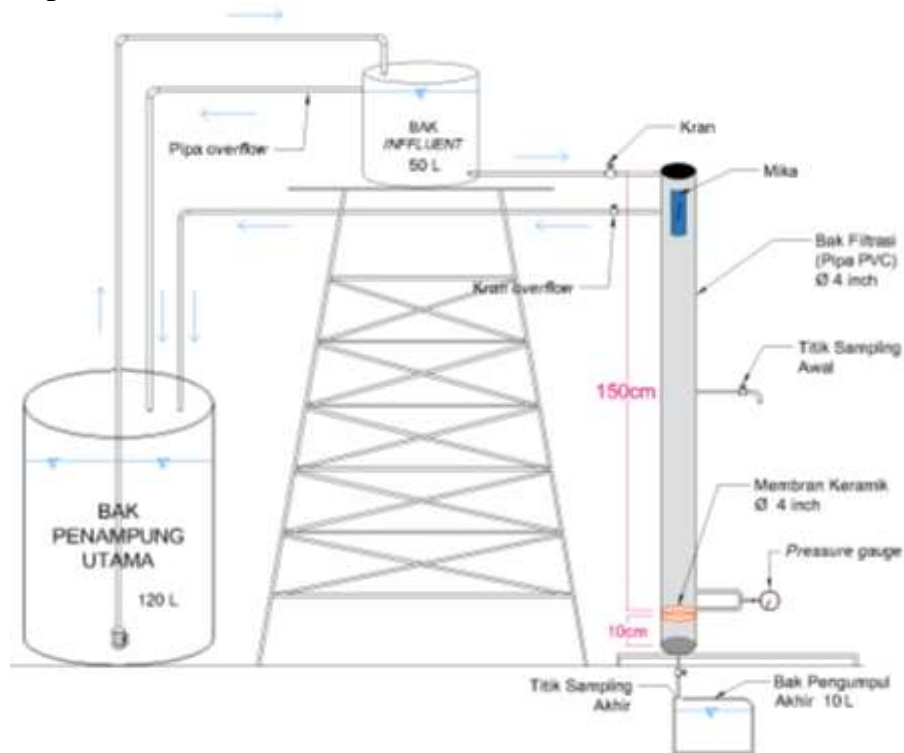
Proses pembuatan membran keramik dimulai dengan tahap persiapan bahan. Tanah liat dipotong tipis lalu dikeringkan selama 7 hari., kemudian digiling dan diayak hingga menjadi serbuk ukuran 100 mesh. Zeolit yang awalnya berbentuk butiran kasar digiling menjadi serbuk halus dan diayak hingga lolos 100 mesh. Sekam padi dihancurkan menjadi bubuk halus dan disaring hingga melewati ukuran 100 mesh. Selanjutnya, tanah liat dicampurkan secara merata dengan bahan aditif (zeolit dan arang sekam padi) sesuai perbandingan volume yang telah ditentukan, kemudian ditambahkan sedikit air hingga terbentuk adonan yang homogen.

Adonan membran kemudian dicetak menggunakan cetakan menjadi membran berbentuk cakram dengan diameter 12 cm dan ketebalan 1 cm lebih besar dari ketebalan target untuk mengantisipasi penyusutan selama proses pengeringan. Setelah pencetakan, membran dikeringkan pada suhu ruang selama 7 hari. Membran kemudian dibakar sesuai variasi suhu yang telah ditetapkan selama 7 jam dengan

peningkatan suhu secara bertahap hingga mencapai suhu sintering optimum. Proses pendinginan dilakukan secara perlahan dari furnace hingga mencapai suhu ruang, setelah itu membran siap untuk diuji.

2.2.2 Filtrasi *Total Suspended Solid* (TSS) Membran Keramik

Setelah membran keramik siap, dilakukan analisis efektivitasnya dalam menurunkan kandungan *Total Suspended Solids* (TSS) pada air tanah. Tahap awal meliputi pencucian membran menggunakan air suling untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran hasil pembakaran. Sampel air tanah kemudian dikumpulkan dalam tangki penampung, dan sampel awal diambil untuk analisis TSS sebelum proses aerasi. Aerasi dilakukan selama 1 jam, kemudian dilanjutkan dengan proses filtrasi menggunakan sistem aliran gravitasi dari tangki influen menuju kolom filtrasi. Setelah kolom terisi, bagian atasnya ditutup untuk mencegah masuknya udara. Proses filtrasi dilakukan selama 60 menit, dan sampel diambil pada bagian inlet dan outlet untuk analisis *Total Suspended Solid* (TSS). Prosedur yang sama diterapkan pada semua variasi komposisi dan suhu sintering.



Gambar 1. Desain Reaktor Membran Keramik
 Sumber: Data Penelitian

2.2.3 Uji Karakteristik Membran Keramik

Penelitian ini melibatkan tiga prosedur analisis dalam proses karakterisasinya, yaitu uji debit filtrasi, uji porositas, dan uji kuat tekan membran keramik

2.2.3.1 Uji Debit Filtrasi

Metode pertama adalah uji debit filtrasi, yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja membran keramik dalam proses penyaringan air, khususnya terkait laju aliran permeat (aliran air tersaring) per satuan waktu. Debit filtrasi dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Q = V / t$$

Keterangan:

Q = Laju aliran filtrasi (L/jam)

V = Volume permeat (L)

t = Waktu pengukuran (jam)

2.2.3.2 Uji Porositas

Metode kedua adalah analisis porositas, yang bertujuan untuk menentukan perbandingan antara volume pori terbuka dengan volume total keramik. Prosedur dimulai dengan menimbang sampel keramik untuk memperoleh berat kering menggunakan neraca analitik. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker berisi 300 mL air dan direndam selama 2 jam, kemudian didiamkan selama 5 menit untuk proses pengeringan permukaan. Setelah itu, membran ditimbang kembali untuk memperoleh berat basah. Berat kering dan berat basah tersebut digunakan untuk menghitung persentase porositas membran menggunakan rumus berikut:

$$\%P = \left[\frac{M_{\text{basah}} - M_{\text{kering}}}{V_t \times \rho_{\text{air}}} \right] \times 100$$

Keterangan:

%P : Porositas (%)

M_{basah} : Massa basah membran keramik (g)

M_{kering} : Massa kering membran keramik (g)

V_t : Volume membran keramik (cm³)

ρ_{air} : Massa jenis air (g/cm³)

2.2.3.3 Uji Kuat Tekan

Metode ketiga adalah uji kuat tekan, yang bertujuan untuk menilai kemampuan keramik dalam menahan beban yang diberikan per satuan luas permukaan kontak [9]. Fokus utama dari pengujian ini ialah memastikan bahwa tingkat keamanan struktural suatu material atau komponen memenuhi persyaratan peraturan bangunan yang berlaku, sehingga dapat menjamin keselamatan publik. Beban yang diberikan selama pengujian diukur dalam satuan kilonewton (kN) dan selanjutnya digunakan untuk menghitung kuat tekan menggunakan rumus berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

σ = Kuat tekan (MPa atau kg/cm²)

P = Beban maksimum (kN)

A = Luas permukaan sampel (cm²)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Proses Filtrasi TSS

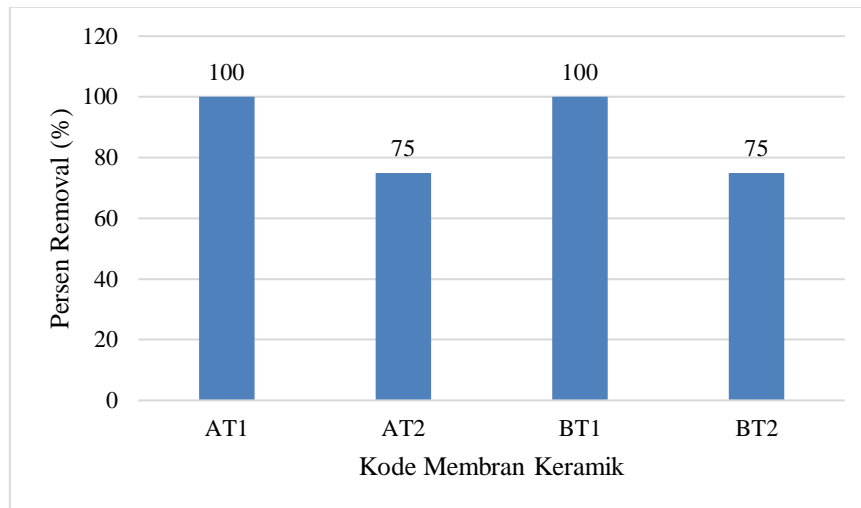
Tabel 1 menunjukkan kemampuan membran keramik dalam menurunkan *Total Suspended Solids* (TSS) selama proses filtrasi kontinu selama 1 jam. Sampel diambil pada jam ke-0 dan jam ke-1 pada bagian inlet dan outlet reaktor membran keramik. Persentase penurunan TSS kemudian dihitung menggunakan sampel inlet pada jam ke-0 dan sampel outlet pada jam ke-1.

Efisiensi penurunan TSS setelah waktu kontak aerasi selama 60 menit menunjukkan hasil yang signifikan, yaitu berkisar antara 75% hingga 100%. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi proses aerasi yang dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan membran keramik mampu menghilangkan hampir seluruh partikel tersuspensi dalam air. Persentase penurunan TSS yang tinggi menandakan bahwa sebagian besar padatan tersuspensi berhasil difiltrasi melalui pori-pori membran keramik. Pada beberapa sampel, efisiensi sebesar 100% tercapai, yang menunjukkan bahwa seluruh partikel tersuspensi tertahan sepenuhnya oleh media filtrasi.

Efisiensi ini menunjukkan bahwa komposisi tersebut mampu menghasilkan struktur pori yang optimal, di mana ukuran pori cukup kecil untuk menahan partikel tersuspensi namun tetap memungkinkan aliran air yang memadai. Kandungan tanah liat yang dominan memberikan kerapatan struktur yang kuat, sedangkan jumlah arang sekam padi yang rendah (5%) cukup untuk meningkatkan porositas tanpa menghasilkan pori yang terlalu besar [10]. Suhu sintering yang tinggi menghasilkan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan membran yang disinter pada suhu lebih rendah, sehingga menyediakan lebih banyak area permukaan untuk proses filtrasi polutan [11].

Tabel 1. Hasil Uji Filtrasi *Total Suspended Solids* (TSS)

Komposisi Membran Tanah liat: zeolit: arang sekam padi (%)	Suhu Sintering (°C)	Kode	Nilai TSS			Efisiensi Removal (%)
			TSS (mg/L)			
			0	1-in	1-out	
85:10:5	900	AT1	4	4	0	100
	850	AT2		4	1	75
80:10:10	900	BT1		3	0	100
	850	BT2		4	1	75



Gambar 2. Grafik Presentase Removal *Total Suspended Solids* (TSS)

3.2 Analisis Uji Karakteristik

Berikut ini adalah hasil uji karakteristik Membran Keramik beserta analisis yang terdiri atas debit filtrasi, uji porositas, uji kuat tekan.

3.2.1 Analisis Debit Filtrasi

Uji laju aliran filtrasi dilakukan untuk mengukur kapasitas aliran air yang melewati membran dalam satuan liter per jam (L/jam). Membran dengan komposisi 85% tanah liat, 10% kaolin, dan 5% arang sekam padi yang disinter pada suhu 900 °C (AnV1) menunjukkan rata-rata laju aliran filtrasi sebesar 14,0 L/jam, sedangkan pada suhu 850 °C (AnV2) laju alirannya sedikit lebih tinggi, yaitu 14,125 L/jam. Hal ini menunjukkan bahwa suhu sintering yang sedikit lebih rendah dapat mempertahankan porositas dan struktur membran dengan lebih baik, sehingga memungkinkan aliran air yang sedikit lebih besar.

Sementara itu, membran yang mengandung 10% arang sekam padi (BnV) menunjukkan rata-rata laju aliran filtrasi yang lebih tinggi dibandingkan komposisi 5%, yaitu 14,55 L/jam pada suhu 900 °C (BnV1) dan 14,6 L/jam pada suhu 850 °C (BnV2). Peningkatan kandungan arang sekam padi, yang berfungsi sebagai porogen, diduga meningkatkan porositas membran sehingga memungkinkan aliran air yang lebih besar melewati membran[12].

Secara umum, variasi suhu sintering antara 850 °C dan 900 °C tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan terhadap laju aliran filtrasi. Namun, peningkatan kandungan arang sekam padi dari 5% menjadi 10% secara konsisten meningkatkan kapasitas aliran air melalui membran. Temuan ini sejalan dengan pernyataan Dahlan *et al.* [13] bahwa ukuran pori yang lebih besar pada membran akibat penambahan bahan aditif akan menghasilkan volume aliran yang lebih tinggi. Teori tersebut mendukung kesimpulan bahwa peningkatan porositas berbanding lurus dengan peningkatan laju aliran filtrasi.

Tabel 2. Hasil Uji Debit Filtrasi Membran Keramik

Komposisi Membran Tanah liat: zeolit: arang sekam padi (%)	Suhu Sintering (°C)	Kode	Debit Filtrasi (L//jam)
85: 10 : 5	900	AnV 1	14
	850	AnV 2	14,125
80 : 10: 10	900	BnV 1	14,55
	850	BnV 2	14,6

3.2.2 Analisis Uji Porositas

Pengujian porositas dilakukan untuk menentukan tingkat kerapatan serta jumlah rongga di dalam struktur membran keramik, yang keduanya berperan penting dalam proses filtrasi. Berdasarkan hasil yang diperoleh, porositas membran dipengaruhi oleh komposisi material dan suhu sintering.

Pada membran dengan komposisi 5% arang sekam padi (AnP), nilai porositas tertinggi diperoleh pada suhu sintering 850 °C (AnP2) yaitu sebesar 37,214%, sedikit lebih tinggi dibandingkan pada suhu 900 °C (AnP1) yang menunjukkan porositas 36,682%. Hal ini mengindikasikan bahwa pada suhu sintering yang lebih rendah, proses pembakaran arang sekam padi sebagai porogen menghasilkan struktur pori yang lebih terbuka karena proses sintering belum sepenuhnya menutup pori yang terbentuk

Sementara itu, pada membran dengan 10% arang sekam padi (BnP), porositas tertinggi diperoleh pada suhu 900 °C (BnP1) dengan nilai 37,214%, sedangkan pada 850 °C (BnP2), porositas menurun menjadi 35,087%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pada komposisi arang sekam yang lebih tinggi, suhu sintering yang lebih tinggi cenderung mendukung pembentukan pori yang lebih stabil, kemungkinan karena pembakaran arang yang lebih sempurna sehingga menghasilkan volume pori yang lebih konsisten.

Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa komposisi arang sekam padi berperan besar dalam pembentukan pori karena arang sekam berfungsi sebagai porogen. Peningkatan nilai porositas berkaitan dengan penambahan arang sekam, yang menciptakan lebih banyak pori [14]. Sebaliknya, berkurangnya jumlah aditif menyebabkan porositas membran menurun. Penggunaan aditif yang lebih tinggi umumnya meningkatkan porositas membran keramik [15]. Selain itu, suhu sintering juga memiliki pengaruh signifikan dalam menentukan apakah pori tetap terbuka atau tertutup akibat proses densifikasi pada suhu tinggi [11].

Nilai porositas yang diperoleh dalam penelitian ini berkisar antara 35,087% hingga 37,214%. Rentang ini menunjukkan bahwa baik komposisi material maupun suhu pemanasan memengaruhi pembentukan pori pada membran keramik. Persentase tersebut masih berada dalam kisaran yang dilaporkan oleh Sisnayati et al. [16] yaitu 30–60% untuk membran keramik dengan penambahan sekam padi.

Tabel 3. Hasil Uji Porositas Membran Keramik

Komposisi Membran Tanah liat: zeolit: arang sekam padi (%)	Suhu Sintering (°C)	Porositas Membran Keramik (%)	Kode
85 10 5	900	36,682	AnP1
	850	37,214	AnP2
80 10 10	900	37,214	BnP1
	850	35,087	BnP2

3.2.3 Analisis Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan berfungsi untuk mengevaluasi ketahanan mekanik membran keramik terhadap tekanan yang diberikan. Pengukuran kekuatan mekanik sangat penting karena material penyangga berpori harus mampu menahan tekanan selama proses filtrasi larutan berlangsung [17]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi komposisi arang sekam padi dan suhu sintering memiliki pengaruh besar terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan.

Membran dengan komposisi 5% arang sekam padi (AnK) yang disinter pada 850 °C (AnK2) menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi, yaitu 21,65 N/mm². Nilai ini sedikit lebih tinggi dibandingkan

dengan komposisi yang sama namun disinter pada 900 °C (AnK1), yaitu 20,37 N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa pada komposisi 5% arang sekam padi, suhu sintering 850 °C dan 900 °C mampu menghasilkan struktur yang padat dan stabil secara mekanik. Kandungan tanah liat yang lebih tinggi meningkatkan sifat fisik membran keramik, sehingga memperkuat kekokohan dan ketahanan terhadap kerusakan [18].

Sementara itu, pada komposisi arang sekam padi yang lebih tinggi yaitu 10% (BnK), terjadi penurunan kuat tekan secara signifikan. Membran dengan 10% arang sekam padi yang disinter pada 900 °C (BnK1) memiliki kuat tekan sebesar 12,22 N/mm², dan nilai tersebut kembali menurun menjadi 10,7 N/mm² pada 850 °C (BnK2). Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya jumlah arang sekam padi yang berfungsi sebagai porogen, sehingga menghasilkan porositas yang lebih tinggi namun berdampak negatif terhadap kekuatan mekanik. Semakin banyak pori yang terbentuk, semakin besar kemungkinan membran menjadi rapuh dan tidak mampu menahan gaya tekan dengan optimal [19].

Secara umum, peningkatan komposisi arang sekam padi menurunkan kuat tekan membran keramik, sedangkan suhu sintering 850 °C memberikan kekuatan terbaik untuk komposisi arang sekam yang rendah. Oleh karena itu, komposisi 5% arang sekam padi yang dipadukan dengan suhu sintering 850 °C dianggap sebagai kombinasi paling optimal untuk menghasilkan kekuatan mekanik yang baik tanpa mengorbankan porositas.

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan Membran Keramik

Komposisi Membran Tanah liat: zeolit: arang sekam padi (%)	Suhu Sintering (°C)	Kode	Gaya Tekan (KN)	Kuat Tekan (N/mm ²)
85 10 5	900	AnK1	160	20,37
	850	AnK2	170	21,65
80 10 10	900	BnK1	96	12,22
	850	BnK2	84	10,7

3.3 Analisis Uji Penentuan Kondisi Optimal Membran Keramik

Berdasarkan hasil evaluasi, membran dengan komposisi 85% tanah liat, 10% zeolit, dan 5% arang sekam padi yang disinter pada suhu 900 °C menunjukkan kinerja terbaik dalam menurunkan kadar TSS (100%). Efisiensi yang tinggi ini mengindikasikan bahwa mikrostruktur membran pada komposisi dan suhu sintering tersebut berada pada kondisi optimal untuk menyaring partikel tersuspensi dan logam secara selektif dan efektif.

Dari segi debit filtrasi, komposisi 80:10:10 menghasilkan debit rata-rata yang sedikit lebih tinggi (14,6 L/jam) dibandingkan komposisi 85:10:5 (14 L/jam). Namun, peningkatan debit ini relatif kecil dan tidak memberikan keuntungan signifikan jika dibandingkan dengan penurunan efisiensi filtrasi yang terjadi pada komposisi tersebut.

Dengan mempertimbangkan keseimbangan antara efisiensi filtrasi dan debit, komposisi 85:10:5 yang disinter pada 900 °C ditetapkan sebagai kondisi paling optimal. Meskipun tidak menghasilkan debit tertinggi, selisihnya masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima, sementara efisiensi penyisihan kontaminan jauh lebih unggul dan memenuhi standar kualitas air bersih. Oleh karena itu, komposisi ini dianggap paling sesuai untuk aplikasi filtrasi air berbasis membran keramik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan kajian mengenai efektivitas membran keramik dalam menurunkan *Total Suspended Solids* (TSS) pada air tanah, dapat disimpulkan bahwa baik komposisi membran maupun suhu sintering memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kinerjanya. Komposisi terbaik diperoleh pada rasio tanah liat:zeolit:arang sekam padi sebesar 85:10:5, di mana peningkatan proporsi tanah liat dan penurunan arang sekam padi mampu meningkatkan kemampuan membran dalam menghilangkan TSS. Sementara itu, suhu sintering optimal sebesar 900 °C terbukti meningkatkan kinerja membran dalam penurunan TSS.

Berdasarkan evaluasi gabungan antara efisiensi penyisihan TSS dan laju filtrasi, kondisi optimum membran keramik yang dikembangkan adalah komposisi 85:10:5 yang disinter pada suhu 900 °C, yang menghasilkan penurunan TSS maksimum dengan laju filtrasi yang memadai.

5. Referensi

- [1] D. Sedana and A. Tanauma, "Pemetaan Akuifer Air Tanah di Jalan Ringroad Kelurahan Malendeng dengan menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis," *Jurnal Ilmiah Sains*, vol. 15, pp. 34–37, 2015, Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/JIS/article/view/6778>
- [2] M. Marganof, L. K. Darusman, and F. Riani, "Analisis Beban Pencemaran, Kapasitas Asimilasi dan Tingkat Pencemaran dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Perairan Danau Maninjau," *Jurnal Perikanan dan kelautan*, vol. 01, pp. 8–14, 2013, Accessed: Nov. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/295956/analisis-beban-pencemaran-kapasitas-asimilasi-dan-tingkat-pencemaran-dalam-upaya>
- [3] R. Agustira, K. S. Lubis, and Jamila, "Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air dan Debit Sungai pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka," *Jurnal Agroteknologi Universitas Sumatera Utara*, no. 1, 2015, Accessed: Nov. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/95191/kajian-karakteristik-kimia-air-fisika-air-dan-debit-sungai-pada-kawasan-das-pada>
- [4] N. I. Said, "Pengolahan Air Limbah Tangga Skala Individual," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2005.
- [5] A. Khairuna, "Efektivitas penyaringan air sumur gali dengan menggunakan membran keramik berbahan tanah liat dan ampas teh," Universitas Islam Negeri Ar-Raniry , Banda Aceh, 2022.
- [6] N. V. Khiqmah, "Pengembangan Teknik Adsorpsi Dengan Menggunakan Ion Exchanger Berbasis Zeolit-Karbon Aktif Untuk Produksi Air Sanitasi," Universitas Diponegoro, Semarang, 2015. Accessed: Nov. 05, 2025. [Online]. Available: <https://eprints.undip.ac.id/48040/>
- [7] R. Rosalia and D. Asmi, "Preparasi dan karakterisasi keramik silika (SiO₂) sekam padi dengan suhu kasinasi 800oC-1000oC," *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, vol. 4, no. 1, pp. 101–106, 2016, Accessed: Nov. 05, 2025. [Online]. Available: <https://jtaf.fmipa.unila.ac.id/index.php/jtaf/article/view/108>
- [8] C. Nurhayati and T. Susanto, "Pemanfaatan Fly ash Batubara Sebagai Bahan Membran Keramik Pada Unit Pengolah Air Gambut," *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, vol. 26, pp. 95–105, 2015, Accessed: Nov. 05, 2025.
- [9] G. Widayanti, D. S. Widodo, and A. Haris, "Elektrodekolorisasi perairan tercemar limbah cair industri batik dan tekstil di daerah Batang dan Pekalongan," *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, vol. 15, no. 2, pp. 62–69, 2012, Accessed: Mar. 05, 2025.
- [10] S. D. Nurhediana, "Teknik Preparasi Membran: Teori Dasar Dan Studi Kasus," 2025, Accessed: Nov. 05, 2025.
- [11] L. Darmayanti and M. Putri, "Membran Keramik Berbahan Dasar Tanah Liat dan Fly Ash untuk Penyisihan Warna dan Zat Organik pada Air Gambut," *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*, vol. 6, no. 1, pp. 1–15, 2022.
- [12] A. Mahfuzin, S. Respati, M. D.-M. I. Momentum, and undefined 2020, "Analisis filter keramik berpori berbasis zeolit alam dan arang sekam padi dalam menurunkan kandungan partikel air sumur galian," *Majalah Ilmiah Momentum*, vol. 16, 2020, Accessed: Nov. 05, 2025. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/102556425/322595388.pdf>
- [13] M. Dahlan and D. Teguh, "Kinerja Membran Keramik Dalam Pengolahan Air Sumur Menjadi Air Bersih," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 17, no. 5, pp. 38–49, 2019, Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: https://repository.unsri.ac.id/13552/1/23_Kinerja_Membran_Keramik_dalam_Pengolahan_Air_Sumur_Menjadi_Air_Bersih.pdf
- [14] R. Widyawati and D. Apritya, "Efektifitas Amniotic Membrane Sebagai Dressing Penyembuhan Luka Bakar Pada Tikus Putih (Rattus Norvegicus)," *Jurnal Kajian Veteriner* , vol. 4, no. 2, pp. 10–20, 2016.
- [15] S. Sari, J. S.-W. J. T. UNIPA, and undefined 2018, "Penurunan total Coliform pada air tanah menggunakan membran keramik," *jurnal.unipasby.ac.idSF Sari, J SutrisnoWaktu: Jurnal Teknik UNIPA, 2018•jurnal.unipasby.ac.id*, Accessed: Mar. 05, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/waktu/article/view/1444>
- [16] S. Sisnayati, R. Komala, and R. Suryani, "Pengaruh komposisi aditif sekam padi terhadap ukuran pori, luas permukaan dan porositas membran keramik.," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 24, no. 3, pp. 72–80, 2018.

-
- [17] B. Ghouil *et al.*, “Preparation and characterization of low-cost ceramic microfiltration membranes for water treatment.,” vol. 18, no. 4, pp. 405–413, 2024.
- [18] S. Diana, L. Zaharani, and Z. Fona, “Pemanfaatan Fly Ash dan Clay dalam Pembuatan Membran Keramik dengan Penambahan PVA Sebagai Perikat untuk Merejeksi TSS pada Air Sungai,” *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, vol. 2, no. 1, 2018.
- [19] J. Prawira, “Karakteristik Membran Dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Proses Distilasi Membran,” *Delft University of Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 0–11, 2017.