



Membran Alginat *Padina sp.* - Polietilen Glikol (AP-PEG): Preparasi, Karakterisasi dan Aplikasinya sebagai Encapsulan

Herlina Herlina^{a,b}, Aswin Falahudin^a, Irfan Gustian^a, Agus Martono H. Putranto^a, Morina Adfa^a,
Salprima Yudha S^{a*}

^aJurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu,
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Kota Bengkulu, Indonesia. Telp. (0736)20919

^bSekolah Tinggi Kesehatan Al-Fatah Bengkulu, Jalan Indragiri Gang 3 Serangkai, Padang Harapan,
Kota Bengkulu, 38224, Indonesia Telp. (0736)27508

*Corresponding author: salprima@unib.ac.id

DOI: 10.20961/alchemy.17.1.41713.63-73

Received 18 May 2020, Accepted 19 January 2021, Published 08 March 2021

Kata kunci:

encapsulan;
membran;
natrium alginat;
Padina sp.;
polietilen glikol.

ABSTRAK. Pengembangan penelitian tentang material berbasis sumber daya alam lokal dan dapat diperbaharui terus dikembangkan akhir-akhir ini. Hal tersebut didasari adanya kebutuhan material baru dengan karakteristik yang lebih menguntungkan dan dapat digunakan pada aplikasi yang spesifik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari preparasi membran alginat-polietilen glikol (AP-PEG) dan aplikasinya sebagai kapsulan. Alginat yang digunakan adalah hasil ekstraksi dari rumput laut cokelat *Padina sp.* Dengan metode maserasi jalur asam alginat. Preparasi membran alginat *Padina sp.*-polietilen glikol (AP-PEG) dilakukan dengan perbandingan PEG-AP = 1:5; 1:10; 1:15; 0:1 (b/b). Analisis gugus fungsi terhadap seluruh membran yang dihasilkan, menunjukkan bahwa membran AP-PEG yang dihasilkan diprediksi sebagai hasil *blending* secara fisika karena tidak ada gugus fungsi baru yang terbentuk. Membran dengan perbandingan berat PEG-AP=1:15 memiliki karakteristik terbaik dengan persentase *swelling* sebesar 1465,5%, *stress* sebesar 14,588 MPa, *strain* 0,07 dan *Modulus Young* sebesar 193,13 MPa. Hasil analisis morfologi menunjukkan bahwa banyak rongga ditemukan pada membran tersebut. Hasil uji disolusi terhadap membran tersebut menunjukkan bahwa, pada pH 1,2 membran tersebut dapat melepaskan vitamin C sebesar 78,12% selama 60 menit dan tidak mengalami *cracking*. Di sisi lain, pada pH 7,2 membran tersebut dapat melepaskan vitamin C sebesar 83,54% dan *cracking* terjadi dalam waktu 12 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposit AP-PEG dapat dibuat dari rumput laut coklat dan memiliki kemampuan sebagai kapsulan.

Keywords:

encapsulant;
membrane;
sodium alginate;
Padina sp.;
polyethylene glycol.

ABSTRAK. Alginate *Padina sp.*-Polyethylene Glycol (AP-PEG) Membranes: Preparation, Characterization and Their Application as Encapsulant. The development of research on materials based on local and renewable natural resources has been continuously being developed recently. This is based on the need for new materials with more favorable characteristics and can be used in specific applications. This research aims to study the synthesis of alginate-polyethylene glycol (AP-PEG) membranes and their application as an encapsulant. The alginate was extracted from the brown seaweed *Padina sp.* by maceration method using alginic acid pathway. Alginate *Padina sp.*-polyethylene glycol (AP-PEG) alginate membrane was prepared with a ratio of PEG:AP = 1:5, 1:10, 1:15 and 0:1 (w/w). The functional group analysis showed that the resulting AP-PEG membranes were predicted as a result of physical blending due to no new functional groups are formed. The membrane with a weight ratio of PEG:AP = 1:15 had the best characteristics, with a percentage of swelling of 1465.5%, stress of 14.588 MPa, 0.07 strain, and Young Modulus of 193.13 MPa. Morphological analysis showed that the membrane obtained had many cavities. The dissolution test showed that the AP-PEG membrane was able to release vitamin C of 78.12% for 60 minutes at pH 1.2 and no cracking was observed, while at pH 7.2 the membrane was able to distribute vitamin C by 83.54% and cracking occurs within 12 minutes. The results of this study indicate that AP-PEG composites can be made from brown seaweed and have good encapsulant capabilities.

PENDAHULUAN

Penelitian dan pengembangan produk dalam dunia farmasi bertujuan untuk mendesain dan merancang produk agar aman, berkualitas tinggi, dan meningkatkan efektifitasnya, salah satunya dengan melihat proses *drug delivery*

system. Secara ilmiah, *drug delivery system* merupakan formula atau alat yang digunakan secara aman untuk membawa obat ke sisi tubuh spesifik dengan laju tertentu sehingga mencapai konsentrasi yang efektif ke tempat kerja obat (Martien *et al.*, 2012). Salah satu teknik yang paling banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja dari *drug delivery system* adalah teknik enkapsulasi yaitu menyalut senyawa (padat, cair, dan gas) dengan suatu polimer (Shargel and Yu, 1998). Hingga saat ini, polimer yang paling banyak digunakan dalam enkapsulasi obat adalah polimer gelatin. Namun, beberapa kelemahan dari polimer ini diantaranya seperti memiliki reaktivitas dengan komponen pengisi, dapat berinteraksi dengan anion dan kation (Ku *et al.*, 2011), serta kurang stabil pada kondisi berair menyebabkan cepatnya waktu *swelling* dan *cracking* yang berdampak pada efikasi obat (Daberte *et al.*, 2011). Penggunaan enkapsulan berbahan dasar biopolimer menjadi pilihan untuk memperbaiki kualitas dari enkapsulasi dalam *drug delivery system*. Hal ini dikarenakan biopolimer memiliki sifat *biocompatible*, *biodegradable*, *non-toxic*, dan dapat menyerap molekul bioaktif (Park *et al.*, 2017).

Alginat merupakan biopolimer yang tersusun dari asam guluronat dan manuronat dengan ikatan 1,4-D-asam manuronat, dan α -L-guluronat (Sosnik, 2014). Biopolimer ini dapat ditemukan pada tumbuhan jenis rumput laut cokelat seperti *Sargasum sp.*, *Padina sp.*, dan *Turbinaria sp.* yang banyak ditemukan di perairan Indonesia (Wafiroh *et al.*, 2016). Alginat merupakan jenis polisakarida yang terdapat dalam dinding sel rumput laut cokelat yang berupa kristal-kristal yang tersusun secara paralel pada benang-benang halus selulosa dan cairan sel yang berperan penting dalam mempertahankan struktur jaringan sel (Mohammed *et al.*, 2020). Beberapa metode ekstraksi alginat telah dikembangkan diantaranya jalur kalsium alginat dan jalur asam alginat. Metode asam alginat menghasilkan alginat yang memiliki kualitas yang lebih baik dari Ca-alginat (Diharningrum and Husni, 2018). Kekuatan gel yang dihasilkan dari jalur asam alginat lebih tinggi dibandingkan dengan jalur kalsium alginat disebabkan karena kemurnian natrium alginat yang diekstraksi dengan jalur asam alginat lebih tinggi (Husni *et al.*, 2012).

Alginat dapat digunakan sebagai enkapsulan dalam *drug delivery system* karena bersifat *non-toxic* serta *biodegradable* (Patil *et al.*, 2012), mempunyai gugus hidrofilik yang mampu berinteraksi dengan jaringan biologis (Khalil *et al.*, 2017), dapat membentuk gel yang tidak larut dalam air apabila direaksikan dengan kation divalen, sifat inilah yang banyak dimanfaatkan dalam proses enkapsulasi obat (Sosnik, 2014). Selain itu, adanya banyak gugus hidroksil dalam molekulnya menyebabkan kecenderungan untuk membentuk ikatan hidrogen secara intermolekuler maupun intramolekuler, sehingga dapat membentuk film atau membran yang baik (Kanakasabai, 2005).

Membran yang terbuat dari alginat ini memiliki kekuatan mekanik yang kurang baik karena alginat mempunyai gugus hidroksil yang bermuatan negatif sehingga ikatan antar molekulnya lemah. Selain itu, membran dari alginat ini mempunyai sifat hidrofilik yang tinggi menyebabkan membran yang terbuat dari alginat dapat dengan mudah menyerap molekul air (Anward *et al.*, 2013). Salah satu faktor yang mempengaruhi *drug delivery system* adalah kapasitas *swelling* air. Polimer hidrofilik yang mempunyai ketahanan mekanik rendah akan mengalami *swelling* air yang cepat menyebabkan proses *drug delivery system* berlangsung secara cepat yang menyebabkan formula aktif dari obat tersebut tidak tepat sasaran (Khalil *et al.*, 2017).

Penelitian terkini melaporkan, beberapa cara untuk meningkatkan kemampuan biopolimer alginat sebagai enkapsulan yakni dengan mengkompositkan dengan polimer lain seperti menggunakan kombinasi alginat-montmorillonite (Kevadiya *et al.*, 2010), komposit alginat-kitosan dengan CaCl_2 (Arianto *et al.*, 2014), dan polietilen glikol (PEG) (Wang *et al.*, 2007). Pemilihan polimer PEG sebagai bahan komposit dan pembuatan enkapsulan dikarenakan memiliki sifat yang baik bagi tubuh seperti biokompatibel, non-toksik, imunogenik, antigenik dan yang terpenting memiliki kelarutan yang tinggi di dalam air (Davidovich-Pinhas and Bianco-Peled., 2011). Dalam dunia medis polimer PEG banyak dipilih untuk berbagai keperluan seperti untuk *drug delivery system*, rekayasa jaringan organ, penutup luka dan perangkat ortopedi (Knop *et al.*, 2010). Penelitian sebelumnya telah disintesis serat campuran alginat dengan polietilen glikol untuk pelepasan obat asam salisilat (Wang *et al.*, 2007). Adanya gugus karboksilat ($-\text{COOH}$) dan hidroksil ($-\text{OH}$) memungkinkan alginat membentuk ikatan hidrogen dengan PEG, sehingga diharapkan dapat membentuk membran yang berperan sebagai *drug delivery system*. Oleh karena itu, penelitian ini mempelajari sintesis dan karakterisasi membran alginat dengan polietilen glikol sebagai alternatif enkapsulan dimana alginat yang digunakan diekstraksi dari rumput laut jenis *Padina sp.* mengingat belum adanya pemanfaatan rumput laut tersebut dalam pembuatan material komposit.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi rumput laut coklat *Padina sp.* yang diperoleh dari Pantai Panjang Kota Bengkulu, polietilen glikol (Merck dengan berat molekul 20.000 g/mol), asam klorida (Merck; 37%), natrium hipoklorit (Sigma-Aldrich; 8%), natrium karbonat (Merck; 99,9%), isopropil alkohol (Merck; 99,5%), kalium hidroksida (Merck; 85%), kalium klorida (Merck; 99%), kalsium klorida (Merck; 98%), kalium hidrogen fosfat (Merck; 99,5%), natrium hidroksida (Merck; 99%), vitamin C (Merck; 99%) dan air terdemineralisasi (akua-dm). Semua reagen merupakan *analytical grade*. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain seperangkat alat gelas, timbangan analitik (Lucky), *magnetic stirrer-hotplate* (Termo Scientific), pH meter (Ohaus ST300), spektrofotometer UV-Vis (Genesys 10S), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) (Bruker), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (JEOLJED2300) dan *Universal Testing Machine* (UTM).

Preparasi Sampel Rumput Laut *Padina sp.*

Sampel rumput laut basah *Padina sp.* sebelumnya disortasi dan dibersihkan dari kotoran karang yang menempel, selanjutnya dicuci menggunakan air tawar berulang-ulang untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel sampai bersih. Tahap selanjutnya, sampel rumput laut direndam dalam larutan KOH 0,1% selama 1 jam dan dilakukan pencucian untuk menghilangkan residu alkali. Selanjutnya sampel rumput laut dikeringkan di bawah sinar matahari selama ± 3 hari. Sampel rumput laut *Padina sp.* kering yang diperoleh selanjutnya dikemas dalam plastik dan disimpan di tempat kering agar terhindar dari pertumbuhan jamur.

Ekstraksi Alginat dari *Padina sp.*

Proses ekstraksi alginat menggunakan metode maserasi jalur asam alginat. Ekstraksi alginat diawali dengan perendaman rumput laut kering *Padina sp.* menggunakan larutan HCl 1% dengan perbandingan 1:30 (b/v) selama 1 jam. Selanjutnya, rumput laut dicuci menggunakan akuades hingga pH netral, kemudian direndam menggunakan larutan Na₂CO₃ 2% dengan perbandingan 1:30 (b/v) pada suhu 60 – 70 °C. Filtrat hasil perendaman ditambakan larutan NaOCl 4% selama 30 menit, kemudian secara perlahan ditambahkan larutan HCl 10% (pH 2,8 – 3,2). Endapan yang terbentuk dibersihkan menggunakan akuades dan larutan Na₂CO₃ 2% hingga pH netral yang menghasilkan natrium alginat. Selanjutnya proses untuk mendapatkan serat dari natrium alginat, dilakukan dengan penambahan perlahan larutan isopropil alkohol dengan perbandingan 1:2 (b/v) sambil diaduk selama 30 menit. Hasil serat dikeringkan selama ± 12 jam di bawah sinar matahari dan dihaluskan untuk kinerja lebih lanjut. Serat natrium alginat yang diperoleh selanjutnya dihitung rendemennya (Husni *et al.*, 2012).

Sintesis Membran Alginat *Padina sp.*-PEG (AP-PEG)

Sintesis membran AP-PEG menggunakan metode *solution casting*, dengan beberapa perbandingan variasi massa (b/b) antara PEG dan alginat yaitu 0:1 (PA-1), 1:5 (PA-2), 1:10 (PA-3) dan 1:15 (PA-4) dengan berat total 0,850 g. Sebagai representasi prosedur diwakili oleh membran PA-2, membran PA-2 dibuat dengan menimbang 0,142 g PEG dan 0,708 g alginat. Alginat dilarutkan dalam 25mL akua-dm sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* (600 rpm) pada suhu 50 °C hingga homogen. Larutan CaCl₂ (5% dari berat alginat) kemudian ditambahkan secara perlahan untuk mencegah penggumpalan yang nantinya juga akan terbentuk Ca-alginat. Selanjutnya ke dalam larutan tersebut, ditambahkan PEG yang telah dilarutkan dalam 10 mL akua-dm, sambil diaduk (600 rpm) pada suhu 50 °C selama 3 jam hingga homogen dan ditutup menggunakan aluminium foil. Proses pencetakan membran dilakukan dengan cara menuangkan larutan ke dalam plat kaca berukuran 10 x 10 cm, kemudian dipanaskan di dalam oven pada suhu 50 °C selama 12 jam untuk mempercepat penguapan (Pereira *et al.*, 2012). Proses yang sama dilakukan untuk pembuatan membran PA-3 (0,077 g PEG : 0,773 g alginat) dan PA-4 (0,053 g PEG : 0,797 g alginat), kemudian membrane yang diperoleh disimpan dalam desikator dan dikarakterisasi menggunakan FTIR, SEM dan dilakukan uji *swelling* serta uji kuat tarik.

Uji disolusi membran Alginat *Padina sp.*-PEG (AP-PEG)

Proses uji disolusi membran alginat *Padina sp.*-PEG (AP-PEG) dilakukan dengan menghitung persentase pelepasan vitamin C yang telah dienkapsulasi oleh membran. Sebanyak 50 mg vitamin C dibungkus menggunakan

membran AP-PEG dan diikat rapi. Sebelumnya telah disiapkan larutan uji masing-masing 100 mL buffer dengan pH 1,2 (standar cairan lambung), dan pH 7,2 (standar cairan usus). Proses disolusi dilakukan dengan merendam membran AP-PEG yang berisi vitamin C ke dalam larutan uji sambil diaduk dengan kecepatan 75 rpm pada suhu $37 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (Gohel *et al.*, 2004). Persentase pelepasan vitamin C dalam larutan uji diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada tiap interval waktu yakni 1, 3, 5, 10, dan 12 menit untuk larutan buffer pH 1,2 serta 5, 15, 30, 45, dan 60 menit untuk larutan buffer pH 7,2. Persentase pelepasan vitamin C dihitung dengan melibatkan kurva kalibrasi menggunakan persamaan berikut :

$$\% \text{ pelepasan} = (V \times F \times C \times F_k) \times \frac{1}{K_e} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan: V (volume media disolusi), F (faktor pengenceran), C (kadar larutan yang diukur), K_e (kadar vitamin C dalam kapsulan), dan F_k (faktor koreksi) (Hamrun *and* Rachman, 2016).

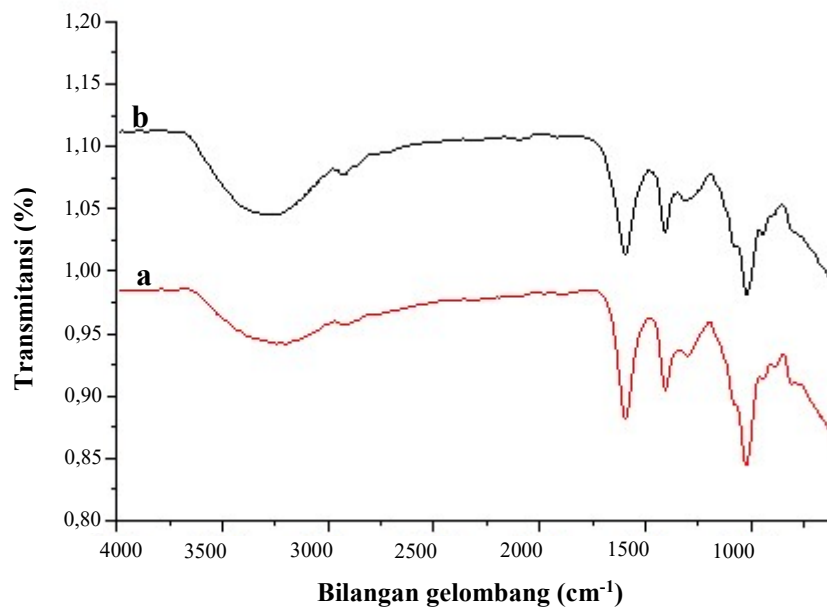
HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi alginat dari rumput laut *Padina sp.* dilakukan dengan cara mengkonversi asam alginat menjadi natrium alginat dengan bantuan larutan Na_2CO_3 (Husni *et al.*, 2012). Natrium alginat yang diperoleh dari proses ekstraksi berwarna coklat tua dan bertekstur keras (Gambar 1) dengan berat rendemen sebesar 18,48%. Selanjutnya, karakterisasi dilakukan menggunakan spektroskopi FTIR untuk mengetahui komponen gugus fungsi dari natrium alginat yang dihasilkan dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.



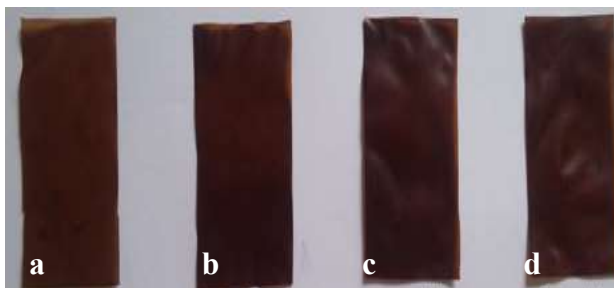
Gambar 1. Natrium alginat hasil ekstraksi dari *Padina sp.*

Gambar 2a merupakan hasil spektrum FTIR dari natrium alginat hasil ekstraksi dari rumput laut *Padina sp.*, terlihat adanya beberapa puncak serapan dari gugus fungsi. Pada daerah bilangan gelombang 3238 cm^{-1} terdapat serapan melebar yang menunjukkan adanya vibrasi dari gugus hidroksi ($-\text{OH}$) (Wafiroh *et al.*, 2016) dan $-\text{CH}$ pada bilangan gelombang 2908 cm^{-1} (Hamrun *and* Rachman, 2016). Selain itu, terlihat serapan gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) *stretching*, gugus $\text{C}-\text{O}-\text{H}$ dan ikatan $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ ditandai dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 1602 cm^{-1} , 1407 cm^{-1} dan 1027 cm^{-1} (Wafiroh *et al.*, 2016). Hasil analisis ini tidak jauh berbeda dengan analisis spektroskopi FTIR dari natrium alginat komersil (Gambar 2b), ditandai dengan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang 3280 cm^{-1} untuk gugus hidroksi (OH) (Wafiroh *et al.*, 2016), gugus $-\text{CH}$ alifatik pada 2910 cm^{-1} serta gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$), ikatan $\text{C}-\text{O}-\text{H}$ dan $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ masing-masing pada bilangan gelombang 1602 cm^{-1} , 1407 cm^{-1} , dan 1026 cm^{-1} (Hamrun *and* Rachman, 2016).



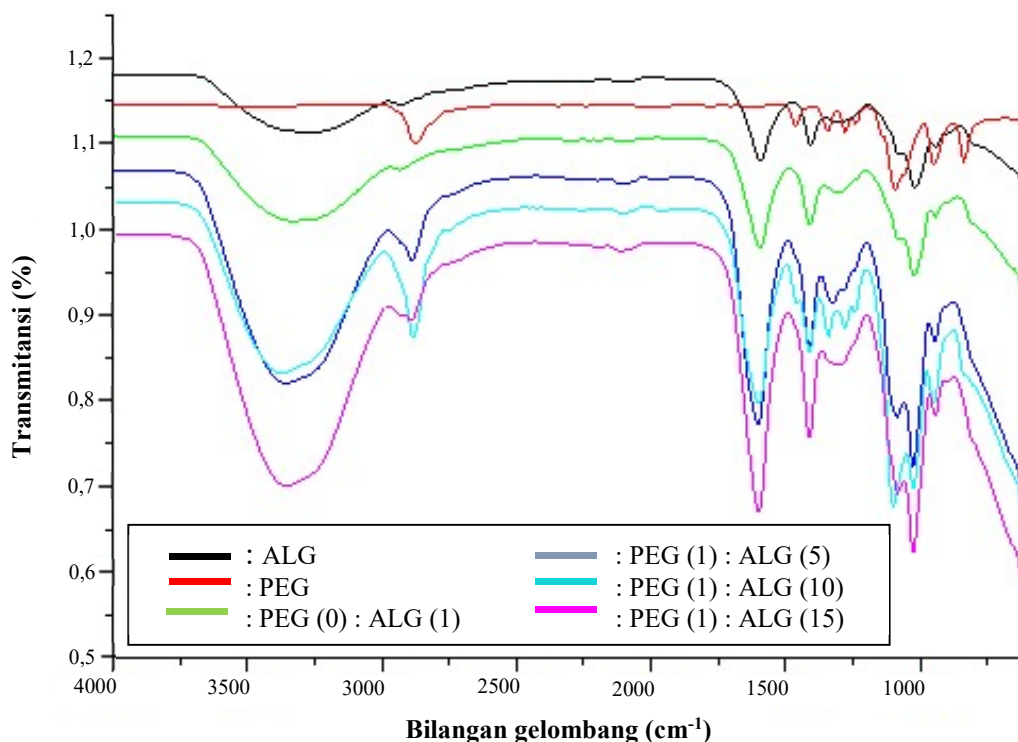
Gambar 2. Hasil analisis spektrum FTIR natrium alginat dari (a) ekstrak *Padina sp.* dan (b) komersil.

Sintesis membran AP-PEG menggunakan metode *solution casting* dengan plat kaca berukuran 10×10 cm dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Membran AP-PEG dengan variasi perbandingan massa antara PEG dengan alginat *Padina sp.* (a) 0:1, (b) 1:5, (c) 1:10 dan (d) 1:15.

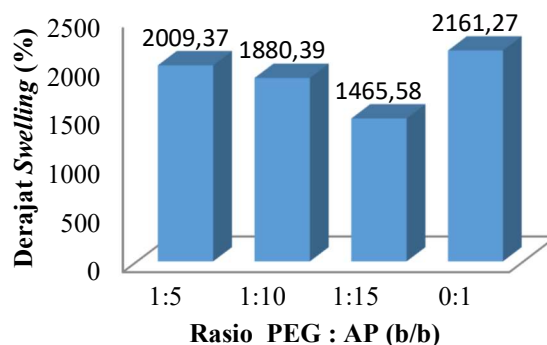
Gambar 3 merupakan hasil membran komposit dengan berbagai perbandingan variasi PEG:AP. Secara visual terlihat membran komposit AP-PEG yang dihasilkan berwarna coklat pekat dengan permukaan yang tampak halus. Hasil membran yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisis menggunakan spektrofotometer FTIR dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektrum FTIR dari natrium alginat, PEG dan membran komposit AP-PEG.

Berdasarkan Gambar 4 tampak spektrum FTIR polietilen glikol, terdapat beberapa puncak serapan pada bilangan gelombang 3444 cm^{-1} , 2875 cm^{-1} , 1326 cm^{-1} , dan 1089 cm^{-1} yang merupakan vibrasi dari gugus fungsi hidroksil (OH), -CH alifatik, C-O stretching (Polu and Kumar, 2011) dan ikatan C-O-C hampir mirip dengan serapan dari spektrum FTIR dari natrium alginat (Hamrun and Rachman, 2016). Sedangkan spektrum FTIR untuk membran AP-PEG tidak jauh berbeda dengan spektrum IR dari penyusunnya natrium alginat *Padina sp.* dan PEG. Adanya puncak serapan pada bilangan gelombang 3350 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi hidroksil (OH) yang melebar. Selain itu adanya kenaikan intensitas puncak serapan pada bilangan gelombang 2878 cm^{-1} dari gugus -CH alifatik seiring dengan meningkatnya jumlah PEG yang digunakan, hal ini dikarenakan adanya pengaruh dari sifat PEG sendiri yang bersifat hidrofilik menyebabkan meningkatnya interaksi antar ikatan hidrogen (Wang *et al.*, 2007).

Uji *swelling* dilakukan pada membran AP-PEG sebagai salah satu faktor dalam penentuan membran terbaik yang akan digunakan sebagai enkapsulan. Hasil pengujian ditunjukkan dengan diagram batang pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hasil uji *swelling* membran komposit AP-PEG

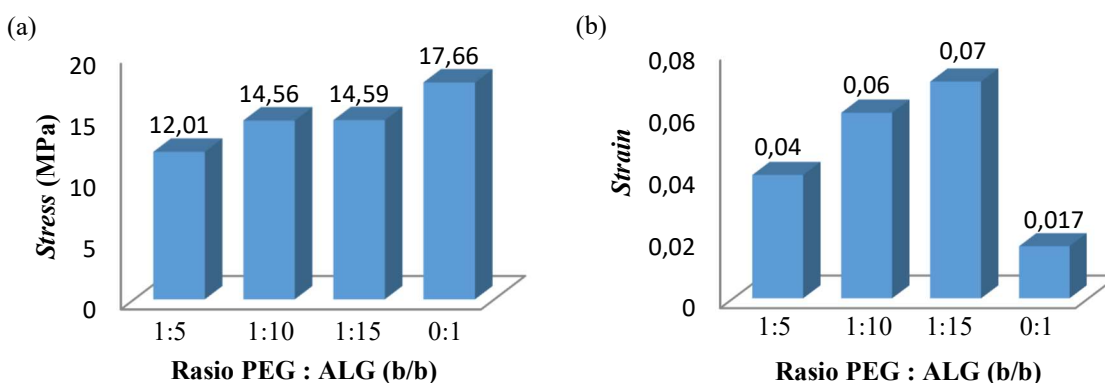
Gambar 5 merupakan hasil uji *swelling* terhadap ke empat membran komposit, dari data tersebut nilai uji *swelling* terbesar terdapat pada membran komposit PA-1 (kontrol), dengan persentase derajat *swelling* 2161,17%. Besarnya persentase ini, disebabkan karena membran hanya tersusun dari natrium alginat yang memiliki gugus anionik (hidroksil dan karboksil) sehingga berdampak pada kurang rapatnya ikatan molekul antar rantai polimer dan menimbulkan ruang yang lebih besar untuk menyerap cairan yang berakibat meningkatnya daya serap membran (Degen *et al.*, 2012).

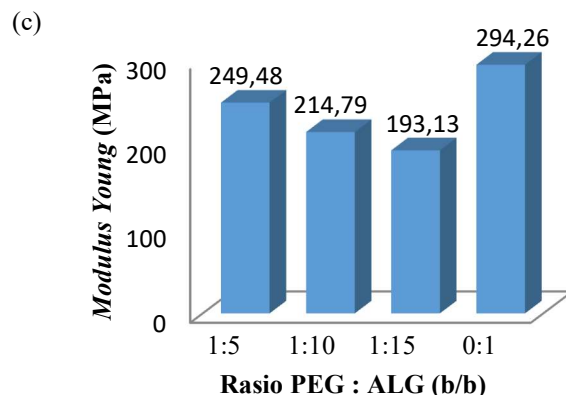
Selain itu, uji beberapa jenis kuat tarik juga dilakukan pada membran AP-PEG untuk mendukung penentuan membran dengan komposisi terbaik yang akan menjadi dasar pemilihan sebagai enkapsulan. Hasil dari pengukuran uji tarik membran komposit diberikan secara detail pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji tarik membran komposit *Stress*, *Strain* dan *Modulus Young*

Jenis Membran	<i>Stress</i> (MPa)	<i>Strain</i>	<i>Modulus Young</i> (MPa)
PA-1(0 g PEG : 0,85 g ALG)	17,66	0,017	294,26
PA-2 (0,142 g PEG : 0,708 g ALG)	12,01	0,04	249,48
PA-3 (0,077 g PEG : 0,773 g ALG)	14,56	0,06	214,79
PA-4 (0,053 g PEG : 0,797 g ALG)	14,59	0,07	193,13

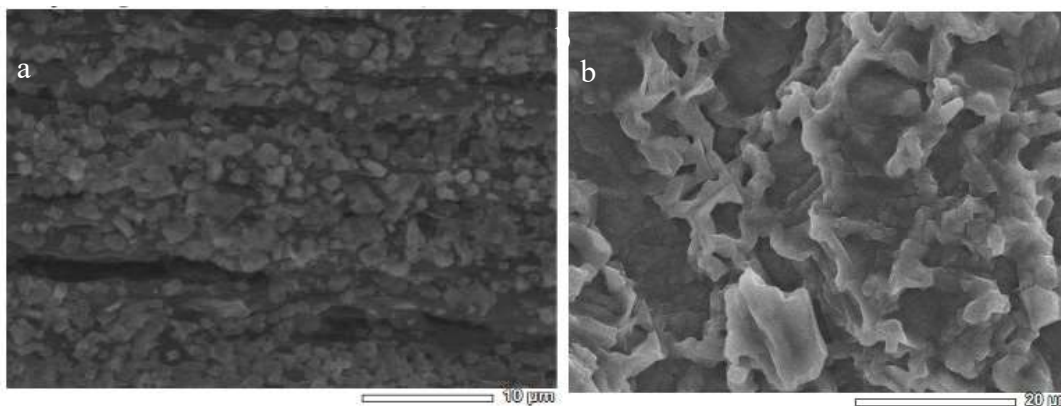
Hasil pengukuran yang tertulis di dalam Tabel 1 tersebut dapat ditampilkan dalam bentuk diagram batang sebagaimana terlihat di dalam Gambar 6. Gambar 6a menunjukkan nilai *stress* yang diperoleh semakin besar dengan semakin banyaknya rasio alginat. Hal ini disebabkan karena kandungan L-guluronat pada alginat yang berperan utama dalam proses pembentukan gel. Panjang blok G dan konsentrasi larutan menentukan bentuk dan kekuatan dari gel (Degen *et al.*, 2012). Gambar 6b menunjukkan nilai *strain* semakin meningkat dengan adanya penambahan massa PEG. Adanya penambahan massa PEG yang biasanya digunakan sebagai *plasticizer* mengakibatkan komposit AP-PEG menjadi semakin plastis karena penambahan PEG akan mengurangi gaya intermolekuler antara ikatan polimer sehingga mobilitas antar rantai molekul polimer meningkat. Plastisitas pada membran mengakibatkan nilai pertambahan panjang semakin besar sehingga didapatkan nilai *strain* yang semakin besar. Sedangkan nilai dari *Modulus Young* pada Gambar 6c menunjukkan bahwa penambahan polimer PEG sebagai *plasticizer* mengurangi daya elastisitas dari membran tersebut. Hal ini disebabkan karena *plasticizer* akan mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler karena menurunkan kemantapan sistem dispersi padatan dan gaya tarik antar polimer pada saat terjadi penguapan air yang mengakibatkan ketahanan terhadap perlakuan mekanis membran menurun (Sitompul and Zubaidah, 2017).





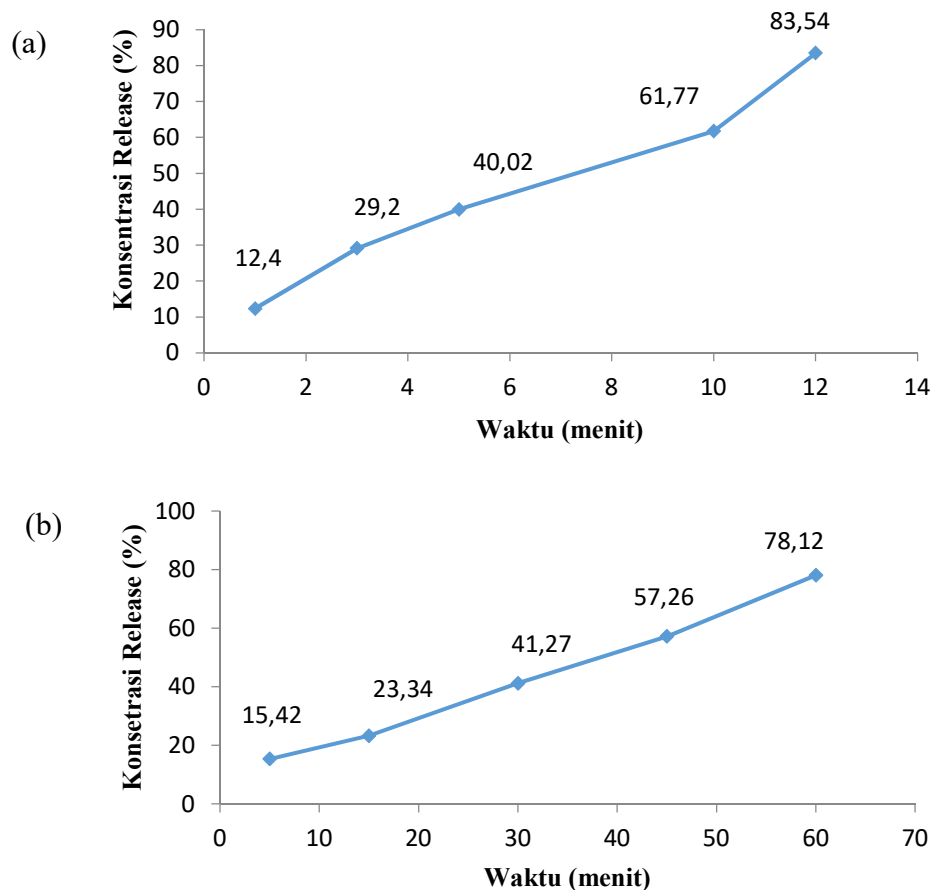
Gambar 6. Grafik hasil uji tarik membran komposit (a) *stress*, (b) *strain*, dan (c) *Modulus Young*.

Secara keseluruhan adanya penambahan PEG mengakibatkan perubahan pada kekuatan mekanis dari membran dimana penambahan PEG mengakibatkan semakin rendahnya nilai *stress* dan *Modulus Young* dan naiknya nilai *strain*. Selain itu, penambahan polimer PEG efektif meningkatkan sifat mekanik dari membran AP-PEG (Wang *et al.*, 2007). Selama ini belum ada referensi yang dapat dijadikan sebagai standar baku kekuatan mekanis membran sebagai cangkang kapsul. Hasil uji tarik yang memiliki nilai tertinggi pada kuat tarik, perpanjangan yang tidak terlalu besar dan tidak terlalu kaku, dipilih untuk dijadikan membran enkapsulasi yang optimal. Dari hasil uji tersebut, membran AP-PEG untuk sampel PA-4 dipilih sebagai membran komposit enkapsulasi dikarenakan memiliki nilai *stress*, *strain*, *Modulus Young* dan derajat *swelling* paling baik. Selain itu, membran AP-PEG untuk sampel PA-4 sebagai membran terbaik dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (Gambar 7).



Gambar 7. Hasil analisis SEM dari membran PA-4 (a) penampang melintang perbesaran 3000x dan (b) permukaan atas perbesaran 2000x.

Berdasarkan hasil pencitraan menggunakan SEM dengan perbesaran 3000x terlihat morfologi penampang melintang membran PA-4 berupa gumpalan halus dengan pori yang heterogen (Gambar 7a). Sedangkan pada Gambar 7b morfologi permukaan membran PA-4, terlihat bahwa pori-pori dari membran tersebut tampak lebih jelas dan heterogen. Uji disolusi dilakukan dengan menghitung persen pelepasan vitamin C yang telah dienkapsulasi dengan membran AP-PEG (sampel membran PA-4).



Gambar 8. Grafik hasil uji disolusi vitamin C pada (a) larutan buffer pH 1,2 (b) larutan buffer pH 7,2.

Gambar 8a merupakan grafik persentase pelepasan vitamin C yang telah dienkapsulasi dengan membran komposit (PA-4). Hasil analisis menunjukkan persen pelepasan terbesar pada menit ke-60 sebesar 78,12% untuk pH 1,2 (Gambar 8a) dan 83,54% untuk pH 7,2 pada menit ke-12 (Gambar 8b). Kecilnya persen pelepasan vitamin C pada pH 1,2 disebabkan karena pada pH rendah gugus $-\text{COO}^-$ pada struktur rantai alginat akan berubah menjadi $-\text{COOH}$, sehingga akan mengurangi kemampuan *swelling* dari membran komposit (Wang *et al.*, 2007). Selain itu, pada kondisi pH 7,2 membran enkapsulan mengalami *cracking* karena membran enkapsulan yang tersusun dari polimer hidrofilik akan lebih mudah menyerap air sehingga proses *swelling* lebih cepat dan akan menyebabkan pelepasan vitamin C lebih cepat berdifusi keluar membran karena kesesuaiannya dengan kondisi tubuh (Pereira *et al.*, 2012).

KESIMPULAN

Membran AP-PEG telah berhasil dibuat menggunakan ekstrak alginat dari rumput laut *Padina sp.*, melalui metode *solution casting*. Hasil membran terbaik diperoleh dengan menggunakan perbandingan antara polietilen glikol/alginat *Padina sp.* yaitu 1:15 (PA-4) dengan hasil uji kuat tarik menunjukkan nilai *stress* 14,59 MPa, *strain* 0,07, *Modulus Young* 193,13 MPa serta uji *swelling* sebesar 1465,58%. Uji disolusi menggunakan vitamin C memperlihatkan persen pelepasan pada kondisi pH 1,2, dan 7,2 masing-masing sebesar 78,12% dan 83,54%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM), Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (KEMENRISTEKDIKTI) atas pendanaan penelitian ini pada Program Hibah Tim Pascasarjana 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Anward, G., Hidayat, Y., Rokhati, N., 2013. Pengaruh Konsentrasi Serta Penambahan Gliserol Terhadap Karakteristik Film Alginat dan Kitosan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri* 2(3), 51–56.
- Arianto, A., Bangun, H., Harahap, U., and Ilyas, S., 2014. The Comparison of Swelling, Mucoadhesive and Release of Ranitidine from Spherical Matrices of Alginate, Chitosan, Alginate-Chitosan and Calcium Alginate-Chitosan. *International Journal of PharmTech Research* 6(7), 2054–2063.
- Daberte, I., Barene, I., Rubens, J., Daugavietis, M., and Sazhenova, N., 2011. Stability of Soft Gelatin Capsules Containing Thick Extract of Pine Needles. *Medicina (Kaunas)* 47(Suppl 2), 71–77.
- Davidovich-Pinhas, M., and Bianco-Peled, H., 2011. Physical and Structural Characteristics of Acrylated Poly (Ethylene Glycol)-Alginate Conjugates. *Acta Biomaterialia* 7(7), 2817–2825. doi: 10.1016/j.actbio.2011.04.001.
- Degen, P., Leick, S., Siedenbiedel, F., Rehage, H., 2012. Magnetic Switchable Alginate Beads. *Colloid Polymer Science* 290(2), 97–106. doi: 10.1007/s00396-011-2524-7.
- Diharningrum, I. M., and Husni, A., 2018. Acid and Calcium Alginate Extraction Method Affected the Quality of Alginate from Brown Seaweed *Sargassum hystrix* J. Agardh. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 21 (3), 532–542. doi: 10.17844/jphpi.v21i3.24737.
- Gohel, M.C., Mehta, P.R., Dave, R.K., and Bariya, N.H., 2004. A More Relevant Dissolution Method for Evaluation of Floating Drug Delivery System. *Dissolution Technology* 11(9), 22–25. dx.doi.org/10.14227/DT110404P22.
- Hamrun, N., and Rachman, S.A., 2016. Measuring Sodium Alginate Content of Brown algae Species *Padina sp.* as The Basic Matter for Making Dental Impression Material (Irreversible Hydrocolloid Impression Material). *Journal of Dentomaxillofacial Science* 1(2), 9–13. doi: 10.15562/jdmfs.v1i2.11.
- Husni, A., Subaryono, Pranoto, Y., Tazwir, and Ustadi., 2012. Pengembangan Metode Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut *Sargassum sp.* Sebagai Bahan Pengental. *Agritech* 32(1), 1–8. doi: 10.22146/agritech.9649.
- Kanakasabai, S., 2005. *Alginate Strings and Their Applications in Spinal Cord Regeneration*. Thesis, Drexel University College of Medicine, Drexel.
- Kevadiya, B.D., Patel, H.A., Joshi, G.V., Abdi, S.H.R., and Bajaj, H.C., 2010. Montmorillonite-Alginate Composites as a Drug Delivery System: Intercalation and In vitro Release of Diclofenac sodium. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences* (12), 732–737. doi: 10.4103/0250-474X.84582.
- Khalil, H.P.S.A., Saurabh, C.K., Tye, Y. ., Lai, T.K., Easa, A.M., Rosamah, E., and Benerje, A., 2017. Seaweed Based Sustainable Films and Composites for Food and Pharmaceutical Applications : A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 77(4), 353–362. doi: 10.1016/j.rser.2017.04.025.
- Knop, K., Hoogenboom, R., Fischer, D., and Schubert, U., 2010. Poly (Ethylene Glycol) in Drug Delivery : Pros and Cons as Well as Potential Alternatives. *Angewandte Chemie International Edition* 49(36), 6288–6308. doi: 10.1002/anie.200902672.
- Ku, M.S., Lu, Q., Li, W., and Chen, Y., 2011. Performance Qualification of A New Hypromellose Capsule: Part II. Disintegration and Dissolution Comparison Between Two Types of Hypromellose Capsules. *International Journal of Pharmaceutics* 416(1), 16–24. doi: 10.1016/j.ijpharm.2011.02.048.
- Martien, R., Adhyatmika, Irianto, I.D.K., Farida, V., and Sari, D.P., 2012. Perkembangan Teknologi Nanopartikel dalam Sistem Penghantaran Obat. *Majalah Farmaseutik* 8(1), 133–144. doi: 10.22146/farmaseutik.v8i1.24067.
- Mohammed, A., Rivers, A., Stuckey, D. D., Ward, K., 2020. Alginate extraction from *Sargassum* seaweed in the Caribbean region : Optimization using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers* 245, 1–8. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116419.
- Park, S., Lih, E., Park, K., Joung, Y.K., and Han, D.K., 2017. Biopolymer-Based Functional Composites for Medical Applications. *Progress in Polymer Science* 68, 77–105. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2016.12.003.
- Patil, P., Chanvanke, D., and Wagh, M., 2012. A Review on Ionotropic Gelation Method: Novel Approach for Controlled Gastroretentive Gelspheres. *International Journal of Pharmaceutical Sciences* 4(4), 27–32.

- Pereira, R., Carvalho, A., Vaz, D.C., Gil, M.H., Mendes, A., and Bártolo, P., 2012. Development of Novel Alginate Based Hydrogel Films for Wound Healing Applications. *International Journal of Biological Macromolecules* 52(10), 221–230. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2012.09.031.
- Polu, A.R., and Kumar, R., 2011. Impedance Spectroscopy and FTIR Studies of PEG - Based Polymer Electrolytes. *E-Journal of Chemistry* 8(1), 347–353. doi: 10.1155/2011/628790.
- Shargel, I., and Yu, A.B.C., 1998. *Biofarmasetika dan Farmakokinetika Terapan (Edisi Ke-2)*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Sitompul, A.J.W.S., and Zubaidah, E., 2017. The Influence of The Type and Concentration of Plasticizer toward The Physical Characteristic of Edible Film from Palm Fruit (*Arenga pinnata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 5(1), 13–25.
- Sosnik, A., 2014. Alginate Particles as Platform for Drug Delivery by the Oral Route : State-of-the-Art. *ISRN Pharmaceutics* 2014, 1–17. doi: 10.1155/2014/926157.
- Wafiroh, S., Suyanto, S., and Yuliana, Y., 2016. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-Sodium Alginat Terfosforilasi Sebagai Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC). *Journal Kimia Riset* 1(1), 14–21.
- Wang, Q., Zhang, N., Hu, X., Yang, J., and Du, Y., 2007. Alginate/Polyethylene Glycol Blendfibers and Their Properties for Drug Controlled Release. *Journal of Biomedicla Materials* 82(1), 122–127. doi: 10.1002/jbm.a.31075.