



Kinerja Filter Membran Kitosan-Kulit Udang/PVA Berbasis Karbon Aktif pada Pengolahan Air Siring Sungai Kayan, Kalimantan Utara

Ayu Lingga Ratna Sari^{1*}, Dady Sulaiman², dan Siti Maria Ulva³

^{1,2,3}Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Kaltara

Email: ayulingga08@gmail.com

**Corresponding Author*

Abstrak

Pengolahan air baku menjadi air bersih yang memenuhi standar kualitas merupakan tantangan yang signifikan. Salah satu cara pengolahan air adalah menggunakan filtrasi membran. Filtrasi membran pada penelitian ini menggunakan bahan kitosan (kulit udang) dan PVA dengan variasi karbon aktif. Karbon aktif memiliki struktur pori-pori yang luas sehingga beberapa jenis kontaminan dapat terperangkap. Membran diuji fluks dan permeabilitasnya menggunakan sistem aliran dead-end dengan. Sementara kualitas air hasil filtrasi dievaluasi melalui pengukuran TDS dan pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran kitosan kulit udang dan PVA dengan penambahan karbon aktif memiliki kinerja yang baik dilihat dari uji fluks, permeabilitas, dan uji membran dalam pengolahan air. Dimana M2 dengan campuran karbon aktif sebanyak 1% memiliki nilai fluks dan nilai permeabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan sampel membran yang lain. Pada M2 didapatkan nilai fluks sebesar 1,26 L/cm².Jam, 5,75 L/cm².Jam, dan 6,10 L/cm².Jam seiring dengan bertambahnya tekanan yang diberikan pada membran yaitu sebesar 0,5, 1, dan 1,5 Bar, serta memiliki nilai permeabilitas 4,11 L/cm².Jam.Bar dimana nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan membran yang lainnya. Hasil pengujian kualitas air juga menunjukkan hasil yang baik yang ditunjukkan dengan penurunan nilai pH dan TDS.

Kata kunci: Filtrasi Membran, Fluks, Karbon Aktif, Permeabilitas.

Abstract

Raw water treatment into clean water that meets quality standards is a significant challenge. One method of water treatment is using membrane filtration. In this study, membrane filtration utilized chitosan (shrimp shell) and PVA with activated carbon variations. Activated carbon possesses a large pore structure, allowing various contaminants to be trapped. The membranes were tested for flux and permeability using a dead-end flow system. Meanwhile, the quality of the filtered water was evaluated by measuring TDS and pH. The research results show that the chitosan (shrimp shell) and PVA membranes with activated carbon addition exhibit good performance, as seen from the flux test, permeability test, and membrane performance in water treatment. Specifically, M2, with a 1% activated carbon mixture, demonstrated better flux and permeability values compared to other membrane samples. For M2, flux values of 1.26 L/cm².hr, 5.75 L/cm².hr, and 6.10 L/cm².hr were obtained with increasing pressure applied to the membrane at 0.5, 1, and 1.5 Bar, respectively. It also had a permeability value of 4.11 L/cm².hr.Bar, which is higher than other membranes. Water quality test results also showed good outcomes, indicated by a decrease in pH and TDS values.

Keywords: Activated Carbon, Flux, Membrane Filtration, Permeability.

1. PENDAHULUAN

Sungai Kayan di Kalimantan Utara memegang peranan vital sebagai sumber air baku bagi berbagai keperluan, termasuk air minum bagi masyarakat sekitar, terutama di wilayah Siring. Namun, kualitas air Sungai rentan terhadap berbagai jenis kontaminan, baik fisik, kimia, maupun biologis, yang dapat membahayakan kesehatan dan ekosistem. Aktivitas antropogenik seperti pertanian, pertambangan, dan pembuangan limbah domestik dapat memperburuk kualitas air sungai [1], [2]. Akses terhadap air bersih merupakan kebutuhan mendasar yang masih menjadi tantangan di berbagai wilayah di Indonesia [2], [3] dan internasional [4]. Pengolahan air baku menjadi air bersih yang memenuhi standar kualitas merupakan tantangan yang signifikan [3], [5]. Berbagai metode pengolahan air telah dikembangkan, salah satunya adalah teknologi filtrasi membran [3].

Filtrasi membran menawarkan keunggulan dalam pemisahan kontaminan secara fisik dengan efisiensi yang relatif tinggi dan tanpa penambahan bahan kimia yang berlebihan. Beberapa keunggulan menonjol dari teknologi membran meliputi biaya produksi yang relatif rendah, terutama karena dapat memanfaatkan material polimer dan anorganik yang lebih terjangkau [6], [7]. Selain itu, kemudahan aplikasi dan skalabilitasnya menjadikannya menarik bagi para peneliti [6]. Keunggulan utama dari filtrasi membran adalah sistem filtrasi dan adsorpsi yang lebih efektif dan efisien dalam menghilangkan berbagai jenis kontaminan dari air [4], [7]. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai pengembangan material membran terus berkembang pesat [3], [8]. Beberapa penelitian menggunakan kitosan yang berasal dari deasetilasi kitin (berasal dari limbah kulit udang) sebagai polimer alami [5], [9]. Bahan ini digunakan karena memiliki sifat hidrofolik, biodegradabilitas, biokompatibel, dan memiliki sifat antibakteri [10], [11]. Penelitian lainnya seringkali menambahkan polimer sintetik seperti Polyvinyl Alcohol (PVA) untuk meningkatkan kinerja mekanik dan ketahanan kimia membran [8]. PVA dikenal memiliki sifat hidrofilik yang baik dan mampu meningkatkan kekuatan tarik membran [12].

Penelitian ini menggunakan membran dengan bahan kitosan (kulit udang) dan PVA dengan variasi karbon aktif. Penggunaan karbon aktif telah banyak digunakan dalam berbagai jenis sistem filtrasi air [2]. Karbon aktif memiliki beberapa keunggulan seperti mengadsorpsi berbagai kontaminan seperti senyawa organik dan anorganik serta menghilangkan bau dan rasa tidak sedap [1], [13]. Hal ini karena karbon aktif memiliki struktur pori-pori yang luas sehingga beberapa jenis kontaminan dapat terperangkap [1]. Berdasarkan hal ini, penambahan material pengisi (filler) yaitu karbon aktif memiliki berpotensi meningkatkan kapasitas adsorpsi dan kinerja filtrasi membran.

2. METODE PENELITIAN

Pembuatan Membran

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi beaker glass, termometer, corong, spatula, pipet tetes, labu ukur, neraca analitik, blender, oven, magnetic stirrer, kertas pH, mortar, ayakan, kertas saring, cawan petri, filter holder, pipa PVC, selang, TDS meter, pH meter, dan aluminium foil. Sementara itu, bahan-bahan yang digunakan adalah limbah

kulit udang, PVA, karbon aktif, pelarut DMSO, HCl 1 M, NaOH, asam asetat, aquades, dan sampel air Sungai Kayan.

Pembuatan membran dimulai dengan melarutkan 1 gram serbuk kitosan dalam 47,61 mL larutan asam asetat (CH₃COOH). Secara terpisah, PVA dan pelarut PVA sesuai komposisi Tabel 1 dilarutkan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 75°C hingga homogen dan PVA benar-benar larut. Selanjutnya, larutan kitosan ditambahkan ke dalam larutan PVA dan diaduk hingga tercampur sempurna menggunakan *magnetic stirrer*. Karbon aktif kemudian ditambahkan sesuai komposisi bahan pada Tabel 1, dan seluruh campuran diaduk kembali dengan magnetic stirrer hingga homogen. Setelah homogen, larutan dope dicetak dengan menuangkannya ke dalam cawan petri, diratakan, dan dibiarkan mengering pada suhu ruang. Membran yang telah mengering kemudian dilepaskan dari cetakan dan dikeringkan lebih lanjut dalam oven pada suhu 70°C selama 10 menit untuk mengurangi kadar airnya.

Tabel 1 Komposisi Bahan Pembuatan Membran

Membran	Larutan Kitosan (%)	Polivinil Alkohol (PVA) (%)	Karbon Aktif (%)	Pelarut PVA (%)
M1	5	18	0	77
M2	5	18	1	76
M3	5	18	2	75
M4	5	18	3	74

Uji Kinerja Membran

Kinerja membran yang ditinjau untuk proses filtrasi yaitu fluks dan koefisien permeabilitas. Pengujian Fluks dan Permeabilitas menggunakan sistem *dead end* seperti pada Gambar 1. Fluks membran diperoleh dari perubahan volume permeat per satuan waktu dan luas permukaan membran [10], [14]–[16].

$$J = \frac{V}{A \times t} \quad (1)$$

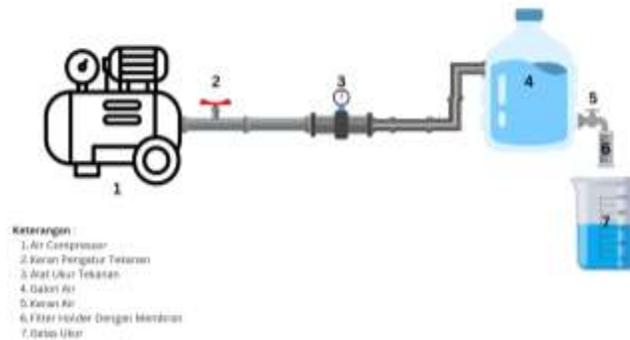
dimana:

J = fluks (L/m². jam)

V = volume permeat (L)

A = luas permukaan (m²)

t = waktu (jam)



Gambar 1. Perancangan sistem *dead-end* untuk uji fluks dan permeabilitas

Koefisien permeabilitas membran menunjukkan kemudahan umpan melewati membran [10], [14], [17].

$$L_p = \frac{J}{\Delta P} \quad (2)$$

Dimana:

L_p = koefisien permeabilitas (L/m².jam.atm)

J = fluks air (L/m².jam)

Δp = perubahan tekanan (atm)

Uji Kualitas Air

Pengujian kualitas air setelah menggunakan filtrasi membran dilakukan dengan berfokus pada dua parameter utama yaitu *Total Dissolved Solids* (TDS) dan derajat keasaman (pH). Sampel diuji menggunakan TDS meter untuk mengukur TDS air dalam mg/L atau ppm dan pH meter untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air pada skala 0-14. Pengujian ini dilakukan sebelum dan sesudah filtrasi dan dicatat dalam tabel hasil pengamatan [18].

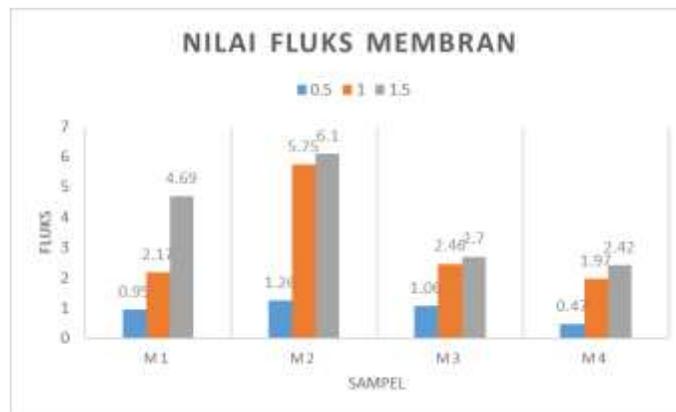
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Fluks dan Permeabilitas

Uji fluks membran merupakan suatu metode yang sering digunakan dalam suatu penelitian untuk mengukur kinerja membran dalam melakukan proses filtrasi, dimana uji ini akan menunjukkan laju dari aliran permeat yang melewati membran persatuan luas dalam selang waktu tertentu [10], [19]. Pengujian ini penting untuk dilakukan dalam pembuatan filter membran untuk mengetahui efisiensi dari membran dan mengoptimalkan dalam penggunaannya pada berbagai aplikasi, salah satunya digunakan dalam pengolahan air [20], [21].

Uji ini dilakukan dengan menggunakan alat uji yang rancang oleh peneliti dengan sistem aliran *dead end* dengan menggunakan beberapa komponen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Cara kerja alat ini adalah dengan mengalirkan udara dari air compressor dengan tekanan yang bervariasi, yaitu 0.5 bar, 1 bar dan 1.5 bar yang diarahkan ke membran. Air yang terdorong melalui membran ditampung dalam gelas ukur, dan volume air yang melewati membran diukur pada setiap variasi tekanan untuk menghitung fluks. Hasil dari pengujian fluks dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa pada sampel membran yang diuji terjadi perubahan nilai fluks seiring dengan bertambahnya tekanan yang diberikan pada sistem. Pada M1, fluks meningkat dari 0,95 L/cm².Jam menjadi 4,69 L/cm².Jam. Untuk M2, fluks naik dari 1,26 L/cm².Jam menjadi 6,10 L/cm².Jam. Sementara itu, M3 menunjukkan peningkatan fluks dari 1,06 L/cm².Jam menjadi 2,70 L/cm².Jam. dan M4 mengalami peningkatan dari 0,47 L/cm².Jam menjadi 2,42 L/cm².Jam. Berdasarkan hal ini dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai fluks pada masing-masing membran seiring dengan bertambahnya tekanan yang diberikan dan sampel M2 mengalami peningkatan fluks yang signifikan dibandingkan dengan membran yang lain.

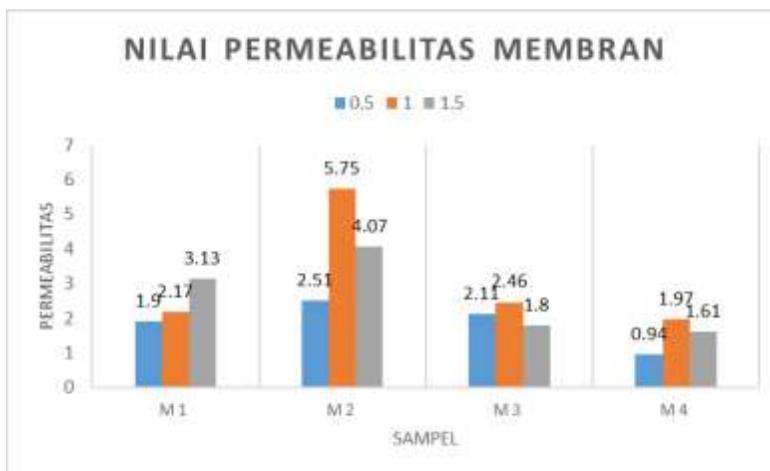


Gambar 2. Grafik nilai fluks air yang melalui membran

Peningkatan fluks yang terjadi pada masing-masing sampel membran dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah akibat dari penambahan tekanan yang diberikan pada sistem, sifat larutan yang digunakan dalam pengujian fluks, dan sifat dari sampel membran yang dibuat oleh peneliti [10], [14], [19]. Sifat fisika dan kimia membran, seperti kerapatan permukaan membran dan pembentukan pori pada membran, hidrofobisitas, komposisi material pembuatan membran memiliki peran penting dalam menentukan laju aliran air yang melewati air [19], [22]. Selain itu, berdasarkan hasil pengujian kerapatan yang telah dilakukan [7] setiap membran memiliki kerapatan yang berbeda – beda. Hal ini menyebabkan laju fluks pada setiap membran juga berbeda. Sampel membran pada penelitian ini memiliki struktur pori membran yang tidak seragam akibat butir karbon aktif yang digunakan memiliki ukuran butir yang tidak halus, sehingga ketika terdapat aliran yang

melalui membran terjadi perubahan pada struktur pori membran yang mengakibatkan fluks air yang melalui membran meningkat [16], [19].

Berdasarkan hasil pengujian, peningkatan tekanan pada membran M1 menyebabkan deformasi dan pembesaran pori-pori yang berujung pada peningkatan fluks secara signifikan [10], [19]. Penambahan karbon aktif juga terbukti memengaruhi laju fluks air. Membran M2 menunjukkan peningkatan fluks yang lebih tinggi dibandingkan M3 dan M4, mengindikasikan bahwa komposisi karbon aktif yang tepat dapat meningkatkan fluks dan menghambat fouling. Namun, pada membran M3 dan M4, peningkatan fluks tidak signifikan. Hal ini disebabkan oleh ukuran butir karbon yang kurang halus, menyebabkan distribusi pori-pori yang tidak merata dan kerapatan membran yang lebih besar, sehingga menghambat aliran air [23]. Pada pengujian kerapatan membran sebelumnya juga diketahui bahwa pada sampel M4 terjadi fouling, sehingga hal ini juga menjadi penyebab fluks aliran air yang melalui membran menjadi lebih lambat dibandingkan dengan sampel yang lain dan ini dapat menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi membran dalam memfilter air. Sehingga adanya fouling juga berpengaruh terhadap pengujian fluks, dimana adanya fouling pada membran akan mengakibatkan penurunan efisiensi yang terjadi pada membran dan dapat meningkatkan tekanan pada membran, sehingga menyebabkan jangka waktu masa pakai membran menjadi lebih pendek [12].



Gambar 3. Grafik nilai permeabilitas membran

Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui bahwa masing-masing membran memiliki permeabilitas yang berbeda. Hal ini disebabkan karena perbedaan struktur pada masing-masing membran akibat komposisi dari bahan pembuatan membran yang berbeda [14]. Pada sampel M1 memiliki nilai rata-rata permeabilitas sebesar $2,40 \text{ L/cm}^2 \cdot \text{Jam} \cdot \text{Bar}$, sampel M2 memiliki nilai rata-rata permeabilitas sebesar $4,11 \text{ L/cm}^2 \cdot \text{Jam} \cdot \text{Bar}$, sampel M3 memiliki nilai rata-rata permeabilitas sebesar $2,13 \text{ L/cm}^2 \cdot \text{Jam} \cdot \text{Bar}$, dan pada sampel M4 memiliki nilai rata-rata permeabilitas $1,51 \text{ L/cm}^2 \cdot \text{Jam} \cdot \text{Bar}$. M2 memiliki nilai rata-rata permeabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang lainnya. Perbedaan permeabilitas antar membran

disebabkan oleh ukuran pori-pori yang bervariasi. Pengujian kerapatan sebelumnya menunjukkan bahwa membran M1 dan M2 memiliki kerapatan yang lebih rendah dibandingkan M3 dan M4. Hal ini mengindikasikan bahwa M1 dan M2 memiliki ukuran pori-pori yang lebih besar, sehingga menghasilkan nilai permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan M3 dan M4 [17], [19]. Sehingga dari penelitian ini dapat diketahui bahwa semakin tinggi nilai koefisien permeabilitas suatu membran maka semakin tinggi pula fluks permeasi yang dihasilkan oleh membran tersebut, karena dengan nilai permeabilitas yang tinggi membran akan memiliki kemampuan yang baik dalam melewatkan zat cair [26], [27].

Sampel membran dengan nilai permeabilitas yang tinggi menunjukkan kinerja dan kemampuan yang baik dalam melewatkan zat cair/cairan pada permukaan membran, dimana membran dianggap mampu mempertahankan kemampuan menahan partikel atau molekul yang terdapat pada zat cair yang dilewatkan pada membran [26], [27]. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui dan membuktikan bahwa membran dengan modifikasi material yaitu penambahan karbon aktif dengan komposisi yang tepat akan menunjukkan peningkatan fluks yang signifikan dan nilai permeabilitas yang tinggi, sehingga modifikasi material pada pembuatan filter membran sangat berperan penting dalam kinerja membran [28]. Karbon aktif dengan struktur yang memiliki porositas tinggi pada filter membran akan meningkatkan permeabilitas pada permukaan membran, sehingga akan mengakibatkan peningkatan aliran dari larutan atau zat cair yang melalui permukaan membran. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan karbon dengan komposisi yang tepat pada membran filter dapat meningkatkan fluks air dan permeabilitas. Selain itu, penambahan karbon aktif dengan komposisi dan ukuran butir yang sama dan halus juga menghambat fouling (memiliki efek anti-fouling) pada membran. Ini terjadi karena sifat hidrofobik karbon dapat mengurangi penumpukan senyawa organik pada permukaan membran, yang umumnya menyebabkan penurunan permeabilitas. Sehingga dapat diketahui penambahan karbon aktif dengan komposisi yang tepat yaitu penambahan 1% karbon aktif pada filter membran komposit (sampel M2) dianggap memiliki kemampuan untuk meningkatkan fluks dan nilai permeabilitas dibandingkan dengan membran tanpa penambahan karbon aktif. Sehingga dapat diketahui bahwa penambahan material karbon aktif dalam pembuatan membran dapat meningkatkan efisiensi membran dalam memisahkan suatu zat, terutama dalam aplikasi pengolahan air dan limbah.

Terdapat beberapa faktor yang juga mempengaruhi pengujian permeabilitas dalam penelitian ini, diantaranya adalah tekanan yang diberikan pada permukaan membran dimana tekanan yang lebih tinggi umumnya akan meningkatkan fluks, namun pemberian tekanan yang tinggi pada membran pada waktu yang lama akan menyebabkan terjadinya fouling pada membran, sehingga dapat menurunkan kinerja dan efisiensi membran. Hal ini seperti yang terjadi pada M3 dan M4, dimana semakin tinggi tekanan yang diberikan fluks aliran air yang melalui membran semakin melambat dan nilai permeabilitas lebih rendah dibandingkan M1 dan M2. Selain itu sifat larutan atau zat cair yang digunakan sebagai umpan dalam pengujian ini sangat berpengaruh terhadap hasil fluks dan permeabilitas, hal ini disebabkan karena setiap larutan atau zat cair memiliki viskositas dan kandungan partikel yang berbeda. Jika larutan umpan yang dilewatkan pada membran memiliki nilai viskositas yang tinggi dan

mengandung partikel yang banyak akan memicu terjadi fouling, sehingga nilai fluks dan permeabilitas pada membran akan menurun dan menyebabkan menurunnya efektivitas dan efisiensi membran sebagai filter air.

Uji Kualitas Air

Setelah dilakukan pengujian karakteristik dan kinerja membran, untuk mengetahui kinerja membran dalam mengolah air dilakukan pengujian karakteristik dan kualitas air dengan *Total Dissolved Solids* (TDS), pH meter, pengamatan warna dan bau air sungai kayan sebelum dan setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan membran kitosan-PVA dengan variasi penambahan karbon aktif. Pengujian ini dilakukan di siring sungai kayan dengan menggunakan larutan umpan air sungai kayan. Air sungai kayan dialirkan dan dilewatkan pada membran kitosan-PVA dengan variasi penambahan karbon aktif, kemudian ditampung dengan menggunakan gelas ukur. Selanjutnya air yang ditampung dengan menggunakan gelas diuji untuk mengetahui kualitas air dengan menggunakan pH meter dan TDS, sedangkan untuk mengetahui karakteristik fisik air dilakukan pengamatan pada warna air hasil filter dan bau. Data hasil pengukuran dengan menggunakan TDS dan pH meter dapat dilihat pada gambar 4.

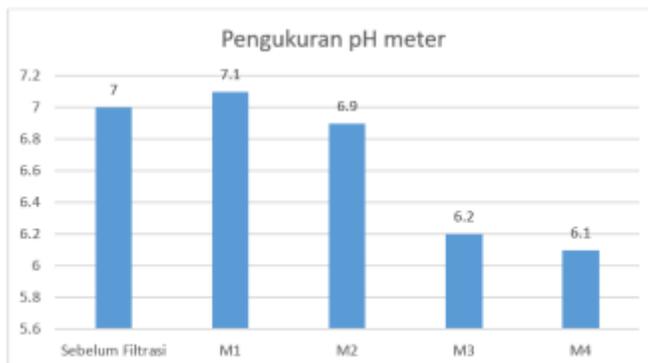
Dari gambar 4 dapat diketahui bahwa air sungai kayan pada saat pengambilan sampel memiliki kualitas air yang lebih jernih dibandingkan dengan biasanya karena volume air sungai naik akibat curah hujan yang tinggi, dengan hasil pengukuran TDS sebesar 0.033 ppm dan pH meter menunjukkan nilai 6.7. Dari nilai ini dapat diketahui bahwa pada sungai air kayan terdapat padatan yang terlarut pada air sebesar 0.033 mg/l dan nilai pH yang netral karena curah hujan yang tinggi sehingga air lebih jernih. Setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan membran kitosan-PVA dengan variasi penambahan karbon aktif pada air sungai kayan, terdapat perubahan nilai padatan yang terlarut dalam air dan nilai pH namun tidak signifikan. Setelah melewati membran, air sungai kayan mengalami perubahan nilai hasil ukur TDS, pada sampel M1 menjadi 0.031 ppm, M2 menjadi 0.029 ppm, M3 menjadi 0.029, dan M4 menjadi 0.028 ppm. Dari hasil ini diketahui terjadi penurunan nilai padatan terlarut pada air sungai kayan setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan membran kitosan-PVA dengan variasi penambahan karbon. Begitu juga dengan nilai pH, air yang melalui M1 memiliki pH 7,1, melalui M2 memiliki pH 6,9, melalui M3 memiliki pH 6,2, dan melalui M4 memiliki pH 6,1. Hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa air sungai kayan sebelum dan sesudah dilakukan filtrasi memiliki nilai pada rentan 6.5 - 8.5, ini menandakan air masih dalam kondisi layak untuk dikonsumsi dan dapat memenuhi kebutuhan air sehari-hari [18].



Gambar 4. Nilai TDS air sungai kayan sebelum dan sesudah filtrasi

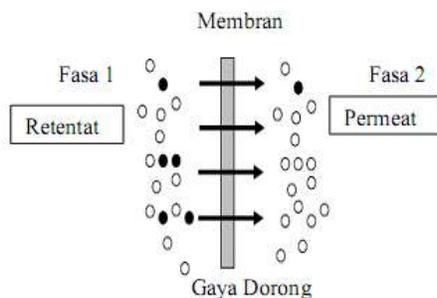
Dari gambar 4 juga dapat diketahui bahwa terjadi penurunan nilai TDS pada air sungai kayan setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan membran kitosan-PVA dengan variasi penambahan karbon aktif. Penurunan nilai dari hasil pengukuran air dengan menggunakan TDS menunjukkan, bahwa penambahan karbon aktif pada membran kitosan-PVA dapat meningkatkan kualitas air sungai kayan untuk dapat memenuhi kebutuhan. Penambahan karbon aktif pada membran kitosan-PVA dapat membuat struktur dari permukaan membran lebih rapat, sehingga pori-pori yang terbentuk pada permukaan membran lebih merata dan padat, sehingga menyebabkan partikel-partikel atau padatan yang terkandung pada air sungai terperangkap pada permukaan membran saat proses filtrasi dan menyebabkan terjadinya penurunan nilai TDS pada air sungai kayan setelah dilakukan filtrasi.

Filtrasi air Sungai Kayan menggunakan membran kitosan-PVA dengan penambahan karbon aktif menunjukkan penurunan nilai pH air setelah filtrasi, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Namun, menariknya, membran M1 (dengan 0% karbon aktif) justru menunjukkan peningkatan pH air. Fenomena ini kemungkinan disebabkan oleh adanya zat yang terlarut dari material pembuatan membran kitosan-PVA yang tidak homogen. Ketidakhomogenan ini dapat menyebabkan deformasi ikatan antar partikel pada permukaan membran saat kontak dengan air, sehingga melepaskan zat yang memengaruhi pH. Hasil pengukuran nilai pH air Sungai Kayan setelah filtrasi lebih lanjut dapat diamati pada gambar 5.



Gambar 5. Nilai pH air sungai kayan sebelum dan sesudah filtrasi

Dari penelitian ini dapat diketahui penggunaan membran sebagai filtrasi mampu menghalangi zat-zat berbahaya yang terkandung dalam air, karena sifat membran sebagai suatu penghalang selektif yang mampu melewatkan beberapa komponen yang terkandung pada suatu zat yang melewatinya, namun juga mampu menahan komponen lainnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 [24]. Penambahan karbon aktif pada campuran membran mengakibatkan membran memiliki struktur yang lebih padat dengan pori-pori yang lebih rapat, sehingga membran dengan penambahan karbon mampu menahan partikel-partikel, molekul atau padatan yang terlarut pada air dengan kata lain partikel-partikel, molekul-molekul dan padatan terlarut pada air terperangkap pada pori-pori di permukaan membran [29]. Selain itu karbon aktif adalah jenis karbon dengan atom karbon bebas yang memiliki kemampuan daya serap yang baik dalam larutan terhadap anion, kation dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik dan memiliki kemampuan untuk menyerap warna dan bau [30], [31]. Sehingga hal ini menyebabkan terjadinya penurunan nilai TDS dan pH pada air setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan membran kitosan-PVA dengan penambahan karbon aktif.



Gambar 6. Membran selektif ion

Karakteristik fisik dari air sungai kayan yang telah dilakukan filtrasi dengan menggunakan membran kitosan-PVA dengan variasi penambahan karbon aktif dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Sampel air sungai kayan sebelum dan sesudah dilakukan filtrasi

Gambar 7 menunjukkan karakteristik fisik dari air sungai kayan setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan membran kitosan-PVA dengan penambahan karbon aktif. Dari karakteristik air sungai kayan yang dihasilkan melalui proses filtrasi, dapat diketahui bahwa membran kitosan-PVA dengan penambahan karbon aktif pada penelitian ini mampu mengolah atau memfiltrasi air sungai kayan dengan baik. Setelah dilakukan filtrasi dengan menggunakan membran kitosan-PVA dengan penambahan karbon aktif terdapat perubahan karakteristik pada sungai air sungai kayan. Air sungai kayan yang awalnya memiliki warna cenderung keruh setelah dilakukan filtrasi menjadi lebih jernih, tidak berbau, tidak berasa, mengalami penurunan nilai TDS, memiliki pH dengan kisaran nilai pada rentang 6.5-8.5, memiliki suhu air yang sejuk 10-25° C seperti halnya dengan air dengan kualitas baik pada umumnya [18]. Hal ini menunjukkan bahwa membran memiliki kinerja yang baik dalam memfiltrasi air akibat pembentukan pori-pori pada permukaan membran sehingga mampu menghalangi dan menahan partikel-partikel, molekul atau padatan terlarut pada air sungai kayan yang mengakibatkan air memiliki warna keruh.

Komposisi dari material pembuatan membran juga sangat berpengaruh terhadap peningkatan kualitas air setelah dilakukan filtrasi, dimana pada penelitian ini membran dibuat dengan bahan dasar kitosan-PVA dengan variasi penambahan karbon aktif. Pada pembuatan membran, kitosan merupakan bahan yang banyak digunakan sebagai filter membran pengolah air karena kitosan merupakan biopolimer alami yang diperoleh dari deasetilasi kitin dari kulit udang dan dikenal sebagai koagulan alami yang efektif menjernihkan air, karena memiliki kemampuan untuk mengikat partikel koloid yang terkandung dalam air [9], [32], [33]. Selain itu kitosan memiliki kelebihan, yaitu bersifat biodegradabilitas, sifat mekanik tinggi dan non-toksik, sehingga dapat meningkatkan efektifitas kinerja membran dan baik digunakan sebagai filter membran pengolah air [9], [32], [33]. Selain itu penambahan karbon aktif pada membran kitosan-PVA juga berpengaruh terhadap peningkatan kualitas air sungai kayan secara fisik, dimana karbon aktif mampu menghilangkan kontaminan organik, menjernihkan air dan menghilangkan bau tak sedap pada air. Karbon aktif adalah material berpori dengan kemampuan adsorpsi tinggi, menjadikannya efektif dalam menahan atau menyerap molekul zat terlarut dalam air. Selain itu, karbon aktif sangat efisien dalam menghilangkan kontaminan organik penyebab bau dalam pengolahan air Karena karbon aktif

bukan zat berbahaya, air hasil filtrasi dengan karbon aktif aman untuk berbagai kebutuhan [34]–[36].

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran kitosan kulit udang dan PVA dengan penambahan karbon aktif memiliki kinerja yang baik dilihat dari uji fluks, permeabilitas, dan uji membran dalam pengolahan air. Dimana M2 dengan campuran karbon aktif sebanyak 1% memiliki nilai fluks dan nilai permeabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan sampel membran yang lain. Pada M2 didapatkan nilai fluks sebesar 1,26 L/cm².Jam, 5,75 L/cm².Jam, dan 6,10 L/cm².Jam seiring dengan bertambahnya tekanan yang diberikan pada membran yaitu sebesar 0,5, 1, dan 1,5 Bar, serta memiliki nilai permeabilitas 4,11 L/cm².Jam.Bar dimana nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan membran yang lainnya. Secara keseluruhan dari hasil pengujian membran dalam mengolah air sungai kayan, semua sampel membran dengan penambahan karbon aktif mampu meningkatkan kualitas air sungai kayan dan menjernihkan air sungai kayan yang dialirkan melalui sampel membran yang ditunjukkan melalui penurunan nilai pH dan TDS.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengoptimalkan ukuran butir karbon aktif yang lebih halus dan seragam guna memaksimalkan pembentukan pori-pori dan fluks membran. Penting juga untuk melakukan studi lebih lanjut tentang homogenitas pencampuran material membran kitosan-PVA untuk menghindari pelarutan zat yang dapat memengaruhi pH air. Pengujian jangka panjang diperlukan untuk mengevaluasi stabilitas membran dan dampak tekanan tinggi terhadap kompresi pori-pori dan fouling. Selain itu, variasi komposisi karbon aktif yang lebih beragam dan karakterisasi membran yang lebih mendetail (misalnya, analisis SEM atau pengukuran sudut kontak) dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif. Terakhir, pengujian dengan berbagai jenis air umpan yang berbeda viskositas dan kandungan partikelnya akan memperkaya data tentang kinerja membran dalam aplikasi yang lebih luas.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. R. Badu *et al.*, ‘Pemanfaatan Plastik Bekas Menjadi Alat Filter Menggunakan Media Karbon Aktif Guna Meningkatkan Kualitas Air Sungai’, *J. Tek. Hidro*, vol. 16, no. 2, pp. 81–89, 2023.
- [2] R. R. Badu *et al.*, ‘PENGOLAHAN AIR SUMUR GALI MENGGUNAKAN FILTER DENGAN KARBON AKTIF UNTUK MENGURANGI PARAMETER pH DAN TDS’, *CivETech*, vol. 5, no. 2, pp. 45–53, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.ucy.ac.id/index.php/CivETech/issue/archive>.
- [3] A. Rifai, D. Rita, K. Hartaja, O. Sulaeman, and I. Setiadi, ‘Pengaruh Tekanan pada Reverse Osmosis terhadap Penyisihan Kadar Ion Klorida (Cl⁻) dan Total Dissolved Solids (TDS) pada Pengolahan Air Payau’, *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 25, no. 2, pp. 300–307, 2024.
- [4] H. Kolya and C. W. Kang, ‘Next-Generation Water Treatment: Exploring the Potential of Biopolymer-Based Nanocomposites in Adsorption and Membrane Filtration’,

- Polymers (Basel)*., vol. 15, no. 16, 2023, doi: 10.3390/polym15163421.
- [5] K. Kasmudin, F. Fitria, F. Mahyudin, and A. Pascal, ‘Pengaruh Konsentrasi dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Desalinasi Air Payau Menggunakan Kitosan Kulit Udang Vaname’, *J. Sci. Educ. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, JFT | 73 10.62759/jser.v2i1.28.
- [6] P. D. Sutrisna, K. A. Kurnia, U. W. R. Siagian, S. Ismadji, and I. G. Wenten, ‘Membrane fouling and fouling mitigation in oil–water separation: A review’, *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 10, no. 3, 2022, doi: 10.1016/j.jece.2022.107532.
- [7] A. L. R. Sari, D. Sulaiman, and M. Ulva, ‘Karakterisasi Membran Kitosan Kulit Udang-PVA dengan Variasi Karbon Aktif sebagai Filter Air’, *J. Literasi Pendidik. Fis.*, vol. 5, no. 2, pp. 198–210, 2024.
- [8] S. A. Ambarwati, N. A. Hidayati, and H. P. Hutapea, ‘Sintesis Membran Kitosan/Poli Vinil Alkohol (Pva) Untuk Menurunkan Kadar Limbah Pewarna Tekstil’, *Dalt. J. Pendidik. Kim. dan Ilmu Kim.*, vol. 7, no. 1, p. 75, 2024, doi: 10.31602/dl.v7i1.14360.
- [9] S. Hatma, S. Yani, and A. Suryanto, ‘Optimalisasi Penggunaan Kitosan Limbah Kulit Udang VANNAMEI Sebagai Koagulan dalam Perbaikan Kualitas Air Danau’, *J. Indones. Sos. Sains*, vol. 2, no. 2, p. 494, 2021, [Online]. Available: <http://jiss.publikasiindonesia.id/>.
- [10] U. Fathanah *et al.*, ‘Pembuatan dan Karakterisasi Membran Polyethersulfone (PES)-Kitosan Secara Blending Polimer’, in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2019, vol. 3, no. 1, p. 62.
- [11] A. Marieta and I. Musfiroh, ‘Review Artikel : Berbagai Aktivitas Farmakologi dari Senyawa Kitosan’, *Farmaka*, vol. 17, no. 2, pp. 105–110, 2021, doi: <https://doi.org/10.24198/jf.v17i2.21866>.
- [12] E. Nurmalasari, H. Ulia, P. Aini, A. Kurnia Yahya, and Y. Fahni, ‘Metode Modifikasi Membran Polietersulfon (PES) untuk Meningkatkan Anti-fouling –Mini Review’, *J. Ilm. Tek. Kim.*, vol. 20, no. 2, pp. 2460–8203, 2023.
- [13] J. A. Nenohai, Z. S. Minata, B. Ronggopuro, E. H. Sanjaya, and Y. Utomo, ‘Penggunaan Karbon Aktif dari Biji Kelor dan Berbagai Biomassa Lainnya dalam Mengatasi Pencemaran Air : Analisis Review’, *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 21, no. 1, pp. 29–35, 2023, doi: <https://doi.org/10.14710/jil.21.1.29-35>.
- [14] M. Fadli, A. Khauser, Sofyana, and U. Fathanah, ‘Karakteristik Membran Komposit Polietersulfon, Polivinilpirolidon dan Kitosan’, *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 4, pp. 2310–2319, 2021, doi: <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3476>.
- [15] M. Rohmah, ‘Sintesis dan karakterisasi membran silika abu sekam padi untuk filtrasi fosfat pada limbah deterjen’, Universitas Islam Negeri Walisongo, 2021.
- [16] M. Lindu, T. Puspitasari, and D. A. Reinfani, ‘Sintesis dan Uji Kemampuan Membran Mikrofiltrasi Selulosa Asetat dari Nata De Coco untuk Penyisihan Kekeruhan Pada Air Artifisial’, *J. Sains Mater. Indones.*, vol. 12, no. 3, pp. 153–158, 2011.
- [17] U. Fathanah and H. Meilina, ‘Karakterisasi dan Kinerja Membran Polyethersulfone Termodifikasi Aditif Anorganik secara Blending Polimer’, *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 4, pp. 2407–2414, 2021, doi: 10.32672/jse.v6i4.3515.

- [18] M. A. Revansyah, L. K. MEN, S. SETIANTO, F. F, L. SAFRIANI, and A. APRILIA, 'Analisis TDS, PH, Dan COD Untuk Mengetahui Kualitas Air Di Desa Cilayung', *J. Mater. dan Energi Indones.*, vol. 12, no. 02, p. 43, 2023, doi: 10.24198/jme.v12i02.41305.
- [19] U. Fathanah *et al.*, 'Sintesis, Karakterisasi dan Kinerja Membran Hidrofobik Menggunakan Polyvinyl Pyrrolidone (PVP) sebagai Aditif', *ALCHEMY J. Penelit. Kim.*, vol. 17, no. 2, p. 140, 2021, doi: 10.20961/alchemy.17.2.48435.140-150.
- [20] M. Wu *et al.*, 'Membrane fouling caused by biological foams in a submerged membrane bioreactor: Mechanism insights', *Water Res.*, vol. 181, p. 115932, 2020, doi: 10.1016/j.watres.2020.115932.
- [21] N. Li *et al.*, 'Precisely-controlled modification of PVDF membranes with 3D TiO₂/ZnO nanolayer: enhanced anti-fouling performance by changing hydrophilicity and photocatalysis under visible light irradiation', *J. Memb. Sci.*, vol. 528, no. 73, pp. 359–368, 2017, doi: 10.1016/j.memsci.2017.01.048.
- [22] M. Hidayah, M. Mujiburohman, and N. Hidayati, 'Synthesis of Polyamide-Al₂O₃ Nanocomposite Membranes Using the Nanofiltration Phase Separation Method', in *6th Mechanical Engineering, Science and Technology International conference (MEST 2022)*, 2023, pp. 611–627, doi: https://doi.org/10.2991/978-94-6463-134-0_58.
- [23] S. Notodarmodjo, S. Gustiani, C. Radiman, and M. Syafila, 'PENGARUH FOULING PADA PERMUKAAN MEMBRAN SERAT NANO SELULOSA BAKTERIAL DENGAN NANOPARTIKEL Ag DAN TiO₂', *Arena Tekst.*, vol. 31, no. 1, pp. 35–42, 2016, doi: 10.31266/at.v31i1.1445.
- [24] F. N. Fitri, S. Yuliati, and A. Zikri, 'Karakterisasi Membran Komposit Silika Berbahan Baku Limbah Fly Ash Batubara untuk Proses Ultrafiltrasi', *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 4, 2023, doi: <https://doi.org/10.32672/jse.v8i4.6806>.
- [25] S. Mulyati, F. Razi, and Zuhra, 'Characteristic of Polyethersulfone (PES) Asymmetric Membrane with Dimethyl Formamide and N-Methyl Pyrrolidone as Solvent', *BIOPROPAL Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 55–62, 2017, [Online]. Available: doi: 10.36974/jbi.v8i1.1617.
- [26] A. T. S. Haji, A. A. Sulianto, and F. Miranda, 'Uji Kemampuan Membran Komposit Kitosan-Selulosa Terhadap Penurunan Kadar Kromium Pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit', *J. Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 7, no. 1, pp. 18–27, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jsal.2020.007.01.3>.
- [27] A. Mirwan, V. Indriyani, and Y. Novianty, 'Pembuatan Membran Ultrafiltrasi dari Polimer Selulosa Asetat dengan Metode Inversi Fasa', *Konversi*, vol. 6, no. 1, pp. 12–17, 2017, doi: 10.20527/k.v6i1.4778.
- [28] S. Aprilia and N. Arahman, 'Pembuatan Membran Serat Berongga Polietersulfon/2 (Metakrilolilosi) Etil Posporil Klorin dan Aplikasinya untuk Pengolahan Air Sumur Tercemar Limbah Tsunami di Banda Aceh', *J. Mns. dan Lingkung.*, vol. 23, no. 2, pp. 149–155, 2016.
- [29] R. S. R. Hayaati, R. E. Safitri, and R. Ridho, 'Pengaruh Massa Arang Aktif Kulit

- Durian Terhadap Pengolahan Limbah Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Membran Komposit Poliamida-Arang Kulit Durian’, *J. Cryst. Publ. Penelit. Kim. dan Ter.*, vol. 2, no. 2, pp. 14–27, 2020, doi: 10.36526/jc.v2i2.1098.
- [30] J. A. P. Budiman, I. M. Yulianti, and W. N. Jati, ‘Potensi Arang Aktif dari Kulit Buah Durian (*Durio Zibethinus Murr.*) dengan Aktivator NaOH sebagai Penjernih Air Sumur’, *Biota J. Ilm. Ilmu-Ilmu Hayati*, vol. 3, no. 3, pp. 117–124, 2018, doi: <https://doi.org/10.24002/biota.v3i3.1901>.
- [31] U. Waluyo, A. Ramadhani, A. Suryadinata, and L. Cundari, ‘Review: penjernihan minyak goreng bekas menggunakan berbagai jenis adsorben alami’, *J. Tek. Kim.*, vol. 26, no. 2, pp. 70–79, 2020.
- [32] M. Mustafiah, D. Darnengsih, Z. Sabara, and R. A. Majid, ‘Pemanfaatan kitosan dari limbah kulit udang sebagai koagulan penjernihan air’, *J. Chem. Process Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 27–32, 2018, doi: <https://doi.org/10.33536/jcpe.v3i1.191>.
- [33] Mutakhabbatillah, R. Mahendra, A. Chumaidi, and R. M. Kusuma, ‘Efektivitas Koagulan Kitosan Pada Pengolahan Air Di Unit Water Treatment Ppsdm Migas Cepu’, *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 8, no. 3, pp. 595–603, 2023, doi: 10.33795/distilat.v8i3.396.
- [34] Suherman, M. Hasanah, R. Ariandi, and Ilmi, ‘Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Karakteristik Dan Mikrostruktur Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit (*Elaeis guinensis*)’, *J. Ind. Has. Perkeb.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.33104/jihp.v16i1.6654.
- [35] I. Febrina A and P. S. Rizki, ‘Pengaruh Karbon Aktif Dari Kulit Pisang Tanduk Terhadap Limbah Cair Tahu Menggunakan Parameter Ph, Cod (Chemical Oxygen Demand), Do (Disolved Oxygen) & Chlorida’, *J. Innov. Res. Knowl.*, vol. 2, no. 10, pp. 310–324, 2023, [Online]. Available: <https://bnr.bg/post/101787017/bsp-zabalgaria-e-pod-nomer-1-v-buletinata-za-vota-gerb-s-nomer-2-pp-db-s-nomer-12>.
- [36] D. I. Pratiwi and Rasman, ‘Efektivitas Metode Gabungan Media Filter Cangkang Kerang (*Anadara Granosa*) Dan Karbon Aktif Untuk Menurunkan Fe Dan Zat Organik Air Bersih’, *J. Sulolipu Media Komun. Sivitas Akad. dan Masy.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–9, 2020.