



Sintesis dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dengan Penambahan *Antibiofouling* Alami Ekstrak Bawang Putih

Dikianur Alvianto^a, Fara Aulia Agustin Nurhadi^b, Angky Wahyu Putranto^b, Bambang Dwi Argo^b, Mochammad Bagus Hermanto^b, Yusuf Wibisono^{b*}

^aProgram Studi Magister Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

^bProgram Studi Teknologi Bioproses, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya
Jalan Veteran No. 1, Malang 65145, Indonesia

*Corresponding author: y_wibisono@ub.ac.id

DOI: 10.20961/alchemy.18.2.57199.193-204

Received 08 December 2021, Accepted 21 July 2022, Published 30 September 2022

Kata kunci:

Bacillus subtilis;
biofouling;
ekstrak bawang
putih;
membran;
selulosa asetat.

ABSTRAK. Teknologi membran merupakan teknologi yang dapat memisahkan dua fasa (permeat dan umpan). Kendala dalam teknologi membran yaitu bahan yang terkandung dalam umpan dan mengakibatkan terjadinya *fouling* (penutupan pori). Salah satu alternatif untuk mengurangi *fouling* yaitu menambahkan zat *antibiofouling* pada membran. Bahan yang dapat digunakan sebagai *antibiofouling* alami adalah ekstrak bawang putih yang memiliki sifat antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan ekstrak bawang putih terhadap perbaikan karakteristik membran (ketebalan, kuat tarik, elastisitas), fluks air bersih, dan sifat *antibiofouling* pada bakteri *Bacillus subtilis*. Membran selulosa asetat dibuat dengan menggunakan metode inversi fasa dan pelarut dimetilformamida. Penambahan ekstrak bawang putih pada pembuatan membran selulosa asetat memiliki konsentrasi masing-masing sebesar 0,25% b/v (0,01 g), 0,5% b/v (0,02 g), 0,75% b/v (0,03 g), dan 0% b/v (kontrol) dengan ketebalan 0,3 mm. Hasil yang optimum diperoleh untuk membran dengan konsentrasi 0,5 % b/v yang menghasilkan pengujian kuat tarik sebesar 0,977 N/mm² dan untuk membrane dengan konsentrasi 0,25% b/v yang memberikan elastisitas pertambahan panjang sebesar 12,22%. Sifat antibakteri membran dengan penambahan ekstrak bawang putih ditunjukkan dengan berkurangnya penempelan bakteri *Bacillus subtilis* pada permukaan membran sebesar 41,5% – 87,7% area.

Keywords:

Bacillus subtilis;
biofouling;
garlic extract;
membrane;
cellulose acetate.

ABSTRACT. Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate Membrane with The Addition of Natural Antibiofouling Garlic Extract. Membrane technology is a technology that can separate two phases (permeate and feed). The main problem in membrane technology is the material contained in the feed, which causes fouling (pore closure). An alternative to reducing fouling is by adding anti-biofouling substances into the membrane. The material that can be used as a natural anti-biofouling is garlic extract which has antibacterial properties. This study aimed to analyze the effect of adding garlic extract on the improvement of membrane characteristics (thickness, tensile strength, elasticity), clean water flux, and anti-biofouling properties of *Bacillus subtilis* bacteria. The cellulose acetate membrane was synthesized using dimethylformamide as solvent through the phase inversion method. The addition of garlic extract in the manufacture of cellulose acetate membranes had concentrations of 0.25% w/v (0.01 g), 0.5% w/v (0.02 g), 0.75% w/v (0.03 g), and 0% w/v (control) with a thickness of 0.3 mm. The optimum results were obtained for the membrane with a concentration of 0.5% w/v, which resulted in the tensile strength test of 0.977 N/mm², and the membrane with a concentration of 0.25% w/v, which resulted in an elongation elasticity of 12.22%. The antibacterial properties of membranes with the addition of garlic extract were indicated by the adhesion reduction of *Bacillus subtilis* bacteria on the membrane surface by 41.5% – 87.7% area.

PENDAHULUAN

Teknologi membran selalu berkembang seiring perkembangan zaman dan menjadi teknologi alternatif bagi kebutuhan hidup manusia. Membran dapat membatasi pangangkutan berbagai spesies kimia dan memisahkan dua fasa (umpan dan permeat) secara spesifik (Yuliwati, 2020). Teknologi membran dapat digunakan dalam proses filtrasi beberapa industri minuman, makana, dan lainnya dengan beberapa keunggulan yaitu ramah lingkungan dan mudah dalam pengaplikasian (Apriani *et al.*, 2017).

Bahan pembuatan membran berupa selulosa asetat merupakan bahan yang umum digunakan untuk pembuatan membran organik dengan metode inversi fasa. Metode inversi fasa merupakan proses pembuatan membran pada larutan homogen yang memanfaatkan perubahan fase dari cair ke padat yang dicetak pada permukaan datar, dilanjutkan proses perendaman menggunakan akuades yang bertujuan untuk menguapkan pelarut pada campuran *mixed matrix membrane*, sehingga diperoleh lapisan tipis (Murni, 2010). Polimer yang

digunakan harus larut dalam pelarut merupakan syarat utama dalam menggunakan metode ini (Holda and Vankelecom, 2015). Bahan aditif, suhu, waktu, komposisi polimer, dan pelarut merupakan faktor penting dalam proses inversi fasa (Marlina *et al.*, 2017).

Kendala yang terjadi pada proses filtrasi membran dapat disebabkan oleh kandungan bahan dalam larutan yang menghambat pori (*fouling*) (Herwati *et al.*, 2015). Salah satu jenis *fouling* yang sering terjadi yaitu *biofouling* (Nguyen *et al.*, 2012). Lapisan kompleks yang menempel pada permukaan membran dapat berupa mikroorganisme yang membentuk biofilm (*microfouling*) dan makroorganisme yang memiliki sifat merusak (*macrofouling*) sehingga disebut dengan *biofouling* (Raikina, 2003). Pelapisan membran dengan menggunakan material alami seperti bawang putih mampu mengurangi *fouling* yang dapat merusak membran (Wibisono *et al.*, 2020a).

Bawang putih diketahui memiliki sifat antibakteri dan antifungi karena kandungan senyawa fenolik (Qadir *et al.*, 2017). Senyawa fenolik mengganggu membran sitoplasmatik dan menghambat proses *transport* aktif, sehingga sel bakteri akan mati. Bawang putih memiliki kandungan 2,3% kandungan organosulfur (allinase dan ajoene) (Lisiswanti and Haryanto, 2017). Alisin merupakan zat yang memberi aroma khas pada bawang putih dengan fungsi membunuh bakteri dan mencegah infeksi (Syamsiah and Tajudin, 2003). Penelitian Wibisono *et al.* (2020b) menggunakan penambahan konsentrasi ekstrak bawang putih sebesar 0,5 – 1% pada pembuatan membran mampu mengurangi penempelan bakteri *E. coli* sebanyak 40 – 60%.

Penelitian ini menggunakan metode *microwave assisted extraction* (MAE) untuk ekstraksi bawang putih dengan beberapa keunggulan yaitu waktu yang relatif singkat, selektivitas tinggi, konsumsi pelarut yang rendah (Zhang *et al.*, 2018). Ekstrak bawang putih yang ditambahkan pada pembuatan membran selulosa asetat dapat menurunkan aktivitas bakteri *E. coli* (Wibisono *et al.*, 2020b). Sejauh ini penelitian seputar pengaruh penambahan ekstrak bawang putih terhadap perbaikan karakteristik kinerja membran dan sifat *antibiofouling* yang diaplikasikan pada bakteri *Bacillus subtilis* belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan karakteristik dan kinerja membran, serta sifat *antibiofouling* dengan bahan alami.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan peralatan sebagai berikut: *microwave* (Samsung ME731K), spektrofotometer (Jasco V-730), alat gelas, *casting knife* (Elcometer), timbangan analitik (AND EK-610i), mikrometer sekrup (Mitutoyo), *magnetic stirrer* (Heidolph), termometer, *autoclave* (GEA-LS 1000), *tensile strength* (Imada ZP 200 N), inkubator (Mettler), *Scanning Electron Microscope* (Quanta FEG 65). Penelitian ini menggunakan beberapa bahan yaitu bawang putih, selulosa asetat (Sigma Aldrich), dimetilformamida (Merck), etanol 96%, gas nitrogen (Samator gas), akuades, aseton (Sigma Aldrich), *nutrient broth* (Merck), pepton (Merck), dan formalin (Merck). Bakteri *Bacillus subtilis* diperoleh dari Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya.

Ekstraksi Bawang Putih

Bawang putih sebagai bahan utama penelitian ini dikupas dan dicuci bersih serta dikeringkan dengan menggunakan oven sebelum diekstraksi dengan *microwave*. Berat awal bawang putih yang digunakan sebesar 2572,1 gram dan berat setelah pengeringan menjadi 955,1 gram dengan kadar air sebesar 6,83%. Metode *microwave assisted extraction* digunakan pada proses ekstraksi bawang putih selama 3 menit dan rasio bawang putih terhadap etanol 1:8 (b/v) (200 g bawang putih : 1600 mL Etanol 96%) sesuai hasil terbaik dari penelitian (Wibisono *et al.*, 2020b).

Proses dilanjutkan pengeringan dengan *rotary evaporator*, sehingga didapatkan pasta dengan volume 177 mL dan diukur kadar total fenoliknya. Hasil pengujian total fenolik ekstrak bawang putih pada penelitian ini sebesar 271 mg GAE/g. Tetapi dari beberapa penelitian yang ada diketahui dengan waktu dan konsentrasi yang sama nilai total fenol yang didapatkan lebih kecil sebesar 9,94 mg GAE/g (Wibisono *et al.*, 2020b) dan $61,44 \pm 1,12$ mg GAE/g (Prasanto *et al.*, 2017). Diketahui nilai total fenol pada penelitian ini memiliki nilai yang tinggi karena >70 mg GAE/g sesuai klasifikasi (Safaa *et al.*, 2010). Perbedaan nilai total fenolik terjadi terkait dengan varietas yang digunakan dalam penelitian, lokasi pengambilan sampel, dan prosedur analisis.

Pembuatan Membran

Pada penelitian ini membran terdiri dari campuran bahan berupa selulosa asetat dan pelarut dimetilformamida serta ditambah ekstrak bawang putih dengan konsentrasi sebesar 0% b/v (kontrol), 0,25% b/v (0,01 gram), 0,5% b/v (0,02 gram), dan 0,75% b/v (0,03 gram). Pada Tabel 1 ditunjukkan rincian komposisi membran berpendukung ekstrak bawang putih.

Tabel 1. Komposisi membran.

Komposisi Membran			
Ekstrak (% b/v)	DMF (mL)	CA (gram)	Ketebalan (mm)
0	20	4,00	0,3
0,25	20	3,99	0,3
0,50	20	3,98	0,3
0,75	20	3,97	0,3

Semua komposisi membran dihomogenkan dalam gelas beaker menggunakan *hot plate magnetic stirrer* 500 rpm selama 2 jam. Gelembung pada larutan matriks membran dihilangkan dengan cara disimpan selama 24 jam. Setelah itu larutan membran dituang di atas plat kaca dan dicetak menggunakan pisau casting dengan ketebalan 0,3 mm. Lembaran membran segera direndam dalam wadah yang diisi dengan aquades selama kurang lebih 10 menit sampai lembaran membran benar-benar padat dan dilanjutkan dengan perendaman selama 1 menit pada aquades bersuhu 40 °C.

Proses perendaman aquades dengan suhu kurang dari 80 °C disebut *annealing*, di mana proses ini berfungsi untuk memperoleh membran yang stabil dan tidak menghasilkan membran yang memiliki kerutan (Aprilia and Amin, 2011). Lembaran membran kemudian dikeringkan dalam *box* menggunakan gas nitrogen selama 24 jam hingga kering.

Pengukuran Karakteristik Membran

Pengukuran karakteristik membran terbagi menjadi 4 bagian, yaitu ketebalan, kuat tarik dan elastisitas, serta fluks air bersih. Ketebalan membran diukur menggunakan mikrometer digital pada lima titik yaitu tepi tengah, kanan, kiri, atas, dan bawah. Hasil pengukuran dari kelima titik yang ada kemudian dijumlahkan dan dihitung rata-ratanya.

Alat *tensile strength* digunakan untuk melakukan pengujian kuat tarik dan elastisitas pada membran. Pengujian membran dilakukan pada variasi massa ekstrak bawang putih yang berbeda dengan tiga kali ulangan. Proses pertama pengujian kuat tarik yaitu membran dipotong dengan ukuran 7 × 1 cm. Perubahan panjang maksimum membran sebelum putus disebut dengan elastisitas (Arini *et al.*, 2017). Fluks air bersih dihitung menggunakan rumus berikut:

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

Keterangan: J = fluks membran (L/m².jam), V = volume *permeate* (liter), A= luas permukaan membran (m²), dan t = waktu filtrasi (jam)

Fluks air bersih diuji menggunakan modul membran yang ada dengan aliran *cross-flow* sesuai penelitian (Wibisono *et al.*, 2021). Membran dipotong dengan ukuran diameter 6 cm dan tekanan transmembran diatur pada 0,3 bar dengan menggunakan pompa. Saluran *inlet* dan *outlet* untuk mengukur debit aliran yang keluar juga terdapat pada modul. Pengukuran fluks air bersih dilakukan setiap 2 menit selama 20 menit dengan mengukur berat dan volumenya.

Penampang Melintang Membran

Sampel membran 0,5cm × 0,5 cm ditempelkan pada pada baja dengan posisi 90 °C. Membran yang telah ditempel dilapisi dengan emas sebelum proses SEM. Tingkat perekatan (adhesi), fungsional (ukuran, metalurgi dai substrat, dan bentuk), kemampuan adaptasi material, dan ketersediaan alat yang digunakan merupakan beberapa teknik dalam penentuan metode *coating* emas (Efendi and Sutanto, 2014). Baja diletakkan dalam alat *Scanning Electron Microscope* dan dilakukan pengamatan dengan perbesaran 1.500×.

Pengujian Aktivitas Antibakteri

Pengujian ini menggunakan modifikasi dari penelitian sebelumnya (Wibisono *et al.*, 2021). Membran direndam dalam larutan berisi bakteri *Bacillus subtilis* selama 24 jam. Setelah itu membran dicelupkan dalam formalin dan dianginkan-anginkan dan sampel diletakkan di kaca preparat.

Sampel membran 0,5 × 0,5 cm diamati dengan *Scanning Electron Microscope* untuk melihat empat titik spot perubahan. Sampel membran dilakukan *coating* emas sebelum proses SEM agar bersifat konduktif saat diamati. Membran diamati dengan perbesaran 5.000× dan dilakukan analisis menggunakan aplikasi ImageJ untuk

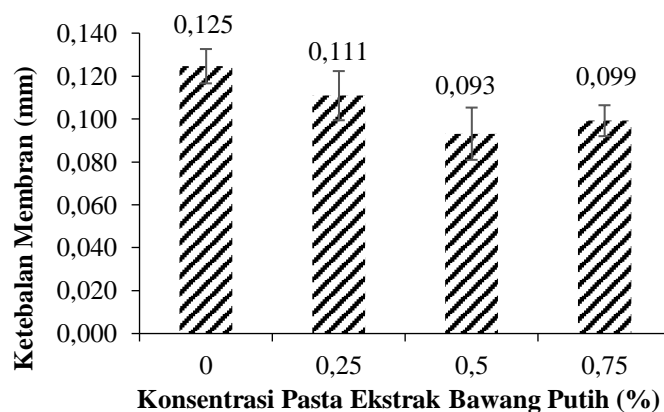
mengetahui jumlah penempelan bakteri pada membran. Pertama, pilih gambar yang akan dianalisa, lalu konversi skala dari pixel menjadi μm . *Duplicate* gambar dan bersihkan pengotor dengan *brush* serta atur *brightness/contrast*. Warna gambar diubah menjadi ukuran 8 bit dan pilih *threshold*. Pilih menu *analyze*, lalu *analyze particle*, pilih *show outlines*, *display results*, *summarize*, dan *record stats*, maka *drawing* akan keluar.

Pengujian gugus fungsi dilakukan untuk melihat gugus fungsi yang ada pada ekstrak bawang putih (FTIR Shimadzu IR Spirit/ATR-S No. A224158) dan membran (FTIR Shimadzu IR Prestige 21) yang berpengaruh terhadap penempelan bakteri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketebalan Membran

Pengukuran ketebalan ini memiliki tujuan utama untuk mengetahui seberapa besar membran mengalami penyusutan setelah dilakukan pengeringan. Konsentrasi polimer, dimana semakin meningkat konsentrasi polimer, maka ketebalan membran juga meningkat merupakan faktor yang mempengaruhi ketebalan (Zulfikar *et al.*, 2009). Pada Gambar 1 dapat dilihat rata-rata kuat tarik membran selulosa asetat.



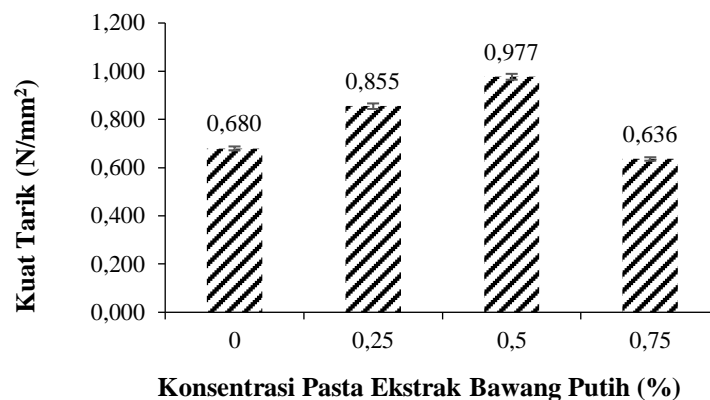
Gambar 1. Grafik rerata pengujian ketebalan membran.

Penambahan ekstrak bawang putih 0,5% b/v mendapatkan nilai ketebalan terendah dan nilai tertinggi terdapat pada membran 0% b/v. Ketebalan membran penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Wibisono *et al.* (2020a) dengan ekstrak bawang putih 0,5% – 1% yang memiliki nilai antara 0,119 – 0,138 mm. Penuangan larutan yang kurang merata sehingga proses pencetakan menjadi tidak sempurna akan mempengaruhi ketebalan membran seperti peningkatan yang terdapat pada membran kontrol (0% b/v). Menurut Ahadia and Kusumawati (2020), semakin luas area cetak maka membran yang dihasilkan akan semakin tipis. Selain itu, waktu pembuatan membran selulosa asetat tidak dilakukan bersamaan sehingga akan mempengaruhi ketebalan membran.

Menurut Amiyati *et al.* (2017), proses *delayed demixing* (tertahannya pelarut dalam membran) akan terjadi seiring bertambahnya waktu penguapan, sehingga proses presipitasi akan berjalan lambat dan menghasilkan membran yang semakin tebal. Selain itu, membran diketahui tidak memiliki ketebalan yang sama akibat proses pencetakan (*casting*) dan terbentuknya *makrovoid* yang besar, sehingga ikatan antara membran dan ekstrak kekuatan mekaniknya berkurang (Ahmad *et al.*, 2015).

Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik memiliki tujuan untuk menganalisis ketahanan membran apabila diberikan suatu gaya. Apabila kuat tarik pada membran semakin besar, maka ketahanannya terhadap suatu kerusakan akan lebih baik (Ayusnika *et al.*, 2014). Pada Gambar 2 dapat dilihat rata-rata kuat tarik membran selulosa asetat.



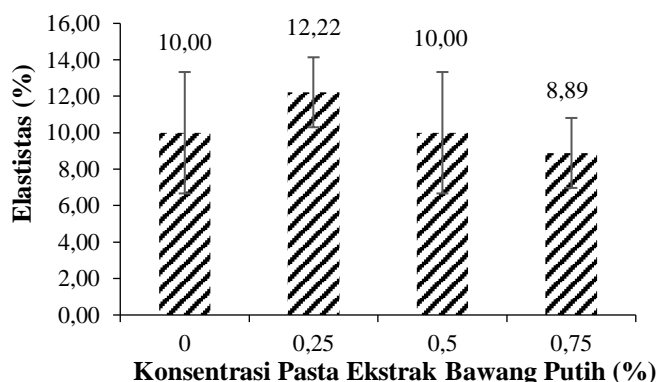
Gambar 2. Grafik rerata pengujian ketebalan membran.

Hasil rata-rata kuat tarik membran dengan penambahan ekstrak bawang putih 0.5% b/v dan 0.25% b/v mengalami peningkatan sedangkan membran kontrol (0% b/v) dan membran konsentrasi 0,75% b/v mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh ketebalan membran, sehingga akan menghasilkan struktur *makrovoid* yang berbeda. Cepat lambatnya proses pemadatan akan menentukan struktur dan *makrovoid*. Semakin besar pori dan *makrovoid* yang dihasilkan maka semakin cepat proses pemadatan (Sampurna, 2015). Peningkatan kuat tarik pada penambahan konsentrasi 0,25% dan 0,5% akibat pengaruh ukuran serat penyusun di mana semakin besar nilai kuat tarik maka ukuran serat penyusun semakin kecil (Husni *et al.*, 2018). Hasil kuat tarik pada penelitian ini belum memenuhi standar kuat tarik minimum untuk bahan selulosa asetat sebesar 30 N/mm² (Harrison *et al.*, 2004).

Penambahan konsentrasi ekstrak bawang putih juga mempengaruhi nilai kuat tarik yang dihasilkan. Menurut Bahmid *et al.* (2014), kenaikan kuat tarik terjadi akibat peningkatan kerapatan dan jumlah polimer dengan adanya penambahan konsentrasi yang semakin tinggi. Pada penelitian lain dilaporkan bahwa penambahan aditif dapat meningkatkan kekuatan tarik membran (Zafar *et al.*, 2012).

Elastisitas Membran

Pada penelitian ini, pengujian elastisitas memiliki tujuan untuk mengetahui pertambahan panjang, fleksibilitas dan persentase luas area membran setelah dilakukan uji tarik (Husni *et al.*, 2018). Rata-rata elastisitas membran selulosa asetat dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Grafik rerata pengujian elastitas membran.

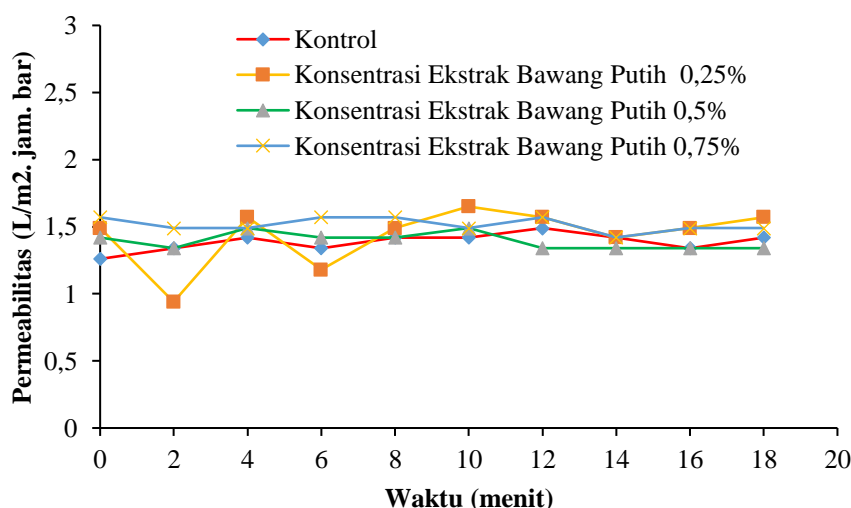
Hasil menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai elastisitas pada membran dengan penambahan ekstrak bawang putih. Penurunan elastisitas terjadi akibat adanya aditif yang mengisi pori membran, sehingga terjadi peningkatan ikatan hidrogen yang terbentuk akibat jarak antar rantai polimer selulosa asetat dengan pelarut DMF menjadi renggang dan lemah (Bahmid *et al.*, 2014). Ikatan hidrogen yang terbentuk antara membran selulosa asetat (gugus NH) dan alisin (gugus S=O) dari ekstrak bawang putih menuju bilangan gelombang yang lebih kecil (Kusuma *et al.*, 2016). Penurunan elastisitas terjadi karena kekakuan dan kekuatan membran mengalami pelekatan

yang kuat antara polimer dan bahan pengisi dengan adanya penambahan konsentrasi aditif. Elongasi mengalami penurunan dengan penambahan iradiasi pada membran komposit (*polycaprolactone*, kitosan, dan hidroksiapatit) dengan nilai elongasi maksimum pada iradiasi 10 kGy (Warastuti *et al.*, 2013).

Penurunan kekuatan tarik dan elastisitas dikaitkan dengan pemisahan fase dari struktur pori yang menurunkan sifat mekanisnya (Guo *et al.*, 2020). Penurunan ini berbeda jika dibandingkan dengan penelitian Bahmid *et al.* (2014) yang menggunakan selulosa asetat dengan penambahan DEG untuk pembuatan bioplastik yang mengalami peningkatan elastisitas dari 2,41% menjadi 2,96%. Perbedaan ini terjadi akibat perbedaan jumlah konsentrasi pemlastis yang ditambahkan pada bioplastik, sedangkan pada membran tidak ada penambahan. Pemlastis memiliki sifat meningkatkan viskoelastisitas dan mobilitas rantai polimer.

Fluks Air Bersih

Fluks dapat didefinisikan sebagai sejumlah zat yang mampu melewati luasan membran dengan waktu tertentu, sebagai akibat adanya gaya dorong yang diberikan. Nilai fluks berbanding lurus dengan peningkatan suhu dan konsentrasi umpan yang digunakan (Mulder, 1996). Pengujian fluks dilakukan dengan metode *cross flow* selama 18 menit dan diamati perhitungan permeat setiap 2 menit dengan tekanan sebesar 0,5 bar. Pada Gambar 4 dapat dilihat nilai fluks terhadap waktu membran selulosa asetat.



Gambar 4. Rerata pengujian fluks terhadap waktu.

Hasil menunjukkan bahwa fluks membran mengalami fluktuasi. Pada menit ke-10 untuk membran dengan konsentrasi 0,25% b/v mengalami kenaikan sebesar 1,651 L/m² jam. Akan tetapi juga mengalami penurunan pada menit ke-2 dan 6 yaitu 0,943 L/m² jam dan 1,179 L/m² jam. Perendaman membran dengan akuades sebelum pengujian fluks mengakibatkan pori-porinya membesar sehingga nilai permeabilitas menjadi tinggi.

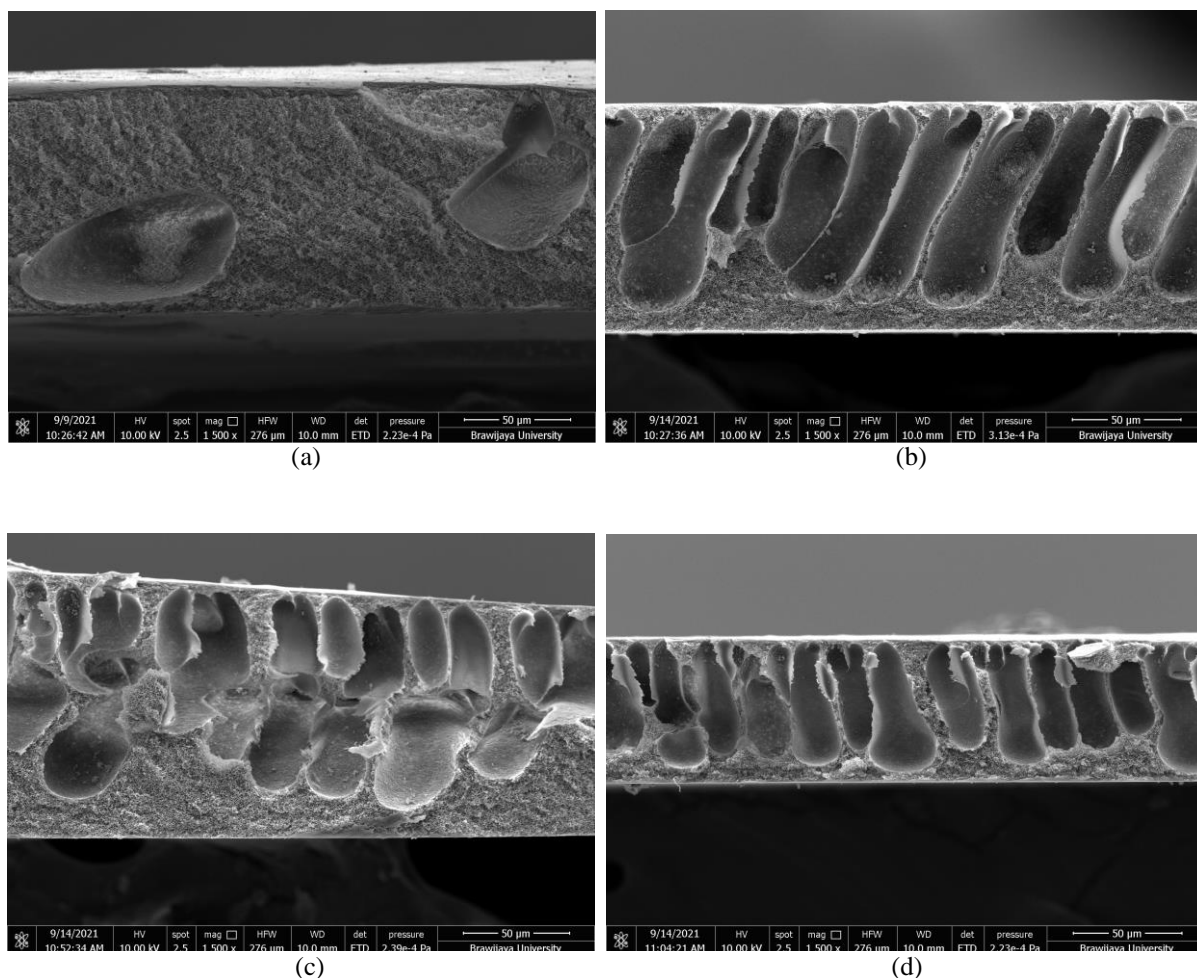
Ketebalan membran, waktu, tekanan, dan luas permukaan merupakan faktor yang mempengaruhi mekanisme fluks (Sugita *et al.*, 2018). Penambahan konsentrasi ekstrak 0,25% dan 0,75% b/v memiliki nilai permeabilitas yang tinggi pada penelitian ini karena ketebalan dan luas permukaan yang lebih kecil akibat konsentrasi polimer yang berbeda (Zulfikar *et al.*, 2009). Perbedaan ketebalan diakibatkan oleh proses *casting* yang kurang sempurna dan proses pencetakan maupun penuangan akibat larutan yang kurang homogen. Seiring berjalannya waktu, maka laju aliran fluks akan berkurang akibat adanya *fouling*, *scaling*, dan polarisasi konsentrasi (Sulaeman, 2018). Hal ini dapat diatasi dengan peningkatan tekanan dan adanya proses *backwash*.

Penampang Melintang Membran

Penampang melintang membran diamati dengan *scanning electron microscopy* dengan perbesaran 1500×. Pada Gambar 5 dapat dilihat hasil penampang melintang membran selulosa asetat. Membran kontrol (0% b/v) mengalami penurunan kekuatan membran karena menghasilkan makrovoid yang besar dan agak kasar. Membran 0,25% b/v memiliki makrovoid yang panjang dan membran 0,5% b/v menunjukkan makrovoid yang kurang beraturan. Penampang melintang membran bisa rusak karena keadaan membran yang tidak kaku. Proses

pengegasan agar penampang melintang membran tidak berubah bentuk saat dipotong yaitu dengan mencelupnya kedalam nitrogen cair (Ahmad, 2014).

Membran konsentrasi 0,75% b/v memiliki *macrovoid* kecil, lebih bulat, dan sedikit. Penambahan konsentrasi ekstrak bawang putih akan mempengaruhi pembentukan *macrovoid* membran. Semakin banyak ekstrak yang ditambahkan dalam membran, semakin memendek *macrovoid* yang terbentuk. Hal tersebut memiliki berhubungan dengan ketebalan membran yang dihasilkan akibat berkurangnya konsentrasi polimer selulosa asetat yang digunakan (Wibisono *et al.*, 2021).



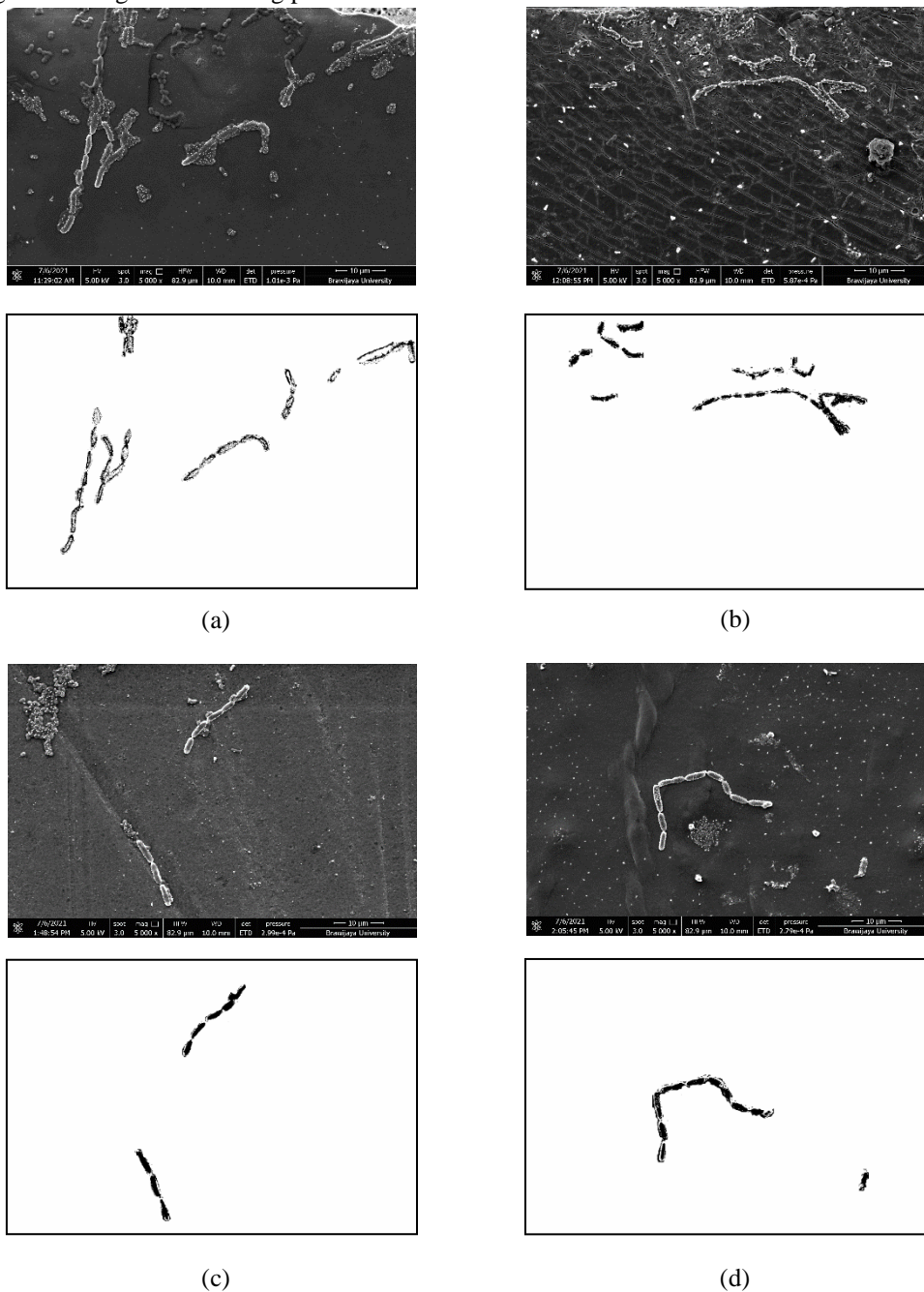
Gambar 5. Hasil penampang melintang membran (perbesaran 1.500x dan scale bar 50 µm), (a) Membran kontrol 0% b/v, (b) Membran ekstrak bawang putih 0,25% b/v, (c) Membran ekstrak bawang putih 0,5% b/v, (d) Membran ekstrak bawang putih 0,75% b/v.

Pengujian Aktivitas Antibakteri

Pengujian aktivitas antibakteri pada membran bertujuan untuk mengetahui efektifitas bawang putih guna mencegah penempelan bakteri. Bawang putih merupakan bahan yang dapat menghambat aktivitas bakteri (positif dan negatif) (Purwantiningsih *et al.*, 2019). Alisin merupakan senyawa yang terbentuk akibat adanya luka pada bawang putih sehingga enzim allinase mengubah allin menjadi alisin yang memiliki sifat antibakteri (gram negatif dan positif) (Ankri and Mirelman, 1999). *Bacillus subtilis* merupakan bakteri antagonis yang termasuk dalam gram positif dan memiliki bentuk oval, pH 2 – 8, berukuran $0,3 - 2,2 \times 1,2 - 7,0 \mu\text{m}$, dan dapat bertahan pada suhu $-5 \text{ } ^\circ\text{C}$ hingga $75 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Suriani and Muis, 2016).

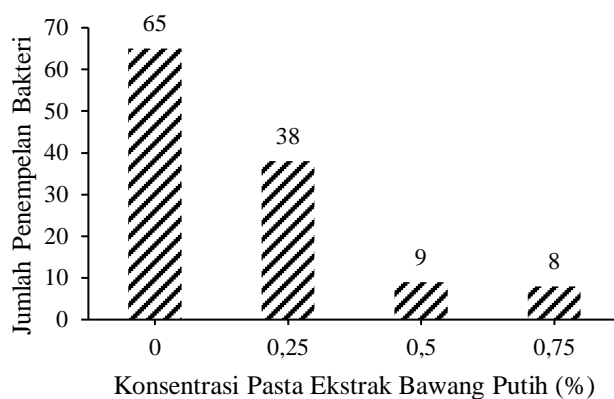
Perendaman membran dalam larutan bakteri tidak menyentuh dasar atau permukaan cawan petri dengan posisi horizontal. berada dalam posisi horizontal. Membran yang telah direndam kemudian dilakukan pengamatan dengan *Scanning Electron Microscope*, selanjutnya gambarnya dapat dianalisis menggunakan ImageJ untuk mengetahui jumlah penempelan *Bacillus subtilis* yang terdapat pada membran. Pada Gambar 6 dapat dilihat hasil analisis membran selulosa asetat menggunakan ImageJ.

Berdasarkan hasil pada [Gambar 6](#) dan [7](#), jumlah penempelan bakteri menggunakan analisis ImageJ diperoleh jumlah tertinggi terjadi pada membran kontrol (0% b/v) dan terendah terjadi pada membran dengan ekstrak 0,75% b/v. Menurut [Komala *et al.* \(2014\)](#), proses lisis yang terjadi pada dinding sel bakteri terjadi akibat senyawa flavonoid yang terkandung dalam bawang putih.



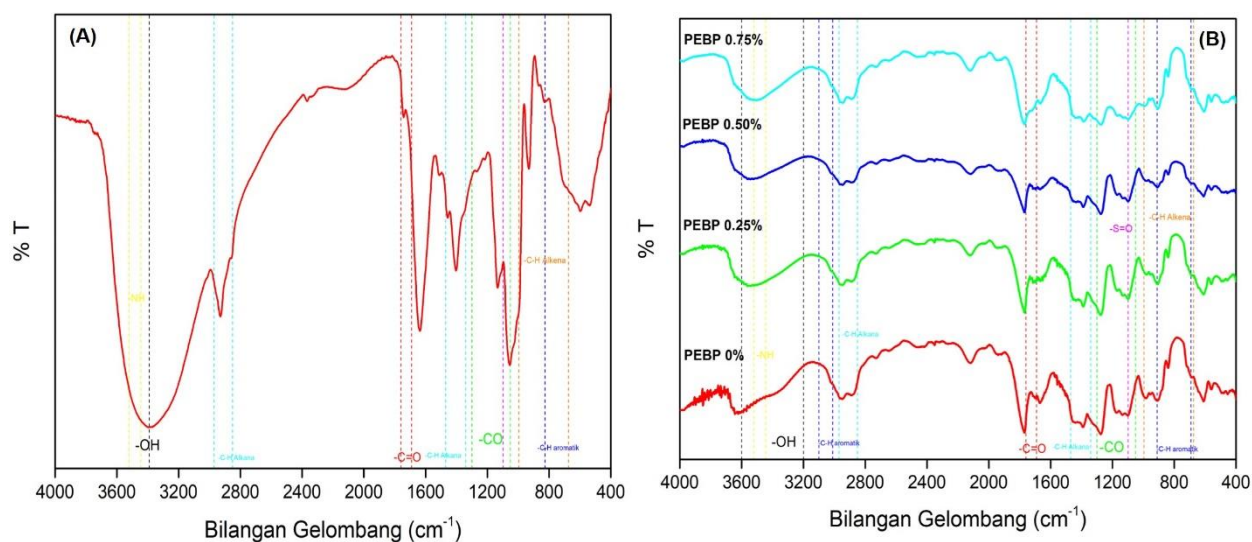
Gambar 6. Hasil pengujian *scanning electron microscopy* (perbesaran 5.000 x dan scale bar 50 μm) yang diolah menggunakan ImageJ (a) Membran kontrol (0% b/v), (b) Membran 0,25% b/v, (c) Membran 0,5% b/v, dan (d) Membran 0,75% b/v.

Penempelan bakteri *B. subtilis* menurun dengan peningkatan konsentrasi ekstrak bawang putih pada membran sebesar 41,5% area (38 sel), 86,1 % area (9 sel), dan 87,7% area (8 sel) dibandingkan dengan kontrol (65 sel). Nilai ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian [Wibisono *et al.* \(2020a\)](#) dengan konsentrasi ekstrak bawang putih 0,5 – 1% mampu menurunkan penempelan bakteri *E. coli* sebesar 40% – 60%. Pada penelitian [Utoro *et al.* \(2018\)](#) dengan menggunakan serbuk daun kelor dan pelarut DMF mampu menurunkan jumlah penempelan bakteri sebesar 64,04%. Kandungan alisin yang terdapat pada bawang putih mampu menghambat jumlah penempelan bakteri pada permukaan membran dengan sifat antibakterinya.



Gambar 7. Jumlah penempelan bakteri *B. subtilis*.

Pengujian aktivitas antibakteri juga didukung dengan data pengukuran gugus fungsi yang membandingkan antara ekstrak bawang putih murni dengan membran yang dapat dilihat pada [Gambar 8](#).



Gambar 8. Gugus fungsi (a) ekstrak bawang putih dan (b) membran.

Hasil pengukuran gugus fungsi pada ekstrak bawang putih terdapat serapan pada gelombang $3391,53\text{ cm}^{-1}$ dan membran berada pada gelombang $3600 - 3200\text{ cm}^{-1}$ yang diduga kuat senyawa kandungan fenol (O–H). Nilai ini juga didukung dengan timbulnya serapan didaerah sidik jari antara pada ekstrak yaitu $1300 - 1050\text{ cm}^{-1}$ (C–O) alkohol atau gugus ester. Gugus fungsi fenol juga diketahui memiliki ikatan C–H aromatik pada membran yaitu gelombang $690 - 910\text{ cm}^{-1}$ dan $3010 - 3100\text{ cm}^{-1}$ serta pada ekstrak terukur pada gelombang $825,78\text{ cm}^{-1}$. Daerah gelombang $2850 - 2970$ dan $1470 - 1340\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus fungsi C–H alkana dan gelombang $675 - 995\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus fungsi C–H alkana. Selain itu juga ditemukan gugus fungsi C=O aldehyd dan ester pada gelombang $1760 - 1690\text{ cm}^{-1}$.

Ekstrak bawang putih dan membran memiliki serapan pada gelombang $1053,97\text{ cm}^{-1}$ dan $1097,50\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan serapan dari gugus S=O. Selain itu juga ditemukan serapan pada gelombang antara $3520 - 3444,87\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan serapan gugus NH. Hal ini sesuai dengan literature bahwa spektra FTIR serbuk bawang putih memiliki serapan gelombang $1024,25\text{ cm}^{-1}$ dan $1058,97\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus S=O untuk ciri khas alisin akan berikatan dengan gugus NH ($3382,32\text{ cm}^{-1}$). Ikatan hidrogen yang terbentuk antara membran selulosa asetat dan alisin dari ekstrak bawang putih menuju bilangan gelombang yang lebih kecil ([Kusuma *et al.*, 2016](#)). Hal ini menunjukkan bahwa membran dengan penambahan ekstrak bawang putih terbukti memiliki senyawa

fenolik berupa alisin yang mampu mendenaturasi dan menghentikan metabolisme sehingga sel bakteri mengalami lisis dan mati (Sabel *et al.*, 2017).

KESIMPULAN

Membran selulosa asetat berpengaruh signifikan pada ketebalan dan jumlah penempelan bakteri *B. subtilis* dengan penambahan ekstrak bawang putih. Kuat tarik dan elastisitas memiliki nilai tertinggi masing-masing sebesar 0,977 N/mm² pada membran 0,5% b/v dan 12,22% pertambahan panjang pada membran 0,25% b/v. Nilai fluks pada setiap variasi konsentrasi membran memiliki nilai yang berfluktuasi. Penurunan jumlah area penempelan *Bacillus subtilis* paling optimum sebesar 87,7 % area pada permukaan membran 0,75% b/v. Penambahan ekstrak bawang putih dapat meningkatkan karakteristik kinerja membran dan sifat *antibiofouling*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi serta LPPM Universitas Brawijaya melalui program Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun 2021 No.197/E4.1/Ak.04.PT/2021 yang telah mendukung pendanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadia, L., and Kusumawati, N., 2020. Pengaruh Luas Area Cetak terhadap Permeabilitas Membran Polysulfone Effect of Casting Area on Polysulfone Membrane Permeability. *Prosiding Seminar Nasional Kimia* 216–220.
- Ahmad, A., Waheed, S., Khan, S. M., e-Gul, S., Shafiq, M., Farooq, M., Sanauallah, K., and Jamil, T., 2015. Effect of Silica on the Properties of Cellulose Acetate/Polyethylene Glycol Membranes for Reverse Osmosis. *Desalination* 355, 1–10. doi: 10.1016/j.desal.2014.10.004.
- Ahmad, S., 2014. Characterization of Hollow Fiber Membrane of Polysulfone-Malicacid by Scanning Electron Microscope Method. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 15(3), 171–175. doi: 10.17146/jsmi.2014.15.3.4355.
- Amiyati, D. R., Indarti, D., and Mufliah, Y. M., 2017. The Effect of Evaporation Time on Cellulose Acetate Membrane Performance for Ultrafiltration Process. *Berkala Saintek* 5(1), 7–10.
- Ankri, S., and Mirelman, D., 1999. Antimicrobial Properties of Allicin from Garlic. *Microbes and Infection* 1(2), 125–129. doi: 10.1016/S1286-4579(99)80003-3.
- Apriani, R., Rohman, T., and Mustikasari, K., 2017. Synthesis and Characterization of Cellulose Acetate Membranes from Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan* 9(2), 91–98. doi: 10.24111/jrihh.v9i2.3305.
- Aprilia, S., and Amin, A., 2011. Sintesis dan Karakterisasi Membran untuk Proses Ultrafiltrasi. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan* 8(2), 84–88.
- Arini, D., Ulum, M. S., and Kasman, K., 2017. Manufacture and Testing of Mechanical Properties on Durian Seed Flour based Biodegradable Plastics. *Natural Science: Journal of Science and Technology* 6(3), 276–283. doi: 10.22487/25411969.2017.v6.i3.9202.
- Ayusnika, R., Gunawan, H., Ismawati, I., Nugroho, M. W., Apriliani, R. N., and Widyaningsih, S., 2014. Membran Komposit Ca-Ps Pemisah Limbah Batik (Rhodamine B) dengan “Dead-End” Membrane Reactor. *Pharmacy: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)* 11(2), 200–214. doi: 10.30595/pji.v11i2.838
- Bahmid, N. A., Syamsu, K., and Maddu, A., 2014. Influence of Cellulose Acetate Fibers Size and Diethylen Glikol (Deg) Addition on Physical and Mechanical Properties of Bioplastics. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 24(3), 226–234.
- Efendi, N. H., and Sutanto, H., 2014. Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Optik Lapisan Tipis Zinc Oxide (ZnO) yang Dideposisi di Atas Substrat Kaca dan Aplikasinya untuk Mendegradasi Pewarna Methylene Blue. *Youngster Physics Journal* 3(2), 135–142.
- Guo, P., Wang, F., Duo, T., Xiao, Z., Xu, A., Liu, R., and Jiang, C., 2020. Facile Fabrication of Methylcellulose/PLA Membrane with Improved Properties. *Coatings* 10(5). doi: 10.3390/COATINGS10050499.
- Harrison, I., Huttenhuis, P. J. G., and Heesink, A. B. M., 2004. *BIOCA-Biomass Streams to Produce Cellulose Acetate*. Twente University, Enschede, Procede Twente BV: Enschede, The Netherlands.
- Herwati, N., Abdi, C., and Mahmud, 2015. Pengaruh pH Air Gambut terhadap Fouling Membran Ultrafiltrasi. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan* 1(1), 59–73.

- Holda, A. K., and Vankelecom, I. F. J., 2015. Understanding and Guiding the Phase Inversion Process for Synthesis of Solvent Resistant Nanofiltration Membranes. *Journal of Applied Polymer Science* 132(27), 1–17. doi: 10.1002/app.42130.
- Husni, D. A. P., Rahim, A. R., and Ruslan, 2018. The Production of Cellulose Acetate Membrane from Stem of Banana Cellulose. *Kovalen* 4(1), 41–52.
- Komala, O., Asmara, H. I., and Wiendarlina, I. Y., 2014. Uji Efektivitas Antibakteri Perasan Segar dan Serbuk Umbi Bawang Putih (*Allium sativum* L.) Terhadap Bakteri *Salmonella typhi*. *Ekologia* 14(2), 34–39.
- Kusuma, P. P., Fadillah, G., Syaima, H., and Saraswati, T. E., 2016. Effect of Garlic Powder Addition To Gelatin Biocomposite on Its Antibacterial Activity. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia* 12(1), 1. doi: 10.20961/alchemy.v12i1.930.
- Lisiswanti, R., and Haryanto, F. P., 2017. Allicin Pada Bawang Putih (*Allium sativum*) Sebagai Terapi Alternatif Diabetes Melitus Tipe 2. *Jurnal Majority* 6(2), 33–38.
- Marlina, M., Saiful, S., Mustanir, M., Saleha, S., Fathurrahmi, F., Murniana, M., and Khairan, K., 2017. *Sintesis Membran Poliuretan Berbasis Bahan Alam*. Syiah Kuala University Press. doi: 10.52574/syiahkualauniversitypress.354.
- Mulder, M., 1996. *Basic Principles of Membrane Technology, Second Edition.pdf* (Second Edi). Kluwer Academic Publishers.
- Murni, S. W., 2010. Preparasi Membran Selulosa Asetat untuk Penyaringan Nira Tebu. *Eksergi* 10(2), 36. doi: 10.31315/e.v10i2.338.
- Nguyen, T., Roddick, F. A., and Fan, L., 2012. Biofouling of Water Treatment Membranes: A review of the Underlying Causes, Monitoring Techniques and Control Measures. *Membranes* 2(4), 804–840. doi: 10.3390/membranes2040804
- Prasonto, D., Riyanti, E., and Gartika, M., 2017. Uji Aktivitas Aantioksidan Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum*). *ODONTO : Dental Journal* 4(2), 122. doi: 10.30659/odj.4.2.122-128.
- Purwantiningsih, T. I., Rusae, A., and Freitas, Z., 2019. Garlic Extract Antibacterial In Vitro Test as Nature Ingredient to Inhibit *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Sains Peternakan* 17(1), 1–4. doi: 10.20961/sainspet.v%vi%i.23940.
- Qadir, M. A., Shahzadi, S. K., Bashir, A., Munir, A., and Shahzad, S., 2017. Evaluation of Phenolic Compounds and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Some Common Herbs. *International Journal of Analytical Chemistry, 2017*. doi: 10.1155/2017/3475738.
- Railkin, A. I., 2003. *Marine Biofouling: Colonization Processes and Defenses* (1st ed). CRC Press. doi: 10.1201/9780203503232
- Sabel, A., Bredefeld, S., Schlander, M., and Claus, H., 2017. Wine Phenolic Compounds: Antimicrobial Properties against Yeasts, Lactic Acid and Acetic Acid Bacteria. *Beverages* 3(3). doi: 10.3390/beverages3030029.
- Safaa, Y. Q., Ahmed, N., and Mona, A. B. L., 2010. Screening of Antioxidant Activity and Phenolic Content of Selected Food Items Cited in the Holy Quran. *Journal of Biological Science* 2, 40–51.
- Sampurna, T. T. F., 2015. *Peningkatan Kinerja Membran Selulosa Asetat Dengan Penambahan Polutilen Glikol Dan Sulfonasi Untuk Pemisahan Pewarna Tekstil Congo Red*. (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Sugita, P., Bintang, M., Achmadi, S. S., Pradono, D. I., Irawadi, T. T., and Darusman, L. K., 2018. *Segi Kimiawi dan Biokimiawi dari Sistem Pengantaran Obat*. PT Penerbit IPB Press.
- Sulaeman, O., 2018. Water Treatment Design Using Ultrafiltration Membrane with Capacity of 50 M3 / Day. *Jurnal Rekayasa Lingkungan* 11(1), 37–44. doi: 10.29122/jrl.v11i1.3025.
- Suriani, and Muis, A., 2016. Prospect of *Bacillus subtilis* as a biological control agent of soilborne pathogens on maize. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 35(1), 37–45.
- Syamsiah, I. S., and Tajudin, S., 2003. *Khasiat dan Manfaat Bawang Putih Raja Antibiotik Alami*. Agromedia Pustaka.
- Utoro, P. A. R., Sukoyo, A., Sandra, S., Izza, N., Dewi, S. R., and Wibisono, Y., 2018. High-throughput microfiltration membranes with natural biofouling reducer agent for food processing. *Processes* 7(1), 1–14. doi: 10.3390/pr7010001.
- Warastuti, Y., Abbas, B., and Suryani, N., 2013. Pembuatan Komposit Polikaprolakton-Kitosan-Hidroksiapatit Iradiasi Untuk Aplikasi Biomaterial. *Metalurgi* 28(2), 149–160.
- Wibisono, Y., Diniardi, E. M., Alvianto, D., Argo, B. D., Hermanto, M. B., Dewi, S. R., Izza, N., Putranto, A. W., and Saiful, S., 2021. Cacao Pod Husk Extract Phenolic Nanopowder-Impregnated Cellulose Acetate Matrix for Biofouling Control in Membranes. *Membranes* 11(10). doi: 10.3390/membranes11100748.

- Wibisono, Y., Izza, N., Savitri, D., Dewi, S. R., and Putranto, A. W., 2020. The Extraction of Phenolic Compound from Garlic (*Allium sativum* L.) for Anti-Biofouling Agent in Membrane. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem* 8(1), 100–109. doi: 10.29303/jrpb.v8i1.165.
- Wibisono, Y., Putri, A. Y., Dewi, S. R., Putranto, A. W., and Izza, N., 2020. Garlic-Based Phenolic Nanopowder as Antibiofouling Agent in Mixed-Matrix Membrane. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 542(1). doi: 10.1088/1755-1315/542/1/012005
- Yuliwati, E., 2020. *Membran untuk Reklamasi Air Limbah* (1st ed.). Penerbit ANDI.
- Zafar, M., Ali, M., Khan, S. M., Jamil, T., and Butt, M. T. Z., 2012. Effect of Additives on the Properties and Performance of Cellulose Acetate Derivative Membranes in the Separation of Isopropanol/Water Mixtures. *Desalination* 285, 359–365. doi: 10.1016/j.desal.2011.10.027.
- Zhang, Q. W., Lin, L. G., and Ye, W. C., 2018. Techniques for Extraction and Isolation of Natural Products: A Comprehensive Review. *Chinese Medicine (United Kingdom)* 13(1), 1–26. doi: 10.1186/s13020-018-0177-x.
- Zulfikar, M. A., Wahyuningrum, D., and Berghuis, N. T., 2009. Pengaruh Konsentrasi Kitosan Terhadap Sifat Membran Komposit Kitosan-Silika untuk Sel Bahan Bakar. *Prosiding Seminar Kimia Bersama UKM-ITB VIII*, 9(11).