

**ENKAPSULASI BAHAN ANTIOKSIDAN MENGGUNAKAN EKSTRAK NATRIUM
ALGINAT DARI RUMPUT LAUT COKLAT (*Sargassum crassifolium*)**

Alfius Rihhi Kale¹, Jenri Nabunome² dan Philiphi de Rozari³

*Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana, Kupang-NTT, Indonesia,
email: jenrinabunome@gmail.com*

ABSTRAK

Senyawa antioksidan merupakan sebuah senyawa yang mampu menghambat dan menangkap radikal bebas yang reaktif dalam tubuh dengan cara menetralkan molekul radikal bebas tersebut. Namun, antioksidan sangat mudah teroksidasi oleh cahaya, panas, dan logam sehingga perlu dilindungi agar manfaat tetap terjaga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi Natrium alginat dan waktu enkapsulasi terhadap bentuk kapsul antioksidan, mengetahui efisiensi enkapsulasi antioksidan menggunakan zat penyalut alginat. Kualitas natrium alginat umumnya ditentukan berdasarkan nilai viskositas, kadar air, kadar abu dan kemurnian alginat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai viskositas dari 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% berturut-turut sebesar 52,714 cps, 118,468 cps, 188,283 cps dan 273,85 cps, kadar air sebesar 9,92% , kadar abu 7,56%, kemurnian alginat 101,98%. Efisiensi enkapsulasi antioksidan pada beads terbaik yang ditemukan pada konsentrasi natrium alginat 4% dengan waktu enkapsulasi 30, 35 dan 45 menit berturut-turut sebesar 6,97%; 6,53% dan 6,752%.

Kata kunci :Radikal bebas, Antioksidan, Enkapsulasi, Natrium alginat, *Sargassum crassifolium*.

1. PENDAHULUAN

Keberadaan radikal bebas dalam tubuh dapat menimbulkan berbagai macam penyakit degeneratif seperti jantung, kanker, penuaan dini dan lain-lain. Hal ini disebabkan karena radikal bebas memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada orbital terluar sehingga molekul tersebut bersifat reaktif dan cenderung bereaksi dengan sel-sel dalam tubuh untuk mencapai tingkat kestabilan. Keterlibatan radikal bebas dalam reaksi oksidasi dapat merusak sel normal yang ada disekitarnya dan merusak komponen-komponen DNA sehingga mengakibatkan berbagai penyakit degeneratif (Parwata, 2016). Radikal bebas dapat dikendalikan oleh senyawa antioksidan (Rosahdidkk., 2013).

Senyawa antioksidan memiliki struktur yang bermuatan positif (+) yang cenderung mendonorkannya kepada molekul yang berkekurangan elektron tanpa mengganggu molekul normal disekitarnya. Keadaan ini mampu menghambat dan menangkap radikal bebas yang berpotensi untuk bereaksi dengan sel-sel tubuh (Rosahdi dkk., 2013). Namun, antioksidan sangat mudah mengalami reaksi oksidasi yang diakibatkan oleh adanya pengaruh lingkungan seperti suhu, logam berat, cahaya dan reaktif di dalam sehingga mengakibatkan penurunan manfaat antioksidan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah teknik pengimanan yang efektif agar antioksidan terhindar dari pengaruh lingkungan dan tetap stabil selama proses penyimpanan. Salah satu metode yang dilakukan untuk mempertahankan kestabilan antioksidan adalah enkapsulasi.

Enkapsulasi adalah salah satu proses yang dilakukan untuk melindungi senyawa aktif yang mudah terpengaruh oleh lingkungan. Metode enkapsulasi semakin populer dalam dunia farmasi, dikarenakan prosesnya yang sangat mudah dan tidak membutuhkan biaya yang mahal. Teknik enkapsulasi yang umum digunakan dalam proses penyalutan antioksidan adalah metode *coacervation*. Pemilihan *coacervation* didasarkan pada proses enkapsulasi yang berlangsung pada suhu ruang dan bahan penyalut yang digunakan mudah diperoleh (Palupi dkk., 2104).

Syarat penggunaan bahan penyalut untuk proses enkapsulasi adalah jenis penyalut yang tidak bereaksi dengan inti atau zat aktif yang dilindungi dan tidak bersifat toksik (Jayanudin dkk., 2017). Bahan alam yang berpotensi sebagai zat penyalut yang baik yaitu alginat, dikarenakan memiliki gugus karboksil yang dapat berikatan dengan ion divalen seperti Ca^{2+} (Palupi dkk., 2014). Penggunaan alginat sebagai bahan penyalut dalam

proses enkapsulasi telah banyak digunakan karena sifatnya yang biokompatibel dan murah. Hal ini telah dibuktikan dalam beberapa penelitian seperti Wukirsari (2006) mengatakan bahwa campuran alginat-kitosan sebagai bahan penyalut mampu mengenkapsulasi ibuprofen sebesar 86%. Selanjutnya Jayanudin dkk., (2017) menggunakan campuran kitosan-alginat-sodium tripolifosfat (STPP) sebagai bahan pengkapsul mampu mengenkapsul oleoresin jahe merah sebesar 85,714%. Sedangkan Resniati (2018) melaporkan bahwa alginat sebagai zat penyalut mampu mengenkapsulasi vitamin C sebesar 34,72%. Selain itu, Arriola dkk., (2015) juga menggunakan alginat sebagai bahan penyalut ekstrak *Stevia rebaudiana* Bertoni.

Alginat adalah suatu senyawa polisakarida anionik yang merupakan suatu polimer yang terdiri dari β -D asam manuronat (M) dan (1,4)-L asam guluronat (G) (Darmawandkk., 2006). Alginat dapat diperoleh dari dinding sel rumput laut coklat dalam bentuk asam alginat (Pamungkas dkk., 2013). Rumput laut coklat sangat melimpah di Indonesia terkhususnya provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Namun, pemanfaatannya kurang maksimum, bahkan di beberapa daerah tidak memanfaatkannya sama sekali. Oleh karena itu, peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul “Enkapsulasi Bahan Antioksidan Menggunakan Ekstrak Natrium Alginat Dari Rumput Laut Coklat (*Sargassum crassifolium*)”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi enkapsulasi antioksidan menggunakan bahan penyalut alginat.

2. METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rumput laut coklat (*sargassum crassifolium*) yang diperoleh dari Pantai Tabololong Kabupaten Kupang, buah alpukat dari Daerah Kolbano Kabupaten Timor Tengah Selatan, H₂SO₄, BaCl₂, alkohol 70%, Na₂CO₃, aquades, kertas saring, indikator EBT, larutan EDTA, methanol, etanol 95%, HCl pekat, KI 1N, Na₂S₂O₃, iodine, buffer ammonia pH 10, NaCl, indikator amilum, KIO₃, NH₄Cl dan CaCl₂.

Prosedur Kerja

1) Pembuatan Natrium Alginat

Pada penelitian ini alga coklat jenis *sargassum crassifolium* digunakan sebagai bahan baku penghasil natrium alginat yang diperoleh melalui metode ekstraksi. Pada tahap pertama, *sargassum crassifolium* dicuci dan direndam dengan aquades. Setelah itu, dipotong kecil-kecil ± 2 cm. Selanjutnya dikeringkan dibawah sinar matahari sampai kadar airnya mencapai 15% (Husni, dkk., 2012). Tahapan yang kedua adalah sebanyak 25 gram *sargassum crassifolium* dimaserasi dalam 500 ml Na₂CO₃ 1,5% pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah 24 jam, ekstrak *sargassum crassifolium* ditambahkan lagi aquades sebanyak 250 ml sambil diaduk. Selanjutnya dipisahkan filtrat dan residu dengan menggunakan saringan santan. Setelah itu, filtrat yang diperoleh disaring dengan menggunakan kain putih dan selanjutnya disaring lagi dengan menggunakan tisu.

Filtrat yang diperoleh ditambahkan 10 ml H₂SO₄ 30% agar suasana menjadi asam sehingga asam alginat mengendap menjadi potongan-potongan gelatin (Basmal dkk, 2013). Setelah pengendapan, gel alginat dicuci dengan aquades sebanyak 250 ml secara berulang-ulang sampai gel tersebut bebas sulfat. Untuk mengetahui gel Na-alginat bebas sulfat dapat diuji menggunakan BaCl₂. Selanjutnya asam alginat dikonversi menjadi natrium alginat kembali. Prosesnya adalah ditambahkan sedikit demi sedikit Na₂CO₃ 2% sambil diaduk sampai pH larutan netral (Basmal dkk, 2013). Kemudian natrium alginat dikeringkan dibawah sinar matahari. Setelah natrium alginat kering digerus menggunakan mortal dan alu sampai menjadi serbuk dan siap digunakan.

2) Karakterisasi Natrium Alginat

Untuk mengkarakterisasi natrium alginat, terdapat parameter fisika yang akan diuji adalah uji viskositas, uji kadar abu, uji kemurnian alginat, uji kadar alginat dan uji kadar air.

a. Uji viskositas

Analisis viskositas dapat dilakukan dengan metode Ostwald dengan menggunakan viskometer Ostwal. Ditimbang piknometer kosong, kemudian diisi piknometer kosong yang telah diketahui massanya dengan aquades sampai penuh dan ditimbang lagi untuk diketahui massa. Setelah itu dilakukan hal yang sama untuk penentuan massa jenis larutan natrium alginat 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%. Kemudian untuk menentukan viskositas referensi (aquades) untuk digunakan sebagai pembandingan, diambil beberapa ml aquades ke dalam viskometer Ostwald pada suhu kamar (30°C). Setelah itu larutan divakum sampai garis m (batas atas) dengan menggunakan pompa vakum dan dibiarkan mengalir sampai garis n (batas bawah) lalu dicatat waktu yang diperlukan untuk mengalir dari garis m ke n. Selanjutnya dilakukan hal sama pada larutan natrium alginat 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2%. Viskositas dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\eta \text{ sampel} = \text{aquades} \frac{t_{sa} \cdot \rho_{sa}}{t_a \cdot \rho_a} \quad (1)$$

Dimana, η adalah viskositas, t adalah lama waktu dan ρ adalah massa jenis.

b. Uji kadar abu

Ditimbang 1,5 gram Na-alginat dimasukkan ke dalam cawan porselin, kemudian dikalsinasi dalam tanur pada suhu 700°C selama 3 jam. Setelah itu abu yang diperoleh didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya. Penentuan kadar abu digunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar abu} = \frac{G_a}{G_{sa}} \times 100\% \quad (2)$$

c. Uji kemurnian alginat

1 gram CaCl₂ dilarutkan dalam campuran metanol dan air dengan perbandingan 40:60 sebanyak 100 ml, kemudian ditambahkan lagi 100 ml natrium alginat 1,5%, dan diaduk ± 15 menit. Selanjutnya endapan yang diperoleh dipisahkan dengan menggunakan kertas saring. Setelah itu, dibilas endapan yang diperoleh dengan perbandingan etanol dengan air (20:80). Selanjutnya dikeringkan endapan yang diperoleh menggunakan oven pada suhu 60°C selama 4 jam. Selanjutnya kemurnian na-alginat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ kadar alginat} = \frac{g_e}{g_m - m} \times 100\% \quad (3)$$

d. Uji kadar air

Ditimbang 5 gram Na-alginat dan dimasukkan ke dalam cawan porselin, lalu oven selama 2 jam pada suhu 105°C. Setelah itu, didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya. Kadar air ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{G_{sa} - G_a}{G_{sa}} \times 100\% \quad (4)$$

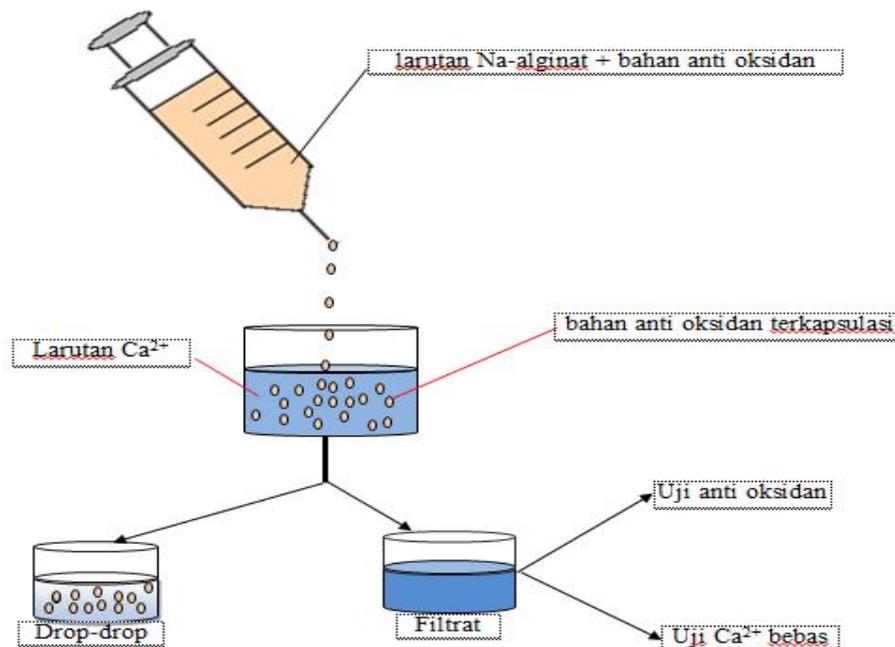
3) Uji Awal Antioksidan Dari Ekstrak Biji Alpukat

Ekstrak biji alpukat diperoleh melalui metode yang dilakukan oleh Malanggi dkk (2015). Biji alpukat dicuci bersih, diiris tipis dan dikering selama 1 minggu. Setelah kering, biji alpukat diblender hingga menjadi serbuk dan diayak dengan menggunakan ayakan 65 mesh agar dapat mempercepat berlangsungnya proses marerasi. Selanjutnya ditimbang 20 gram serbuk biji alpukat dan direndam dalam 100 ml etanol 95% selama 24 jam. Kemudian dipisahkan filtrat dan residu menggunakan kertas saring. Perlakuan dilakukan selama 48 jam, setelah itu filtrat yang diperoleh dievaporasi untuk mendapatkan ekstrak etanol. Ekstrak yang diperoleh diuji aktifitas antioksidan dengan DPPH. Diambil 2 ml ekstrak biji alpukat 200 ppm ditambahkan ke dalam 2 ml larutan DPPH 25 ppm dan divortex selama 30 menit. Kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 517 nm. Hasil yang diperoleh dapat dihitung aktifitas antioksidan menggunakan rumus:

$$\% \text{ antioksidan} = \frac{a_t - k}{a_t} \times \frac{a_s}{k} \times 100\% \quad (5)$$

Enkapsulasi Bahan Antioksidan dengan Variasi Konsentrasi Na-Alginat dan Variasi Waktu kontak enkapsulasi.

Uji enkapsulasi dilakukan sesuai metode Resniati (2018). Dibuat stok natrium alginat masing-masing 30 ml dengan variasi konsentrasi 2%, 3%, dan 4% (b/v). Variasi konsentrasi natrium alginat masing-masing dimasukkan dalam wadah botol bersih. Kemudian masing-masing wadah natrium alginat ditambahkan 3 ml bahan antioksidan 1% (b/v) dan diaduk sampai larutan tercampur secara homogen. Larutan yang sudah homogen masing-masing disuntik (dengan diameter drop 3 mm) ke dalam wadah yang sudah diisi dengan 50 ml Ca^{2+} dengan kadar 2% (b/v). Larutan dan butiran dipisahkan sesuai variasi kontak waktu enkapsulasi yaitu 30 menit, 35 menit dan 40 menit. Selanjutnya disaring untuk diperoleh filtrat dan butiran. Butiran dikumpulkan dalam wadah botol tersendiri yang telah diisi dengan aquades sebanyak 100 ml sedangkan filtrat digunakan untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 1: Skema proses enkapsulasi bahan antioksidan

4) Uji Efisiensi Enkapsulasi Ekstrak Antioksidan

Filtrat yang diperoleh dapat diambil 2 ml dan ditambahkan ke dalam 2 ml DPPH 25 ppm kemudian divortex selama 30 menit dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm. Setelah itu, dihitung persen antioksidan yang terdapat pada filtrat. Selanjutnya dihitung lagi efisiensi enkapsulasi (EE) menggunakan rumus:

$$\%EE = \frac{A - A_1}{A} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan:

EE = Efisiensi enkapsulasi

A0 = persen aktivitas yang ditambahkan sebagai bahan pengisi

A1 = persen aktifitas antioksidan yang realis keluar

5) Penentuan Ion Ca^{2+} Terpakai Untuk Proses Enkapsulasi

Diambil sebanyak 25 ml filtrat enkapsulasi dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, kemudian ditambahkan dengan 2 ml buffer ammonia dengan pH 10 dengan tujuan untuk mempertahankan pH larutan agar tidak berubah-ubah. Selanjutnya ditambahkan indikator EBT agar warna larutan berubah menjadi warna merah anggur. Hal tersebut dilakukan untuk menentukan titik akhir titrasi yang ditandai dengan adanya perubahan warna dari merah anggur menjadi biru langit. Setelah itu, dititrasi dengan larutan EDTA (Etilendiamina Tetraasetat)

0,05 M sampai terbentuk warna biru langit. Titrasi dilakukan secara triplo dan dicatat volume EDTA yang terpakai. Dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Ca}^{2+} \text{ terpakai} = \frac{(C_1^{2+} m_1 - m_2) - (C_2^{2+} b_2)}{C_1^{2+} m_1 - m_2} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstrak Natrium Alginat Dari *Sargassum crassifolium*

Dalam penelitian ini, natrium alginat dapat diperoleh dari rumput laut coklat jenis *Sargassum crassifolium* yang diambil dengan metode ekstraksi. Hasil yang diperoleh adalah natrium alginat berupa bubuk berwarna coklat.



Gambar 2: ekstrak natrium alginat

Berdasarkan Gambar 1, natrium alginat yang diperoleh memiliki warna coklat. Hasil tersebut bila dibandingkan dengan standar baku mutu natrium alginat yang ditetapkan pada *foot chemical codex* (FCC) maka memiliki perbedaan warna dimana natrium alginat yang dihasilkan dalam penelitian ini yakni berupa bubuk berwarna coklat sedangkan berdasarkan penetapan FCC natrium alginat yang dikomersialkan memiliki karakter fisik berupa bubuk berwarna putih. Hal tersebut terjadi karena dalam penelitian ini, proses pembuatan natrium alginat tidak disertai dengan proses pemucatan warna sehingga ekstrak yang diperoleh berupa bubuk berwarna coklat.

Karakteristik Natrium Alginat

a. Viskositas Natrium Alginat

Dalam penelitian ini, viskositas dapat diukur pada konsentrasi natrium alginat 0,5 %, 1 %, 1,5 % dan 2 %. Dari hasil yang diperoleh dapat dihitung nilai viskositas alginat yaitu berturut-turut sebesar 52,714 cps, 118,468 cps, 188,283 cps dan 273,85 cps. Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa viskositas natrium alginat dari rumput laut coklat (*sargassum crassifolium*) dapat sesuai dengan standar baku mutu yang ditetapkan pada *foot chemical codex* (FCC). Hal tersebut juga menunjukkan bahwa natrium alginat yang diperoleh memiliki kandungan senyawa polisakarida dalam jumlah banyak sehingga jika dilarutkan dengan air maka terbentuk gel tidak terionisasi dan bersifat polisakarida yang menyebabkan viskositas larutannya tinggi. Keadaan ini juga didukung oleh Zailanie dkk (2001), semakin tinggi monomer penyusun polimer alginat maka menyebabkan nilai viskositas alginat semakin tinggi.

b. Kadar Abu Natrium Alginat

Dalam penelitian ini, kadar abu natrium alginat dapat diuji dengan metode kalsinasi maka diperoleh kadar abu sebesar 7,56%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar abu yang diperoleh telah memenuhi standar *foot chemical codex* (FCC). Namun, masih terdapat abu atau zat yang bersifat mineral dalam alginat. Hal tersebut terjadi karena adanya ketersediaan zat-zat yang tidak larut air (sisa-sisa batu karang atau pasir yang tidak hilang pada saat proses pencucian serta mineral lain yang terkandung dalam rumput laut) sehingga menyebabkan alginat masih mengandung zat yang tidak larut. Selain itu juga kadar abu bisa ditimbulkan dari penambahan bahan kimia pada saat ekstraksi seperti Na, Ca, K, Mg, Cl, Fe dan S.

c. Kemurnian Alginat

Alginat yang diperoleh dari *sargassum crassifolium* melalui proses ekstraksi telah diuji kemurnian alginatnya dan hasil yang diperoleh menunjukkan kemurnian alginat sebesar 101,98 %. Hal ini bila dibandingkan dengan data standar *foot chemical codex* (FCC) maka sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan (90,8-106,5%). Kemurnian alginat perlu diketahui guna untuk mengetahui ketersediaan kandungan asam guluronat dan manuronat yang terkandung sebagai monomer penyusun polimer alginat. Jika ketersediaan monomer penyusun alginat semakin banyak maka semakin banyak gugus karboksilat yang berikatan dengan ion logam divalen.

d. Kadar Air Natrium Alginat

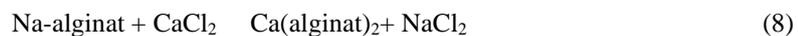
Kadar air natrium alginat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebesar 9,92%. Berdasarkan kadar air natrium alginat yang diperoleh menunjukkan bahwa natrium alginat yang dihasilkan dari *Sargassum crasifolium* masih mengandung sejumlah kecil air, namun bila dibandingkan standar *foot chemical codex* (FCC) maka dengan kadar air yang diperoleh masih sesuai dengan kadar air yang ditetapkan pada FCC (<15%). Hal tersebut terjadi karena komponen penyusun alginat yang bersifat hidrofilik sehingga natrium alginat memiliki kemampuan yang tinggi untuk menjebak air dalam matriksnya. Keadaan tersebut juga didukung oleh Zailanie dkk (2001), kadar air alginat sangat dipengaruhi oleh ketersediaan gugus COOH dalam ekstrak natrium alginat yang merupakan gugus hidrofilik.

Ekstrak Biji Alpukat Sebagai Bahan Antioksidan

Bahan antioksidan yang diperoleh dari ekstrak biji alpukat telah diuji kemampuan penangkalan radikal bebas dengan menggunakan senyawa DPPH sebagai sumber radikal maka hasil yang diperoleh adalah ekstrak etanol biji alpukat mampu meredam radikal bebas sebesar 67,4%. Keadaan ini menunjukkan bahwa ekstrak biji alpukat yang diperoleh mengandung senyawa-senyawa fenolik yang berfungsi sebagai peredam radikal bebas. Aktifitas antioksidan yang diperoleh tidak memiliki perbedaan yang signifikan bila dibandingkan dengan hasil yang diperoleh Malangngi ddk., 2015 (aktifitas antioksidan berkisar antara 67,645%-93,045%). Hal tersebut terjadi karena tinggi kemungkinan bahan baku/biji alpukat yang digunakan memiliki kandungan senyawa antioksidan yang rendah sehingga kemampuan untuk meredam radikal bebas yang lebih lemah jika dibandingkan dengan antioksidan yang diperoleh Malangngi ddk (2015).

Hasil Enkapsulasi Ekstrak Biji Alpukat

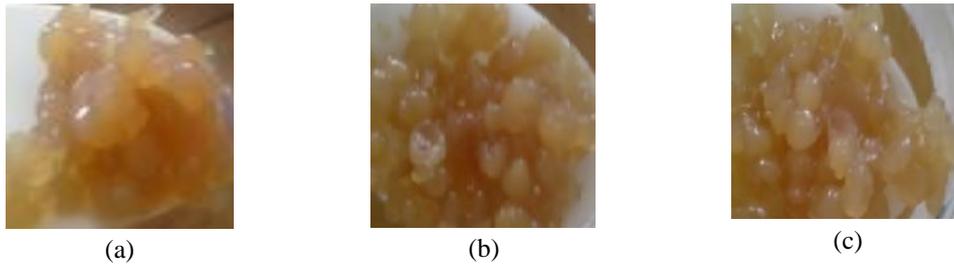
Penelitian ini bertujuan untuk mengemas ekstrak biji alpukat dalam beads atau kapsul kalsium alginat melalui teknik enkapsulasi. Teknik enkapsulasi yang dilakukan dalam proses penyalutan ekstrak biji alpukat adalah metode yang dilakukan oleh Resniati (2018). Natrium alginat dapat digunakan sebagai polimer pelindung ekstrak biji alpukat yang dikoaservasi dengan kalsium klorida. Penggunaan natrium alginat sebagai bahan pelindung didasarkan pada karakteristiknya yang membentuk gel tidak larut dalam air jika dikoaservasi dengan ion Ca^{2+} menjadi Ca-alginat (Park, dkk, 1993). Persamaan reaksi kimia pembentukan kalsium alginat sebagai berikut:



Melalui pembentukan kalsium alginat maka akan membentuk matriks yang dapat menjebak ekstrak biji alpukat sehingga zat aktif yang berpotensi sebagai antioksidan tidak mudah merilis dan tetap terlindung dalam matriks atau beads.

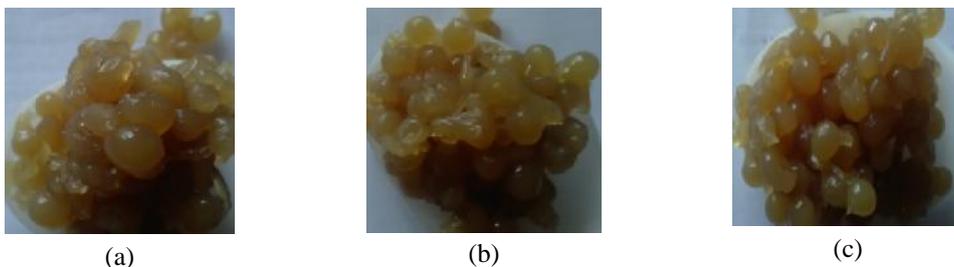
Morfologi Kapsul Antioksidan

Dalam penelitian ini, komposisi bahan pengkapsul yang optimum dapat ditentukan dengan penentuan konsentrasi natrium alginat dalam proses pembentuk beads. Konsentrasi natrium alginat yang digunakan untuk penentuan beats terbaik adalah 2%, 3% dan 4% (b/v).



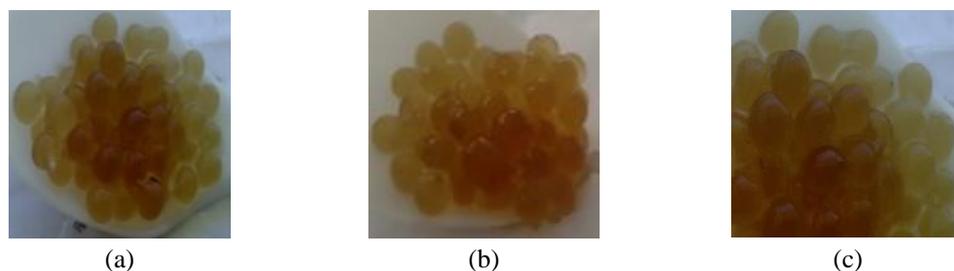
Gambar 3: Bentuk kapsul antioksidan pada konsentrasi natrium alginat 2% dengan kontak waktu (a) 30 menit, (b) 35 menit dan (c) 40 menit.

Gambar 3 menunjukkan karakteristik fisik beads antioksidan yang dihasilkan dari konsentrasi natrium alginat 2% dengan kontak waktu enkapsulasi 30, 35 dan 40 menit. Beads yang terbentuk memiliki karakter fisik yang cenderung pecah dan bentuk beads yang tidak beratur. Hal tersebut disebabkan karena ketersediaan kandungan blok guluronat pada larutan alginat dalam jumlah kecil sehingga rantai polimer alginat yang dihasilkan berupa rantai pendek maka *egg-box model* poliguluronat yang mengikat ion Ca^{2+} untuk menghasilkan ikatan silang antar molekul alginat rendah. Keadaan tersebut juga berkaitan dengan pernyataan Subaryono dkk (2010), kekuatan gel alginat dapat dipengaruhi oleh tingginya ikatan silang yang dihasilkan dari *egg-box model* poliguluronat dan ion Ca^{2+} .



Gambar 4: Bentuk kapsul antioksidan pada konsentrasi natrium alginat 3% dengan kontak waktu (a) 30 menit, (b) 35 menit dan (c) 40 menit.

Konsentrasi alginat 3% dapat menunjukkan karakter fisik yang lebih baik daripada konsentrasi alginat 2%. Keadaan tersebut menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi natrium alginat dapat menyebabkan blok guluronat dalam larutan alginat meningkat sehingga rantai alginat yang dihasilkan semakin panjang. Oleh karena itu, ikatan silang antara *egg-box model* poliguluronat dengan ion Ca^{2+} yang terjadi dalam pembentukan matriks juga semakin banyak sehingga menyebabkan gel yang semakin kaku.



Gambar 5: Bentuk kapsul antioksidan pada konsentrasi natrium alginat 4% dengan kontak waktu (a) 30 menit, (b) 35 menit dan (c) 40 menit.

Pembentukan gel pada konsentrasi 4% menghasilkan karakter fisik kapsul yang tidak mudah pecah dan bentuk kapsul yang teratur. Hal ini disebabkan karena ketersediaan kandungan blok guluronat dalam larutan alginat yang berjumlah banyak sehingga kompleks ikatan silang antara *egg-box model* poliguluronat dengan ion Ca^{2+} yang dihasilkan semakin banyak dan teracak.

Bedasarkan hasil pembentukan beads tersebut, menunjukan bahwa semakin tinggi konsentrasi alginat maka beads yang dihasilkan juga semakin baik. Keadaan ini dapat menguatkan pernyataan Rasyid (2003) yang mengatakan bahwa konsentrasi alginat dapat berpengaruh terhadap viskositas. Semakin tinggi konsentrasi alginat maka nilai viskositas larutan alginat juga semakin tinggi. Tingginya viskositas larutan alginat dapat menyebabkan rantai polimerisasi alginat semakin panjang sehingga ketersediaan blok guluronat dalam alginat semakin banyak maka semakin tinggi kemungkinan untuk terjadi ikatan silang antara ion Ca^{2+} dan *egg-box model* poliguluronat untuk menghasilkan kapsul yang kuat atau tidak mudah pecah. Sedangkan waktu enkapsulasi antioksidan rata-rata tidak berpengaruh nyata terhadap proses pembentukan kapsul karena tinggi kemungkinan ketersediaan *crosslink* agen kalsium klorida yang dalam konsentrasi tinggi sehingga proses pembentukan polimerisasi terjadi dalam waktu yang sangat singkat.

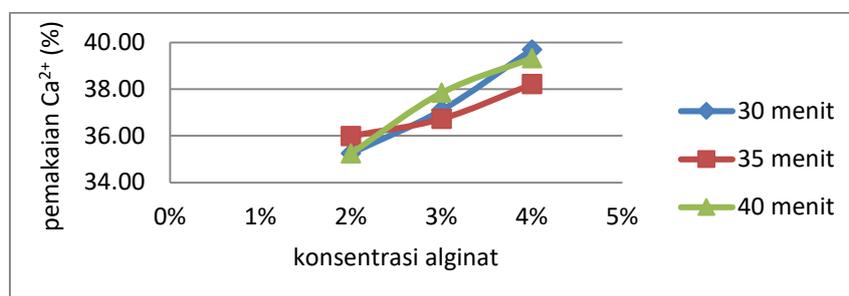
Efisiensi Enkapsulasi

Pada penelitian ini, pengujian efisiensi enkapsulasi antioksidan tidak dilakukan untuk semua sampel, tetapi hanya dilakukan pada sampel yang memiliki karakteristik fisik terbaik saja. Hal tersebut dikarenakan beads yang memiliki karakteristik fisik yang baik seperti tingkat kekenyalan yang tinggi dan penampakan beads yang tidak mudah pecah akan mengurangi tingkat kerilisan zat aktif yang dilindungi. Dalam penelitian ini, beads yang terbaik terdapat pada konsentrasi natrium alginat 4% dengan waktu enkapsulasi 30, 35 dan 40 menit. Efisiensi enkapsulasi ekstrak biji alpukat yang diperoleh adalah berturut-turut sebesar 6,97%; 6,53% dan 6,752%. Berdasarkan data efisiensi enkapsulasi ekstrak biji alpukat yang diperoleh ternyata lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Resniati (2018) yang memperoleh nilai efisiensi enkapsulasi vitamin C sebesar 34,72%. Kejadian ini bila dikaitkan dengan interaksi polimer dengan zat pengisi maka tinggi kemungkinan interaksi antara vitamin C-polimer alginat lebih kuat dibandingkan interaksi antara polifenol-polimer alginat.

Efisiensi enkapsulasi yang diharapkan dalam teknik perlindungan bahan inti adalah polimer pelindung harus mampu menjebak semua bahan inti yang ditambahkan. Namun pada penelitian ini, ekstrak biji alpukat yang dilindungi menggunakan polimer alginat masih menyebabkan proses kerilisan yang cukup signifikan. Hal ini kemungkinan terjadi karena dinding kapsul yang terbentuk memiliki kerapatan molekul yang kecil sehingga zat aktif yang terkapsul tidak terjebak secara efisien oleh matriks kapsul.

Pemakaian Ion Ca^{2+} dalam Pembentukan Kapsul

Dalam pembentukan gel alginat, ion Ca^{2+} sangat diperlukan untuk mengubah keadaan natrium alginat yang mudah larut dalam air menjadi kalsium alginat yang tidak mudah larut dalam air. Dalam penelitian ini, CaCl_2 digunakan sebagai sumber kalsium. Pemakaian ion Ca^{2+} dalam pembentukan kapsul antioksidan dapat disajikan pada grafik dibawah ini.



Gambar 6: Data konsentrasi Ca^{2+} yang terpakai dalam pembentukan kapsul antioksidan dengan konsentrasi natrium alginat 2%, 3%, 4% dan kontak waktu enkapsulasi 30, 35 dan 40 menit.

Tabel 1: Analisis ANOVA pada pengaruh konsentrasi natrium alginat dan kontak waktu enkapsulasi terhadap pemakaian ion Ca^{2+} .

| Sumber keragaman | db | SS | MS | F _{hitung} |
|---|----|--------|--------|---------------------|
| Kontak waktu enkapsulasi (A) | 2 | 1,186 | 0,593 | 1,3 |
| Konsentrasi alginat (B) | 2 | 57,589 | 28,794 | 63,1 |
| Kontak waktu enkapsulasi* konsentrasi alginat (A*B) | 4 | 5,384 | 1,346 | 2,95 |

Keterangan:

db kontak waktu enkapsulasi = $a-1 = 3-1 = 2$

db konsentrasi alginat = $b-1 = 3-1 = 2$

db kontak waktu enkapsulasi* konsentrasi alginat = $(a-1)(b-1) = 2 \times 2 = 4$

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi natrium alginat maka semakin tinggi juga ion Ca^{2+} yang terpakai dalam pembentukan kapsul. Hal tersebut juga dibuktikan dengan metode analisis ANOVA yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi alginat dari 2% ke 4% (b/v) sangat berpengaruh terhadap pemakaian ion Ca^{2+} dengan sebesar 3,35. Hal ini disebabkan karena meningkatnya konsentrasi larutan alginat maka kemungkinan besar kandungan blok guluronat dalam larutan alginat semakin banyak sehingga pemakaian agen *crosslink* kalsium klorida yang terpakai dalam proses pembentukan matriks semakin tinggi. Semakin tinggi kandungan blok guluronat dalam larutan alginat dapat menyebabkan kebutuhan ion Ca^{2+} semakin banyak untuk berikatan silang dengan *egg-box model* poliguluronat untuk menghasilkan matriks yang fleksibel (Subaryono, dkk., 2010). Ketersediaan ion Ca^{2+} dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan proses pembentukan ikatan silang terjadi dalam jangka waktu yang sangat cepat. Pada waktu pembentukan kapsul dari 30 ke 40 menit tidak berpengaruh terhadap pemakaian ion Ca^{2+} dengan sebesar 3,35. Hal ini disebabkan karena ketersediaan ion Ca^{2+} dalam jumlah banyak sehingga pembentukan kompleks ikatan silang berlangsung dalam jangka waktu yang sangat cepat (Davarci dkk., 2017).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi natrium alginat memiliki pengaruh nyata terhadap bentuk kapsul yang dihasilkan dimana semakin tinggi konsentrasi alginat maka semakin baik bentuk kapsul yang dihasilkan. Sedangkan waktu enkapsulasi tidak berpengaruh nyata terhadap pembentukan kapsul antioksidan.
2. Efisiensi enkapsulasi antioksidan yang diukur pada kapsul (beads) terbaik yang terdapat pada konsentrasi natrium alginat 4% dengan kontak waktu enkapsulasi 30, 35 dan 40 menit berturut-turut sebesar 6,97%; 6,53% dan 6,752%.

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai metode enkapsulasi antioksidan dengan penambahan sebuah polimer alami sebagai penebal matriks alginat untuk meningkatkan efisiensi enkapsulasi.

DARTAR PUSTAKA

- Arriola, N. D. A., Medeiros, P. M. D and Prudencio, E. S. (2016). "Encapsulation of aqueous leaf extract of *Stevia rebaudiana* Bertoni with sodium alginate and its impact on phenolic content". *Elsevier Ltd. All rights reserved.* 2212-4292
- Basmal, J. B. S. B. Utom., Taswir., Murdinah., T. Wikanta., Marrakuranto dan R. Kusumawati. (2013). *Membuat Alginat Dari Rumpun Laut Sargassum*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan, Kerjasama dengan Penebar Sawadaya, Jakarta. 92

- Davarci, F., Turan, D., Ozcelik, Band Poncelet, D. (2017). "The Influence Of Solution Viscosities and Surface Tension On Calciumalginate Microbead Formation Using Dripping Technique". *Food Hydrocolloids*, Vol 62, 119-127
- Husni, A., Subaryono, Y. P dan Tazwir, U. (2012). "Pengembangan Metode Ekstraksi Dari Rumput Laut *sargassum sp.* Sebagai Bahan Pengental". *Agitech*, Vol. 32: 1-8
- Jayanudin, J., Rochmadi, R., Renaldi, M. K dan Pangihutan. P. (2017). "Pengaruh BahanPenyalut Terhadap Efisiensi EnkapsulasiOleoresin Jahe Merah.ALCHEMY" *Jurnal Penelitian Kimia*, Vol. 13, No. 2 , Hal. 275-287
- Malangngi, M., Meiske, S Dan Jessy, P. (2012). "Penentuan Kandungan Tanin dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*)". *Jurnal MIPA unsrat Online* 1(1): 5-10
- Palupi, N. W., Setiadi, P. K. Jdan Yuwanti, S. (2014). "Enkapsulasi Cabai Merah dengan Teknik Coacervation MenggunakanAlginat yang Disubstitusi dengan Tapioka Terfotooksidasi".*Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 3 (3)
- Park, K., Shalaby dan Park, H. (1993).*Biodegradable Hydrogel for Drug Delivery*. Lancaster: Technomic Publishing Co. Inc.
- Parwata, M. O. A. (2016). *Antioksidan. Kimia Terapan*. Program PascasarjanaUniversitas Udayana
- Pamungkas, T. A., Ridlo, A dan Sunaryo. (2013). "Pengaruh Suhu Ekstraksi Terhadap Kualitas Alginat Rumput Laut *Sargassum sp.*". *Jurnal of marine research*. Vol: 2, No 3, 78-84
- Rasyid, A. (2003). "Algae Coklat (Phaeophyta) Sebagai Sumber Alginat".*Oseana*, Volume XXVIII, Nomor 1: 33 - 38
- Resniati, M. D. (2018). *Potensi Rumput Laut Cokelat (Sargassum Crassifolium) Asal Pantai Tablolong Sebagai Penghasil Natrium Alginat Untuk Enkapsulasi Vitamin C*. Fakultas Sais dan Teknik Universitas Nusa Cendana: Kupang
- Rosahdi, T. D., Kusmiyati, M ., dan Wijayanti, F.R. (2013). "Uji Aktivitas Daya Antioksidan Buah Rambutan Rapih dengan Metode Dpph". *Edisi Juli 2013*, Volume VII No. 1, ISSN 1979-8911
- Sobaryono., Peranginangin, R., Fardiaz, D dan Kusnandar, F.(2010). "Penentuan Gel Alginat yang Diekstraksi Dari *Sargassum filipendula* dan *Turbinaria decurrens* Menggunakan CaCO₃ dan *Glukono- -lactone (GDL)*". *Jurnal Pascapanen dan Biologi, Kelautan dan Perikanan*, Vol, 5, No, 1
- Wukirsari, T. (2006). *Enkapsulasi Ibuprofen dengan PenyalutAlginat-Kitosan*.Bogor: Departemen KimiaFakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan AlamInstitut Pertanian Bogor
- Zailanie, K., Susanto, T dan BW, S.(2001). "Ekstraksi Dan Pemurnian Alginat Dari *Sargassum Filipendula*Kajian Dari Bagian Tanaman, Lama Ekstraksi danKonsentrasi Isopropanol". *Jurnal Teknologi Pertanian*, VOL. 2, NO. 1,: 10-27