

**SINTESIS MEMBRAN POLIVINILIDEN FLORIDA UNTUK APLIKASI PEMEKATAN ZAT WARNA ALAM DARI KULIT KAYU POHON JATI**  
*SYNTHESIS POLYVINYLIDENE FLUORIDE MEMBRANES FOR THE CONCENTRATION OF NATURAL COLORANTS FROM TEAK WOOD BARK*

**Brilyan Muhammad Rasyid Reda\*, Bakhti Ringkang Akbar  
Khairul Umam, David Christian**

Politeknik STTT Bandung, Jl. Jakarta No. 31 Bandung, 40272, Indonesia

\*Penulis Korespondensi:

Alamat Email: brilyan.muhammad.rasyid@gmail.com

Tanggal diterima: 28 Januari 2026, direvisi: 04 Februari 2026,  
disetujui terbit: 20 Februari 2026

**Abstrak**

Pewarna alam merupakan alternatif pewarna tekstil yang ramah lingkungan, namun penggunaannya terbatas karena stabilitasnya yang rendah pada suhu tinggi, yang dapat menyebabkan degradasi senyawa berwarna seperti flavonoid dan tanin. Pada proses ekstraksi senyawa alami secara sederhana dilakukan dengan merendam bagian tanaman dalam air dengan suhu tinggi. Proses lanjutan pada larutan ekstrak adalah pemekatan larutan ekstrak untuk mendapatkan pewarnaan yang lebih tua dengan memanaskan larutan sehingga terjadi penguapan pelarutnya. Proses pemanasan yang berlebih tersebut dapat mendegradasi senyawa zat warna alam yang ditandai dengan perubahan arah warna. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan modifikasi proses pemekatan larutan ekstrak tanpa pemanasan melalui teknologi filtrasi membran. PVDF dipilih sebagai polimer pembuat membran karena memiliki sifat stabilitas kimia, termal, dan mekaniknya yang baik. Fokus penelitian ini adalah menentukan komposisi optimal membran PVDF dengan penambahan polietilena glikol (PEG) dengan variasi penambahan 0, 2, dan 4% b/b dengan jumlah PVDF 18%, sehingga didapat porositas yang optimal pada proses pemekatan larutan ekstrak zat warna alam dari kulit pohon jati. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan PEG pada larutan cetak PVDF menghasilkan membran dengan karakteristik porositas dan permeabilitas yang semakin meningkat sehingga akan meningkatkan kecepatan pemekatan. Pemekatan yang paling baik terjadi dengan penggunaan membran PVDF dengan penambahan 4% b/b PEG.

Kata kunci: pewarna alami, membran, PEG, PVDF, kulit kayu jati

**Abstract**

*Natural dyes are an environmentally friendly alternative to textile dyes. However, their use is limited by their low stability at high temperatures, which can degrade colored compounds such as flavonoids and tannins. Natural compounds are extracted by soaking plant parts in water at high temperatures. The next step in the extraction solution process is to concentrate the solution to obtain a deeper color by heating it to evaporate the solvent. Excessive heating can degrade natural coloring compounds, resulting in a color change. Therefore, this study modified the process of concentrating the extract solution without heating by using membrane filtration technology. PVDF was chosen as the membrane-making polymer because it has good*

*chemical, thermal, and mechanical stability. This study focuses on determining the optimal composition of PVDF membranes with the addition of polyethylene glycol (PEG) at varying concentrations of 0, 2, and 4% w/w with a PVDF content of 18%, to obtain optimal porosity in the concentration process of the natural dye extract solution from teak bark. The results of this study show that the addition of PEG to the PVDF casting solution produces membranes with increased porosity and permeability characteristics, thereby increasing the concentration rate. The best concentration occurs with the use of PVDF membranes with the addition of 4% w/w PEG.*

*Keywords: natural dyes, heat, membrane, PVDF, teak bark*

## PENDAHULUAN

Proses ekstraksi senyawa pewarna alami secara sederhana dilakukan dengan merendam bagian tanaman dalam air dengan suhu tinggi (98-100° C)<sup>1,2</sup>. Proses lanjutan pada larutan ekstrak adalah proses pemekatan larutan ekstrak untuk mendapatkan pewarna yang lebih tua dilakukan juga dengan memanaskan larutan sehingga terjadi penguapan. Proses pemanasan yang berlebih tersebut dapat mendegradasi senyawa pewarna alam yang ditandai dengan perubahan arah warna<sup>1,2</sup>. Beberapa senyawa yang digunakan sebagai pewarna alami seperti antosianin, tanin dan flavonoid memiliki sifat dapat mengalami degradasi oleh suhu tinggi<sup>1,2</sup>.

Salah satu bagian tumbuhan yang memiliki senyawa pewarna adalah kulit pohon jati. Pemanfaatan pohon jati yang utama adalah pada bagian kayu yang merupakan kayu kelas satu karena kekuatan, keawetan dan keindahannya. Pemakaian pohon jati sangat tinggi untuk industri olahan kayu karena kualitas kayunya yang tinggi. Bagian kulit kayu biasanya tidak digunakan dan menjadi limbah pada industri tersebut<sup>3,4</sup>. Pada bagian kulit kayu terkandung senyawa berwarna flavonoid dan tanin yang dapat dimanfaatkan sebagai pewarna alami<sup>3,5,6,7</sup>.

Substitusi proses dalam menyiapkan pewarna alami agar didapat senyawa yang baik tanpa

degradasi terus dilakukan. Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi proses pemekatan larutan ekstrak tanpa menggunakan panas. Proses yang dirancang adalah pemekatan larutan dengan melakukan filtrasi dengan menggunakan teknologi membran. Larutan ekstrak akan difilter dengan bantuan tekanan sehingga senyawa pewarna alam yang berukuran lebih besar daripada pori membran akan tertahan pada larutan ekstrak. Sebagian pelarut akan menembus membran sehingga larutan ekstrak menjadi lebih pekat sehingga dapat digunakan untuk mewarnai bahan tekstil dengan hasil warna yang lebih tua.

Pada dekade terakhir, teknologi membran telah menjadi teknik yang efisien di bidang pengolahan air karena efisiensi tinggi, konsumsi energi yang rendah, hemat biaya, dan memiliki dampak lingkungan yang rendah. Beberapa polimer yang digunakan untuk material membran di antaranya adalah poliakrilonitril (PAN), polisulfon (PS), polifenilena oksida (PPO), polietilena (PE), polipropilena (PP), poliviniliden fluorida (PVDF), polifluoroetilena (PFE), politetrafluoroetilena (PTFE), etilena propilena terfluorinasi (FEP) dan etilenatetrafluoroetilena (ETFE)<sup>8</sup>. Di antara material-material tersebut, PVDF banyak mendapat perhatian untuk digunakan sebagai material membran. Ikatan C-C pada PVDF yang dikelilingi oleh atom H dan F memberikan sifat

stabilitas kimia, termal dan mekanik yang baik<sup>8,9,10</sup>.

Pengaturan pembentukan pori membran dapat dilakukan dengan penambahan polietilena glikol (PEG) pada larutan cetak PVDF. Besar atau kecilnya porositas pada membran dapat mempengaruhi kinerja filtrasi membran atau pemekatan senyawa pewarna. Penambahan PEG pada larutan cetak PVDF dimaksudkan agar terjadi pembentukan pori pada saat proses inversi fasa pada pembuatan membran. Keberadaan PEG akan mengakibatkan pertukaran antara PEG dengan air sebagai koagulannya yang semakin cepat sehingga ruang yang ditinggalkan oleh PEG pada larutan polimer PVDF akan menjadi pori pada membrannya. Semakin banyak PEG yang ditambahkan akan membentuk pori membran yang lebih besar sehingga menjadikan fluks filtrasi membran menjadi semakin cepat namun rejeksinya menjadi menurun<sup>11,12</sup>. Namun, pada proses pemekatan ada keseimbangan antara permeabilitas dan rejeksi. Dimana semakin tinggi permeabilitas akan meningkatkan kecepatan pemekatan.

Pada penelitian ini dibuat membran dari PVDF dengan berbagai variasi porositas. Kesesuaian porositas dengan ukuran senyawa pewarna alam dalam proses filtrasi akan berpengaruh terhadap pemekatan larutannya. Penggunaan membran untuk proses pemekatan dapat mengurangi resiko degradasi senyawa ekstrak karena tidak menggunakan suhu yang tinggi pada prosesnya. Selain itu penggunaan energi yang rendah pada prosesnya dapat menjadi faktor positif tambahan dalam penggunaan membran dalam persiapan larutan pewarna alam.

## **BAHAN DAN METODA**

Pada penelitian ini digunakan bahan-bahan yang berasal dari

berbagai sumber. PVDF dari Solef sebagai polimer penyusun utama dari membran.

*N,N*-dimetilasetamida (DMAc) dari Merck sebagai pelarut PVDF. Polietilenglikol 400 (PEG400, Mw 400) dari Merck sebagai pembentuk pori pada membran. Aqua DM sebagai media penyimpanan membran agar tidak terjadi dehidrasi serta sebagai zat koagulasi dalam pembentukan membran. Limbah kulit kayu pohon jati dari Indramayu sebagai material pewarna alam. Nitrogen cair sebagai zat pembeku membran dalam preparasi sampel morfologi penampang melintang membran.

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain alat gelas, *hot plate stirrer*, sonikator, alat mikrofiltrasi, alat uji kekuatan tarik Instron MOD 1026, spektrofotometer UV-Vis larutan Genesys 10s, *scanning electron microscope* (SEM) Phenom ProX G6.

Metoda kerja yang dilakukan pada penelitian ini meliputi ekstraksi zat warna alam dari limbah kulit kayu pohon jati, Pembuatan membran adalah Campuran dengan komposisi tertentu dalam % b/b yang terdiri dari PVDF sebagai polimer penyusun membran, PEG sebagai pembuat pori dengan pelarut DMAc. Pada penelitian ini pembuatan membran PVDF divariasikan komposisi PEG 0, 2, 4 % b/b dengan komposisi PVDF tetap sebesar 18% b/b. Karakterisasi yang dilakukan pada membran meliputi karakterisasi morfologi menggunakan pencitraan SEM, sifat mekanik dilakukan Uji Tarik, porositas membran diukur dengan metode gravimetrik, pengujian kinerja membran (fluks dan rejeksi) akan dilakukan dengan alat filtrasi sistem aliran melintas (*dead end*), serta kadar pemekatan zat warna alam.

## **Proses Ekstraksi Zat Warna Alam dari Kulit Kayu Pohon Jati**

Limbah kulit kayu pohon jati dipotong-potong sehingga cukup mudah

untuk direndam dalam air lalu dipanaskan sampai mendidih (98-100°C) selama 1 jam. Vlotasi perendaman yang akan dilakukan adalah 1:20. Setelah larutan ekstrak dingin, segera dilakukan penyaringan<sup>2</sup>. Selain itu, larutan ekstrak dibuat juga menjadi bubuk dengan menggunakan *spray dryer* untuk kebutuhan pengukuran konsentrasi larutan.

### **Pembuatan Kurva Standar Regresi Zat Warna dan Pengukuran Absorbansi Larutan Ekstrak Zat Warna Alam**

Proses pembuatan kurva regresi diawali dengan menyiapkan larutan stok zat warna pada konsentrasi tertentu menggunakan zat warna alam bubuk. Kemudian larutan stok diencerkan menjadi beberapa larutan standar dengan konsentrasi bertingkat. Rentang konsentrasi dipilih sedemikian rupa agar mencakup kisaran konsentrasi yang diperkirakan terdapat dalam sampel penelitian. Pemilihan rentang konsentrasi yang tepat sangat penting untuk memastikan bahwa hubungan antara konsentrasi dan absorbansi berada pada daerah linear sesuai dengan hukum Lambert-Beer.

Sebelum pengukuran absorbansi dilakukan, terlebih dahulu ditentukan panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{maks}$ ) dari zat warna yang digunakan. Pengukuran pada  $\lambda_{maks}$  bertujuan untuk memperoleh sensitivitas maksimum serta mengurangi kesalahan pengukuran. Setiap larutan standar kemudian diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200 – 700 nm dengan blanko berupa pelarut yang sama tanpa zat warna. Data hasil pengukuran absorbansi selanjutnya diplotkan terhadap konsentrasi zat warna sehingga diperoleh nilai konsentrasi larutan ekstrak 0,035%. Pengukuran larutan standar pada konsentrasi 0,005 sampai dengan 0,03

dengan rentang 0,005. Panjang gelombang maksimum yang didapat adalah 400 nm.

### **Proses Pembuatan Membran**

Lembaran membran dibuat dengan menggunakan metode inversi fasa yang mengacu pada penelitian Pramono dkk.<sup>7</sup> Campuran dengan komposisi tertentu dalam % b/b yang terdiri dari PVDF sebagai polimer penyusun membran, PEG sebagai pembuat pori. Membran dilarutkan dengan pelarut DMAc. Larutan diaduk dalam wadah tertutup pada suhu 60 °C selama 24 jam, dilanjutkan dengan sonikasi pada suhu 60 °C selama 90 menit. Larutan dicetakan di atas permukaan kaca yang telah diaplikasikan pengatur ketebalan sebelumnya, kemudian langsung dimasukkan ke dalam bak koagulasi yang berisi air. Selanjutnya membran dicuci semalaman dalam air mengalir. Membran disimpan dalam akua DM untuk mencegah dehidrasi.

Pembuatan membran PVDF dilakukan untuk melihat pengaruh penambahan PEG terhadap karakteristik serta performa membran terhadap larutan zat warna alami hasil ekstraksi. Jumlah PEG yang ditambahkan pada larutan PVDF divariasikan dari 0, 2 dan 4% b/b, sedangkan jumlah PVDF tetap pada konsentrasi 18% b/b.

### **Karakterisasi Morfologi Membran dengan SEM**

Morfologi permukaan diamati langsung pada permukaan membran dan bagian dalam membran diamati pada penampang melintang dengan pembesaran tertentu. Potongan sampel membran dipasang pada tempat sampel yang telah dilapisi oleh perekat karbon sebelumnya. Setelah itu sampel dipasang pada tempat sampel pada peralatan SEM. Citra permukaan

membran dan penampang melintang diambil dengan perbesaran 10.000 kali.

### Karakterisasi Porositas Membran

Porositas ( $\epsilon$ ) membran diukur dengan metode gravimetrik yaitu dengan mengukur persentase berat air yang mengisi pori pada membran terhadap berat kering membran dalam dimensi membran tertentu. Sampel membran dengan ukuran 3x3 cm<sup>2</sup> direndam dalam aquades selama 1 jam, kemudian dikeringkan permukaannya dengan kertas tisu dan ditimbang ( $W_b$ ). Setelah itu sampel membran dikeringkan pada suhu 60 °C selama 24 jam dan ditimbang kembali sehingga didapatkan berat kering ( $W_k$ ). Porositas ( $\epsilon$ ) ditentukan dengan persamaan 1.<sup>11,12</sup>

$$\epsilon (\%) = \left( \frac{W_b - W_k}{A l \rho} \right) 100 \dots\dots\dots(1)$$

$W_b$  adalah berat basah,  $W_k$  adalah berat kering,  $A$  adalah luas membran,  $l$  adalah tebal membran, dan  $\rho$  adalah massa jenis air.

### Karakterisasi Sifat Mekanik Membran

Sifat mekanik membran diukur dengan alat uji kekuatan tarik. Sampel membran dengan dimensi masing-masing 8 cm x 5 mm dan diukur ketebalannya dengan alat *thickness tester*. Spesimen membran basah dijepit pada penjepit atas dan bawah dengan jarak jepit 2 cm, lalu dilakukan penarikan sampai membran putus. Pengukuran dilakukan dengan dengan laju perpanjangan konstan 80 mm.min<sup>-1</sup> dan kapasitas sel beban 4,5 N pada suhu ruang dan data yang diperoleh diolah dengan perangkat lunak<sup>12</sup>.

### Karakterisasi Kinerja Membran

Kinerja membran dapat ditentukan dengan permeabilitas (fluks) dan selektivitas (rejeksi) membran. Pada penelitian ini, pengujian kinerja membran akan dilakukan dengan alat filtrasi sistem aliran melintas (*dead end*).

Pengujian kinerja membran diawali dengan pengujian permeabilitas membran dengan mengukur fluks air. Membran dipotong dengan ukuran luas ( $A$ ) yang sesuai dengan diameter tabung pada alat dan ditempatkan pada sel filtrasi. Tabung sel filtrasi diisi penuh dengan aqua DM sebagai larutan umpan. Tekanan operasi diatur pada 2 bar. Operasi dilakukan pada waktu tertentu ( $t$ ) dan volume air hasil filtrasi ( $V$ ) kemudian ditampung dan ditimbang. Fluks ( $J$ ) membran ditentukan dengan persamaan 2<sup>12</sup>.

$$J = \frac{V}{A.t} \dots\dots\dots(2)$$

Pengujian selektivitas membran terhadap ekstrak kulit kayu pohon jati dilakukan dengan pengukuran persen rejeksi (%R) membran. Prosedur yang dilakukan sama dengan pengukuran fluks air, namun larutan umpan diganti dengan ekstrak kulit kayu pohon jati konsentrasi tertentu. Konsentrasi permeat ( $C_p$ ) dan retentat ( $C_r$ ) diukur dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis pada panjang gelombang masing-masing. Pengukuran persen rejeksi membran ditentukan dengan persamaan 3<sup>11,12</sup>.

$$\%R = \left( 1 - \frac{C_p}{C_r} \right) 100 \dots\dots\dots(3)$$

Nilai pemekatan larutan diuji dengan membandingkan konsentrasi umpan sebelum dilakukan filtrasi dengan konsentrasi umpan setelah dilakukan filtrasi selama 30 menit. Nilai pemekatan dinyatakan dalam bentuk prosentase.

## PEMBAHASAN

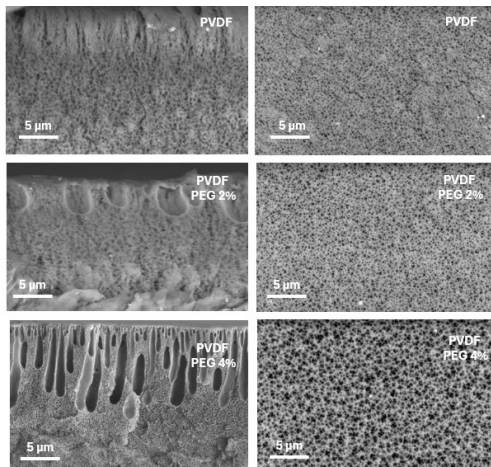
### Morfologi Membran PVDF dengan SEM

Analisis morfologi membran PVDF dilakukan menggunakan SEM untuk mengamati perubahan struktur membran akibat penambahan PEG

sebagai agen pembentuk pori (*pore former*) pada larutan cetak. Pengamatan dilakukan pada morfologi membujur (permukaan membran) dan melintang (penampang melintang).

Pengamatan morfologi permukaan menunjukkan bahwa membran PVDF tanpa penambahan PEG memiliki permukaan yang relatif lebih rapat dengan pori-pori berukuran kecil. Kondisi ini mengindikasikan lapisan kulit yang masih padat.

Pada membran PVDF dengan penambahan PEG 2% dan 4%, permukaan membran menunjukkan pori-pori yang semakin besar seiring dengan peningkatan jumlah penambahan PEG.



(a) (b)

Gambar 1. Morfologi Membran PVDF penambahan PEG (0, 2, 4%) (a) melintang, (b) membujur

Distribusi pori tampak lebih terbuka, menandakan peningkatan ukuran pori di lapisan permukaan. Hal ini disebabkan oleh peran PEG sebagai aditif pembuat pori proses koagulasi, meninggalkan rongga pori yang lebih besar<sup>11,12</sup>.

Pada bagian dalam membran PVDF yang dapat diamati dari penampang melintang, menunjukkan

struktur asimetris yang khas, terdiri dari lapisan kulit (*skin layer*) di bagian atas dan lapisan sub-struktur berpori di bawahnya. Pada konsentrasi PEG 2%, pori-pori yang terbentuk relatif kecil dan distribusinya masih sedikit. Struktur *finger-like* mulai terlihat, namun jumlah dan panjangnya masih terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa laju pertukaran antara pelarut dan non-pelarut selama proses inversi fasa berlangsung secara lambat.

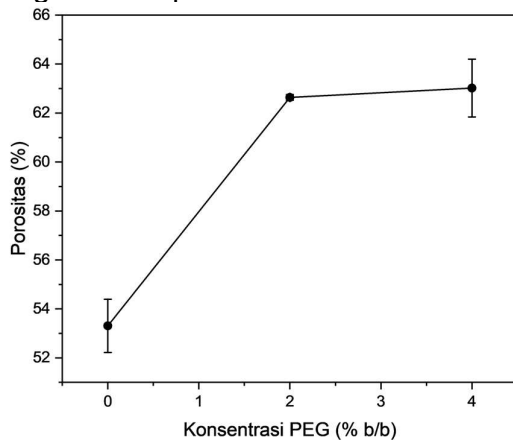
Pada membran PVDF dengan penambahan PEG 4%, terjadi perubahan morfologi yang signifikan. Struktur *finger-like* terlihat lebih berkembang, memanjang, dan jumlahnya meningkat secara jelas. Fenomena ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi PEG mempercepat proses pertukaran pelarut-non-pelarut. PEG yang bersifat hidrofilik meningkatkan afinitas terhadap air, menyebabkan pembentukan pori makro yang lebih besar dan struktur sub-lapisan yang lebih terbuka.<sup>12</sup> Struktur ini dapat berkontribusi terhadap peningkatan porositas dan permeabilitas membran.

### Porositas Membran PVDF

Porositas merupakan perbandingan antara volume ruang total pori dengan volume total membran. Kinerja membran dapat dipengaruhi oleh porositas yang dimiliki oleh membran. Membran yang memiliki porositas besar akan memiliki sifat permeabilitas yang tinggi, karena tingginya jumlah air yang dapat mengisi pori pada membran sehingga meningkatkan dan mempermudah proses permeasi air yang melewati membran.

Hasil pengukuran porositas pada membran PVDF ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan hasil

pengukuran menunjukkan bahwa dengan penambahan PEG menjadikan porositas membran meningkat. Pembuatan membran PVDF dengan pelarut DMAc dilakukan pematatan dengan metode inversi fasa dengan menggunakan air sebagai zat kogulan/anti pelarut.



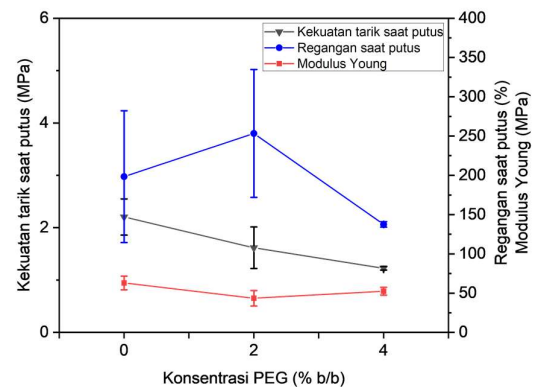
Gambar 2. Porositas Membran PVDF

Pertukaran antara pelarut dengan anti pelarut akan memadatkan larutan PVDF yang dicetak pada kaca sehingga menjadi lembaran membran. Penambahan PEG yang merupakan suatu polimer dengan gugus alkohol menjadikan polimer PEG berinteraksi dengan cepat dengan air yang berperan sebagai zat koagulan pada proses inversi fasa pembuatan membran. Laju pertukaran PEG dengan air akan meninggalkan ruang yang menjadi pori pada bagian dalam membran. Semakin tinggi PEG yang ditambahkan akan menghasilkan makro pori yang semakin besar. Semakin cepat pertukaran pelarut dengan non-pelarut mengakibatkan peningkatan pori yang terbentuk pada membran<sup>11,12</sup>.

#### Sifat Mekanik Membran PVDF

Pada penelitian ini, filtrasi membran dilakukan dengan menggunakan metode *dead end*. Pada metode ini, larutan umpan ditekan untuk melewati membran secara tegak lurus tanpa sirkulasi larutan dalam modul

filtrasi membrannya. Tekanan yang kuat pada saat proses filtrasi mengharuskan membran memiliki kekutan mekanik yang cukup untuk menahan tekanan yang sesuai dengan aplikasinya. Kekuatan mekanik membran ditentukan dengan pengukuran kekuatan tarik membran dan regangan saat putus. Pada hasil pengukuran kekuatan tarik membran juga dapat ditentukan nilai modulus Young yang menunjukkan tingkat kekakuan membran. Informasi sifat mekanik membran PVDF pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



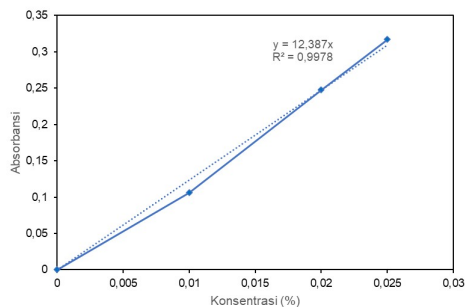
Gambar 3. Sifat Mekanik Membran PVDF

Berdasarkan hasil pengujian mekanik membran didapatkan bahwa dengan penambahan PEG mengakibatkan penurunan kekutan tarik saat putus, namun nilai modulus Young membran hibrida relative tetap. Hal ini dapat terjadi akibat terbentuknya pori pada membran yang semakin meningkat akibat meningkatnya penambahan PEG, mengakibatkan padatan membran menjadi menurun sehingga tahanannya terhadap suatu gaya tarik menjadi menurun<sup>12</sup>. Polimer PVDF yang linear pada rangka utamanya mengakibatkan karakteristik membran tetap elastis dan terlihat dari nilai modulus Young yang relatif konstan seiring dengan Kurva regresi larutan ekstrak zat warna alam dari kulit pohon jati, disajikan pada Gambar 4, dibuat

untuk menentukan penambahan PEG sampai dengan 4% b/b.

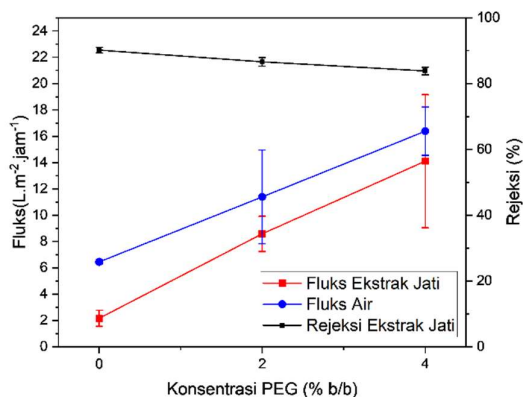
### Fluks, Rejeksi dan Kemampuan Pemekatan Membran PVDF

Kinerja filtrasi membran ditentukan dengan pengukuran rejeksi dan fluks terhadap larutan senyawa tertentu. Pada penelitian ini, membran yang disintesis diaplikasikan untuk memekatkan larutan zat warna alami, dalam hal ini adalah larutan zat warna alam dari kulit pohon jati. konsentrasi larutan zat warna pada seluruh penelitian ini.



Gambar 4. Kurva regresi pada panjang gelombang 400 nm

Hasil penentuan kinerja filtrasi membran hibrida PVDF ini disajikan pada Gambar 5.



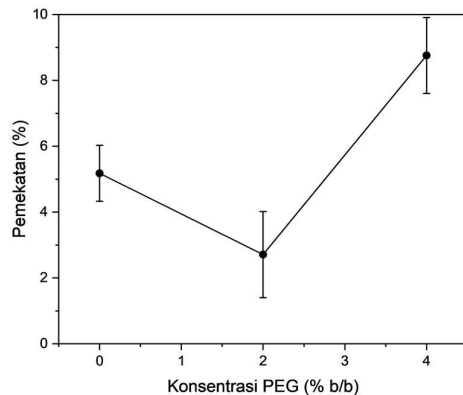
Gambar 5. Grafik menggambarkan hubungan penambahan PEG dengan kinerja filtrasi membran PVDF yaitu fluks dan rejeksinya

Berdasarkan hasil pengukuran

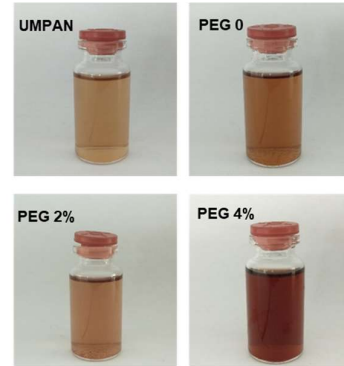
kinerja filtrasi membran, terlihat bahwa dengan penambahan PEG sampai konsentrasi 4% b/b meningkatkan permeasi membran yang ditunjukkan dengan meningkatnya nilai fluks air dan fluks terhadap larutan ekstrak zat warna dari kulit pohon jati. Parameter kinerja membran lainnya adalah selektivitas membran yang ditunjukkan oleh % rejeksi terhadap larutan ekstrak zat warna dari kulit pohon jati yang menurun pada penambahan PEG sampai konsentrasi 4% b/b. Hal ini sejalan dengan kondisi porositas membran yang meningkat dengan penambahan PEG. Porositas yang meningkat mengakibatkan larutan semakin mudah untuk melewati membran sehingga fluks menjadi semakin cepat namun senyawa dalam larutan yang tertahan oleh membran menjadi semakin mudah lolos menembus membran<sup>11,12</sup>. Namun, pada proses pemekatan zat warna alam terjadi keseimbangan antara permeabilitas dan rejeksi. Dimana semakin tinggi permeabilitas maka akan meningkatkan kecepatan pemekatan larutan zat warna.

Persentase keberhasilan pemekatan bisa dilihat dengan nilai absorbansi larutan umpan yang semakin lama semakin meningkat seiring dengan berlangsungnya proses filtrasi. Grafik tingkat pemekatan membran dapat dilihat pada Gambar 6 dan hasil pemekatan membran dapat dilihat pada Gambar 7. Pemekatan pada PVDF tanpa penambahan PEG menghasilkan nilai pemekatan yang lebih tinggi daripada membran yang ditambahkan 2% b/b PEG. Hal ini diakibatkan dari porositas pada membran PVDF tanpa penambahan PEG yang rendah, sehingga senyawa zat warna lebih banyak tertahan di larutan umpan. Namun pada penambahan 4% b/b PEG, nilai pemekatan meningkat lebih tinggi dari pada nilai pemekatan pada semua membran. Hal ini diakibatkan pada

membran PVDF yang ditambahkan 4% b/b PEG memiliki porositas yang paling tinggi namun selektivitas membrannya tidak terlalu jauh nilainya dengan membran dengan penambahan PEG 2 % b/b sehingga filtrasi terjadi dengan fluks yang paling cepat, namun penahanan senyawa zat warna masih terjadi dengan baik. Walaupun selektivitas membran dengan penambahan 4% b/b PEG memiliki nilai yang terendah, namun dengan selektivitas yang relatif masih dekat dengan nilai selektivitas dengan membran dengan penambahan 2 % b/b PEG, maka selektivitasnya terimbangi oleh nilai fluks yang tinggi, sehingga menghasilkan nilai pemekatan yang paling tinggi.



Gambar 6. Kinerja filtrasi membran PVDF



Gambar 7. Hasil pemekatan larutan zat warna alam dengan membran PVDF dengan variasi penambahan PEG

## KESIMPULAN

Peningkatan porositas pada membran PVDF dengan penambahan PEG terbukti meningkatkan sifat permeabilitas, namun diikuti dengan penurunan selektivitas membran. Hal ini menunjukkan adanya hubungan keterbalikan antara kemampuan alir dan kemampuan penyaringan membran. Namun, Pada proses pemekatan ada keseimbangan antara permeabilitas dan rejeksi. Dimana semakin tinggi permeabilitas akan meningkatkan kecepatan pemekatan. Penambahan PEG pada membran PVDF menyebabkan penurunan sifat mekanik membran, namun secara umum membran masih menunjukkan sifat elastis yang memadai untuk aplikasi pemisahan. Hasil pemekatan larutan ekstrak kulit pohon jati menunjukkan kinerja terbaik diperoleh pada membran PVDF dengan penambahan PEG sebesar 4% b/b, yang memberikan keseimbangan optimal antara permeabilitas, selektivitas, dan kestabilan mekanik membran.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Fernández-López, J. A., Angosto, J. M., Giménez, P. J. dan León, G, Thermal Stability of Selected Natural Red Extracts Used as Food Colorants, *Plant Foods Hum. Nutr.* **68**, 11–17, (2013).
2. Luxminarayan, L., Neha, S., Amit, V. dan Khinchi, M. P., The Degradation Rates of Natural Dyes from Natural Resources: A Review, *Asian J. Pharm. Res. Dev.* **5**, 1–8, (2017).
3. Utari, N., Diba, F dan Lolyta, S., Perbandingan Tingkat Keawetan Kayu Sengon (*Falcataria Moluccana L. Nielsen*) dan Kayu Sugi (*Cryptomeria Japonica D. Don*) dengan Ekstrak Limbah Kulit Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F.*) terhadap Serangan Rayap Tanah *Coptotermes Curvignathus Holmgren*, *Jurnal Tengkwang*, **8(2)**, 75–87, (2018).
4. Suroso.Sp., Jati (*Tectona grandis*), diunduh dari situs [http://dishutbun.jogjaprovo.go.id/assets/artikel/Tanaman\\_Jati.pdf](http://dishutbun.jogjaprovo.go.id/assets/artikel/Tanaman_Jati.pdf)., pada tanggal 12 Maret 2021.
5. Pujilestari, T., Review: Sumber dan Pemanfaatan Zat Warna Alam untuk Keperluan Industri, *Din. Kerajinan dan Batik Maj. Ilm*, **32, 93**, (2016).
6. Ayele, M., Tesfaye, T., Alemu, D., Limeneh, M. dan Sithole, B., Natural dyeing of cotton fabric with extracts from mango tree: A step towards sustainable dyeing, *Sustain. Chem. Pharm.*, **17**, 100293, (2020).
7. Fröse, A., Schmidtke, K., Sukmann, T., Juhász Junger, I. dan Ehrmann, A., Application of natural dyes on diverse textile materials, *Optik (Stuttg)*., **181**, 215–219, (2019).
8. Liu, F., Hashim, N. A., Liu, Y., Abed, M. R. M. dan Li, K., Progress in the Production and Modification of PVDF Membranes, *Journal of Membrane Science*, **375**, 1-27, (2011)
9. Karimi, A., Khataee, A., Vatanpour, V. dan Safarpour, M., High-flux PVDF mixed matrix membranes embedded with size-controlled ZIF-8 nanoparticles, *Separation Purification Technology*, **229**, (2019).
10. Ebnesajjad, S., Introduction to Fluoropolymers: Materials, Technology, and Applications, *Elsevier Inc.*,(2013).
11. Pramono, E., Al, R., Ahdiat, M. dan Wahyuningrum, D., Hydrophilic poly (vinylidene fluoride)/bentonite hybrid membranes for microfiltration of dyes Hydrophilic poly (vinylidene fluoride)/bentonite hybrid membranes for microfiltration of dyes, *Materials Research Express*, **6**, 1-12. (2019).
12. Umam, K., Sagita, F., Pramono, E., Ledyastuti, M., Kadja, G.T.M. dan Radiman, C.L., Polyvinylidene fluoride (PVDF)/surface functionalized-mordenite mixed matrix membrane for congo red dyes removal: Effect of types of organosilane, *JCIS Open*, **11**, (2023).