

LAPORAN PENELITIAN



**KARAKTERISASI PRODUK CAIR ALKALI TREATED  
SARGASSUM DENGAN VARIASI WAKTU PERLAKUAN PADA  
*Sargassum polycystum* C.A. Agardh. PANTAI LHOKNGA**

Ketua Peneliti  
**Anjar Purba Asmara**  
NIDN: 2009099501  
ID Peneliti: 200909950110089

**Anggota:**  
Rini Septi Mauli  
Elsa Citra Lestari

Kategori Penelitian	Penelitian Dasar Pengembangn Program Studi (PDPS)
Bidang Ilmu Kajian	Sains dan Teknologi
Sumber Dana	DIPA UIN Ar-Raniry Tahun 2019

**PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN  
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
OKTOBER 2019**

**LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN  
PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M UIN AR-RANIRY TAHUN 2019**

1. a. Judul Penelitian : Karakterisasi Produk Cair *Alkali Treated Sargassum* dengan Variasi Waktu Perlakuan pada *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. Pantai Lhoknga
- b. Kategori Penelitian : Penelitian Dasar Pengembangn Program Studi (PDPS)
- c. No. Registrasi : 191150000017950
- d. Bidang Ilmu yang diteliti : Sains dan Teknologi
  
2. Peneliti/Ketua Peneliti
  - a. Nama Lengkap : Anjar Purba Asmara
  - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
  - c. NIP(*Kosongan bagi Non PNS*) : 198509092014031002
  - d. NIDN : 2009099501
  - e. NIPN (ID Peneliti) : 2009099501110089
  - f. Pangkat/Gol. : Penata/ III/c
  - g. Jabatan Fungsional : Lektor
  - h. Fakultas/Prodi : Fakultas Sains dan Teknologi/ Kimia
  
  - i. Anggota Peneliti
    - Nama Lengkap : Rini Septi Mauli dan Elsa Citra Lestari
    - Jenis Kelamin : Perempuan
    - Fakultas/Prodi : Fakultas Sains dan Teknologi/ Kimia
  
3. Lokasi Penelitian : UIN Ar-Raniry, Unsyiah, dan UGM Yogyakarta
4. Jangka Waktu Penelitian : 7 (tujuh) Bulan
5. Th Pelaksanaan Penelitian : 2019
6. Jumlah Biaya Penelitian : Rp. 25.000.000
7. Sumber Dana : DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2019
8. *Output* dan *outcome* Penelitian : a. Laporan Penelitian; b. Publikasi Ilmiah; c. HKI

Mengetahui,  
Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan  
LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

**Dr. Muhammad Maulana, M. Ag.**  
NIP. 197204261997031002

Banda Aceh, 24 Oktober 2019  
Peneliti,



**Anjar Purba Asmara, M.Sc.**  
NIDN. 2009099501

Menyetujui:  
Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

**Prof. Dr. H. Warul Walidin, AK., MA.**  
NIP. 195811121985031007

**KARAKTERISASI PRODUK CAIR ALKALI TREATED SARGASSUM  
DENGAN VARIASI WAKTU PERLAKUAN PADA *Sargassum  
polycystum* C.A. Agardh. PANTAI LHOKNGA**

**Ketua Peneliti:**

Anjar Purba Asmara

**Anggota Peneliti:**

Rini Septi Mauli

Elsa Citra Lestari

**Abstrak**

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik proksimat *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. dari pantai Lange dan sifat salinitas (*electrical conductivity*/EC dan *total dissolved solids*/TDS) serta waktu pemanasan optimal saat ekstraksi dengan KOH 0,1% berdasarkan harga parameter salinitasnya. *S. polycystum* C.A. Agardh. yang telah dicuci dengan air tawar dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari dilanjutkan dengan dioven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Sampel kering yang sudah dalam bentuk serbuk ditentukan nilai kadar air, abu, serat, karbohidrat, protein, dan lemak. Sampel tersebut kemudian diekstrak menggunakan larutan KOH 0,1% dengan volume 10 kali berat rumput laut dan dipanaskan dengan suhu konstan 80 °C. Lama pemanasan divariasi sebesar: 120, 240, 360, 480, dan 600 menit, kecuali SK (kontrol) direndam dalam larutan KOH 0,1% pada suhu kamar selama 360 menit. Ekstrak disaring dengan kain lalu filtratnya diukur harga TDS, EC dan rendemennya. Hasil analisis kadar kadar air, abu, serat, karbohidrat, protein, dan lemak berturut-turut adalah 7,16; 13,057; 20,33; 51,77; 6,12; dan 1,57%. Harga rendemen produk cair yang dipanaskan selama 120, 240, 360, 480, dan 600 menit serta kontrolnya berturut-turut sebanyak 56,970; 56,364; 59,091; 57,576; 60,606; dan 59,091%. Nilai EC untuk produk dengan perlakuan tersebut berturut-turut sebesar 0,078; 0,024; 0,013; 0,054; 0,046; dan 0,020 dS/m. Nilai TDS berturut-turut sebesar 39,75; 12,8; 6,24; 26,47; 22,87; dan 9,87 mg/L. Berdasarkan nilai EC dan TDS, waktu yang paling optimal untuk ekstraksi *S. polycystum* C.A. Agardh. dengan KOH 0,1% pada suhu 80°C adalah 120 menit.

Kata Kunci: *Sargassum polycystum* C.A. Agardh., Lange, pupuk organik cair, *alkali treated sargassum*

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah senantiasa memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya kepada kita sehingga penulis telah dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul 'Karakterisasi Produk Cair Alkali Treated *Sargassum* dengan Variasi Waktu Perlakuan pada *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. Pantai Lhoknga'.

Shalawat beriring salam kita sanjungkan kepangkuan Nabi Besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya, berkat perjuangan beliaulah kita dapat merasakan betapa bermaknanya alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan dan teknologi seperti sekarang ini.

Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Penulis menyadari semua ini berkat jasa banyak orang oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada: orang tua beserta keluarga yang telah memotivasi, mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Secara khusus, penulis ingin menyampaikan terima kasih Pusat Penelitian dan Penerbitan LP2M UIN Ar-Raniry yang telah mendukung dan telah memfasilitasi kebutuhan administrasi untuk pelaksanaan program penelitian ini. Penulis juga sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah ikut serta membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu nama dan andil mereka. Semoga Allah SWT mencatatnya sebagai amal sholih dan memperoleh balasan surga jannatun na'im .

Akhirnya penulis menyadari sepenuhnya bahwa penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritik dan saran yang sangat konstruktif dan membangun diri semua pihak untuk kesempurnaannya. Dan atas bantuan

semua pihak, penulis hanya dapat berdoa semoga Allah SWT, memberikan balasan yang berlipat ganda.

Banda Aceh, 24 Oktober 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Halaman Pengesahan</b> .....	ii
<b>Abstrak</b> .....	iii
<b>Kata Pengantar</b> .....	iv
<b>Daftar Isi</b> .....	vi
<b>Bab I Pendahuluan</b> .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	6
1.4. Manfaat Penelitian .....	6
<b>Bab II Tinjauan Pustaka Dan Kerangka Berpikir</b> .....	6
2.1. Deskripsi Rumput Laut .....	9
2.2. Rumput Laut <i>Sargassum polycystum</i> C.A. Agardh. ....	20
2.3. Alginat .....	27
2.4. Pupuk .....	32
2.5. Pemanfaatan Rumput Laut sebagai Pupuk .....	39
2.6. Kerangka Berpikir .....	48
<b>Bab III Metode Penelitian</b> .....	50
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	50
3.2. Alat dan Bahan .....	50
3.3. Prosedur Kerja .....	51
<b>Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan</b> .....	59
4.1. Hasil Penelitian .....	59
4.2. Pembahasan .....	66
<b>Bab V Penutup</b> .....	74
5.1. Kesimpulan .....	74
5.2. Saran .....	74

<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>76</b>
<b>Biodata Peneliti .....</b>	<b>91</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia yang memiliki 17.504 pulau dan panjang garis pantai mencapai 108.000 km (Pusdatin, 2018) memiliki potensi yang sangat besar dalam budidaya rumput laut mulai dari Aceh sampai dengan Papua (Lasabuda, 2013). Indonesia diperkirakan memiliki kurang lebih 782 jenis, dari kelas *Chlorophyta*; *Phaeophyta*; dan *Rhodophyta* berturut-turut adalah 196; 134; dan 452 jenis, dari 13.248 spesies rumput laut yang terdapat di dunia (Van Bosse AW dalam Nontji, 1987 dan Diaz-Pulido dan McCook, 2008). Dengan kata lain, perairan Indonesia sebagai wilayah tropis memiliki sumber daya plasma nutfah rumput laut sebesar 5,903% dari total biodiversitas rumput laut dunia (Suparmi dan Sahri, 2009).

Secara global, *Food and Agriculture Organisation (FAO) of United Nations* (2018b) mencatat terjadi kenaikan volume produksi rumput laut lebih dari dua kali lipat dari 13,455 juta ton di tahun 1995 menjadi 30,050 juta ton pada 2016. Organisasi tersebut juga melaporkan Indonesia menjadi produsen rumput laut terbesar di dunia, nomer 2 setelah Tiongkok, dan berkontribusi besar pada peningkatan produksi global tersebut sebanyak 38% (FAO, 2018a). Hasil produksi nasional meningkat drastis dari jumlah awal kurang dari 4 juta ton di 2010 menjadi 10,456 juta ton di tahun 2017 yang setara dengan lebih dari 21 triliun rupiah (Pusdatin, 2018). Jumlah tersebut menempatkan Indonesia sebagai produsen makroalga dengan valuasi sebesar 38,7% dari total produksi dunia (FAO, 2018b). Pada kenyataannya, angka tersebut ditopang dari hasil budidaya rumput laut di Indonesia yang baru memanfaatkan 50% lahan yang tersedia, lahan potensial seluas 769,5 ribu Ha baru termanfaatkan seluas 384,7 ribu Ha (KKP, 2013), sehingga peluang untuk meningkatkan volume produksi

masih terbuka lebar. Saat ini, hasil panen tanaman ini dimanfaatkan untuk komoditas ekspor rumput laut kering (64%), bahan baku industri agar-agar (18%), bahan baku karaginan (17%), dan industri alginat (kurang dari 1%) (ASTRULI, 2014).

Salah satu produk utama dalam industri pengolahan makroalga adalah hidrokoloid, senyawa polisakarida khas yang mampu membentuk jel, dengan pangsa pasar sebesar 15% (Dahuri 2011). Nilai ekonomis industri ini meningkat cukup signifikan dari tahun 1999 ke 2009 sebesar 58%. Volume produksi total dunia dalam industri ini pada tahun 2009 tercatat sebanyak 86.100 ton, setara dengan US\$ 1.018 juta (Hernandez-Carmona, 2013). Kuantitas tersebut terdiri dari produk karaginan sebanyak 50.000 ton (58%), alginat 26.500 ton (32%), dan agar 9.600 ton (17%). Untuk tahun 2019 ini, dengan asumsi kenaikan tahunan karaginan sebesar 5% sedangkan alginat dan agar-agar sebesar 4%, ASTRULI (2014) mengestimasi produksi hidrokolid dunia sebesar 100.507 ton karaginan, 28.105 ton alginat, dan 13.824 ton agar-agar. Di Indonesia, kapasitas produksi hidrokoloid sejauh ini sebesar 35.100 ton/tahun yang didominasi oleh industri karaginan (71,06%) dengan tiga metode: *Alkali Treated Cottonii* (ATC) 28,6%; *Semi Refined Carrageenan* (SRC) 23,2%; dan *Refined Carrageenan* (RC) 20%; dan agar-agar (28,94%) (Hendrawati, 2016).

Pelaku usaha rumput laut di Indonesia masih fokus pada tiga genus: *Eucheuma spp*, *Kappaphycus spp*, dan *Glacilaria spp* sebagai sumber karaginan dan agar-agar (FAO, 2018a). Di sisi lain, makroalga dari kelas *Phaeophyta* terutama keluarga *Sargassaceae* melimpah di Indonesia, mulai dari garis pantai hingga daerah subtidal dan tidal, terutama di daerah berkarang (Kadi, 2005). Menurut Kadi (2005), sebanyak 25,86% spesies dari genus *Sargassum* Indo-pasifik tumbuh subur di Indonesia dan memiliki potensi besar sebagai penyedia bahan baku hidrokoloid bernilai ekonomis tinggi, alginat. Permintaan rumput laut cokelat di dunia pada tahun 2014

sebanyak 460.000 ton (28,768% industri rumput laut dunia) sedangkan produksi alginat sendiri sebesar 26.500 ton dengan valuasi sekitar US\$ 12.000, terbesar kedua setelah agar-agar (Nayar dan Bott, 2014).

Di Indonesia, industri alginat dari *Sargassum* sudah dirintis sejak 1993 namun kurang berkembang dibandingkan dua industri fikokoloid yang lain. Hal kontradiktif lainnya adalah permintaan alginat di dalam negeri tergolong tinggi namun harganya sangat mahal, 3 kali agar-agar dan 4-6 kali karaginan, karena mayoritas diperoleh dari impor (Salim dan Ernawati, 2015). Keterbatasan infrastruktur untuk mengakses habitat *Sargassum*, terbatasnya teknologi budidaya, dan kurangnya inovasi untuk mengolah *by products* yang melimpah diduga menjadi faktor kurangnya suplai bahan baku *Sargassum* yang menghambat produksi ini (Salim dan Ernawati, 2015 dan Muslimin dan Sari, 2017).

Sumber alginat sebagian besar dari jenis *Sargassum* sp. dan *Turbinaria* sp. yang sampai sekarang dipanen dari alam. Dalam dunia industri dan perdagangan, alginat dikenal dalam bentuk asam alginat atau garam alginat. Alginat digunakan dalam industri tekstil, industri pangan, industri kertas, dan industri farmasi (Darmawan *et al.*, 2006). Basmal *et al.* (1998) menyatakan bahwa metode terbaik untuk mendapatkan alginat adalah *alkali treated sargassum* (ATS) dimana *Sargassum* direndam dalam larutan KOH 0,1% menggunakan variasi suhu dan waktu yang berbeda. Variabel waktu ekstraksi berbeda-beda ini disebabkan oleh asupan nutrisi, curah hujan, cuaca, dan suhu lingkungan tempat tanaman ini tumbuh sangat bervariasi.

Darmawan *et al.* (2006) melaporkan bahwa perendaman dengan larutan KOH 0,1% selain meningkatkan kualitas natrium alginat juga menciptakan limbah cair. Limbah yang dihasilkan dari pembuatan alginat dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Spurr, 2014 dan Basmal *et al.*, 2015). Hal ini disebabkan talus *Sargassum* mengandung unsur hara makro

(N, P, K), unsur hara mikro (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, S, Zn, Boron), asam humat, tanin, iodin, zat pengatur tumbuh (auksin, giberelin, sitokinin, sitokinin-zeatin), fenol dan vitamin (Basmal *et al*, 2017). Di sisi lain, KOH merupakan basa kuat yang mudah larut dalam air dan terdisosiasi menjadi ion K<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup>. Kation K<sup>+</sup> sangat berguna dalam meningkatkan unsur hara pupuk organik. Faktor penting lainnya adalah tidak adanya lignin yang memudahkan proses dekomposisi senyawa-senyawa esensial bagi tanaman dan tanah (Spurr, 2014).

Budidaya rumput laut selama ini didominasi oleh para pengusaha di daerah Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara Barat dan Timur, Kalimantan Utara, dan Jawa Timur (FAO, 2018a). Secara nasional, Sulawesi Selatan merupakan daerah penghasil rumput laut terbesar di Indonesia dengan kapasitas produksi sebanyak 2.888.778,8 ton/tahun atau 26,045% dari total produksi nasional (Hendrawati, 2016). Sebagian besar komoditasnya berasal dari jenis *Eucheuma cottonii*, *E. spinosum*, dan *Gracillaria* sp. Di daerah Sumatera, produsen terbesar adalah Kepulauan Riau (0,125%) hanya dari *E. cottonii* sedangkan kontribusi Aceh berdasarkan catatan Pusdatin KKP dalam Hendrawati (2016) hanya sebesar 0,0002% pada tahun 2013 dan tidak ada data produksi untuk tahun-tahun berikutnya. Data tersebut menunjukkan sebuah ironi bagi Aceh, dengan 331 pulau (Pusdatin, 2016), yang sebenarnya memiliki potensi besar dalam kultivasi biota ini karena panjang garis pantainya yang sekitar 2.310 km<sup>2</sup> (Portalindo Karya Utama, 2015) tidak jauh berbeda dengan garis pantai Sulawesi Selatan (314 pulau) yang sepanjang 2.500 km<sup>2</sup> (Mustafa, 2015).

Budidaya rumput laut, khususnya *e. cottonii*, telah dikembangkan di pantai barat dan selatan Aceh terutama di daerah Sampoiniet Aceh Jaya. Meskipun permintaan pasar tinggi, para petani di daerah itu terpaksa mengurangi volume produksi karena beberapa kali terjadi kegagalan panen akibat ikan teri yang dibudidayakan di lokasi yang sama memakan

alga tersebut. Rumput laut *Sargassum* tumbuh subur secara liar di pesisir barat Aceh (Gazali *et al.*, 2018) namun belum dimanfaatkan untuk tujuan produksi karena keterbatasan informasi ilmiah tentang kandungan nutrisi dan nilai ekonomis biota tersebut. Sejauh ini, kajian ilmiah senyawa aktif *Sargassum* sp. dan aplikasinya dari Aceh Barat telah dikerjakan Gazali *et al.* (2018) yang menunjukkan adanya senyawa fenolik, flavonoid, dan triterpenoid yang dikaitkan dengan aktivitas antioksidan dan penghambatan enzim tirosinase. Riset lain yang mengkaji potensi berbagai jenis rumput laut Aceh masih sangat jarang sehingga berpengaruh pada rendahnya kesadaran masyarakat pada peluang usaha dengan tanaman ini.

Salah satu pantai yang memiliki ekosistem rumput laut cokelat yang melimpah Pantai Lange di desa Lam Lhom kabupaten Aceh Besar (Saputra, 2014). Rumput laut tersebut tumbuh liar di sepanjang garis pantai dan tidak dimanfaatkan secara maksimal oleh penduduk sekitar. Peluang pemanfaatan komoditas ini di bidang pertanian terbuka lebar karena masyarakat sekitar berprofesi sebagai petani dan kebutuhan bahan baku rumput laut dunia juga sangat tinggi sekitar 560 ribu ton per tahun (US\$ 40 juta) (Nayar dan Bott, 2014). Rumput laut di daerah tersebut diidentifikasi sebagai *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. yang bisa diolah menjadi pupuk cair dengan perendaman basa kuat. Kajian ilmiah tentang pemanfaatan makroalga dari pantai Lange sebagai bahan baku pupuk organik belum ada sehingga studi awal terhadap komoditas ini sangat perlu dilakukan.

Penelitian ini bermaksud untuk menganalisis karakteristik proksimat *Sargassum polycystum* C.A. Agardh beserta sifat fisikokimia ekstrak cairnya. Basmal *et al.* (2010) telah mengkaji pemanfaatan limbah ATS yang melalui proses pemasakan *Sargassum* sp. dari pantai Binuangun-Banten pada suhu konstan 80 °C dan empat variasi waktu: 0, 120, 240, dan 360 menit. Hasilnya menunjukkan bahwa limbah ATS

mengandung komponen-komponen esensial yang diperlukan untuk pemupukan. Waktu ekstraksi terbaik adalah waktu yang terlama dalam pemasakan, 360 menit, dengan nilai parameter-parameter ekstrak tertinggi dibanding tiga variasi yang lain. Jika ditinjau dari terminologi optimum yang membutuhkan kondisi puncak dalam menghasilkan nilai parameter terbaik, penelitian tersebut belum menunjukkan pada variasi waktu berapa lama perlakuan akan menghasilkan nilai-nilai parameter yang menurun setelah kondisi optimum tercapai. Kajian lanjut dengan menambahkan lama variasi pemasakan perlu dilakukan untuk mengetahui ambang batas maksimal dalam perlakuan ATS. Penelitian ini juga dapat menjelaskan secara ilmiah potensi rumput laut cokelat pantai Lange sehingga dapat menjadi dasar pengembangan produk maritim Aceh berbasis komunitas lokal.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- 1.2.1. Bagaimana karakteristik proksimat *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. dari pantai Lange dan sifat parameter salinitas (*electrical conductivity/EC* dan *total dissolved solutes/TDS*) ekstrak cairnya hasil dari *alkali treated sargassum* dengan KOH 0,1%?
- 1.2.2. Berapakah waktu pemanasan KOH 0,1% yang optimum pada suhu 80 °C dalam produksi ekstrak cair *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. melalui *alkali treated sargassum* untuk menghasilkan bahan baku pupuk organik yang optimal berdasarkan harga parameter salinitasnya?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk:

- 1.3.1. mengetahui karakteristik proksimat *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. dari pantai Lange dan harga parameter salinitas ekstrak cairnya hasil dari *alkali treated sargassum* dengan KOH 0,1%,
- 1.3.2. menentukan waktu pemanasan KOH 0,1% yang optimum dalam produksi ekstrak cair dengan *alkali treated sargassum* yang divariasikan selama 120, 240, 360, 480, dan 600 menit pada suhu 80 °C untuk menghasilkan bahan baku pupuk organik dengan harga parameter salinitas yang optimal.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

- 1.4.1. memanfaatkan secara maksimal potensi rumput laut *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. dari pantai Lange untuk meningkatkan diversitas produk maritim Aceh,
- 1.4.2. menghasilkan bahan baku pupuk organik berbasis limbah dari produksi *alkali treated sargassum* yang memiliki kandungan unsur hara yang baik untuk tumbuhan,
- 1.4.3. mengurangi penggunaan pupuk anorganik yang dapat merusak lingkungan dalam jangka waktu panjang.

#### **1.5. Hipotesis Penelitian**

Berdasarkan rumus masalah yang diberikan, hipotesis yang diajukan adalah :

- 1.5.1. Hasil analisis proksimat *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. menunjukkan rumput laut tersebut berpotensi menghasilkan ekstrak cair yang sifat salinitasnya memenuhi syarat minimal sebagai bahan baku pupuk cair,

1.5.2. semakin lama waktu pemanasan saat perlakuan ATS *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. dengan KOH 0,1% pada suhu 80 °C maka makin baik karakteristik salinitasnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR

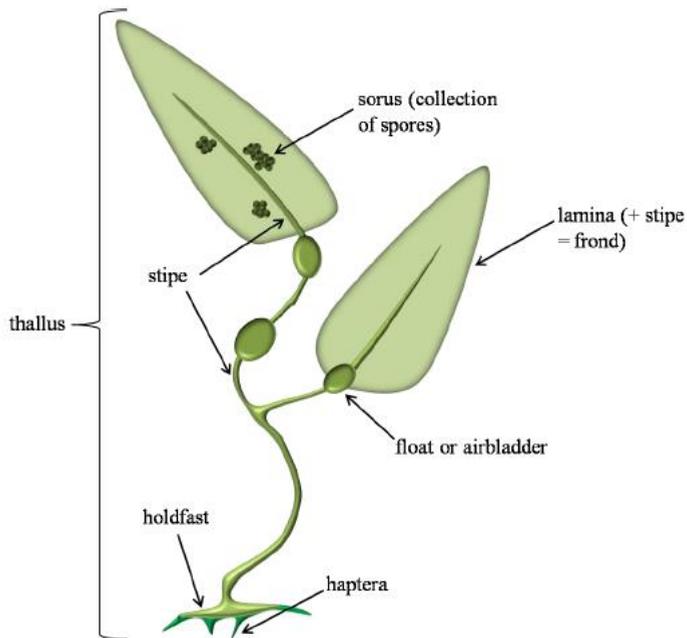
#### 2.1 Deskripsi Rumput Laut

##### 2.1.1 Klasifikasi dan karakteristik rumput laut

Rumput laut adalah makroalga yang tumbuh di laut dengan kandungan hidrokoloid, pigmen warna yang khas, dan komposisi senyawanya yang unik yang tergantung pada jenis, habitat, umur, salinitas, suhu, intensitas cahaya, dan kondisi lingkungannya (Kumar *et al.*, 2008). Jumlah spesiesnya di seluruh dunia diperkirakan lebih dari 13.000 jenis yang dibagi menjadi tiga kelas: 1.597 spesies rumput laut hijau (*Chlorophyta*), 2.151 spesies rumput laut cokelat (*Phaeophyta* atau *Ochrophyta*), dan 9.500 spesies rumput laut merah (*Rhodophyta*) (Diaz-Pulido dan McCook, 2008). Warna hijau pada *Chlorophyta* dikaitkan dengan klorofil *a*; klorofil *b*; lutein;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -karoten; sifonoxantin; dan sifonein. Warna cokelat pada *Phaeophyta* ini disebabkan oleh pigmen xantofil seperti fukoxantin, klorofil *a*, klorofil *c*<sub>1</sub>, klorofil *c*<sub>2</sub>,  $\beta$ -karoten, dan lainnya. Dinding selnya tersusun oleh asam alginat. Pada *Rhodophyta*, agar selulosa dan karaginan diketahui sebagai penyusun utama dinding selnya sedangkan pigmen klorofil *a*, mikosporin, alofikosiani, *c*-fikoeritrin dan *r*-fikosianin sebagai penentu warna merahnya (Kumar *et al.*, 2008 dan Spurr, 2014).

Rumput laut merupakan salah satu kelompok tumbuhan laut yang mempunyai sifat tidak bisa dibedakan antara bagian akar, batang, dan daun. Seluruh bagian tumbuhan disebut *thallus*, sehingga rumput laut tergolong tumbuhan tingkat rendah. Bentuk *thallus* rumput laut bermacam-macam, ada yang bulat seperti tabung, pipih, gepeng, bulat seperti kantong, rambut, dan lain sebagainya. *Thallus* ini ada yang tersusun hanya oleh satu sel (uniseluler) atau banyak sel (multiseluler). Percabangan *thallus* ada yang *thallus dichotomus* (dua-dua terus menerus), *pinate* (dua-dua

berlawanan sepanjang thallus utama), *pectinate* (berderet searah pada satu sisi thallus utama) dan ada juga yang sederhana tidak bercabang. Sifat substansi *thallus* juga beraneka ragam ada yang lunak seperti gelatin (*gelatinous*), keras diliputi atau mengandung zat kapur (*calcareous*), lunak bagaikan tulang rawan (*cartilagenous*), berserabut (*spongeous*) dan sebagainya dengan berbagai keanekaragaman warna (Suparmi dan Sahri, 2009).



**Gambar 1.1** Ilustrasi umum komponen penyusun makroalga (Lee, 2008)

Makroalga dapat tumbuh lebih cepat dari pada tanaman terrestrial sehingga hasil panen per meterpesegi juga lebih banyak. Tanaman laut ini dapat tumbuh hingga  $13 \text{ kg m}^{-1}$  dalam jangka waktu 7 bulan sedangkan tanaman daratan hanya mampu menghasilkan 0,4–4,4 kg per tahun (Borines *et al.*, 2011). Hal ini terjadi karena efisiensi proses fotosintesis alga lebih besar yang berkaitan dengan optimalnya pemanfaatan energi panas matahari untuk menghasilkan produk biomassa yang lebih besar. Dari sisi eksternal, lingkungan maritim yang rata dan luas memungkinkan semua

bagian rumput laut dapat menangkap sinar matahari sehingga luas permukaan yang diperlukan untuk fotosintesis juga lebih besar (Spurr, 2014).

### 2.1.2 Peran rumput laut bagi ekosistem

Makroalga memiliki peran yang sangat vital bagi kehidupan organisme lain di sekitarnya. Seperti halnya tumbuhan di daratan, biota laut ini juga melakukan fotosintesis yang mengubah gas CO<sub>2</sub> anorganik dan air menjadi karbohidrat dengan bantuan energi cahaya matahari. Produk proses ini dimanfaatkan sebagai sumber makanan oleh herbivora laut seperti ikan, kepiting, dan zooplankton serta bakteri melalui materi organik yang larut dalam air laut. *Sargassum* diperkirakan menghasilkan produk fotosintesis sebanyak 146-1095 gCm<sup>-1</sup>/tahun (Diaz-Pulido dan McCook, 2008).

Rumput laut memiliki filamen yang dapat berfungsi organ untuk fiksasi nitrogen. Proses ini merupakan pengubahan nitrogen atmosferik (anorganik, N<sub>2</sub>) menjadi senyawa nitrogen poliatomik (NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, atau NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) yang dapat diserap oleh tumbuhan (Littler dan Littler, 2013). Materi ini diperlukan oleh organisme dalam penyusunan asam amino/protein, DNA, dan senyawa organik lainnya yang dibutuhkan dalam proses metabolisme. Alga mampu menyediakan nitrogen organik yang disebarkan ke dalam ekosistem laut ketika bagian organnya terkelupas dan terlarut dalam air laut (Hatcher, 1988).

Alga yang habitatnya di karang seperti *Sargassum* dapat mengalami sedimentasi yang membuat karang terlapisi oleh kalsium karbonat. Peristiwa ini dinamakan kalsifikasi yang bersumber dari mineral aragonit, kalsit dan magnesium kalsit yang terkandung dalam jaringan rumput laut. Lajunya bisa mencapai 1 hingga 10,3 kg CaCO<sub>3</sub> m<sup>2</sup>/tahun yang dapat memperkokoh struktur karang tersebut (Chisholm, 2000). Selain itu,

rumput laut juga bisa menjadi tempat tinggal ikan dan organisme invertebrata.

### 2.1.3 Kandungan kimia rumput laut

Rumput laut adalah sumber polisakarida, vitamin, dan mineral serta fitokimia bioaktif seperti polisakarida fitokolid, karotenoid, fikobilin, asam lemak, sterol, tokoferol, fukusianin, dan lain-lain (Kumar *et al.*, 2008). Secara fisiologis, senyawa-senyawa dalam alga dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu (1) senyawa bermolekul besar yang sukar terabsorpsi seperti serat kasar dan (2) senyawa bermolekul kecil yang dapat terabsorpsi secara langsung dalam tubuh manusia seperti vitamin dan senyawa fitokimia (Murata dan Nakazoe, 2001). Jenis dan jumlah kandungan senyawa tersebut sangat bervariasi yang tergantung pada spesiesnya, musim panennya, dan lokasinya (Connan *et al.*, 2004; Marinho-Soriano *et al.*, 2006; dan Khan *et al.*, 2007).

Holdt dan Kraan (2011) melaporkan bahwa kandungan air pada rumput laut basah bisa mencapai 94% sedangkan untuk *Sargassum* segar kandungannya bisa mencapai 61%. Pengeringan di bawah sinar matahari selama seminggu bisa menyebabkan penyusutan kandungan tersebut hingga 93%. Kandungan abunya yang paling tinggi di atas 50% (Kumar *et al.*, 2008) diketahui lebih tinggi daripada sayuran pada umumnya. Tingginya persentase tersebut disebabkan oleh banyaknya unsur mineral baik makro maupun logam jarang yang dipengaruhi oleh lingkungan maritim yang kaya senyawa garam (Holdt dan Kraan, 2011).

Senyawa utama penyusun rumput laut adalah polisakarida yang terdiri dari sakarida penyusun dinding sel, mikopolisakarida, dan polisakarida cadangan (Murata dan Nakazoe, 2001). Kadar polisakarida totalnya dalam berat kering berkisar antara 4 hingga 76% (Holdt dan Kraan, 2011). Sebanyak 33-50% diantaranya adalah serat penyusun dinding sel, lebih besar kadarnya daripada serat tanaman tingkat tinggi.

Polisakarida lain yang ditemukan di dinding sel dalam jumlah lebih kecil antara lain: polisakarida yang mengandung fukosa sulfat (rumput laut cokelat), xilan (rumput laut hijau dan merah jenis tertentu), dan selulosa (semua genus dalam jumlah yang lebih kecil dibandingkan tanaman lebih tinggi). Senyawa sakarida penting lainnya yang menjadi sumber fitokoloid adalah agar-agar (rumput laut hiau), karaginan (rumput laut merah), dan alginat (rumput laut cokelat). Polisakarida cadangan terdiri dari laminarin ( $\beta$ -1,3 glukukan) dalam rumput laut cokelat dan pati floridean (amilopektin mirip glukukan) dalam rumput laut merah (Kumar *et al.*, 2008).

Makroalga mengandung protein dengan kadar yang bervariasi. Alga cokelat mengandung 5–15% sedangkan alga merah dan hijau sekitar 10–30% dari berat keringnya (Kumar *et al.*, 2008). Asam amino esensial seperti asam amino asidik, asam aspartat, dan asam glutamat ditemukan di mayoritas spesies (Fleurence, 2004). Dalam jumlah terbatas, asam-asam amino seperti treonin, lisin, triptofan, asam amino mengandung sulfur (sistein dan metionin) dan histidin juga dilaporkan keberadaannya. Secara khusus, alga cokelat mengandung treonin, valin, leusin, lisin, glisin dan alanin, sistein, metionin, histidin, triptofan, dan tirosin (Augier dan Santimone 1978; Fujiwara-Arasaki *et al.* 1984; dan Dawczynski *et al.* 2007). Asam amino bioaktif esensial seperti taurin, laminin, kainod, dan mikosporin juga ditemukan di alga merah dan cokelat (Holdt dan Kraan, 2011).

Kadar lemak dalam rumput laut relatif rendah dalam kisaran 1–3% dari bobot keringnya dimana spesies dari daerah tropis mengandung lipid lebih rendah (<1%) dibanding spesies dari daerah bersuhu dingin (1,6%) (Kumar *et al.*, 2008). Lipid dalam tanaman maritim ini umumnya tersusun oleh asam lemak C14–C22 tak jenuh dengan dua atau lebih ikatan rangkap dari cabang metil (omega) (Narayan *et al.*, 2006). Bhaskar *et al.* (2004) dan

Khotimchenko (2005) menyatakan bahwa lipid dalam rumput laut terdiri dari tiga jenis: glikolipid, netral, dan fosfolipid. Glikolipid pada rumput laut umumnya tersusun dari glukosildiasilgliserol, diglukosildiasilgliserol, dan sulfakuinovosildiasil-gliserol (Kumar *et al.*, 2008). Fosfolipidnya dalam bentuk fosfatidilkolin, fosfatidiletanolamin, dan fosfolipid polar tak teridentifikasi. Sedangkan untuk sterol, alga hijau terdiri dari 28-isofukokolesterol, kolesterol, 24-metilen-kolesterol dan  $\beta$ -sitosterol; alga cokelat terdiri dari fukosterol, kolesterol dan brassikasterol; alga merah mengandung desmosterol, kolesterol, sitosterol, fukosterol dan kalinasterol (Sanchez-Machado *et al.*, 2004 dan Whittaker *et al.*, 2000).

Makroalga kaya akan kandungan ion halida dan senyawa terhalogenasi. Ion iodida yang cukup menonjol diantara ion halida lain kandungannya bisa mencapai 1,2% berat keringnya (Kumar *et al.*, 2008). Rumput laut mengandung diiodotirosin yang merupakan prekursor dari hormon tiroid esensial: tirosin dan triiodotironin (Davis, 1991). Senyawa metabolit sekunder terhalogenasi juga terdeteksi dalam tanaman ini. Senyawa tersebut merupakan turunan dari indol, terpen, asetogenin, fenol, asam lemak, dan hidrokarbon volatil terhalogenasi (bromofrom, kloroform, dan dibromometana) (Butler dan Carter-Franklin 2004; Dembitsky dan Srebnik 2002; dan Flodin *et al.*, 1999).

Jika senyawa polifenolik tanaman terestrial adalah turunan asam galat dan asam elagat, polifenol alga berasal dari floroglukinol terpolimerasi (1,3,5-trihidroksibenzena) dan florotanin (Kumar *et al.*, 2008). Alga cokelat mengandung senyawa fenol, terutama florotanin, yang lebih besar dibanding dua alga lainnya. Selain senyawa tersebut, ketiga genus makroalga juga mengandung senyawa turunan flavenoid dan glikosidanya seperti katekin, epikatekin, flavon glikosida hespiridin, dan flavonol glikosida rutin (Holdt dan Kraan, 2011).

Komposisi mineral dalam rumput laut sangat dipengaruhi oleh filum dan faktor eksternal seperti musim, lingkungan, keragaman geografis dan fisiologis (Kumar *et al.*, 2008). Mayoritas makroalga mengandung Ca, Mg, P, K, Na, dan Fe dalam jumlah yang relatif tinggi. Mineral lainnya adalah Cl, Mn, Mg, Zn, Cu, Co, Se, Fl, dan V (Nisizawa, 2002). Beberapa logam berat juga dilaporkan keberadaannya di beberapa jenis makroalga. Logam tersebut seperti Pb, Hg, Cd, Cr, dan bahkan As namun konsentrasinya dapat berkurang sebanyak 89–92% setelah dimasak (Almela *et al.*, 2002; Shinagawa *et al.*, 1983; dan Yasui *et al.*, 1978).

#### **2.1.4 Pemanfaatan rumput laut**

Senyawa-senyawa dalam rumput laut dimanfaatkan di berbagai bidang seperti obat-obatan dan kosmetika, bahan makanan dan minuman, pupuk organik, absorben logam, agen reaksi kimia seperti katalisator, industri air bersih, sumber bahan bakar terbarukan, bahan makanan ternak, dan sebagainya (McHugh, 2003). Produksi rumput laut total tahunan di dunia diperkirakan sebesar US\$ 6 juta dimana 83,33% diantaranya diperuntukkan bagi industri pangan dunia.

Rumput laut telah dijadikan bahan makanan manusia sejak beabad-abad lalu oleh masyarakat Tiongkok, Jepang, dan Korea. Masyarakat pesisir Malaysia dan Indonesia juga mengkonsumsi tanaman ini sebagai sayuran. Seiring banyaknya bukti ilmiah tentang kandungan nutrisi rumput laut yang melimpah, biota maritim ini saat ini tidak hanya menjadi bahan makanan untuk tujuan mengenyangkan perut saja akan tetapi sudah menjadi bahan makanan fungsional (Hamed *et al.*, 2015). Bahan makanan fungsional dapat mengoptimalkan kondisi tubuh secara umum, mengurangi risiko penyakit (menurunkan kolesterol), dan juga dapat

mengobati masalah kesehatan (penyakit jantung dan osteoporosis) (Siro *et al.*, 2008).

Melimpahnya senyawa organik aktif dan mineral dalam makroalga juga dilaporkan bermanfaat bagi kesehatan manusia. Li dan Kim (2011) menyebutkan beberapa hasil positif dari uji bioaktivitas ekstrak rumput laut, yaitu: antioksidan, antikanker, antitirozinase atau pemutihan kulit, anri-Alzheimer, anti-HIV, anti-herpes simplex virus, antidiabetik, anti-rambut rontok, dan inhibitor enzim. Rumput laut juga memberikan efek positif lainnya seperti antiobesitas, antihipertensi, mencegah penyakit jantung, mencegah penyakit hepatitis, terapi gangguan syaraf seperti epilepsi, antitumor, antiinflamasi, antibakteri, antiinfluenza, anti penggumpalan darah, dan penyerap sinar UV (Holdt dan Kraan, 2011).

Rumput laut juga dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan juga kondisioner tanah. Pertanian hortikultura banyak yang memanfaatkan produk dari rumput laut ini dan terbukti meningkatkan kualitas dan kuantitas panennya. Tanaman maritim ini juga dimanfaatkan sebagai bahan makanan ternak seperti kambing, domba, sapi, dan kuda yang dikembangkan di pesisir, dan bahkan untuk perikanan. Mineral (kalium, fosfor, magnesium, kalium, natrium, klorin, dan sulfur) unsur-unsur jarang, dan vitamin yang ada di dalamnya dibutuhkan hewan untuk pertumbuhan dan produksi hormon (McHugh, 2003).

**Tabel 2.1** Komposisi dan aplikasi polisakarida dari tiga kelas rumput laut

No	Rumput Laut	Polisakarida		Pemanfaatan
		Dinding sel	Cadangan	
1	Cokelat	Alginat (asam guluronat, asam manuronat); fukan (fukosa tersulfatasi)	Laminarian (glukosa)	Pengental, pembuatan jelly, agen pengental, pembuatan suspensi, emulsifier, stabilizers, mempertahankan daya rekat (adhesion) dan kelembaban, pembuatan kapsul, <i>indigestibility</i> , pelumas, mempertahankan bentuk, pengikat/ penyerap logam, inhibitor virus, emulsifikasi, bahan untuk mengatur elastisitas & kekuatan lapisan, <i>interface vitalization</i>
2	Merah	Karaginan (galaktosa tersulfatasi; agar (galaktosa); selulosa; xylan	Pati floridean (glukosa)	Gel, <i>chemical reactivity</i> , agen pengental, foaming, suspensi, peningkat kualitas bahan (seperti tekstur), pengatur kelembaban
3	Hijau	Selulosa; xylan; manan; glukuronoxiloramnan (tersulfatasi)	Pati	Pengental dan pengembang ( <i>thickening</i> ), suspensi, <i>caking</i> , <i>gelling</i> , <i>adhesion</i> , pembuatan kapsul, inhibitor virus, <i>form retention</i>

Referensi: Dhagalkar dan Neelam (2005), Oritz (2006), Mabeau dan Fleurence (1993)

Rumput laut seperti *Sargassum*, *Laminaria*, dan *Glacilaria* telah diujicoba untuk menghasilkan energi terbarukan. Biomassa yang terkandung di dalamnya diubah menjadi gas metana melalui proses fermentasi. Jumlah gas yang dihasilkan dari fermentasi makroalga cokelat tergantung pada kadar manitol dan alginatnya sedangkan hasil fermentasi *Glacilaria* dipengaruhi oleh kadar karbohidrat dan proteinnya (McHugh, 2003). Sakarida alga, karaginan, agar-agar dan alginat, jugamerupakan zat yang penting untuk produk kosmetika seperti krim atau pelembab wajah, tangan, dan tubuh, sabun mandi, serta shampoo.

Rumput laut juga bermanfaat bagi kelestarian lingkungan. *Glacilaria* dimanfaatkan untuk budidaya biota laut terintegrasi di Taiwan dan Hawaii. Pola ini memanfaatkan rumput laut sebagai pakan ikan dan udang sedangkan kotoran hewan tersebut untuk memupuk rumput laut. Cara ini berhasil menjaga ekosistem pantai dan mengurangi pencemaran laut (McHugh, 2003). Makroalga juga dapat digunakan untuk filtrasi cairan limbah rumah tangga dan limbah pertanian untuk mengurangi kadar nitrogen dan fosfor sebelum dialirkan ke sungai atau lautan. Limbah industri yang mengandung logam berbahaya (Cu, Ni, Pb, Zn, dan Cd) juga dapat disaring oleh rumput laut karena alginat dan selulosa dalam alga cokelat mampu mengabsorpsi logam berat (McHugh, 2003).

### **2.1.5 Rumput laut di Indonesia**

Luas wilayah Indonesia sebagian besar, yaitu dua per tiganya merupakan wilayah perairan. *United Nation Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS) pada tahun 1982 melaporkan bahwa luas perairan Indonesia adalah 5,8 juta km<sup>2</sup> dan di dalamnya terdapat 27,2% dari seluruh spesies flora dan fauna di dunia. Rumput laut atau lebih dikenal dengan sebutan *seaweed* dan *macroalgae* merupakan salah satu sumber daya hayati yang sangat melimpah di perairan Indonesia sebesar 8,6% dari total biota di laut.

Luas wilayah yang menjadi habitat rumput laut di Indonesia mencapai 1,2 juta hektar atau terbesar di dunia. Berdasarkan laporan FAO, Indonesia merupakan negara penghasil rumput laut terbesar kedua di dunia setelah China dengan persentase sekitar 34% dari total produksi di dunia atau setara dengan 26.896.004 ton pada tahun 2013. Potensi rumput laut tersebut perlu terus digali mengingat tingginya keanekaragaman rumput laut di perairan Indonesia, terutama Aceh (Suparmi dan Sahri, 2009).

Rumput laut yang tumbuh di Indonesia ada tiga kelas. Kelas alga merah (*Rhodophyceae*) menempati urutan terbanyak sekitar 452 jenis, lalu alga hijau (*Chlorophyceae*) sekitar 196 jenis dan alga cokelat (*Phaeophyceae*) sekitar 134. Di balik peran ekologis dan biologisnya dalam menjaga kestabilan ekosistem laut serta sebagai tempat hidup sekaligus perlindungan bagi biota lain, golongan makroalga ini memiliki potensi ekonomis yaitu sebagai bahan baku dalam industri dan kesehatan (Anggadiredja, 2006). Hal ini tidak terlepas dari kandungannya, pada umumnya, rumput laut basah mengandung 80–85% air, 15–30% mineral, 15–20% karbohidrat, 8–25% protein, dan 2–4% lemak (Venugopal, 2011).

Rumput laut yang hidup di laut perairan Indonesia dimanfaatkan sebagai bahan makanan atau bahan penyegar. Pada tahun 1292, orang Eropa ketika pertama kali menjelajah perairan Indonesia telah melaporkan bahwa nelayan mengumpulkan rumput laut coklat dan digunakan untuk sayuran (Ambarita, *et al.*, 2014). Saputra (2014) melaporkan bahwa rumput laut cokelat juga banyak tumbuh di pantai Lange di desa Lam Lhom, Aceh Besar. Tanaman tersebut tumbuh bebas di antara batu-batu karang di sepanjang garis pantai.

## 2.2 Rumput Laut *Sargassum polycystum* C.A. Agardh.

### 2.2.1 Spesifikasi *Sargassum polycystum* C.A. Agardh.

Taksonomi rumput laut *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. terkini berdasarkan sfiat morfologis dan hasil analisis DNA-nya adalah (Agardh, 1848; Mattio dan Payri, 2011):

Divisi: *Thallophyta*

Kelas: *Phaeopyceae*

Ordo: *Fucalus*

Famili: *Sargassaceae*

Genus: *Sargassum*

Sub-genus: *Sargassum*

Sub-bagian: *Polycystae*

Spesies: *Sargassum polycystum* C.A. Agardh.

Spesies ini dapat dikenali dari 3 ciri khasnya yaitu pigmen coklat yang menutupi warna hijau, memiliki flagel, dan hasil fotosintesis disimpan dalam laminaran dan aligin (Pakidi dan Suwoyo, 2016).

Berdasarkan ciri morfologisnya, *S. polycystum* dibedakan menjadi *S. polycystum* var. *linearifolium* Y. Chiang, *S. polycystum* f. *crinitum* Reinbold, *S. polycystum* f. *Festivum* Grünow, *S. polycystum* f. *intercedens* Grünow, dan *S. polycystum* f. *proliferum* Grünow (Widyartini, Widodo, dan Susanto, 2017). Klasifikasi spesies secara morfologi saja menimbulkan polemik karena terjadi ambiguitas dan tumpang tindih penamaan dan pengelompokan spesies. Solusi untuk masalah tersebut adalah analisis molekuler untuk memetakan potongan kode asam deoksinukleat (DNA).



(a)



(b)

**Gambar 2.1** Rumput laut *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. (a) Pantai Lange dan (b) dokumentasi Yip *et al.* (2018)

Berdasarkan kode DNA-nya, beberapa contoh variannya sesuai lokasi sampling (FJ: Fii, V: Vietnam: S: Solomon) adalah: EU833422 *S. polycystum* FJ; AB043114 *S. polycystum* V; dan EU833423 *S. polycystum* S (Mattoo dan Payri, 2011). Identifikasi spesies secara analisis molekular menggunakan pengkodean lima variabel: inti ITS-2, sisi kloroplastik *RubisCO* operon dan *mitochondrial spacer* (mtsp), COI dan, *cytochrome c oxidase subunit III* (*cox3*) (Mattoo dan Payri, 2010).

*Sargassum* adalah salah satu genus dari kelompok rumput laut coklat yang merupakan genera terbesar dari Famili *Sargassaceae*. Genus ini tersebar di seluruh dunia terutama didaerah tropis dan sub-tropis Indopasifik. Di seluruh dunia, genus *Sargassum* diketahui terdiri dari 945 spesies dimana sebanyak 353 spesies telah disepakati taksonominya (Huang *et al.*, 2017). Menurut Lestari (2016), jenis-jenis *Sargassum* yang dikenal di Indonesia ada sekitar 12 spesies, yaitu: *Sargassum duplicatum*, *S. hystrix*, *S. echinocarpum*, *S. gracilimum*, *S. obtusifolium*, *S. binderi*, *S. polycystum*, *S. crassifolium*, *S. microphyllum*, *S. aquofillum*, *S. vulgare*, dan *S. polyceratium*.

### 2.2.2 Morfologi *Sargassum polycystum* C.A. Agardh.

Ciri-ciri umum *S. polycystum* C.A. Agardh. adalah mempunyai *thallus* dengan bentuk silindris atau gepeng, cabangnya rimbun menyerupai pohon di darat, bentuk daun melebar, lonjong, mempunyai gelembung udara (*bladder*). *Bladder* berfungsi untuk menopang cabang-cabang *thallus* terapung ke arah permukaan air untuk mendapatkan intensitas cahaya. Panjangnya dapat mencapai tujuh meter tetapi di Indonesia terdapat tiga spesies yang panjangnya 3 m, warna *thallus* umumnya cokelat (Pakidi dan Suwoyo, 2016).

Ciri-ciri khusus yang dimiliki oleh *S. polycystum* C.A. Agardh. antara lain batang utama bulat agak kasar dan memiliki *holdfast* (bagian yang digunakan untuk melekat) berbentuk cakram. Cabang pertama timbul pada bagian pangkal sekitar 1 cm dari *holdfast*. Percabangan berselang-seling secara teratur. Bentuk daun oval dan memanjang berukuran (40x10) mm. Pinggir daun bergerigi jarang, berombak, dan ujung melengkung atau meruncing. *Vesicle* (gelembung seperti buah) berbentuk lonjong, ujung meruncing berukuran 7 x 1,5 mm, dan agak pipih. Rumput laut jenis ini mampu tumbuh pada substrat batu karang di daerah berombak (Lestari, 2016).

### 2.2.3 Habitat dan Penyebaran

Rumput laut *S. polycystum* C.A. Agardh. merupakan tumbuhan kosmopolitan tersebar secara luas di perairan dunia. Bentangan *Sargassum* yang padat dan luas juga merupakan habitat untuk berbagai jenis biota laut lainnya seperti ikan dan kerang. *S. polycystum* C.A. Agardh. dapat tumbuh subur pada daerah tropis dengan suhu perairan 27,25–29,3 °C dan salinitas 32–33,5 ppt. Berdasarkan laporan Pakidi dan Suwoyo (2016), spesies *Sargassum* di perairan Indonesia tumbuh pada lingkungan dengan

suhu 30–35 °C; pH 8,4–8,9; dan salinitas 32 ppt. Beberapa parameter lain dari habitat alga coklat antara lain tingkat kecerahan 100%, kecepatan arus rata-rata 70 cm/detik, dan kandungan nitrat dan fosfat 1,5–2,1 ppm. Kebutuhan intensitas cahaya matahari lebih tinggi karena kandungan klorofil yang berperan dalam fotosintesis pada *S. polycystum* C.A. Agardh. lebih banyak.

Laporan Lestari (2016) menyebutkan *Sargassum* yang tersebar luas di Indonesia tumbuh di perairan yang terlindung maupun yang berombak besar pada habitat batu dengan daerah penyebarannya antara lain pulau Jawa, Madura, Aceh, Sumatera Utara, Lombok, Irian, Aru, Kei, dan Kepulauan Seribu. Alga ini dapat ditemukan di daerah perairan dangkal intertidal dan sublitoral dengan perairan yang berpasir, sedikit berlumpur, berbatu karang dengan kedalaman 0,5–10 m (Pakidi dan Suwoyo, 2016). Karena hidup dengan cara melekat pada materi padat dan keras, rumput laut ini disebut *benthic algae* dimana talusnya menempel pada lumpur berpasir, substrat pasir, kulit kerang, karang, fragmen karang mati, dan batu atau kayu.

Alga *Sargassum* tumbuh sepanjang tahun, bersifat *perennial* atau dapat hidup pada setiap musim barat maupun musim timur. *Sargassum* tumbuh berumpun dengan untaian cabang-cabang, panjang thallus mencapai 1-3 m. Pada tiap percabangan terdapat gelembung udara berbentuk bulat (*bladder*) yang berguna untuk mengapung ke permukaan air agar mendapatkan intensitas cahaya matahari yang cukup. *Sargassum* merupakan genus yang sangat besar (mendekati 400 spesies) menyebar di seluruh Dunia. Di Indonesia, lebih dari 15 jenis *Sargassum* telah dikoleksi. Basmal, *et al.* (2013) menyebutkan bahwa perkembangan atau reproduksi *Sargassum* dikenal dua cara, yaitu aseksual (vegetatif) dan seksual (generatif).

#### 2.2.4 Kandungan kimiawi *Sargassum polycystum* C.A. Agardh.

Secara umum, genus *Sargassum* mengandung karbohidrat (54,3-73,8%); protein (0,3-5,9%); vitamin (B1, B2, B6, B16, C, dan niasin); serat; mineral (K, Na, Mg, Ca, garam iodium, Fe); metabolit (senyawa fenolik, karotenoid, laminarin, florotanin, alginat, fukoidan, polisakarida sulfat); dan senyawa bioaktif lainnya (Erniati *et al.*, 2016). Kandungan proksimat tersebut tergantung pada lingkungannya, lokasi dan waktu pemanenannya (Holdt dan Kraan, 2010). Protein dalam *Sargassum* disusun oleh asam glutamat dan asam aspartat sebanyak 39-41% berat basahnya sedangkan mineral makro dan mikro, 10-100 kali sayuran biasa, dinyatakan dalam kadar abu. Kumar *et al.* (2008) menyebutkan vitamin dalam *Sargassum* terdiri dari vitamin B kompleks, nikotamida, asam pantotenat, asam folat, biotin, asam lipoat, kolin, dan inositol. Makroalga ini juga memiliki kandungan vitamin E (alfa-, beta-, gama-tokoferol) yang lebih besar dibandingkan alga merah dan hijau.

Seperti rumput laut pada umumnya, senyawa polisakarida dalam *Sargassum* juga bervariasi. Karbohidrat dinding sel terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan polisakarida netral sedangkan karbohidrat cadangan meliputi asam alginat, fukoidan (frukosa yang mengandung sulfat), laminarin ( $\beta$ -1,3-glukan) dan sargassan. Serat rumput laut ini dibagi menjadi dua, yaitu serat tak larut dan serat larut dalam air. Selulosa, manan, dan xilan adalah contoh serat tak larut air sedangkan serat yang larut air antara lain asam alginat, fukoidan, dan laminaran.

*Sargassum* umumnya mengandung senyawa bioaktif florotanin seperti fukol, floretol, fukofloretol, fuhalol, ergosterol, dan florotanin terhalogenasi dan tersulfatasi (Chkikvishvili dan Ramazanov 2000, dan Heo *et al.*, 2005). Selain itu, Khotimchenko (1991) menyebutkan bahwa genera *Sargassum* umumnya tersusun oleh asam lemak *polyunsaturated fatty acids*

(PUFA) C18 and C20. Contohnya adalah asam palmitat, asam arakidonat, dan asam linoleat (Bhaskar *et al.*, 2004).

Senyawa bioaktif penting lainnya adalah fukoidan. Senyawa makro (massa molekul sekitar 20.000) hidrofilik ini tersusun oleh senyawa L-fukosa dengan gugus sulfat, asam glukoronat, xilosa, serta galaktosa, arabinosa, manosa, atau glukosa dalam jumlah minor (Ponce *et al.*, 2003). Secara umum, alga *Sargassum* memiliki kadar fukoidan antara 0,1–21% (Rioux *et al.*, 2007). Senyawa ini tergolong fungsional karena dipengaruhi oleh faktor derajat sulfasi, kekuatan molekulnya, dan massa molekulnya. Contoh bioaktivitasnya antara lain antibakteri, antivirus, antioksidan, antikanker, dan antitumor sehingga layak sebagai bahan obat dan zat tambahan makanan (Bilan *et al.*, 2002 dan Somasundaram, 2016). Baba *et al.* (2018) mengkaji kandungan fukoidan alga ini dari perairan Langkawi (Malaysia) sebesar 3,8%. Untuk *S. polycystum*, Palanisamy *et al.* (2017) melaporkan fukoidan dari spesies di teluk Mannar (Tamilnadu, India) sebesar  $4,51 \pm 0,24\%$  dengan kadar fukosa dan sulfatnya berturut-turut adalah 46,8 % dan  $22,35 \pm 0,23$  %. Isolat tersebut juga terbukti potensial sebagai antioksidan sekaligus antikanker (Palanisamy *et al.*, 2018).

Beberapa studi tentang kandungan senyawa dalam *S. polycystum* yang tergantung pada kondisi lingkungan telah dilakukan oleh para peneliti internasional. Asha *et al.* (2015) melaporkan ekstrak metanol *S. polycystum* dari Manapad, distrik Thoothukudi, Tamil Nadu (India) mengandung steroid, alkaloid, senyawa fenolik, glikosida kardiak, flavonoid, saponin, dan sterol. Berdasarkan pengamatan kadar nutrisi spesies ini di Visakhapatnam (India) yang dibandingkan dengan hasil analisis di Filipina dan Guam, Rao dan Rao (2002) dan Padal *et al.* (2014) menyimpulkan bahwa suhu perairan dan iklim yang lebih dingin akan menghasilkan produk *S. polycystum* yang lebih optimal. Noiraksar *et al.*

(2017) juga menjelaskan bahwa *S. polycystum* di daerah tropis akan lebih produktif di saat gelombang air lebih tenang di musim kemarau dengan suhu yang lebih dingin.

Manteu, Nurjanah, dan Nurhayati (2018) melaporkan bahwa *S. polycystum* di perairan Pohuwato (Gorontalo) mengandung kadar air, abu, lemak, protein, karbohidrat, dan serat kasar berturut-turut sebesar 17,69%; 24,51%; 0,50%; 3,65%; 53,66%; dan 6,52%. Sedangkan menurut Holdt dan Kraan (2011), kadar abu, karbohidrat, dan serat dari *Sargassum* berturut-turut adalah 14-44%; 4-68%; dan 33-62 %. Rumpun laut tersebut juga diketahui mengandung Mg (8,89 mg/g), Fe (0,50 mg/g), K (32,71 mg/g), Na (22,69 mg/g), Ca (18,06 mg/g), rasio Na:K sebesar 0,69, dan kadar logam berat di bawah ambang batas SNI 2690:2015. Senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, saponin, steroid, dan alkaloid juga terdeteksi di dalam ekstrak etanol kasarnya (Manteu, Nurjanah, dan Nurhayati, 2018).

Sebagai pembandingan, analisis kimia juga dilakukan pada spesies lain, *S. crassifolium*, yang juga tumbuh di Indonesia oleh Handayani *et al.* (2004). Rumpun laut tersebut dilaporkan mengandung protein 5,19% (b/b) yang terdiri dari 17 jenis asam amino; mineral 36,93% (w/w); Ca 1540,66 mg/100g; Fe 132,65 mg/100g; P 474,03 mg/100g; vitamin C 49,01 mg/100g, vitamin A: 489,11 mg RE/100 g; lemak/lipid 1,63% (w/w); asam lemak (asam laurat 1,45%; asam miristat 3,53%; asam palmitat 33,59%; asam oleat 13,78%; asam linoleat 33,58%; dan asam linolenat 5,94%).

Laporan Masduki *et al.* (2014) tentang pengaruh cara pengeringan ((1)sinar matahari, (2) oven 60°C, dan (3) suhu kamar) terhadap rendemen senyawa fenolik dan alginat yang berhasil diekstrak dan profil proksimat dari *S. polycystum* pantai Jepara (Jawa Tengah). Hasilnya menunjukkan urutan urutan teknik pengeringan yang menghasilkan kadar senyawa fenolik dari terbesar ke yang terkecil adalah  $3 > 2 > 1$  sedangkan untuk ekstraksi alginat adalah  $2 > 3 > 1$ . Kadar fenolik dan alginat optimal yang

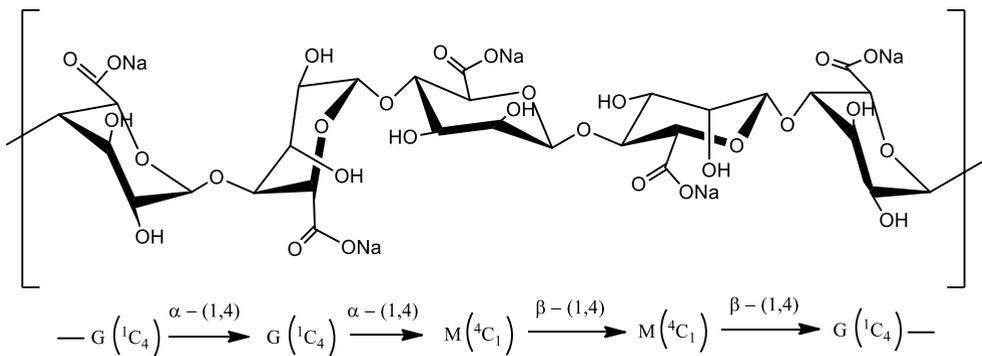
berhasil didapat berturut-turut adalah  $1.656,3 \pm 8,86$  ppm dan  $0,674 \pm 0,039$  g. Secara statistik, kadar-kadar dari variasi perlakuan tersebut tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Untuk analisis proksimat, pengeringan dengan oven memberikan hasil kadar abu, serat kasar, dan air yang terbaik. Penelitian tersebut membuktikan bahwa kuantitas senyawa yang berhasil dianalisis sangat tergantung pada cara pengeringan sampel.

### 2.3 Alginat

Alginat ditemukan oleh ahli farmasi Inggris, E.C.C. Stanford, pada tahun 1880-an dan mulai diproduksi massal pada tahun 1929 di Kalifornia (Holdt dan Kraan, 2010). Alginat merupakan senyawa asam dan garam polisakarida spesifik dalam dinding dan intrasel alga cokelat dengan kadar bervariasi tergantung spesies dan lingkungannya (Rasmussen dan Morrissey, 2007 dan Venugopal, 2011). *Sargassum longifolium* dilaporkan mengandung 17% algin sedangkan *Sargassum* sp. memiliki 29,8–34,6% (Chapman dan Chapman, 1980). Spesies lain seperti *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria* spp, *Lessonia nigrescens*, *Ecklonia maxima*, *Macrocystis pyrifera* dan *Durovillea antarctica* bisa mengandung alginat hingga mencapai 40% dari berat keringnya (Draget *et al.*, 2002 dan Rinaudo, 2007).

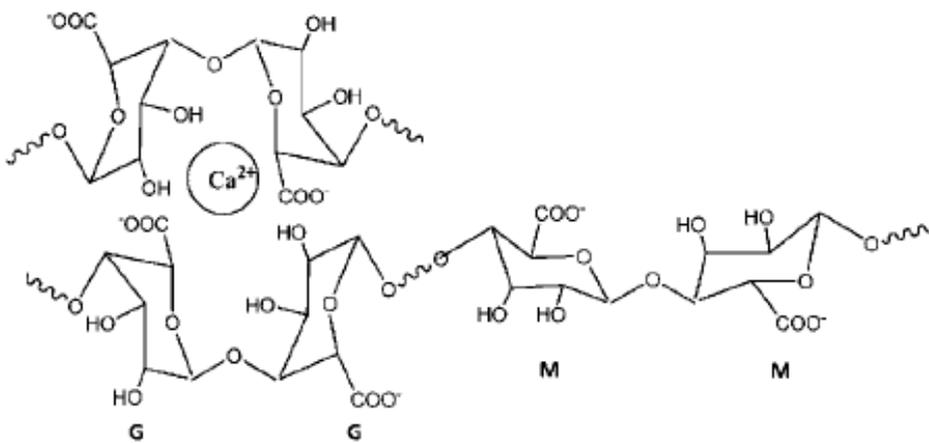
Asam alginat adalah senyawa karbohidrat kompleks yang sukar larut dalam air dan mengendap pada pH <3,5. Harga pKa dari gugus karboksil berkisar antara 3,4–4,4 yang berpengaruh pada kestabilannya di pH 5–10 (Venugopal, 2011). Sedangkan pada pH yang lebih tinggi, viskositasnya sangat kecil karena terjadinya degradasi. Di dalam dinding sel, senyawa ini berbentuk garam natrium, magnesium, atau kalsium dari asam alginat. Garam natriumnya larut dalam air sedangkan garam magnesium dan kalsiumnya sukar larut (McHugh, 2003). Na-alginat tidak dapat larut dalam pelarut organik dan dapat mengendap dengan penambahan alkohol.

Secara kimia, senyawa ini adalah polimer uronat linier tak bercabang dengan struktur  $\beta$ -D-mannuronic acid (M) (asam manuronat) dan  $\alpha$ -L-guluronic acid (G) (asam guluronat) yang bermuatan negatif seperti DNA (Venugopal, 2011). Berdasarkan blok dimernya, alginat terbagi menjadi dua jenis pengelompokan yaitu kelompok residu dimer manuronat dan guluronat yang berseling atau heteropolimer (MGMGM...) dan residu dimer sejenis berpasangan atau homopolimer (GGMM...) (Jayanudin, *et al.*, 2014 dan Flórez-Fernández *et al.*, 2019). Tingkat polimerisasi dan perbandingan komposisi G dan M menentukan karakteristik alginat, baik kualitas strukturnya (gula total, asam uronat, gugus sulfat, dan massa molekul) maupun karakter reologinya (Venugopal, 2011). Secara umum, rasio G/M dan massa molekul alginat berturut-turut berada di antara 1,45–1,85 dan 32–200 kDa (Owusu-Apenten, 2004).



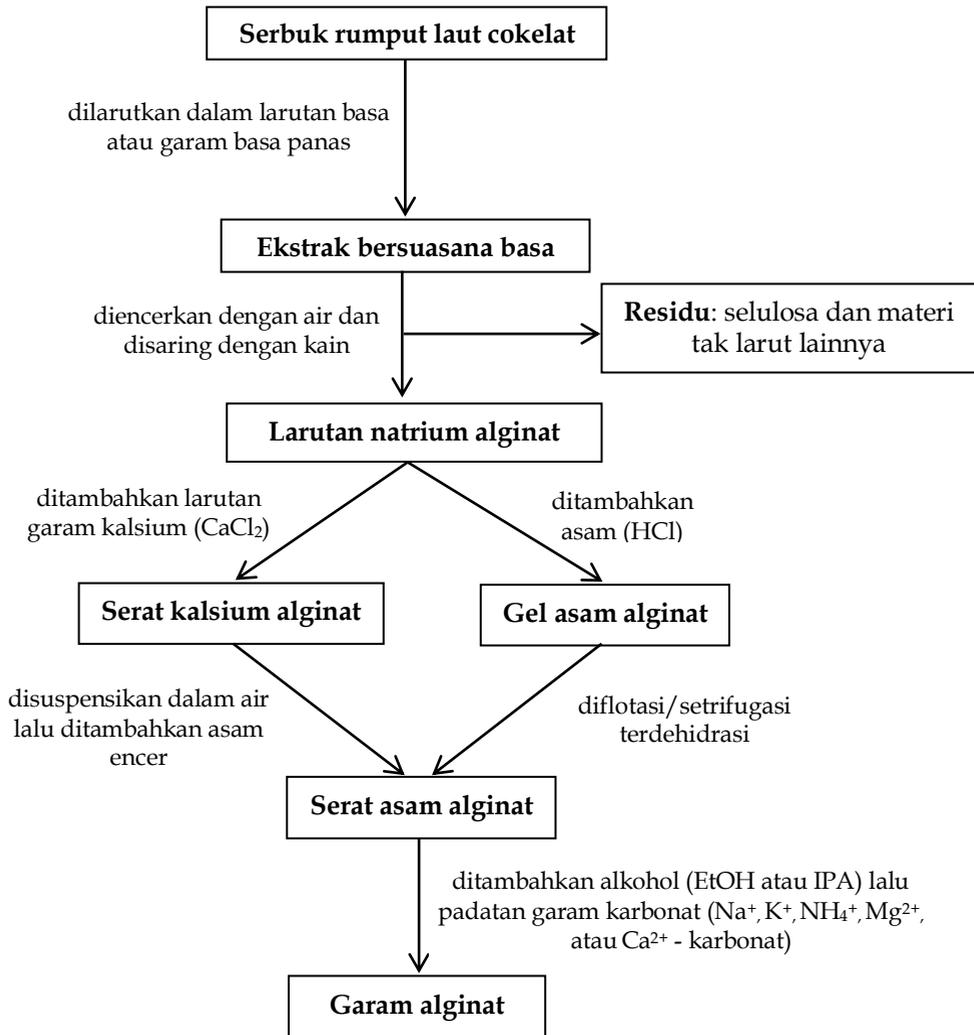
**Gambar 2.2** Ikatan antara unit manuronat (M) dan guluronat (G) dari potongan homopolimer garam alginat (Na-alginat) (Venugopal, 2011)

Keberadaan blok GG dikaitkan dengan peristiwa pengkhelatan (*chelation*) ion dengan logam alkali tanah (urutan kereaktifan:  $Mg < Ca < Sr < Ba$ ) untuk membentuk gel maupun kapasitas ikatan dengan  $H^+$  (Fenoradosoa *et al.*, 2010). Alginat dengan kandungan G yang tinggi akan menghasilkan gel yang lebih kuat daripada alginat dengan kandungan M yang dominan. Komposisi dan karakteristik gelnya ditentukan oleh umur dan habitat rumput lautnya (Venugopal, 2011).



**Gambar 2.3** Gambar interaksi ion  $Ca^{2+}$  dengan ion alginat (GGMM) yang menunjukkan peristiwa pengkhelatan oleh unit G yang menyebabkan pembekuan (*gelation*) (Yulin *et al.*, 2011)

Untuk mendapatkan ekstraknya seperti yang dirangkum pada Gambar 2.4, semua garam alginat dalam rumput laut harus diubah menjadi garam yang mudah larut dalam air (natrium atau kalium alginat) dengan jalan ekstraksi dengan larutan basa atau garam basa panas beberapa jam. Karena perlakuan dengan larutan tersebut, proses ini dinamai *alkaline treated sargassum* (ATS). Langkah berikutnya adalah pemisahan residunya melalui filtrasi dengan bantuan air untuk mengencerkan larutannya (McHugh, 2003).



**Gambar 2.5** Diagram alir ekstraksi garam alginat (McHugh, 2003)

Filtrat yang diperoleh selanjutnya dapat diendapkan melalui dua cara: (1) penambahan asam kuat untuk mendapatkan gel asam alginat; atau (2) penambahan garam kalsium untuk memperoleh fiber garam alginat. Untuk cara (1), kandungan air (98-99%) perlu dikurangi hingga tersisa 91% lalu ditambahkan etanol atau isopropil alkohol (IPA) hingga airnya tinggal 50%. Untuk cara (2), serat yang terbentuk perlu dipisahkan dari kalsium berlebih dengan penambahan air dilanjutkan dengan pengadukan serat Ca-

alginat dalam asam encer untuk menghasilkan 20–25% asam alginat. *Recovery* produk akhir (contohnya Na-alginat) diperoleh dengan penambahan serbuk  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  secara perlahan-lahan sambil diaduk hingga mencapai pH ideal.

Produksi alginat ini disertai tiga perkara (kontrol warna produk, *supplay* air, dan limbah) yang berpotensi menjadi masalah jika tidak tepat penanganannya. Pemudaran (*bleaching*) dengan natrium hipoklorit diperlukan untuk produksi dengan bahan baku yang pigmen warnanya sangat kuat. Ketersediaan air yang cukup sangat dibutuhkan terutama saat pengenceran ekstrak alkalin kental agar bisa disaring. Proses ini menghasilkan limbah cair alkalin yang bisa didaurulang untuk mendapatkan air kembali. Limbah yang lebih padat, residu saat filtrasi, dapat dipertimbangkan sebagai absorben logam berat seperti Cd, Zn, dan Cu (Romero-Gonzalez, Williams dan Gardiner, 2001) atau bahan baku produksi bioetanol (Horn, Aasen dan Oestgaard, 2000). Baik limbah cair maupun padatnya juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam dunia agroindustri (Spurr, 2014 dan Basmal *et al.*, 2015).

Alginat diekstraksi dari rumput laut cokelat seperti *Ascophyllum*, *Durvillaea*, *Laminaria*, *Lessonia*, *Sargassam*, *Macrocystis*, dan *Turbinaria*. Produksi alginat tahunan dunia mencapai 23.000–39.000 ton dengan rincian: 6.000–8.000 ton dari kelps di Skotlandia; 5.000 ton dari *Laminaria hyperborean* di Norwegia; 1.500–2.500 ton dari kelp di Jepang, dan 8.000–10.000 ton dari *Laminaria japonica* di China (David, 2002). Sumber alginat seperti *Sargassum* sp., *Turbinaria* sp., *Hormophysa* sp. dan *Padina* sp. yang tersedia sangat berlimpah di perairan Indonesia (Basmal *et al.* 2013). Namun hingga saat ini, kebutuhan alginat di Indonesia masih dipenuhi dengan impor yang mencapai 3.653.365 kg/tahun (Basmal *et al.* 2013).

Pemanfaatan alginat cukup luas, baik dalam industri pangan maupun non-pangan. Pada industri pangan, alginat banyak digunakan

sebagai bahan penstabil emulsi pada es krim, pensuspensi pada susu coklat, pengatur kekentalan pada yogurt dan lain-lain. Pada industri non-pangan, alginat banyak digunakan sebagai pengental pasta pencapan tekstil, atau sebagai absorben untuk mengurangi bahan kimia beracun pada sintesis nanopartikel (Sivaraj *et al.*, 2015), dan lain-lain. Alginat merupakan salah satu hasil ekstraksi rumput laut coklat yang banyak digunakan dalam dunia industri sebagai bahan pengental, pengemulsi, penstabil, pembentuk film, dan pembentuk gel. Di dunia medis, alginat dapat dimanfaatkan sebagai agen antiinflamasi, antitumor, penghambat enzim  $\alpha$ -amilase, dan zat aditif pada kapsul (Flórez-Fernández *et al.*, 2019). Pemanfaatan di prosuk kosmetika meliputi bahan dasar krim, pelembab, *hair sprays*, *hair dyes*, sabun, dan juga shampoo (Chapman dan Chapman, 1980).

## 2.4 Pupuk

Berdasarkan Act. No. 156/1998 Coll., pupuk merupakan zat aditif yang diberikan baik kepada tanaman maupun tanah yang bertujuan untuk merawat kesuburan tanah dan meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil pertanian (<https://is.mendelu.cz>). Pupuk setidaknya harus mengandung unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang. Unsur-unsur tersebut dapat diformulasikan ke dalam produk pupuk melalui dua cara: (1) sintesis dari bahan yang diproduksi dari pabrik kimia, dan (2) hasil dekomposisi dari ekstrak-ekstrak bahan organik. Produk cara (1) dikenal sebagai pupuk sintetis atau pupuk kimia atau pupuk anorganik sedangkan cara (2) menghasilkan pupuk alami atau pupuk organik. Berdasarkan wujudnya, pupuk dibedakan menjadi pupuk padat dan pupuk cair.

**Tabel 2.1** Daftar nutrisi penting bagi tumbuhan yang diperoleh dari tanah (FAO, 1984)

No	Golongan	Jenis unsur	Rumus kimia	Fungsi utama
1	Nutrisi utama	Nitrogen	$\text{NH}_4^+, \text{NO}_3^-$	Pembentuk klorofil, protoplasma, asam nukleat, dan protein
		Fosfor	$\text{HPO}_4^{2-}, \text{H}_2\text{PO}_4^-$	Pembentuk fosfolipid, asam nukleat, protein, fosfatida, dan koenzim NAD, NADP, dan ATP
		Kalium	$\text{K}^+$	Aktivator enzim dalam proses fotosintesis, metabolisme protein dan karbohidrat, imunitas tanaman, dan penentu kualitas biji dan buah
2	Nutrisi sekunder	Kalsium	$\text{Ca}^{2+}$	Pembentuk dinding sel dalam bentuk kalsium pektat dan aktivator enzim fosfolipase, argin kinase, dan adenosin trifosfatase
		Magnesium	$\text{Mg}^{2+}$	Penyusun klorofil, aktivator berbagai jenis enzim, dan membantu transportasi gula
		Sulfur	$\text{SO}_4^{2-}$	Penyusun asam amino bergugus sulfur, terlibat dalam metabolisme vitamin, biotin, tiamin, dan koenzim A
3	Nutrisi mikro	Besi	$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$	Berperan dalam sintesis dan perawatan klorofil, komponen penting pada berbagai macam enzim, dan berperan pada metabolisme asam nukleat
		Seng	$\text{Zn}^{2+}$	Berperan dalam biosintesis asam asetat

No	Golongan	Jenis unsur	Rumus kimia	Fungsi utama
				indol, komponen penting dalam sintesis protein dan asam nukleat
		Mangan	Mn <sup>2+</sup> , Mn <sup>4+</sup>	Katalis pada reaksi fisiologis dan enzimatis, penyusun piruvat karboksilase, dan terlibat dalam respirasi
		Tembaga	Cu <sup>2+</sup>	Pembentuk sitokrom oksidase dan berbagai macam enzim, meningkatkan pembentukan vitamin A tumbuhan
		Boron	Bo <sup>2-</sup>	Berperan dalam aktivitas enzim, pengatur rasio kalium dengan kalsium, dan fasilitator transportasi karbohidrat
		Molibdenum	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Terlibat dalam fiksasi dan penggunaan nitrogen, dan penyusun nitrat reduksinase dan nitrogenase
		Klor	Cl <sup>-</sup>	Penyusun asam auksin-kloroindol-3-asetat, stimulan aktivitas beberapa enzim, terlibat pada metabolisme karbohidrat dan pengangkutan molekul air oleh jaringan

Unsur hara yang dibutuhkan tanaman beraneka ragam. Sedikitnya ada 60 jenis unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Dari sekian banyak unsur hara tersebut, setidaknya 13 unsur atau senyawa diantaranya merupakan unsur hara esensial yang mutlak dibutuhkan tanaman untuk

mendukung pertumbuhannya (Tabel 2.2). Kekurangan unsur hara bisa menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu, menimbulkan penyakit dan bisa menyebabkan tanaman mati. Unsur hara ini dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro adalah unsur hara yang banyak dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), sulfur (S), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Sebaliknya, unsur hara mikro adalah unsur hara yang diperlukan tanaman dalam jumlah sedikit. Unsur hara mikro ada 7 jenis, yaitu besi (Fe), klor (Cl), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), boron (B), dan molibdenum (Mo) (Parnata, 2004).

Pupuk anorganik merupakan produk golongan agrokimia. Bahan-bahan agrokimia memang diperlukan untuk meningkatkan dan mempertahankan produksi pangan. Bahan baku produksinya umumnya diperoleh dari hasil samping industri pengolahan minyak bumi dan gas alam serta petrokimia. Produsen pupuk sintesis memanfaatkan prinsip reaksi reduksi oksidasi dan substitusi seperti konsep Haber-Bosch untuk memproduksi pupuk urea. Pupuk sintetis memang terbukti mampu meningkatkan kuantitas panen namun jumlah zat kimia yang tertinggal di tanaman maupun tanah karena proses akumulasi zat aktif dapat menimbulkan problematika. Karena sukar terdekomposisi di alam, bahan-bahan tersebut berisiko mengganggu kesehatan manusia dan keseimbangan lingkungan. Menurut Suwahyono (2017), pupuk anorganik juga tidak mampu memperbaiki kualitas tanah dan berbeda dengan pupuk organik yang berfungsi sebagai penyubur tanah.

Pupuk kimia juga dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah dan air. Hasil penelitian membuktikan bahwa penggunaan pupuk kimia dalam jumlah yang sama dari tahun ke tahun tidak meningkatkan produktivitas. Penggunaan pupuk kimia secara terus menerus dengan dosis yang meningkat setiap tahunnya justru dapat menyebabkan tanah

menjadi keras dan keseimbangan unsur hara tanah terganggu (Parnata, 2010). Keadaan ini akan sangat merugikan petani dan juga lingkungan.

Salah satu upaya yang bisa dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menerapkan sistem pertanian organik. Sebelum penggunaan pupuk kimia, masyarakat telah menggunakan pupuk organik namun ketika dampak negatif dari penggunaan pupuk dan pestisida kimia mulai dirasakan, masyarakat dunia pun beramai-ramai menggaungkan kembali pertanian pupuk organik (Parnata, 2010). Selain alasan kesehatan, pertanian organik juga diyakini ramah lingkungan karena dapat meminimalkan penggunaan bahan kimia dalam proses produksinya.

Pupuk alami dapat diperoleh dari kotoran hewan (sapi, kambing, ayam, dll), kompos, daun, dan produk cair (FAO, 1984). Secara tradisional, pupuk kandang telah dimanfaatkan masyarakat sejak zaman pra-industri hingga kini. Karena kandungan nitrogennya yang berlebih (1,5 hingga lebih dari 4% berat kering) sedangkan kadar kaliumnya relatif sedikit, penggunaan pupuk ini tidak menjadi pilihan utama bagi petani (FAO, 1983). Pupuk kompos dihasilkan dari proses penguraian materi organik dari limbah tanaman, hewan, atau biogas. Proses dekomposisi menerapkan prinsip fermentasi yang membutuhkan katalis dan kontrol variabel yang tepat untuk menghasilkan produk sesuai harapan.

Pupuk hijau adalah istilah untuk daun atau batang tanaman legume (tumbuhan perdu yang berkeping ganda/ polong-polongan) yang ditambahkan secara langsung ke dalam tanah sebelum tumbuhan berbunga. Tanaman perdu memiliki kemampuan fiksasi nitrogen sehingga organiknya mengandung unsur N yang melimpah. Pupuk cair bisa berasal dari urin hewan atau hasil ekstraksi bahan organik seperti tanaman. Pemakaian pupuk dari urin hewan secara jangka panjang bisa menyebabkan kekurangan asupan fosfor dan kalsium sedangkan pupuk

cair dari ekstrak tumbuhan perlu standarisasi kandungannya untuk memastikan efektivitas pemakaiannya (FAO, 1984).

**Tabel 2.2** Persyaratan teknis minimal pupuk organik cair (Permentan no. 70/SR./140/10/2011)

No	Parameter	Kandungan
1	pH	4 - 8
2	C organik (%)	4,5
3	Kadar total:	
	N (%)	3 - 6
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	3 - 6
	K <sub>2</sub> O (g)	3 - 8
4	Kadar unsur mikro (ppm)	
	Zn, Cu, Mn	250 - 5000
	Co	5 - 20
	B	125 - 2500
	Mo	2 - 10
	Fe	90 - 900

Beberapa parameter pokok diperlukan untuk mengetahui kualitas pupuk organik cair (POC) seperti kandungan unsur hara (Tabel 2.2), harga *electrical conductivity* (EC), *total dissolved solids* (TDS), dan derajat keasaman (pH). Konsentrasi garam mineral yang terlarut dalam POC dapat diukur menggunakan EC meter. Nilai EC suatu larutan yang tinggi berarti makin pekat kandungan garam mineral dalam larutan tersebut sehingga kemampuan menghantarkan zat elektrolit makin baik. Mobilisasi zat elektrolit yang baik diperlukan oleh organisme untuk proses transportasi senyawa-senyawa penting yang terlibat pada metabolisme dan sintesis. Konduktivitas listrik dalam larutan mempengaruhi metabolisme tanaman, yaitu dalam hal kecepatan fotosintesis, aktivitas enzim dan potensi penyerapan ion-ion oleh akar. Nilai EC sangat penting dalam budidaya tanaman dengan sistem hidroponik yang mengandalkan POC untuk menjaga kualitas produk akhirnya. Kepekatan larutan nutrisi juga akan

menentukan lama penggunaan larutan nutrisi dalam sistem hidroponik. Standar baku untuk EC disajikan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Daftar rentang harga *electrical conductivity* (EC) pupuk dan kategori kualitasnya (Kadam, 2016)

No	Harga EC (dS/m)	Kategori
1	< 0,8	Normal
2	0,8 - 1,6	Batas maksimal untuk tanaman budidaya sensitif terhadap garam
3	1,6 - 2,5	Batas maksimal untuk tanaman budidaya yang toleran terhadap garam
4	> 2,5	Tidak aman untuk semua tanaman budidaya

Kepekatan larutan nutrisi yang dipengaruhi oleh kandungan garam total serta akumulasi ion-ion yang ada dalam larutan nutrisi dapat menunjukkan salinitas cairan. Zat-zat terlarut tersebut antara lain ion-ion anorganik ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , dan  $\text{CO}_3^{2-}$ ), padatan non-ionik, dan molekul ionik (Corwin, 2003). POC juga berkontribusi menyumbang spesies amonium yang mempengaruhi salinitasnya (Corwin dan Yemoto, 2017). Indikator yang diperlukan untuk mengetahui tingkat salinitas POC adalah TDS. Parameter ini menyatakan jumlah garam anorganik, mineral, logam, kation, anion, dan materi organik yang terlarut dalam cairan (Pozdnyakova *et al.*, 2001 dan Corwin dan Yemoto, 2017). Berdasarkan Lech *et al.* (2016), harga TDS cairan dan korelasinya bagi keamanan organisme disajikan di Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Daftar rentang harga TDS cairan kategori tingkat keamanannya (Lech *et al.*, 2016)

No	Harga TDS (mg/L)	Kategori
1	< 1.500	Aman untuk semua jenis tanaman budidaya
2	1.500 - 2.600	Tidak aman untuk tanaman dengan sensitivitas garam rendah dan sedang

Tanaman budidaya dapat dikelompokkan berdasarkan toleransinya terhadap salinitas lingkungan. Maas dan Hoffman (1977) telah menggolongkan tanaman budidaya ke dalam empat jenis: sensitif, agak sensitif, agak toleran, dan toleran terhadap garam. Katerji *et al.* (2000) menyebutkan contoh tanaman yang toleransinya tinggi seperti tebu kentang, bunga matahari, dan gandum. Tanaman seperti kacang polong, jagung, dan tomat tergolong kelompok toleransi sedang atau moderat. Untuk kelompok agak sensitif, kacang tanah, teratai, kubis, ubi jalar dan mentimun adalah contohnya sedangkan beberapa tanaman yang sensitif antara lain wijen, padi, kacang tunggak, kacang hijau, stroberi, dan wortel (Maas dan Grattan, 1999).

Pertumbuhan tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi unsur hara makro dan mikro saja tetapi juga ditentukan oleh tingkat keasaman lingkungan. Saelee (2004) dalam Phibunwatthanawong dan Riddech (2019) menyebutkan bahwa kebanyakan POC memiliki pH pada rentang 3-5 yang dipengaruhi oleh tingginya kadar gula yang memungkinkan mengalami asidasi. POC yang kualitasnya bagus dilaporkan memiliki harga pH dan EC berturut-turut sebesar kurang dari 5 dan kurang dari 20 dS/m (Phibunwatthanawong dan Riddech, 2019). Nilai pH 8 merupakan nilai pH optimum untuk pertumbuhan jamur tiram coklat dan tanaman hidroponik lainnya (Basmal *et al.*, 2017).

## **2.5 Pemanfaatan Rumput Laut sebagai Pupuk**

### **2.5.1 Kajian pupuk rumput laut secara umum**

Rumput laut telah digunakan sebagai pupuk alami sejak abad ke-19 oleh para penghuni pesisir pantai dengan berbagai macam cara. Mereka mengambil rumput laut dari pantai, umumnya rumput laut cokelat dalam jumlah besar, lalu menimbunnya ke dalam tanah (McHugh, 2003). Para petani di Cornwall (Inggris Raya) mencampur rumput laut dengan pasir

lalu menimbunnya ke dalam tanah. Masyarakat di pesisir Brittany (Perancis) dan Filipina mengolah *Sargassum* menjadi kering lalu mendistribusikannya ke petani-petani daratan. Sedangkan para nelayan di Puerto Madryn (Argentina) menjemur rumput laut hijau terlebih dahulu sebelum dijadikan pupuk. Rumput laut tersebut kemudian dikomposkan lalu digunakan untuk memupuk tomat dan berhasil meningkatkan kapasitas serapan air oleh akar dan batang, mempercepat pertumbuhannya, serta tidak mencemari lingkungan (McHugh, 2003).

Kandungan serat yang tinggi, terutama alga cokelat, berfungsi melembabkan dan juga menjaga kesuburan tanah melalui peningkatan laju aerasi dan perbaikan struktur tanah. Kandungan mineralnya mampu menyuburkan dan menyediakan mikomineral yang dibutuhkan tanah dan tumbuhan. Secara kuantitatif, mayoritas spesies dari kelas *Phaeophytes* memiliki kandungan nitrogen dan kalium yang memenuhi batas minimal sebagai pupuk alami namun nilainya relatif lebih rendah untuk parameter kadar fosfor dibandingkan pupuk kandang dan rasio N:P:K dibandingkan pupuk kimia.

Pada awal abad 20, industri pupuk rumput laut mulai berkembang dalam skala kecil melalui proses pengeringan dan pencampuran dengan bahan organik yang lain. Saat itu, industri ini belum bisa berkembang secara penuh karena produsen pupuk kimia sintesis beroperasi secara masif dan merebut pangsa pasar. Seiring berjalannya waktu, berbagai dampak negatif penggunaan pupuk anorganik seperti tandusnya lahan, gangguan kesehatan akibat tertinggalnya sisa pupuk di bahan makanan, dan pencemaran lingkungan menyertai pemakaian pupuk kimia tersebut. Hal ini membuka ruang bagi industri pupuk rumput laut untuk lebih berkembang karena mereka menawarkan produk pupuk alternatif yang ramah lingkungan dalam bentuk ekstrak rumput laut cair. Selain itu,

produk ini juga mengandung komponen hara yang tinggi dimana dalam pemanfaatannya dibutuhkan proses pengenceran terlebih dahulu.

Di tahun 1991, sebanyak 10.000 ton rumput laut segar telah diolah menjadi 1.000 ton ekstrak rumput laut dengan nilai sekitar US\$ 5 (McHugh, 2003). Dalam dua dekade terakhir ini, seiring kesadaran masyarakat akan manfaat pupuk organik bagi kelestarian lingkungan, permintaan produk pupuk ini diperkirakan meningkat sebanyak dua kali lipat. Salah satu perusahaan di Irlandia yang memproduksi alginat dari serbuk rumput laut cokelat telah berhasil memasarkan produk sampingannya sebagai pupuk untuk kultivasi buah dan sayuran di daerah Mediterania. *Afrikelp* adalah salah satu contoh pupuk komersil dari rumput laut cokelat kering, *Ecklonia maxima* dari pantai Afrika dan Namibia, yang berfungsi sebagai penyubur dan pelembab tanah

Banyak kajian telah dilakukan dalam membuktikan keefektifan pupuk ini tidak hanya dalam pertumbuhan tanaman tetapi juga dalam mempertahankan kesuburan tanah. Weiersbye *et al.* dalam McHugh (2003) melaporkan bahwa pupuk dari ekstrak *Ecklonia maxima* dapat menyuburkan dan melembabkan tanah. Blunden (1991) menjelaskan pemanfaatan ekstrak rumput laut cokelat *Ascophyllum* untuk mengatur penurunan kualitas permukaan tanah. Pengomposan *Ascophyllum* selama 11-12 hari dalam kondisi optimal mampu memecah struktur rantai alginat menjadi butiran-butiran jel dengan kandungan air sekitar 20-25%. Penyemprotan ekstrak ini mampu mempercepat pertumbuhan tanaman dan menjaga kelembaban permukaan tanah. Rumput laut merah *Phymatolithon calcareum* dan *Lithothamnion corallioides* yang tumbuh di Perancis dapat menetralkan tanah yang keasamannya tinggi karena kandungan logam jarangnya (*trace element*) yang cukup. Produk ekstrak atau suspensi rumput laut, terutama untuk tujuan pemupukan, lebih diterima pasar dari produk mentah dalam bentuk kering.

Di balik fakta ilmiah tersebut, hasil positif dari pemanfaatan makroalga sebagai pupuk organik belum bisa diterapkan secara umum seperti halnya manfaat yang bisa dipetik dari pemakaian pupuk NPK sintetik. Contohnya, buah, sayuran, dan bunga yang diberi pupuk alga akan memberikan hasil panen yang tinggi, menyerap nutrisi dari tanah secara optimal, memiliki daya tahan yang tinggi terhadap hama, laju pertumbuhan yang tinggi, dan tahan terhadap perubahan cuaca yang ekstrim. Namun, capaian-capaian tersebut diperoleh dengan beberapa variabel dan parameter yang dikontrol dengan tujuan studi tertentu sehingga ada kemungkinan diperoleh hasil yang berbeda jika kondisi lingkungannya tidak sama.

Dari sisi teknisnya, mekanisme yang menyebabkan hasil positif tersebut juga belum sepenuhnya terbukti secara empirik karena faktor-faktor yang selama ini dipercaya sebagai kunci utamanya masih belum teruji pasti (Blunden, 1991). Kandungan logam jarangnya masih dianggap belum cukup untuk memainkan peran utama. Zat utama pertumbuhan tanaman seperti sitokinin, auksin, dan betain yang terdeteksi pada ekstrak makroalga belum terbukti secara jelas sebagai faktor tunggal yang menentukan hasil positif tersebut. Kajian-kajian lebih komprehensif untuk menjelaskan komponen utama dan mekanismenya dalam menentukan keberhasilan pupuk makroalga untuk pertanian ini masih perlu terus dilakukan agar katahanan pangan yang juga ramah lingkungan bisa terus ditingkatkan.

### **2.5.2. Kajian pupuk *Sargassum***

*Sargassum* mengandung unsur hara makro (N, P, K), unsur hara mikro (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, S, Zn, Boron), asam humat, tanin, iodin, zat pengatur tumbuh/ZPT (auksin, giberelin, sitokinin-kinetin, sitokinin-zeatin), fenol dan vitamin (Rhagunandan *et al.*, 2019). Komponen-

komponen tersebut dapat membantu pertumbuhan mikroorganisme yang menguntungkan tanah, meningkatkan ketahanan terhadap perubahan lingkungan, memperkaya nutrisi tanah, dan meningkatkan kapasitas antioksidan (Begum *et al.*, 2018).

Teknik yang banyak digunakan untuk memperoleh nutrisi-nutrisi tersebut adalah ekstraksi dengan pelarut. Teknik ekstraksi dapat dibedakan berdasarkan jenis pelarut panas yang dipakai dimana secara umum menggunakan air, pelarut asa, pelarut basa, atau bahkan dengan cara teknik melalui pemanfaatan suhu rendah untuk mengekstrak suspensi rumput laut (Shekhar Sharma *et al.*, 2014 dan Kawakita *et al.*, 2015). Limbah proses produksi ATS tergolong produk dari proses ekstraksi yang bersifat basa. Produk ini mengandung unsur hara mikro dan makro yang diperlukan untuk formulasi pupuk cair. Melimpahnya kandungan kimia dan zat aktif yang ada di dalamnya ini menjadi alasan limbah ATS dapat digunakan sebagai POC.

Penggunaan cairan rumput laut dapat meningkatkan kualitas klorofil sayuran dan buah-buahan karena rumput laut mengandung semua unsur yang diperlukan oleh tanaman tersebut disamping itu cairan rumput laut juga mengandung zat hormon tumbuh. Di dalamnya, cairan rumput laut terkandung zat pertumbuhan tanaman yang sangat menguntungkan apabila diaplikasikan dalam bentuk disemprotkan ke bunga "*foliar spray*" pada tanam cereal "*cereal crops*", sayuran, buah-buahan dan bunga serta tanaman hortikultura lainnya. Untuk menentukan berapa dosis yang tepat, parameter EC dibutuhkan untuk menentukan tegangan listrik yang ada dalam cairan tersebut.

Studi kandungan nutrisi terhadap spesies dari *Sargassum* menunjukkan hasil yang menjanjikan bagi agroindustri. Berdasarkan penelitian Bharath *et al.* (2018), ekstrak *S. polycystum* yang diberikan pada *Vigna radiata* dan *Vigna mungo* terbukti menyehatkan pertumbuhan

tanaman kacang-kacangan tersebut dan mempercepat masa panennya. Alga tersebut diambil dari teluk Mannar (Tamil Nadu, India) lalu diekstrak dengan cara merebusnya dengan air selama 1 jam. Analisis kandungan kimianya menunjukkan kadar unsur-unsur hara penting yang tinggi sementara hormon sitokinin memiliki kuantitas tertinggi dibanding dua hormon lain: auksin dan giberelin. Pemberian ekstrak sebanyak 3% menunjukkan harga optimal kandungan biokimia tumbuhan tersebut yang meliputi: klorofil *a*, klorofil *b*, klorofil total, protein, asam amino, gula pereduksi, dan gula total.

Dua spesies dari perairan Beyt-Dwarka (Gujarat, India), *S. wightii* dan *S. johnstonii*, dilaporkan oleh Takoliya *et al.* (2019) menghasilkan ekstrak yang mampu meningkatkan kualitas hijau daun dari *Corianderum sativum*, *Trigonella foenum-graecum*, dan *Spinacia oleracea*. Ekstrak yang diperoleh dengan cara merebusnya dengan aquades selama 45 menit ini mampu meningkatkan kadar klorofil *a* dan *b*, klorofil total, karotenoid, protein, karbohidrat. Harga pH dan EC untuk *S. wightii* & *S. johnstonii* berturut-turut sebesar 7 & 7,5 dan 6,40 & 6,20 dS/m. Aplikasi ekstrak tersebut juga diketahui meningkatkan kualitas tanah yang diukur dari kadar nutrisi tanah (C, N, P, & K) dan kelembaban tanah.

Di penelitian lain dengan spesies dari pantai Veraval (Gujarat, India), *S. johnstonii* juga dilaporkan mampu meningkatkan kadar zat biokimia dari *Trigonella foenum-graecum*, *Corianderum sativum*, dan *Spinacia oleracea* yang meliputi klorofil *a*, *b* & klorofil total, karotenoid, protein, dan karbohidrat (Patel *et al.*, 2019). Arga yang juga diekstrak dengan air distilasi mendidih selama 45 menit ini juga mampu membantu pertumbuhan organ-organ penting selama perkecambahan.

Studi pemanfaatan *S. wightii* tercatat paling banyak jumlahnya. Spesies dari Mandapam (Tamil Nadu, India) yang diekstrak dengan air mendidih mengandung unsur hara makro dan mikro serta ZPT

(Vijayanand *et al.*, 2014). Ekstrak tersebut mampu meningkatkan kadar pigmen fotosintetik, protein, gula pereduksi, dan asam askorbat. Ekstrak tersebut juga diketahui mampu menghambat aktivitas enzim nitrat reduktase. Spesies yang sama diperoleh dari perairan Visakhapatnam (India) dan diekstrak dengan aquades di *autoclave* pada 121 °C selama ½ jam (Divya *et al.*, 2015; dan Divya dan Reddi, 2017). Analisis fisikokimia juga menunjukkan adanya kandungan zat-zat tersebut yang terbukti mendukung pertumbuhan tanaman buah dan sayuran serta menjaga kesuburan tanah.

Ekstraksi dengan aquades dalam *autoclave* 121°C selama 30 menit juga dilakukan untuk *S. wightii* dari pantai Mandapam (Tamil Nadu, India). Ekstrak tersebut diaplikasikan untuk perkecambahan *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek. Hasil positifnya ditunjukkan dari laju perkecambahan yang meningkat serta kandungan senyawa biokimia (pigmen fotosintesis, protein total, karbohidrat total, dan lipid total) juga menjadi optimal setelah pemberian ekstrak tersebut (Kumar *et al.*, 2012). Spesies sejenis dari Pamban (Tamil Nadu, India) yang diekstrak dengan air mendidih juga memberikan hasil positif bagi tanaman *Ocimum sanctum* (Uthirapandi *et al.*, 2018). Kandungan Mg dan Fe dikaitkan dengan sintesis klorofilnya sedangkan adanya fikokoloid alga meningkatkan pertumbuhan dan fisiologi tanaman tersebut. Meningkatkan kadar zat biokimia dikaitkan dengan adanya unsurhara mikro dan makro serta fitohormon alga.

Silva *et al.* (2019) mengkaji pemanfaatan *S. muticum* dari Buarcos Bay (Figueira da Foz, Portugal) yang diekstrak untuk dijadikan POC. Penelitian ini juga mengkonfirmasi bahwa kandungan nutrisi yang dibutuhkan tanaman juga tergolong memadai dengan harga EC dan pH berturut-turut 0,1-0,2 dS/m dan 6,6-7,2. Uji coba pada tanaman kubis (*Lactuca sativa*) dan padi (*Oryza sativa*) menunjukkan bahwa ekstrak

tersebut pada kadar 25% dapat meningkatkan laju pertumbuhan, perkembangan, dan produksi hasil panennya.

Ekstrak *S. myricocystum* dari pantai Mandapam (Tamil Nadu, India) diperoleh dengan menggunakan metode maserasi selama 24 jam menggunakan alkohol. Ekstrak tersebut diujicobakan sebagai biostimulan biji bunga matahari (*Helianthus annuus* L.). Hasilnya menunjukkan ekstrak tersebut mampu membantu ketahanan dan daya kembang biji saat proses awal perkecambahan (Sujatha *et al.*, 2015).

Spesies *S. vulgare* dari pantai Chott Mariem (Tunisia) juga terbukti mampu membantu proses perkecambahan kacang (*Phaseolus vulgaris* L) yang tumbuh di bawah kondisi salinitas tinggi (Salma *et al.*, 2014). Alga tersebut diekstrak dengan perebusan air pada 121 °C selama setengah jam. Kandungan nutrisi dan hormonserta sifat fisikokimianya yang relevan bagi proses pembelahan sel dipandang sebagai faktor penentu bioaktivitas tersebut. Penelitian ini juga menyarankan bahwa ekstrak tersebut diduga mampu mengembalikan kesuburan tanah yang telah mendekati masa kritis. Spesies yang sama yang diambil dari pantai Abu-Kir Alexandria (Mesir) mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen gandum. Ekstraknya diperoleh dengan pemanasan air distilasi pada 60 °C selama 45 menit menghasilkan POC dengan pH 6,8. Analisis fitokimianya menunjukkan melimpahnya unsur hara disertai 18 jenis asam amino (El-Din, 2015).

Penelitian potensi POC spesies lainnya dilakukan pada *S. crassifolium* yang diambil di sekitar pantai Pasikudah (Sri Lanka) oleh Sutharsan *et al.* (2014). Sampel yang telah diekstraksi dengan aquades dalam *autoclave* pada suhu 121 °C selama 20 menit diaplikasikan pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Ekstrak tersebut dilaporkan mengandung makronutrien seperti N, K, P, dan Mg serta mikronutrien (Fe, Mn, Zn, dan Cu) dengan pH dan EC berturut-turut sebesar 9 dan 2,4 dS/m.

Penggunaan ekstrak ini terkonfirmasi mampu meningkatkan laju pertumbuhan organ-organ utama dan volume serta kualitas buah tomat tersebut.

*S. illisifolium* dari pantai barat India diekstrak oleh Pise dan Sabale (2010) dengan cara memasaknya dengan air selama satu jam. Ekstrak tersebut diberikan pada *Trigonella foenum-graecum* L. dan teramati meningkatkan kadar karbohidrat, protein, asam amino, polifenol, dan nitrogen dari tanaman tersebut. Hasil positif lainnya adalah kadar pigmen fotosintesis (klorofil dan karetonoid) juga meningkat. Kandungan Fe dan Mg dalam ekstrak tersebut diperkirakan sebagai faktor yang mempengaruhi hasil tersebut.

Anisimov dan Chaikina (2014) melaporkan pengaruh suhu lingkungan yang mempengaruhi kualitas POC pada pertumbuhan tanaman. POC dari *S. pallidum* (Turner) C. Agardh dari Vladivostok (Rusia) juga diketahui memberikan pengaruh yang positif bagi pertumbuhan kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). Cairan ini diperoleh dengan ekstraksi air panas pada 60 °C selama 45 menit. Sampel yang dipanen pada suhu yang lebih dingin dilaporkan memberikan hasil yang lebih baik. Parameter yang diukur yaitu panjang akar dari biji kedelai setelah ditambahkan POC ini terlihat lebih cepat pertumbuhannya.

*Sargassum* di Indonesia juga telah diteliti pemanfaatannya untuk POC. Basmal *et al.* (2017) mengekstrak *Sargassum* sp. dari Binuangeun (Banten) dengan KOH 0,1% yang dipanaskan pada suhu 80 °C. Pemanasan selama 6 jam memiliki harga parameter terbesar yang meliputi EC = 5,9 dS/m; TDS = 0,46%; pH = 7,12; dan kadar N, K, Corganik, dan C/N berturut-turut sebesar 200,6 ppm; 0,094 ppm; 3.550 ppm; dan 23. Hormon pertumbuhan tanaman juga terdeteksi di dalam ekstrak tersebut (Basmal,

2010; dan Basmal *et al.*, 2015). Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengetahui lama pemanasan yang paling optimal.

## 2.6 Kerangka Berfikir

Basmal *et al.* (1998) menyatakan bahwa hasil cairan yang terbaik ditunjukkan pada perendaman rumput laut cokelat dalam larutan KOH 0,1 % selama 60 menit. Hal ini dikarenakan mutu fisikokimiawi yang dihasilkan dari perlakuan ini lebih baik dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Mutu fisikokimia natrium alginat yang dihasilkan dari perlakuan di atas adalah kadar air 14,8 %; kadar abu 23,8 %; viskositas 981 cps dan rendemen sebesar 4,2 % (Darmawan, *et al.*, 2016).

*Sargassum polycystum* C.A. Agardh. dicuci dengan air tawar untuk menghilangkan kotoran dan garam yang menempel pada talus *Sargassum*. Larutan KOH 0,1% dengan volume 6 kali berat rumput laut disiapkan, kemudian dipanaskan hingga suhu mencapai 80 °C. Basmal *et al.* (2017) meneliti produksi ekstrak cair *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. dengan pelarut KOH 0,1% panas yang divariasikan lama pemanasan berturut turut: 120 menit, 240 menit dan 360 menit. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa produk ATS dari *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. dengan sifat fisikokimia terbaik adalah yang pemanasannya paling lama, yaitu 360 menit. Penelitian lanjutan dengan menambah variasi waktu pemanasan perlu dilakukan untuk menentukan lama pemanasan yang ideal dalam produksi bahan baku pupuk ini.

Karakteristik bahan baku pupuk cair dari produk ATS *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. didasarkan pada kandungan zat elektrolit yang dapat dideteksi dengan parameter TDS dan EC. Seswati, Nurmiati, dan Priadnad (2013) menyebutkan bahwa bahan baku pupuk yang baik harus memiliki pH dengan rentang 4-8 dimana pada tingkat keasaman tersebut kandungan ion-ion bebas relatif banyak. Basmal, Kusumawati, dan Utomo

(2015) menyebutkan bahwa nilai kekentalan dapat menunjukkan kandungan akumulatif ion-ion di dalam ekstrak. Sedayu *et al.* (2013) menyebutkan bahwa kandungan unsur hara dan ion-ion yang terdisosiasi akibat perlakuan ATS dapat ditentukan dengan mengukur TDS. Nilai EC digunakan untuk menentukan daya hantar listrik ekstrak yang dapat mewakili besarnya kadar ion-ion yang terlarut di dalamnya (Soeseno, 1999). Menurut Sutiyoso (2003), ekstrak yang harga EC-nya lebih tinggi memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam peningkatan pertumbuhan tanaman. Untuk mengukur efektivitas pemanasan, perhitungan nilai rendemen dilakukan dengan cara memisahkan cairan dari *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. yang sudah dimasak lalu dibandingkan volumenya dengan massa awal sampel (Basmal, *et al.*, 2017).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Preparasi sampel dilakukan di laboratorium kimia FST UIN Ar-Raniry sedangkan ekstraksi sampel dilakukan di laboratorium kimia FKIP Unsyiah. Sampel diidentifikasi taksonominya sebagai *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. oleh Dr. Saida Rasnovi, M.Si. dari Laboratorium Biologi FMIPA Unsyiah. Analisis proksimat sampel, TDS, dan EC dilakukan di Laboratorium Analisis Pangan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-Oktober 2019.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *hot plate*, *beaker glass*, gelas ukur, *atomic absorption spectrophotometer* (AAS)-AES Agilent MP (AAS-MPAES), pH meter merk orion 4 star, Brookfield meter model LVT nomor seri 8545043, *electrometer* merk HM COM-80, pengukuran kandungan unsur hara makro kadar nitrogen (N) dengan SNI. 01-2354.4-2006BSN (2006), alat Kjedhal, alat metode asam perklorat.

##### **3.2.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain bahan baku rumput laut *Sargassum polycystum* C.A. Agardh. diambil dari pantai Lange di desa Lam Lhom kabupaten Aceh Besar larutan KOH teknis 0,1%; HClO<sub>4</sub>; dan aquadest.

### **3.3 Prosedur Kerja**

#### **3.3.1 Preparasi sampel**

Rumput laut yang telah dipanen, dicuci dengan air tawar sebanyak tiga kali untuk menghilangkan kotoran dan garam yang menempel pada talus *Sargassum*. Sampel kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari lalu dioven pada suhu 60 °C selama 24 jam. *Sargassum* kering dipreparasi dengan cara dipotong kecil lalu diblender di laboratorium kimia FST UIN Ar-Raniry sebelum diberi perlakuan dengan ATS. Sampel dianalisis kadar air, abu, serat, karbohidrat, protein, dan lemaknya untuk mengetahui sifat dasar bahan baku POC ini.

Metode ekstraksi alkali ini mengadopsi prosedur yang dikembangkan oleh Basmal *et al.* (2017). Larutan KOH 0,1% dengan volume 10 kali berat rumput laut disiapkan, kemudian dipanaskan hingga suhu mencapai 80°C. *Sargassum* yang sudah dipreparasi tersebut kemudian dimasukkan ke dalam larutan KOH 0,1% yang telah dipanaskan dengan perlakuan yang diberikan adalah lama pemanasan berturut-turut: 120, 240, 360, 480, dan 600 menit. *Sargassum* yang telah mendapatkan perlakuan tersebut kemudian disaring menggunakan kain karun untuk mendapatkan filtratnya. Filtrat yang diperoleh kemudian dianalisis karakteristiknya.

#### **3.3.2 Penentuan karakteristik proksimat**

Analisis proksimat bertujuan untuk mengukur kandungan nutrisi dalam bahan sebagai indikator awal kualitas sampel. Pada umumnya, parameter-parameter yang diukur meliputi kadar air, abu, serat, karbohidrat, protein, dan lemak. Data yang diperoleh dibandingkan dengan data standar atau hasil penelusuran pustaka tentang bahan yang serupa. Informasi awal ini diperlukan untuk menentukan kelayakan bahan

yang akan dianalisis atau diaplikasikan lebih lanjut. Analisis proksimat pada penelitian ini mengadopsi prosedur dari Handayani *et al.* (2004).

### 3.3.2.1 Analisis kadar air

Prinsip dari analisis kadar air adalah kehilangan berat yang terjadi pada pemanasan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Tahapan awal analisis kadar air yaitu dipanaskan cawan dan ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105 °C selama 20 menit. Sampel ditimbang seberat 10 g dimasukkan ke dalam cawan tersebut kemudian dikeringkan ke dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam. Kemudian pindahkan ke dalam desikator lalu dinginkan selama 30 menit. Kemudian ditimbang dan dicatat. Untuk penentuan kadar air dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W1}{W} \times 100 \%$$

Dimana :

W1 : Berat yang menguap (g)

W : Berat sampel (g)

### 3.3.2.2 Analisis kadar abu

Kadar abu (total mineral) dianalisis berdasarkan metode pengabuan. Rumput laut kering sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam krus porselin yang telah diketahui beratnya. Krus porselin dan rumput laut dipijarkan dalam *furnace* suhu 600 °C sampai diperoleh abu berwarna keputih-putihan dan diperoleh berat konstan. Kadar abu dianggap sebagai kadar mineral. Untuk penentuan kadar abu dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W} \times 100 \%$$

Dimana :

W : Berat sampel (g)

W<sub>1</sub>: Berat cawan kosong (g)

W<sub>2</sub>: Berat cawan kosong dan abu (g)

### 3.3.2.3 Analisis kadar serat

Sampel ditimbang sebanyak kurang lebih 1 gram (*x*), masukkan ke dalam alat Heather extract.. Tambahkan 50 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,3N, dididihkan selama 30 menit. Tambahkan 25 mL NaOH 1.5 N, dididihkan selama 30 menit. Siapkan kertas saring yang telah dipanaskan dalam oven 105 °C selama 1 jam kemudian ditimbang (*a*). Saring cairan menggunakan kertas saring menggunakan corong Buchner. Penyaringan dilakukan dengan labu pengisap yang dihubungkan dengan *vacuum pump*. Cuci berturut-turut menggunakan 50 ml air panas, 50 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.3 N, 50 ml air panas dan 25 ml aseton. Masukkan kertas saring beserta isinya ke dalam cawan porselen. Keringkan dengan oven 105 °C selama 1 jam. Angkat, dinginkan dalam eksikator dan timbang (*Y*). Masukkan kembali cawan ke dalam tanur (400–600 °C) lalu angkat, dinginkan, dan timbang (*Z*). Kadar serat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar serat} = [(Y - Z - a)/x] \times 100\%$$

### 3.3.2.4 Analisis karbohidrat

Prosedur kerja diawali dengan persiapan sampel kemudian penentuan kurva standar dengan konsentrasi 0, 100, 200, 400, 600, 800 dan 1000 ppm. Setelah itu dilakukan penetapan kadar karbohidrat dalam sampel dengan cara filtrat hasil filtrasi pengenceran gerusan sampel

dipipet 1 mL ditambahkan aquades 25 mL kemudian dipanaskan dalam *waterbath* selama 1 jam setelah itu ditambahkan indikator PP sebanyak 3 tetes dan NaOH 50% sampai netral. Larutan diencerkan pada labu takar 100 mL, dikocok dan disaring hingga didapatkan filtrat. Filtrat yang didapat dipipet 0,05 mL ditambahkan aquades 0,45 mL dan ditambahkan reagen Nelson 0,5 mL kemudian dipanaskan 10 menit dan didinginkan. Selanjutnya ditambahkan reagen arsenomolibdat 4 mL kemudian divortex dan diinkubasi selama 30 menit lalu dibaca absorbansi dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm. Setelah dibaca dengan spektrofotometer maka akan keluar nilai absorbansi, dimana dari nilai absorbansi dilakukan perhitungan untuk mendapatkan kadar gula total (%).

### **3.3.2.5 Analisis kadar protein**

Kadar protein diukur dengan metode Lowry menggunakan spektrofotometer. Rumput laut sebanyak 1 g diekstrak dengan akuades sampai volume 200 mL dan disaring dengan kertas saring. Sebanyak 1 mL larutan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, dan ditambah dengan 2 mL Lowry D, lalu digojog dengan vortex dan diinkubasi pada suhu kamar selama 15 menit, ditambah 3 ml Lowry E, kemudian divortex dan diinkubasi pada suhu kamar selama 45 menit dan segera diukur absorbansinya pada 590 nm. Kurva standar bovin serum albumin dibuat dengan konsentrasi 0,06; 0,12; 0,18; 0,24; 0,3 mg/mL akuades, sehingga diperoleh garis regresi hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi protein. Berdasarkan garis ini, kandungan protein sampel dapat ditentukan.

### 3.3.2.6 Analisis kadar lemak

Lemak dianalisis menggunakan metode soxhlet. Rumput laut kering sebanyak 2 gram diekstraksi dengan petroleum eter secukupnya. Setelah didistilasi selama 6 jam, distilat dimasukkan ke dalam botol timbang yang bersih dan diketahui beratnya, kemudian petroleum eter diuapkan dengan penangas air sampai larutan agak pekat. Cairan pekat tersebut dikeringkan dalam oven suhu  $\pm 50^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya konstan. Berat residu dalam botol timbang dianggap sebagai berat lemak. Perhitungan kadar lemak menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar lemak} = [(b_2 - b_1)/b_2] \times 100\%$$

Dimana:

$b_1$  = berat botol kosong (g)

$b_2$  = berat botol kosong dan distilat (g)

### 3.3.3 Penentuan rendemen

Nilai rendemen diukur dengan cara menentukan volume cairan dari *Sargassum* yang sudah dimasak. Volume cairan tersebut dibagi dengan volume campuran awal sebelum ekstraksi. Nilai rendemen (%) dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Rendemen} = (V_2/V_1) \times 100\%$$

dimana:

$V_1$  = volume cairan sebelum dipanaskan (mL)

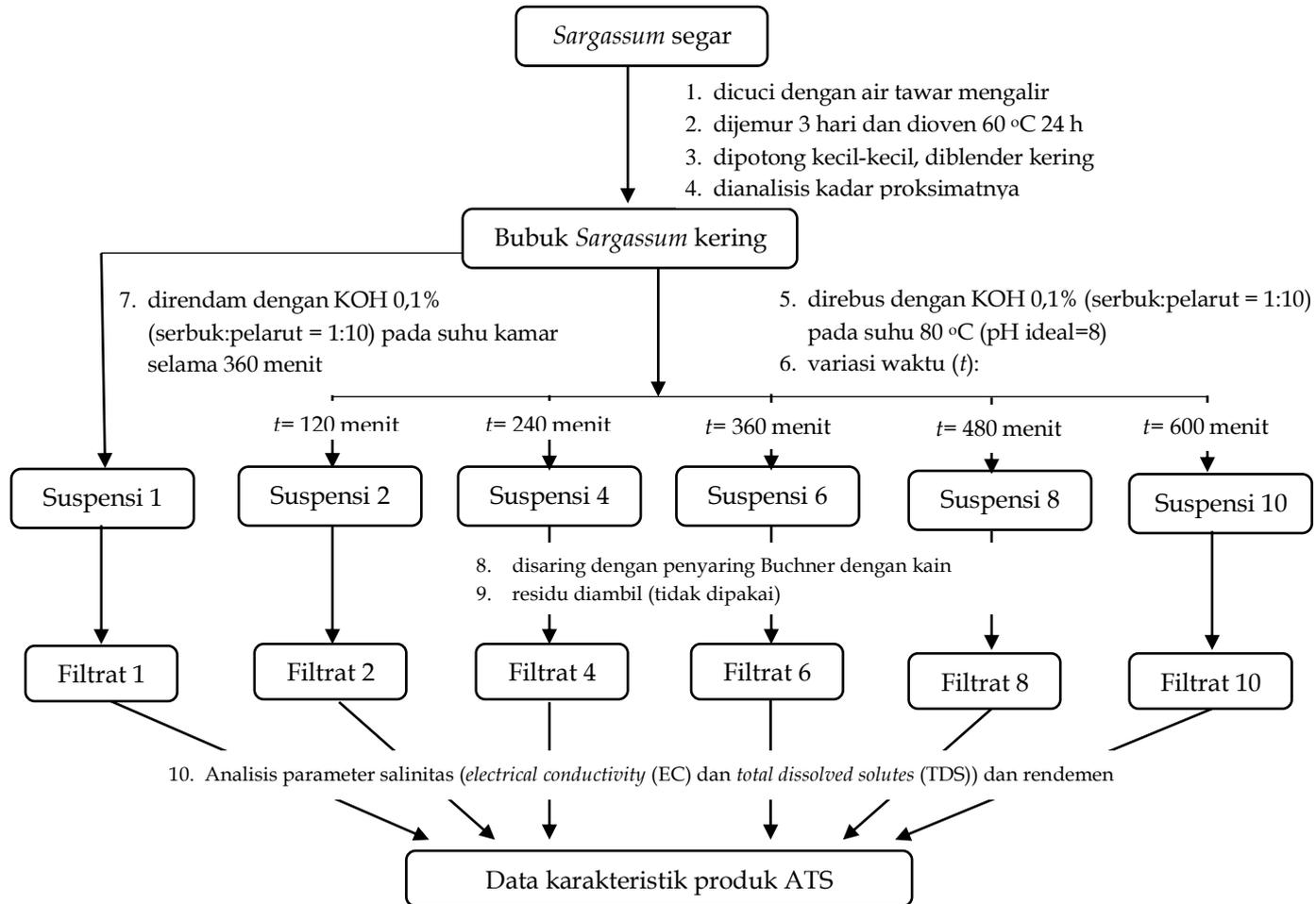
$V_2$  = volume ekstrak yang diperoleh (mL)

### **3.3.4 Penentuan nilai TDS dan EC**

Filtrat hasil pembuatan ATS dilakukan analisis nilai TDS dan EC diukur menggunakan *electrometer* merk HM COM-80 untuk hidroponik dan kualitas air. Pengukuran parameter EC dan TDS dilakukan di Laboratorium Analisis Pangan Fakultas Pertanian Unsyiah. Prosedur pengukuran kedua parameter ini mengacu pada Baird *et al.* (2017). Harga kedua parameter yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan data literatur yang ada untuk mengetahui kategori cairan tersebut.

#### **3.3.4.1. Pengukuran EC**

Sebanyak 50 mL sampel dimasukkan ke dalam gelas beaker 100 mL. EC meter dinyalakan dengan menekan tombol *On/Off*. Batang EC meter dibersihkan dengan aquades lalu dikeringkan. Setelah kering, batang EC meter dimasukkan ke sampel dan diputar untuk mengaduk sampel beberapa saat. Alat tersebut tidak boleh menyentuh alas atau dinding gelas beaker. Alat didiamkan di dalam sampel sekitar 1 menit hingga layar LCD menunjukkan angka yang tetap.



**Gambar 3.1** Alur kerja pengambilan dan pengujian cairan dari proses produksi *alkali treated sargassum*

### 3.3.4.2. Pengukuran TDS

Pengukuran parameter ini menggunakan metode gravimetri. Sebanyak 10 mL sampel ditempatkan pada cawan yang sebelumnya telah diketahui massanya. Sampel tersebut diuapkan di dalam oven pada suhu 180 °C selama ± 60 menit hingga diperoleh residu kering. Cawan yang mengandung residu dikeluarkan dari oven lalu didinginkan pada suhu kamar kemudian ditimbang. Massanya dicatat lalu pengukuran ini dilakukan hingga 3 (tiga) kali pengulangan untuk tiap sampelnya. Harga TDS tersebut ditentukan menggunakan rumus berikut:

$$TDS = [(A - D) \times 1000]/S$$

dimana:

*TDS* = konsentrasi zat padat terlarut total (mg/L atau ppm)

*A* = massa total residu + dan cawan (mg)

*D* = massa cawan (mg)

*S* = volume sampel (mL)

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Penelitian**

##### **4.1.1. Preparasi Sampel**

Rumput laut yang tumbuh liar di batu karang diambil dari pantai Lange kecamatan Lhoknga Aceh Besar. Sampel dipotong bagian talusnya dengan pisau lalu dimasukkan ke karung dengan sirkulasi udara yang terjaga. Berat keseluruhan sampel basah adalah 5 kg. Sampel dibawa ke laboratorium kimia FST UIN Ar-Raniry untuk dicuci dengan air tawar yang mengalir agar kotoran dan garam yang menempel pada talus hilang. Sampel kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari lalu dioven pada suhu 50 °C selama 24 jam.

Koordinat pengambilan sampel adalah 5°31'02.6"LU dan 95°12'04.5"BT (disajikan di Gambar 4.1). Dengan jarak kira-kira 20 km dari pusat kota Banda Aceh, perjalanan ke lokasi ditempuh selama kurang lebih 40 menit dengan sepeda motor. Perjalanan melalui jln. T. Umar - jln. Cut Nyak Dhien - jln. Banda Aceh - Meulaboh - jln. Pantai Lamphuuk lalu dilanjutkan dengan menyusuri bukit Meunasah Balee yang medannya cukup ekstrim. Lokasi pengambilan sampel tergolong jauh dari pemukiman warga karena pantai tersebut dikelilingi bukit dengan hutan lebat. Hanya warga lokal yang dijumpai selama perjalanan dengan aktivitasnya seperti berkebun dan memancing. Pantai Lange tergolong masih asri meskipun banyak dijumpai sampah yang berasal dari aktivitas nelayan di tengah laut.



(a)



Citra ©2019 Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO, Landsat / Copernicus, Maxar Technologies, DigitalGlobe, TerraMetrics, Data peta ©2019 5 km

(b)

**Gambar 4.1** (a) Peta gambaran geografis pantai Lange dimana lokasi pengambilan sampel ditunjukkan oleh anak panah (b) indeks peta lokasi pantai Lange dari Kota Banda Aceh dimana lokasinya ditunjukkan oleh anak panah

*S. polycystum* C.A. Agardh. kering dipreparasi dengan cara dipotong kecil-kecil dengan ukuran  $\pm 1-3$  cm lalu diblender kering di

laboratorium kimia FST UIN Ar-Raniry. Sampel kemudian dianalisis karakteristik proksimatnya yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar karbohidrat, kadar lemak, dan kadar seratnya di Laboratorium Analisis Pangan Fakultas Pertanian Unsyiah. Hasilnya ditampilkan pada Tabel 1. Tabel tersebut juga menampilkan hasil pengukuran kadar proksimat sampel *Sargassum* sp. dari pesisir pantai di Aceh Barat dan beberapa spesies rumput laut cokelat yang lain sebagai pembanding.

Proses selanjutnya adalah pemasakan atau ekstraksi dengan pelarut KOH yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia FKIP Unsyiah. Prosedur pada tahap ini mengadaptasi Basmal *et al.* (2017) dengan modifikasi seperlunya. Larutan KOH 0,1% dengan volume 10 kali berat rumput laut disiapkan. Sampel pertama adalah serbuk *S. polycystum* C.A. Agardh. yang direndam selama 24 jam di suhu kamar dengan pelarut KOH 0,1% untuk mendapatkan cairan 1 setelah penyaringan. Kelima jenis sampel yang lain dimasak dengan pelarut tersebut pada suhu 80°C dengan variasi waktu selama: 120, 240, 360, 480, dan 600 menit yang berturut-turut akan menghasilkan cairan 2, 4, 6, 8, dan 10. Sampel yang telah mendapatkan perlakuan tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatmann 40 untuk mendapatkan filtratnya. Filtrat yang diperoleh kemudian dianalisis karakteristiknya.

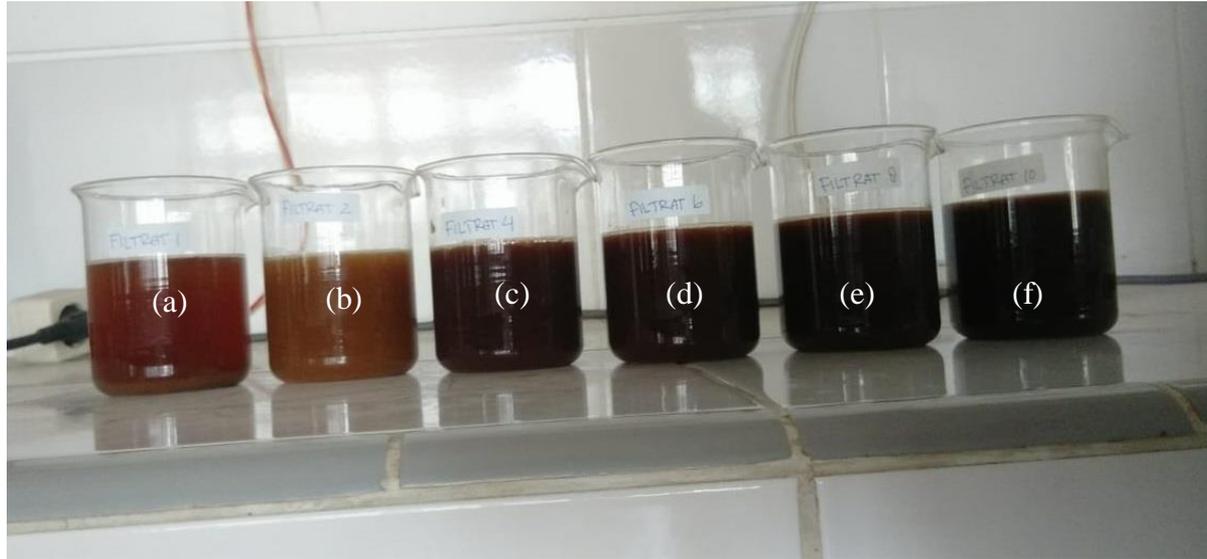
#### **4.1.2. Harga parameter proksimat**

Hasil penentuan kadar air, abu, serat, karbohidrat, protein, dan lemak disajikan pada Tabel 4.1. Hasil analisis pada studi ini dibandingkan dengan beberapa literatur yang memuat harga parameter proksimat beberapa spesies dari genus *Sargassum*. Hal ini dilakukan untuk memetakan posisi kualitas spesies dari pantai Lange ini.

**Tabel 4.1** Data hasil pengukuran kadar proksimat rumput laut kering *S. polycystum* C.A. Agardh. yang dibandingkan dengan beberapa hasil dari literatur

No	Parameter	Kadar <i>S. polycystum</i> <sup>2</sup> (%)		Kadar Spesies Rumput Laut Cokelat Lain (%)				
		Pantai Lange	Pohuwato Gorontalo <sup>2</sup>	<i>Sargassum</i> sp <sup>1</sup>	<i>P. minor</i> <sup>2</sup>	<i>S. oligocystum</i> <sup>2</sup>	<i>S. vulgare</i> <sup>3</sup>	<i>P. tetrastomatica</i> <sup>4</sup>
1	Kadar air	7,16	17,69	10,54	22,31	9,4	-	16,40
2	Kadar abu	13,057	24,51	52,74	30,53	13,08	19,4	27,0
3	Kadar protein	6,12	3,65	2,53	4,78	5,64	13,6	10,50
4	Kadar karbohidrat	51,77	53,66	23,77	41,88	71,42	61,6	44,96
5	Kadar lemak	1,57	0,55	0,79	0,52	0,46	0,5	1,14
6	Kadar serat	20,33	6,52	-	3,81	6,49	-	23,96

Catatan: <sup>1</sup>Gazali *et al.* (2018); <sup>2</sup>Manteu *et al.* (2018); <sup>3</sup>Kumar *et al.* (2008); <sup>4</sup>Felix & Brindo (2014)



**Gambar 4.2** Produk cair ATS dari *S. polycystum* C.A. Agardh. pantai Lange sebagai filtrat 1, 2, 4, 6, 8, dan 10 yang diberi perlakuan berturut-turut berupa: (a) direndam pada suhu kamar selama 24 jam dan dimasak pada 80°C dengan variasi waktu selama: (b) 120, (c) 240, (d) 360, (e) 480, dan (f) 600 menit.

### 4.1.3. Rendemen

Rendemen yang menyatakan kuantitas produk yang diperoleh selama proses dapat dijadikan indikator seberapa efektif metode yang dipakai. Harga rendemen yang makin besar dapat menunjukkan metode yang dipakai lebih efektif. Untuk proses ATS, jumlah kandungan zat yang terekstrak belum dapat direpresentasikan dari harga rendemen yang diperoleh. Kadar zat tersebut biasanya ditentukan dengan metode analisis spesifik sesuai dengan jenis komponen yang akan diukur.

**Tabel 4.2** Data hasil penentuan harga rendemen produk cair dari *S. polycystum* C.A. Agardh. Pantai Lange

No	Filtrat	Volume hasil pemasakan (mL)	Rendemen (%)
1	Filtrat 1	195	59,091
2	Filtrat 2	188	56,970
3	Filtrat 4	186	56,364
4	Filtrat 6	195	59,091
5	Filtrat 8	190	57,576
6	Filtrat 10	200	60,606

Catatan: volume awal campuran sampel dengan pelarut masing-masing adalah 330 mL

### 4.1.4. Nilai EC dan TDS

Nilai EC dan TDS berturut-turut ditampilkan pada Tabel 4.3 dan 4.4. satuan untuk nilai EC adalah desi-Siemen per meter (dS/m) yang menyatakan besarnya hambatan listrik dari dua titik atau jarak tiap meternya (Grace, 2016). Untuk TDS, satuan yang dipakai adalah mg/L atau juga bisa ditulis ppm (*part per million*). Pada umumnya, EC dan TDS berbanding lurus karena keduanya diperoleh dari pengukuran materi terlarut yang umumnya bermuatan.

**Tabel 4.3** Data hasil pengukuran *electrical conductivity* (EC) produk cair ATS dari *S. polycystum* C.A. Agardh. Pantai Lange

No	Sampel	Harga Electrical Conductivity (dS/m)				
		Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	Rerata	Referensi <sup>4</sup>
1	Cairan 1	0,020	0,020	0,020	0,020	4,230
2	Cairan 2	0,079	0,078	0,079	0,078	4,650
3	Cairan 4	0,024	0,024	0,024	0,024	4,850
4	Cairan 6	0,013	0,013	0,013	0,013	5,900
5	Cairan 8	0,053	0,054	0,054	0,054	-
6	Cairan 10	0,046	0,046	0,046	0,046	-

Catatan: <sup>4</sup>Basmal et al. (2017)

**Tabel 4.4** Data hasil pengukuran *total dissolved solid* (TDS) produk cair ATS dari *S. polycystum* C.A. Agardh. Pantai Lange dibandingkan dengan literatur

No	Sampel	Harga Total Dissolved Solid (mg/L)				
		Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	Rerata	Referensi <sup>4</sup>
1	Cairan 1	9,85	9,84	9,92	9,87	2,102
2	Cairan 2	39,22	40,31	39,72	39,75	2,305
3	Cairan 4	12,80	12,82	12,78	12,8	2,394
4	Cairan 6	6,23	6,31	6,18	6,24	2,980
5	Cairan 8	26,82	26,08	26,51	26,47	-
6	Cairan 10	22,91	23,04	22,66	22,87	-

Catatan: <sup>4</sup>Basmal et al. (2017)

## 4.2. Pembahasan

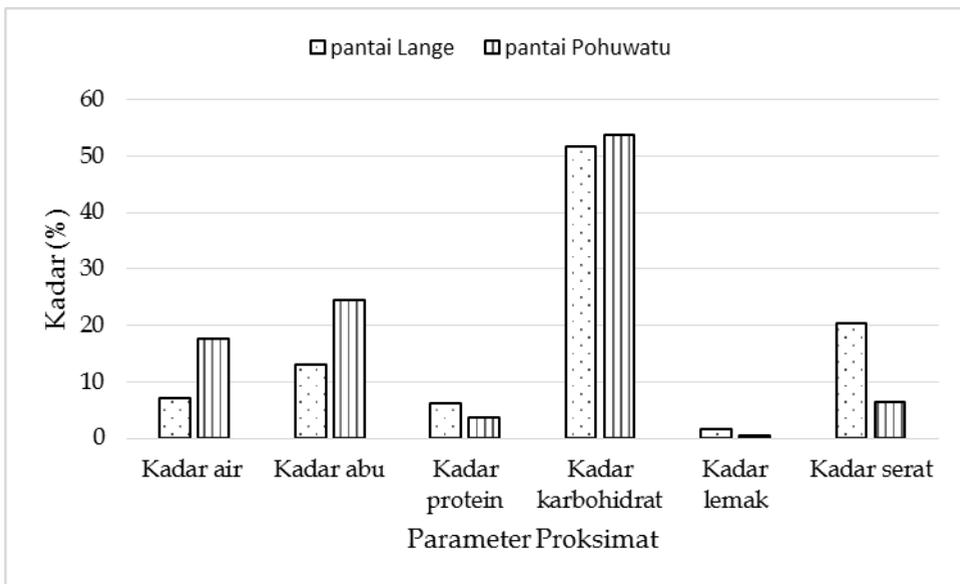
### 4.2.1. Hasil analisis proksimat

Pengeringan merupakan suatu proses pengurangan sebagian kadar air bahan atau sampel. Secara umum, kadar air dapat mempengaruhi kualitas, terutama karena berhubungan erat dengan daya tahan atau daya awet bahan selama penyimpanan. Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan bahan, oleh karena itu kadar air harus dapat ditekan sehingga bahan atau sampel akan awet selama masa penyimpanan. Teknik yang dapat dilakukan dalam mengurangi kadar air yang terdapat pada suatu bahan atau sampel yaitu dengan penjemuran di bawah sinar matahari, dijemur dengan cara di angin-anginkan, dan juga dapat dilakukan pengeringan menggunakan oven dengan suhu tertentu.

Pada pembuatan POC dengan metode ekstraksi, kadar air sangat mempengaruhi daya permeabilitas molekul pelarut untuk menembus dinding sel sampel. Daya yang makin besar berhubungan erat dengan kuantitas zat yang akan terekstrak. Materi organik maupun anorganik berada di jaringan diikat dengan gaya intra- maupun intermolekuler. Untuk dapat ditarik oleh solven, ikatan tersebut harus diganggu oleh molekul pelarut dengan memanfaatkan energi potensinya yang umumnya berhubungan dengan kepolaran molekul tersebut. Sampel yang tingkat kelembabaannya relatif tinggi diketahui masih banyak molekul H<sub>2</sub>O yang terperangkap di dalam jaringan. Molekul-molekul tersebut dapat menghalangi molekul solven untuk mencapai target zat yang akan ditarik karena berlaku hukum kompetisi di sistem tersebut.

Kadar air sampel alga dalam penelitian ini tergolong rendah dibandingkan dengan spesies sejenis (Gambar 4.3) maupun spesies lain dari marga *Sargassum*. Hal ini diduga disebabkan perlakuan ganda saat pengeringan sampel basah. Dua cara pengeringan, jemur dan oven,

dilakukan untuk menekan kadar air hingga berkurang sebanyak 93% sesuai pernyataan Holdt dan Kraan (2011). Teknik pengeringan yang dipilih dalam penelitian ini mengikuti hasil kajian Masduki *et al.* (2014) yang menunjukkan penjemuran dan pemanasan di oven pada 60°C terbukti efektif mengekstrak komponen-komponen penting dari rumput laut.



**Gambar 4.3** Profil proksimat *S. polycystum* pantai Lange yang dibandingkan dengan spesies sejenis dari pantai Poluwatu (Gorontalo)

Kadar abu digunakan untuk menentukan tingkat kemurnian produk dan menunjukkan kandungan mineral yang terkandung didalamnya. Abu merupakan bahan yang tersisa dari hasil pembakaran dan merupakan zat-zat anorganik berupa mineral. Pembakaran pada suhu tinggi menyebabkan zat-zat organik pada sampel akan terbakar dan menyisakan abu. Rumput laut merupakan bahan yang kaya akan mineral garam yang bersumber dari air laut. Kadar abu dapat mempengaruhi warna produk akhir, semakin tinggi kadar abu dapat mempengaruhi

warna produk akhir, semakin tinggi kandungannya mengakibatkan warna produk semakin gelap. Gambar 4.2. memperlihatkan ekstrak cenderung berwarna gelap yang dimungkinkan ada kaitannya dengan mineral terlarut didalamnya.

Kadar abu alga cokelat pantai Lange dalam studi ini tergolong relatif lebih rendah dibandingkan spesies sejenis dari Gorontalo dan masih dibawah rentang umum kadar abu *Sargassum* yang sebesar 14-44% (Holdt dan Kraan, 2011). Kadarnya juga jauh lebih rendah dibanding sampel dari pantai Aceh Barat dan beberapa cuplikan dari India dan sekitarnya. Namun demikian, nilai tersebut tidak jauh berbeda dari hasil analisis untuk *S. oligocystum* dari Gorontalo. Besarnya kadar abu sangat ditentukan oleh faktor habitat sampel dan waktu pemanenan. Sejauh ini, studi tentang kondisi morfologis dan fisiologis pantai Lange belum ada yang melakukan sehingga penelitian lanjutan perlu dikerjakan untuk menentukan faktor-faktor eksternal yang berkaitan dengan temuan dalam riset ini.

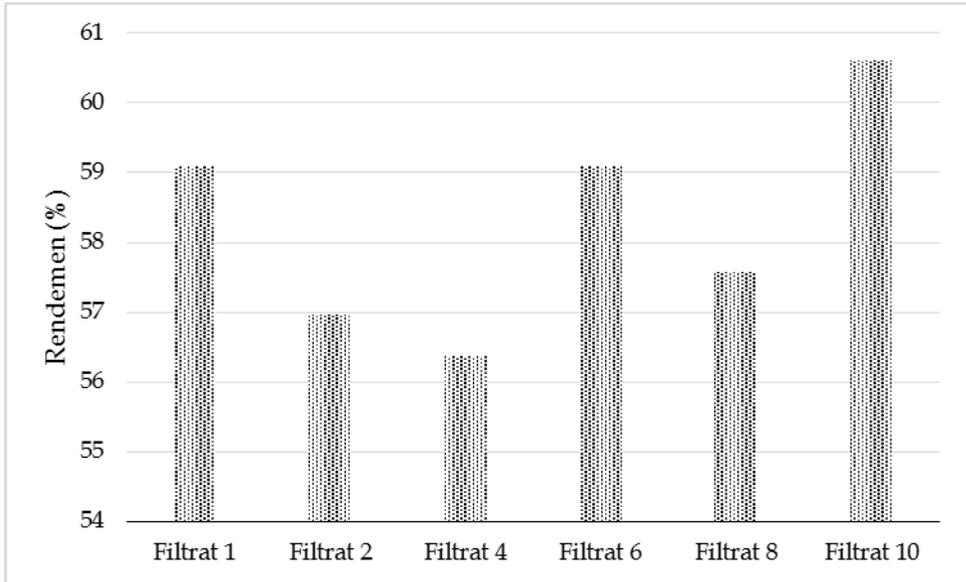
Analisis kadar protein sampel ini menunjukkan kadar yang relatif lebih tinggi dibanding literatur spesies dari Gorontalo dan beberapa spesies *Sargassum* lain di dunia. Secara teori, spesies *Sargassum* memiliki kadar protein pada kisaran 0,3-5,9% (Erniati *et al.*, 2016) yang artinya sampel dalam studi ini berada di atas nilai rata-rata atau dengan kata lain termasuk alga berprotein tinggi. Analisis lanjutan diperlukan untuk mengetahui komposisi asam amino yang menyusun alga tersebut. Informasi tentang jenis protein dan monomernya diperlukan untuk mengetahui potensinya di bidang pangan dan obat-obatan.

Kandungan karbohidrat *S. polycystum* dari Lange masih sedikit di bawah rentang yang dilaporkan Erniati *et al.* (2016) yang menyebutkan kadar polisakarida *Sargassum* sebesar 54,3-73,8% tetapi masih ada dalam estimasi Holdt dan Kraan (2011) yang sebesar 4-68% dan berada jauh di

atas laporan Venugopal (2011) yang menyebutkan 15–20%. Spesies ini berpotensi sebagai sumber biomassa yang diperlukan untuk aplikasi lain seperti sebagai bahan baku alginat, fukoidan, dan laminarin. Kadar polisakarida ini juga menunjukkan sampel bisa menjadi sumber karbon dan sulfur yang bisa menutrisi tanaman dan tanah karena secara umum karbohidrat dari *Sargassum* mengandung banyak gugus sulfat.

*S. polycystum* pantai Lange tergolong *Sargassum* yang mengandung kadar lipid yang relatif tinggi dibandingkan literatur yang ada di Tabel 4.1. kadarnya lebih dari dua kali lipat spesies dari Poluwatu dan masih lebih tinggi dari kadar lipid spesies *P. tetrastomatica*. Di sisi lain, spesies dari Lange ini memiliki kadar lipid yang sedikit lebih rendah dari *S. crassifolium* yang juga tumbuh di Gorontalo dengan kadar lemak 1,63% (Handayani *et al.*, 2004). Jika dibandingkan laporan Venugopal (2011) tentang *Sargassum* di daerah subtropis yang relatif dingin, kadar dari Lange ini terpaut 0,43% lebih rendah dari batas minimal kadar lipid tersebut (2–4%). Hal ini sesuai dengan pernyataan Kumar *et al.* (2008) bahwa kadar lemak *Sargassum* di daerah tropis <1% lebih rendah dari daerah yang temperaturnya lebih dingin.

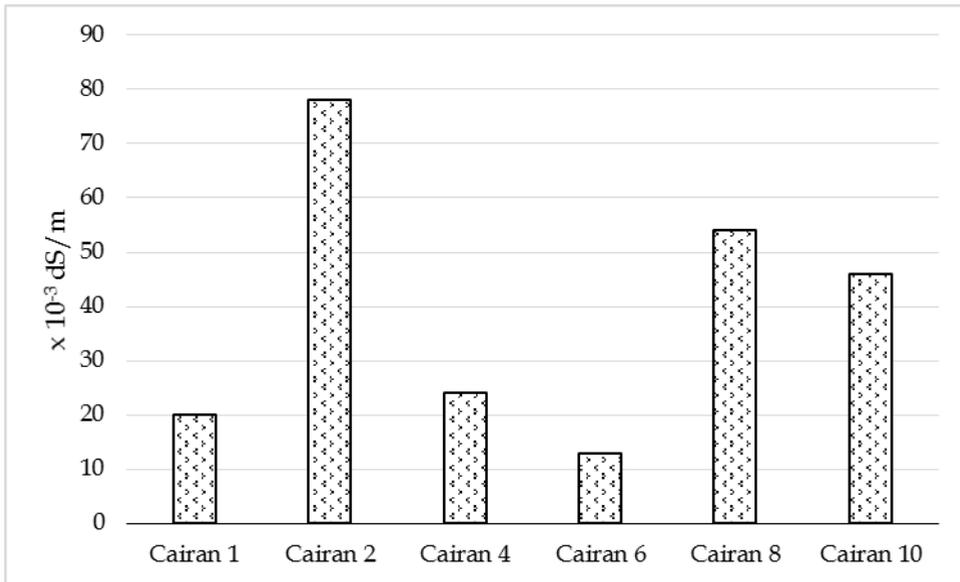
Rumput laut cokelat dari daerah ini juga dapat dikatakan kaya akan serat kasar. Serat tersebut bisa dalam bentuk serat larut dan tak larut air. Temuan ini menegaskan bahwa spesies tersebut berpotensi sebagai sumber polisakarida bioaktif yang multifungsi. Selain itu, selulosa, manan, dan xilan juga kemungkinan besar dapat diekstrak dalam jumlah yang memadai untuk dimanfaatkan sebagai zat aktif pertumbuhan tanaman. Seperti yang terlihat di Tabel 4.1, kadar fiber *Sargassum* dari Lange ini hampir tiga kali lipat spesies sejenis dari Poluwatu. Namun jika dibandingkan data dari Holdt dan Kraan (2011), kadarnya masih di luar rentang yang dilaporkan sebesar 33–62 %.



**Gambar 4.4** Grafik rendemen hasil 6 perlakuan ekstraksi ATS *S. polycystum* pantai Lange

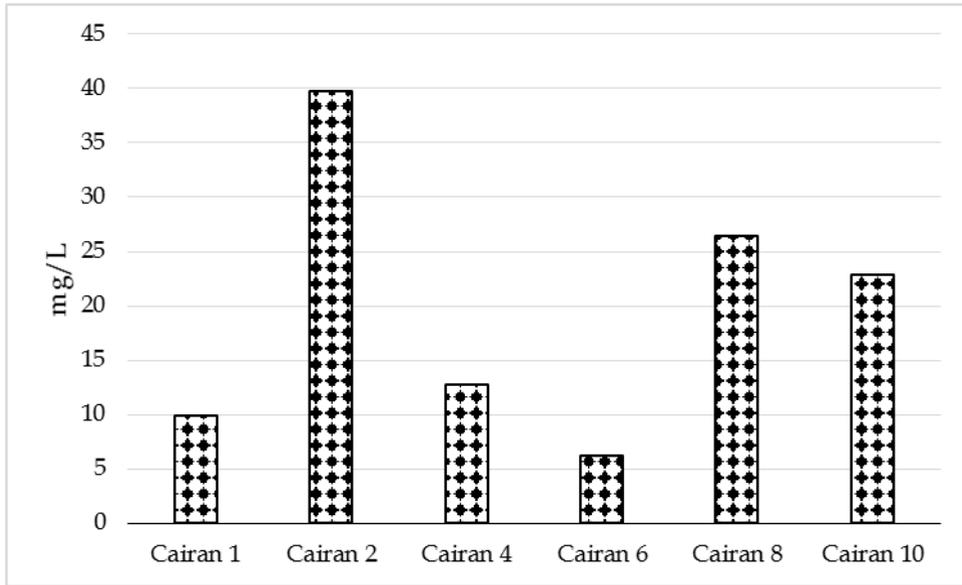
Berdasarkan Gambar 4.4, rendemen terbesar diperoleh pada perlakuan pemanasan paling lama, yaitu 10 jam. Hal ini kemungkinan besar disebabkan karena pemberian energi panas yang relatif lebih lama menyebabkan molekul pelarut mendapatkan energi kinetik yang lebih besar untuk melakukan mobilisasi di dalam jaringan sampel. Mobilisasi ini memungkinkan jumlah zat yang terekstrak juga lebih besar. Grafik pada gambar tersebut menampilkan profil diagram batang yang fluktuatif. Artinya, pemanasan dalam jangka waktu yang lebih lama tidak terbukti berpengaruh positif terhadap hasil rendemen yang diperoleh. Sampel kontrol memberikan rendemen yang sepadan dengan sampel yang dipanaskan selama 6 jam. Filtrat hasil pemanasan 8 jam memiliki rendemen yang lebih rendah dari kedua sampel tersebut sedangkan rendemen pemanasan selama 4 jam lebih rendah dari hasil pemanasan 2 jam. Analisis

lebih dalam diperlukan untuk menginvestigasi faktor-faktor yang berpengaruh pada jumlah rendemen yang dihasilkan.



**Gambar 4.5** Grafik nilai EC dari enam cairan hasil ATS *S. polycystum* pantai Lange

Harga rendemen dalam penelitian ini tidak menunjukkan hubungan yang berbanding lurus dengan harga EC setiap sampel. Seperti yang disajikan pada Gambar 4.5, nilai EC tertinggi dimiliki oleh filtrat 2 yang merupakan produk dari pemanasan selama 2 jam. Dengan nilai sebesar 0,078 dS/m, filtrat tersebut tergolong dalam liquid yang aman bagi semua jenis tanaman termasuk komoditas pertanian yang sensitif pada salinitas. Cairan ini juga bisa digunakan untuk penerapan pada tanaman hidroponik. Produk dengan rendemen tertinggi, filtrat 10, memiliki EC hampir  $\frac{1}{2}$  dari filtrat 2. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar substrat terlarut selama pemanasan 10 jam merupakan molekul nonpolar yang sukar menghantarkan arus listrik. Dengan kata lain, pelarutan spesies ionik dalam penelitian ini tidak ditentukan oleh faktor tunggal saja.



**Gambar 4.6** Grafik nilai TDS dari enam cairan hasil ATS *S. polycystum* pantai Lange

Secara umum, pola grafik TDS di Gambar 4.6 sama dengan grafik EC. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya zat padat terlarut dalam penelitian ini berkontribusi positif pada nilai daya hantar listriknya. Artinya adalah partikel padat terlarut yang terukur pada pengamatan ini merupakan zat-zat yang merepresentasikan mineral bermuatan yang terdiri dari kation dan anion. Seperti yang disampaikan Grace (2016), harga TDS dapat diperoleh dengan melakukan konversi EC. Hal ini menunjukkan bahwa kedua informasi tersebut saling berkaitan. Informasi ini sangat penting karena menjadi indikator awal bahwa filtrat dari pengolahan *S. polycystum* pantai Lange mengandung mineral-mineral yang umum ada pada POC dari genus tersebut. Dilihat dari harga EC dan DC, POC ini diperkirakan mencukupi untuk mencegah menguningnya daun karena EC yang rendah ( $\approx 0$ ) dan kerdilnya tanaman karena EC-nya terlalu tinggi ( $> 5$  dS/m) Grace (2016).

Penelitian ini berhasil menentukan pemanasan selama 2 jam merupakan waktu optimal dalam ekstraksi POC dengan KOH 0,1% pada suhu 80 °C. Waktu tersebut merupakan waktu yang ideal dalam pengolahan alginat secara komersial (McHugh, 2003). Pemanasan selama itu berhasil secara efektif mengekstrak kandungan penting di dalam rumput laut cokelat. Pemanasan yang lebih lama akan menurunkan kadar zat pentingnya karena dimungkinkan materi organik makromolekul justru akan terdegradasi dari jaringan dan terlarut ke dalam ekstrak. Terlarutnya molekul raksasa yang mayoritas nonpolar tersebut menurunkan daya hantar listrik dan dapat mengganggu interaksi mineral-mineral esensial dengan jaringan dalam sel tumbuhan. Analisis lebih jauh dibutuhkan untuk mengkonfirmasi zat aktif organik lain yang berhasil diekstrak melalui metode optimal dalam penelitian ini.

Jika dibandingkan dengan referensi utama (Basmal *et al.*, 2017), hasil penelitian ini memiliki perbedaan yang cukup tajam. Dari segi waktu pemanasan, penulis dalam artikel tersebut menyebutkan bahwa pemanasan terlamanya, 6 jam, menghasilkan cairan dengan karakter konduktivitas listrik terbaik. Dari nilai EC, cairan yang dihasilkannya tergolong tidak aman bagi tanaman yang toleran terhadap garam apalagi golongan sensitif. Ekosistem dan waktu pemanenan memberikan pengaruh yang besar terhadap karakteristik alga (Holdt dan Kraan, 2010). Faktor ini diperkirakan berperan besar pada perbedaan yang signifikan antara penelitian ini dengan referensi tersebut.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Penelitian menunjukkan bahwa rumput laut *S. polycystum* C.A. Agardh. pantai Lange berpotensi sebagai bahan baku pupuk organik cair. Hal ini berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada studi ini yang meliputi:

- 5.1.1. analisis kadar kadar air, abu, serat, karbohidrat, protein, dan lemak berturut-turut adalah 7,16; 13,057; 20,33; 51,77; 6,12; dan 1,57%
- 5.1.2. waktu optimal ekstraksi dengan KOH 0,1% pada suhu 80°C adalah 120 menit dengan harga rendemen produk cair 56,364% serta nilai EC dan TDS berturut-turut sebesar 0,078 dS/m dan 39,75 mg/L.

Hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa *S. polycystum* C.A. Agardh. pantai di barat laut kota Banda Aceh tersebut memiliki kandungan nutrisi kasar yang berada di rentang baku mutu rumput laut *Sargassum* global yang dijadikan bahan baku POC komersial. Berdasarkan harga EC dan TDS, cairan ekstrak *S. polycystum* C.A. Agardh. pantai Lange tergolong normal dan aman untuk semua jenis tanaman termasuk tumbuhan hidroponik.

#### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, penelitian ini menyarankan:

- 5.2.1. penelitian lanjutan diperlukan untuk mengukur efektivitas pemakaian ekstrak ini pada tanaman hidroponik seperti sawi atau tomat agar diperoleh informasi ilmiah yang lebih komprehensif
- 5.2.2. variasi metode ekstraksi dengan pelarut air perlu dilakukan untuk mengetahui pelarut apa yang lebih efektif dan efisien dalam

produksi POC dengan bahan baku *S. polycystum* C.A. Agardh.  
Pantai Lange

- 5.2.3. ekstraksi dengan pelarut asam juga perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik produk hasil ekstraksi bersuasana asam

## DAFTAR PUSTAKA

- Agardh, J.G. 1848. *Species Cenera et Ordines Algarum, seu Descriptiones Succinctae Specierum, Generum et Ordinum, Quibus Algarum Regnum Constituitur Algas Fucoideas Complectens vol. 1.* Gleerup CWK, Lund, Sweden, 363 pp.
- Almela, C., Algora, S., Benito, V., Clemente, M.J., Devesa, V., Suner, M.A., Velez, D., dan Montoro, R. 2002. Heavy metal, total arsenic, and inorganic arsenic contents of algae food products. *J Agric Food Chem* 50: 918-923.
- Ambarita, R., Lubis, A., Guchi, H. 2014. Penggunaan rumput laut (*Sargassum polycystum*) sebagai bahan pupuk cair dan pengaruhnya terhadap kandungan N, P, K, Ca, Mg tanah ultisol dan produksi sawi (*Brassica juncea* L.) organik. *Jurnal Onaline Agroekoteknologi* 2(2).
- Anggadiredja, J.T. 2006. *Rumput laut*. Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Anisimov, M.M. dan Chaikina, E.L. 2014. Effect of seaweed extracts on the growth of seedling roots of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seasonal changes in the activity. *Int.J.Curr.Res.Aca.Rev.* 2(3): 19-23.
- Asha, K.S., Johnson, M., Renisheya, J.J. Phytochemical composition of *Sargassum polycystum* c. Agardh and *Sargassum duplicatum* j. Agardh. *Int J Pharm Pharm Sci*, Vol 7, Issue 8, 393-397.
- ASTRULI. 2014. *Roadmap industri rumput laut Indonesia*. Bahan Presentasi Asosiasi Industri Rumput Laut Indonesia (ASTRULI) tanggal 25 November 2014.

- Augier, H., dan Santimone, M. 1978. Contribution to study of composition in total nitrogen, proteins and proteinic amino-acids of different parts of thallus of *Laminaria digitata* (Huds) Lamour in scope of its industrial and agricultural exploitation. *Bull Soc Phyc France* 110: 19-28.
- Baba, B.M., Mustapha, W.A.W., dan Joe, L.S. 2018. Effect of extraction methods on the yield, fucose content and purity of fucoidan from *Sargassum* sp. obtained from Pulau Langkawi, Malaysia. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 22(1): 87-94.
- Baird, R.B., Eaton, A.D., dan Rice, E.W. 2017. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington DC: APHA.
- Basmal, J. 2010. Teknologi pembuatan pupuk organik cair kombinasi hidrolisat rumput laut *Sargassum* sp. dan limbah ikan. *Squalen* 5(2): 59-66.
- Basmal, J. 2013. *Membuat alginat dari rumput laut sargassum*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Basmal, J., Kusumawati, R., dan Utomo, B.S.B. 2015. Mutu sap liquid rumput laut sargassum yang diekstrak menggunakan kalium hidroksida sebagai bahan pupuk. *JPB Kelautan dan Perikanan* 10(2).
- Basmal, J., Chori, V.A., dan Nurhayati. 2017. Pemanfaatan limbah cair produksi alkali treated sargassum sebagai bahan baku pupuk cair. *Jurnal JPB Kelautan dan Perikanan* 12(2).

- Begum, M., Bordoloi, B.C., Singha, D.D., dan Ojha, N.J. 2018. Role of Sea weed extract on growth, yield and quality of some agricultural crops - A review. *Agricultural Reviews*. DOI: 10.18805/ag.R-1838
- Berlyanto, B, S., Erawan, I.M., dan Assadad, L. 2014. Pupuk cair dari rumput laut *Eucheuma cottonii*, *Sargassum* sp. dan *Gracilaria* sp. menggunakan proses pengomposan. *Jurnal JPB Perikanan*. Vol. 9:1.
- Bharath, B., Nirmalraj, S., Mahendrakumar, M., dan Perinbam, K. 2018. Biofertilizing efficiency of *Sargassum polycystum* extract on growth and biochemical composition of *Vigna radiata* and *Vigna mungo*. *Asian Pacific Journal of Reproduction* 7(1): 27–32.
- Bhaskar, N., Hosokawa, M., dan Miyashita, K. 2004. Comparative evaluation of fatty acid composition of different *Sargassum* (*Fucales*, *Phaeophyta*) species harvested from temperate and tropical waters. *J Aquat Food Prod Technol* 3: 53–70.
- Bilan, M.I., Grachev, A.A., Ustuzhanina, N.E., Shashkov, A.S., Kelly, M., Sanderson, C.J., Nifantiev, N.E. dan Usov, A.I. 2002. Structure of fucoidan from the brown seaweed *Fucus evanescens*. *Carbohydrate Research*, 337: 719-730.
- Blunden, G. 1991. *Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts*. pp. 65–81. dalam Guiry & Blunden, q.v.
- Borines, M. G., de Leon, R. L., dan McHenry, M. P. 2011. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 4432–4435.

- Butler, A., dan Carter-Franklin, J.N. 2004. The role of vanadium bromoperoxidase in the biosynthesis of halogenated marine natural products. *Nat Prod Rep* 21: 180-188.
- Chapman, V.J. dan Chapman, D.J. 1980. *Seaweeds and their uses* 3rd ed. New York: Chapman and Hall.
- Chkikvishvili, I.D., dan Ramazanov, Z.M. 2000. Phenolic substances of brown algae and their antioxidant activity. *Appl Biochem Microbiol* 36:289-291.
- Chisholm, J.R.M. 2000. Calcification by crustose coralline algae on the northern Great Barrier Reef, Australia. *Limnology and Oceanography* 45 :1476-1484.
- Connan, S., Goulard, F., Stiger, V., Deslandes, E., dan Ar Gall, E. 2004. Interspecific and temporal variation in phlorotannin levels in an assemblage of brown algae. *Bot Mar* 47:410-416
- Corwin, D.L. 2003. Soil salinity measurement dalam: Stewart B.A. dan Howell T.A., editors, *Encyclopedia of water science*. New York: Marcel Dekker, hal. 852-857.
- Corwin, D.L., dan Yemoto, K. 2017. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. *Methods of Soil Analysis* 2, doi:10.2136/msa2015.0039.
- Dahuri. 2011. Mengembangkan industri rumput laut secara terpadu. *Samudra*, Edisi 93 Januari 2011.

- Darmawan, M., Tazwir, dan Hak, N. 2006. Pengaruh perendaman rumput laut coklat segar dalam berbagai larutan terhadap mutu natrium alginat. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 9(1).
- David, T. 2002. *Seaweeds*. London: Natural History Museum. [www.seaweed.ie/books](http://www.seaweed.ie/books).
- Davis, P.J. 1991. *Cellular actions of thyroid hormones* dalam *The thyroid: A fundamental and clinical text*, Bravarmand LE, Utigar RD (eds). Philadelphia: Lippincott Publ.: halaman 190-203.
- Dawczynski, C., Schubert, R., dan Jahreis, G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem* 103: 891-899.
- Dembitsky, V.M., dan Srebnik, M. 2002. Natural halogenated fatty acids: their analogues and derivatives. *Prog Lipid Res* 41: 315-367.
- Dhargalkar, V.K., Neelam, P. 2005. Seaweed: Promising plant of the millennium. *Sci Cult* 5: 60-66.
- Diaz-Pulido, G. dan McCook, L. 2008. 'Macroalgae (Seaweeds)' in Chin. A, (ed) *The State of the Great Barrier Reef On-line*, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville. Diakses pada 12 Oktober 2019. [http://www.gbrmpa.gov.au/corp\\_site/info\\_services/publications/sotr/downloads/SORR\\_Macroalgae.pdf](http://www.gbrmpa.gov.au/corp_site/info_services/publications/sotr/downloads/SORR_Macroalgae.pdf)
- Divya, K., Roja, N.M., dan Padal, S.B. 2015. Effect of seaweed liquid fertilizer of *Sargassum wightii* on germination, growth and productivity of brinjal. *IJARSET* 2(10): 868-871.

- Divya, K., dan Reddi, B.N. 2017. Influence of seaweed liquid fertilizer of *Sargassum wightii*, *Turbnearia arnata* on the seed germination, growth and productivity of vegetable crops. *J. Algal Biomass Utiln.* 8(2): 37-43.
- Draget, K.I., Smidsrød, O., dan Skjåk-Bræk, G. 2002. Alginates from Algae. In: De Baets, S., Vandamme, E.J., and Steinbuchel, A. (eds) *Biopolymers, vol 6. Polysaccharides II.* Weinheim (Jerman): Wiley, hal. 215-244.
- El-Din, S.M.M. 2015. Utilization of seaweed extracts as bio-fertilizers to stimulate the growth of wheat seedlings. *Egypt. J. Exp. Biol. (Bot.)*, 11(1): 31-39.
- Elisa, J.L., Yumas, M. 2017. Pemanfaatan limbah cair industri rumput laut sebagai pupuk organik cair untuk tanaman pertanian. *Jurnal Industri* 12(2).
- Erniati, Zakaria, F.R., Prangdimurti, E., Adawiyah, D.R. 2016. Seaweed potential: bioactive compounds studies and its utilization as a functional food product. *Aquatic Sciences Journal.* 3(1): 12-17.
- Food and Aquaculture Organization (FAO). 1984. Fertilizer and plant guide. *FAO Fertilizer and Plant Bulletin* 9.
- FAO. 2015. *Fisheries and Aquaculture Statistic.* Roma: FAO Yearbook.
- FAO. 2018a. *The global status of seaweed production, trade, and utilization.* Globefish Research Programme Volume 124. Rome. 120 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

- FAO. 2018b. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018—Meeting the sustainable development goals*. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Felix, N., dan Brindo, R.A. 2014. Effects of raw and fermented seaweed *Padina tetrastomatica* on the growth and food conversion of giant freshwater prawn *Microbrachium rosenbergii*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 1(4): 108-113.
- Fenoradosoa, T.A., Ali, G., Delattre, C., Laroche, C., Petit, E., Wadouachi, A., dan Michaud, P. 2010. Extraction and characterization of an alginate from the brown seaweed *Sargassum turbinarioides* Grunow. *J Appl Phycol* 22: 131-137.
- Fleurence, J. 2004. *Seaweed proteins dalam Yada RY (ed) Proteins in food processing*. Cambridge: Woodhead Publishing: 197-213.
- Flodin, C., Helidoniotis, F., dan Whitfield, F.B. 1999. Seasonal variation in bromophenol content and bromoperoxidase activity in *Ulva lactuca*. *Phytochemistry* 51: 135-138.
- Flórez-Fernández, N., Domínguez, H., dan Torres, M.D. 2019. A green approach for alginate extraction from *Sargassum muticum* brown seaweed using ultrasound-assisted technique. *International Journal of Biological Macromolecules* 124, 451-459.
- Fujiwara-Arasaki, T., Mino, N., dan Kuroda, M. 1984. The protein value in human nutrition of edible marine algae in Japan. *Hydrobiologia* 116/117: 513-516.

- Gazali, M. tanpa tahun. Aktivitas inhibitor tirosinase pada ekstrak alga cokelat *Sargassum* sp. Agardh asal pesisir Lhok Bubon, Kabupaten Aceh Barat. 26–40.
- Gazali, M., Nurjanah, dan Zamani, N.P. 2018. Eksplorasi senyawa bioaktif alga cokelat *Sargassum* sp. Agardh sebagai antioksidan dari pesisir barat Aceh. *JPHPI* 21(1): 167–178.
- Grace. 2016. *Understanding water quality, water EC, and pH*. Aessense Applications Scientist.
- Hamed, I., Ozogul, F., Ozogul, Y., dan Regenstein, J.M. 2015. Marine bioactive compounds and their health benefits: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14: 446–465.
- Handayani, T., Sutarno, T., dan Setyawan, A.D. 2004. Analisis komposisi nutrisi rumput laut *Sargassum crassifolium*. *J. Agardh. Biofarmasi* 2: 45–52.
- Hatcher, B.G. 1988. Coral reef primary productivity: a beggar's banquet. *Trends in Ecology & Evolution* 3:106-111.
- Hendrawati, T.Y. 2016. *Pengolahan rumput laut dan kelayakan industrinya*. Jakarta: UMJ Press.
- Heo, S.J., Park, E.J., Lee, K.W., dan Jeon, Y.J. 2005. Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds. *Bioresour Technol* 96:1613–1623.
- Hernandez-Carmona, G. 2013. Conventional and alternative technologies for the extraction of algal polysaccharides. *Functional ingredients from*

*algae for foods and nutraceuticals*: Woodhead Publishing Limited. DOI: 10.1533/9780857098689.3.475

Holdt, S.L., dan Kraan, S. 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *J Appl Phycol*. DOI 10.1007/s10811-010-9632-5.

Horn, J., Aasen, I.M., dan Oestgaard, K. 2000. Ethanol production from seaweed extract. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 25: 249-254.

Huang, C., Sun, Z., Gao, D., Yao, J., Hu, Z., Li, Y., Wang, Y., Xu, K., dan Chen W. 2017. Molecular analysis of *Sargassum* from the northern China seas. *Phytotaxa* 319(1): 071-083.

[https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=71716](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=71716).

Diakses pada 20 Oktober 2019.

Kadam, P.M. 2016. Study of pH and electrical conductivity of soil in Deulgaon Raja Taluka, Maharashtra. *IJRASET* 4(4): 399-402.

Kadi, A. 2005. Beberapa catatan kehadiran marga *Sargassum* di perairan Indonesia. *Oseana* 30(4): 19-29.

Katerji, N., van Hoorn, J.W., Hamdy, A., dan Mastrorilli, M. 2000. Salt tolerance classification of crops according to soil salinity and to water stress day index. *Agricultural Water Management* 43: 99-109.

Kawakita, E.T., de Souza, E.A., Uehara, D.M., de Oliveira Orsi, R. 2015. Shelf-life evaluation of hydroalcoholic propolis extract kept under different storage temperatures. *Atas de Saude Ambiental* 3(1): 33-46.

- Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). (2013). *Buku saku: informasi rumput laut*. Jakarta: Direktorat Usaha dan Investasi Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Perikanan.
- Khan, M.N.A., Cho, J.Y., Lee, M.C., Kang, J.Y., Park, N.G., Fujii, H., dan Hong, Y.K. 2007. Isolation of two anti-inflammatory and one proinflammatory polyunsaturated fatty acids from the brown seaweed *Undaria pinnatifida*. *J Agric Food Chem* 55: 6984–6988.
- Khotimchenko, S.V. 1991. Fatty acid composition of seven *Sargassum* species. *Phytochem* 30: 2639-2641.
- Khotimchenko, S.V. 2005. Lipids from the marine alga *Gracilaria verrucosa*. *Chem Nat Compd* 41: 285–288.
- Kumar, C.S., Ganesan, P., Suresh, P.V., Bhaskar, N. 2008. Seaweeds as a source of nutritionally beneficial compounds – a review. *J Food Sci Technol* 45: 1–13.
- Kumar, N.A., Vanlalzarzova, B., Sridhar, S., dan Baluswami, M. 2012. Effect of liquid seaweed fertilizer of *Sargassum wightii* grev. on the growth and biochemical content of green gram (*Vigna radiata* (L.) R. wilczek). *Recent Research in Science and Technology* 4(4): 40–45.
- Lech, M., Fronczyk, J., Radziemska, M., Siczka, A., Garbulewski, K., Koda, E., dan Lechowicz, Z. 2016. Monitoring of total dissolved solids on agricultural lands using electrical conductivity measurements. *Applied Ecology and Environmental Research* 14(4): 285–295.
- Lee, R. E. 2008. *Phycology* 4th ed. Cambridge: Cambridge UP.

- Lestari, D., I. 2016. Efektivitas rumput laut *Saragassum* sp. sebagai sumber alternatif penghasil biogas. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Li, Y.X., dan Kim, S.K. 2011. Utilization of seaweed derived ingredients as potential antioxidants and functional ingredients in the food industry: an overview. *Food Sci. Biotechnol.* 20(6): 1461–1466.
- Loppies, J.E., dan Yumas, M. 2017. Pemanfaatan limbah cair industri rumput laut sebagai pupuk organik cair untuk tanaman pertanian. *Jurnal Industri* 12(2).
- Jayanudin, Lestari, A.Z., dan Nurbayanti, F. 2014. Pengaruh suhu dan rasio pelarut ekstraksi terhadap rendemen dan viskositas natrium alginat dari rumput laut cokelat (*Sargassum* sp). *Jurnal Integrasi Proses* 5(1).
- Lasabuda, R. 2013. Pembangunan wilayah pesisir dan lautan dalam perspektif negara kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax* 1(2): 92–101.
- Littler, M.M., dan Littler, D.S. 2013. The nature of macroalgae and their interactions on reefs. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences* 39: 188–198.
- Kumar, C.S., Ganesan, P., Suresh, P.V., dan Bhaskar, N. 2008. Seaweeds as a source of nutritionally beneficial compounds – A review. *J Food Sci Technol.* 45(1): 1–13.
- Maas, E.V., dan Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance: Current assessment. *J. Irrig. Drain. Div. ASCE* 103: 115–134.
- Maas, E.V., dan Grattan, S.R. 1999. *Crop yields as affected by salinity, agricultural drainage*, Agronomy Monograph No. 38, R. W. Skaggs

and J. van Schilfgaarde, eds., ASA/CSSA/SSSA, Madison, Wisc., 55-108.

Mabeau, S., dan Fleurence, J. 1993. Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Tr Food Sci Technol* 4:103-107.

Manteu, S.H., Nurjanah, Nurhayati, T. 2018. Karakteristik rumput laut coklat (*Sargassum polycystum* dan *Padina minor*) dari perairan Pohuwato Provinsi Gorontalo. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(3): 396-405.

Marinho-Soriano, E., Fonseca, P.C., Carneiro, M.A.A., dan Moreira, W.S.C. 2006. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. *Bioresour Technol* 97: 2402-2406.

Masduqi, A.F., Izzati, M., dan Prihastanti, E. 2014. Efek metode pengeringan terhadap kandungan bahan kimia dalam rumput laut *Sargassum polycystum*. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 22(1): 1-9.

Mattio, L. dan Payri, C.E. 2010. Assessment of five markers as potential barcodes for identifying *Sargassum* subgenus *Sargassum* species (*Phaeophyceae, Fucales*). *Cryptogamie, Algologie* 31(4): 467-485.

Mattio, L. dan Payri, C.E. 2011. 190 Years of *Sargassum* taxonomy, facing the advent of DNA phylogenies. *Bot. Rev.* 77: 31-70.

McHugh, D.J. 2003. *A guide to the seaweed industry*. Roma: Food and Agriculture Organization of The United Nations.

Murata, M., dan Nakazoe, J. 2001. Production and use of marine algae in Japan. *Jpn Agr Res Q* 35:281-290.

- Muslimin dan Sari, W.K.P. 2017. Budidaya rumput laut *Sargassum* sp. dengan metode kantong pada beberapa tingkat kedalaman di dua wilayah perairan berbeda. *Jurnal Riset Akuakultur* 12(3): 221-230.
- Mustafa, M.D. 2015. Hubungan kerja Punggawa - Sawi dalam perikanan ikan terbang di kabupaten takalar. *Online: <http://etd.repository.ugm.ac.id/downloadfile/85400/potongan/S2-2015-338874-introduction.pdf>*. Diakses pada 10 Oktober 2019.
- Narayan, B., Miyashita, K., dan Hosakawa, M. 2006. Physiological effects of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA)—a review. *Food Rev Int* 22: 291-307.
- Nayar, S. dan Bott, K. 2014. Current status of global cultivated seaweed production and markets. *World Aquaculture*: 32-37.
- Nisizawa, K. 2002. Seaweeds Kaisei—Bountiful harvest from the seas sustenance for health and well being by preventing common life style diseases. *Japan Seaweed Association*: 59-68.
- Noiraksar, T., Manthachitra, V., Buranapratheprat, A., dan Komatsu, T. 2017. Growth and reproductive seasonal pattern of *Sargassum polycystum* C. Agardh ( *Sargassaceae*, *Phaeophyceae* ) population in Samaesarn Island, Chon Buri Province, Thailand. *La mer* 55: 11-23.
- Nontji, A. 1987. *Laut Nusantara*. Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernandez, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A., dan Rios, A. 2006. Dietary fibre, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chem* 99: 98-104.

- Owusu-Apenten, R.K. 2004. *Introduction to food chemistry*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Padal, S., Appa Rao, D., dan Subbarangaiah, G. 2014. Habitat influences the Seasonal growth, fruiting behaviour in *Sargassum polycystum* C.Agardh. (Fucales, Phaeophyceae) at Visakhapatnam coast, India. *International Journal of Pharmacy & Bio-Sciences* 1(1): 1-8.
- Pakidi, C.S., dan Suwoyo, H.S. 2016. Potensi dan pemanfaatan bahan aktif alga cokelat *Sargassum* sp. *Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 5(2): 488 – 498.
- Palanisamy, S., Vinosha, M., Marudhupandi, T., Rajasekar, P., dan Prabhu, N.M. 2017. Isolation of fucoidan from *Sargassum polycystum* brown algae: Structural characterization, *in vitro* antioxidant and anticancer activity. *International Journal of Biological Macromolecules*. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.ijbiomac.2017.03.182>
- Palanisamy, S., Vinosha, M., Manikandakrishnan, M., Anjali, R., Rajasekar, P., Marudhupandi, T., Manikandan, R., Vaseeharan, B., dan Prabhu, N.M. 2018. Investigation of antioxidant and anticancer potential of fucoidan from *Sargassum polycystum*. *International Journal of Biological Macromolecules* 116: 151-161.
- Parnata, A.S. 2010. *Meningkatkan hasil panen dengan pupuk organik*. Bogor: Angromedia Pustaka.
- Parnata, A.S. 2004. *Pupuk organik cair, aplikasi dan manfaatnya*. Bogor: Agromedia Pustaka.

- Patel, J.V., Brahmabhatt, N., Patel, H.D., Patel, R.V., dan Thaker, P. 2019. Effect of Brown Seaweed Extract of *Sargassum Johnstonii* on Vegetable Plant Growth and Biochemical Constituent. *IJRASET* 7(3): 2113-2119.
- Phibunwatthanawong, T. dan Riddech, N. 2019. Liquid organic fertilizer production for growing vegetables under hydroponic condition. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0257-7>.
- Pise, N.M. dan Sabale, A.B. 2010. Effect of seaweed concentrates on the growth and biochemical constituents of *Trigonella foenum-graecum* L. *Journal of Phytology* 2(4): 50-56.
- Ponce, N.M., Pujol, C.A., Damonte, E.B., Flores, M.L. dan Stortz, C.A. 2003. Fucoidans from the brown seaweed *Adenocystisutricularis*: Extraction methods, antiviral activity and structural studies. *Carbohydrate Research*, 338: 153-165.
- Portalindo Karya Utama. 2015. *Laporan akhir: identifikasi jenis-jenis ikan endemik di perairan Aceh wilayah Barat Selatan (Aceh Barat)*. Banda Aceh: Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Aceh.
- Pozdnyakova, L., Pozdnyakov, A., dan Zhang, R. 2001. Application of geophysical methods to evaluate hydrology and soil properties in urban areas. *Urban Water* 3: 205-216.
- Pusat Data, Statistik dan Informasi (Pusdatin). 2018. *Kelautan dan perikanan dalam angka tahun 2018*. Jakarta: Kementerian Perikanan dan Kelautan (KKP).

- Rao, A.S., dan Rao, M.U. 2002. Seasonal growth pattern in *Sargassum polycystum* C. Agardh (*Phaeophyta, Fucales*) occurring at Visakhapatnam, east coast of India. *Indian Journal of Marine Sciences* 31(1): 26-32.
- Rasmussen, R.S., dan Morrissey, M.T. 2007. Marine biotechnology for production of food ingredients. *Advances in food and nutrition research* 52: 237-292.
- Raghunandan, B.L., Vyas, R.V., Patel, H.K., dan Jhala, Y.K. 2019. Perspectives of Seaweed as Organic Fertilizer in Agriculture dalam D. G. Panpatte, Y. K. Jhala (eds.), *Soil Fertility Management for Sustainable Development*, Springer Nature Singapore, [https://doi.org/10.1007/978-981-13-5904-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-981-13-5904-0_13).
- Rinaudo, M. 2007. Seaweed polysaccharides. In: Kalmerling JP (ed) *Comprehensive glycoscience from chemistry to systems biology*, vol 2. London: Elsevier, hal. 691-735.
- Rioux, L.E., Turgeon, S.L., dan Beaulieu, M. 2007. Characterization of polysaccharides extracted from brown seaweeds. *Carbohydrate Polymers*, 69: 530-537.
- Romero-Gonzalez, M.E., Williams, C.J., dan Gardiner, P.H.E. 2001. Study of the mechanisms of cadmium biosorption by dealginated seaweed waste. *Environmental Science and Technology*, July, 2001.
- Sahat, J.H. 2013. *Rumput laut Indonesia*. Jakarta: Kementerian Perdagangan.

- Salim, Z., dan Ernawati. 2015. *Info Komoditi Rumput Laut*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Pengembangan Kebijakan Perdagangan, Kementerian Perdagangan Republik Indonesia.
- Salma, L., Aymen, E.M., Maher, S., Hassen, A., Chérif, H., Halima, C., Mounir, M., dan Mimoun, E. 2014. Effect of seaweed extract of *Sargassum vulgare* on germination behavior of two bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L) under salt stress. *OSR-JAVS* 7(2): 116-120.
- Sanchez-Machado, D.I., Lopez-Hernandez, J., Paseiro-Losada, P., dan Lopez-Cervantes, J. 2004. An HPLC method for the quantification of sterols in edible seaweeds. *Biomed Chromatogr* 18:183-190.
- Saputra, H. 2014. Pantai Lange, keindahan pantai Aceh Besar yang tersembunyi. *Detik Travel*. Diakses pada 11 September 2018. [http://www.detik.com/travel/dtrave-lers\\_stories/u-2642415](http://www.detik.com/travel/dtrave-lers_stories/u-2642415).
- Sedayu, B.B., Erawan, I.M., dan Assadad, L. (2014). Pupuk Cair dari Rumput Laut *Euclima cottonii*, *Sargassum* sp. dan *Gracilaria* sp. Menggunakan Proses Pengomposan. *Jurnal JPB Perikanan*. Vol. 9, No. 1.
- Seswati, R., Nurmiati, & Priadnadi. 2013. Pengaruh Pengaturan Keasaman Media Serbuk Gergaji Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jamur Tiram Cokelat (*Pleurotus cystidiosus* O.K. Miller.). *Jurnal Biologi Universitas Andalas (J. Bio. UA.)*. 2(1), 31-36.
- Shekhar Sharma, H.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R., dan Martin, T. 2014. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and

- use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology* 26(1): 465-490.
- Shinagawa, A., Shiomi, K., Yamanaka, H., dan Kicuchi, T. 1983. Selective determination of inorganic arsenic(III), (V) and organic arsenic in marine organisms. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 49: 75-78.
- Silva, L.D., Bahcevandziev, K., dan Pereira, L. 2019. Production of bio-fertilizer from *Ascophyllum nodosum* and *Sargassum muticum* (*Phaeophyceae*). *Journal of Oceanology and Limnology* 37(3): 918-927.
- Siro, I., Kapolna, E., Kapolna, B., dan Lugasi, A. 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-a review. *Appetite* 51: 456-467.
- Sivaraj, R., Priya, S.V.R., Rajiv, P., dan Rajendran, V. 2015. *Sargassum Polycystum* C.Agardh mediated synthesis of gold nanoparticles assessing its characteristics and its activity against water borne pathogens. *J Nanomed Nanotechnol* 6(3): 1-4.
- Soeseno, S. 1999. *Bisnis Sayur Hidroponik*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. Hal. 12-13.
- Somasundaram, S.N., Shanmugam, S., Subramanian, B., dan Jaganathan, R. 2016. Cytotoxic effect of fucoidan extracted from *Sargassum cinereum* on colon cancer cell line HCT-15. *International Journal of Biological Macromolecules*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.06.084>.
- Spurr, H.I. 2014. Extraction, separation and purification of polyphenols, polysaccharides and pigments from British seaweed for high-value

applications. *Disertasi*. The University of Leeds: School of Design and School of Chemistry.

Sujatha, K., Vijayalakshmai V., dan Suganthi, A. 2015. Comparative efficacy of brown, red and green seaweed extracts on low vigour sunflower (*Helianthus annuus* L.) var. TN (SUF) 7 seeds. *Afr. J. Agric. Res.* 10(20), 2165-2169.

Suparmi, dan Sahri, A. 2009. Mengenal potensi rumput laut: kajian pemanfaatan sumber daya rumput laut dari aspek industri dan kesehatan. *Jurnal Sultan Agung*. Vol. XLIV: 118.

Sutharsan, S., Nishanthi, S., dan Srikrishnah, S. 2014. Effects of foliar application of seaweed (*Sargassum crassifolium*) liquid extract on the performance of *Lycopersicon esculentum* Mill. in sandy regosol of Batticaloa District Sri Lanka. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 14 (12): 1386-1396.

Sutiyoso. 2003. *Meramu Pupuk Hidroponik*. Jakarta, Indonesia: Penebar Swadaya. Hal. 122.

Suwahyono, U. 2017. *Panduan penggunaan pupuk organik*. Jakarta: Penerbit Swadaya.

Takoliya, H.H., Brahmhatt, N., Patel, R.V., dan Takoliya, H.H. 2019. Improving soil fertility and seed germination using seaweed liquid fertilizer of *Sargassum wightii* and *Sargassum johnstonii*. *IJGHC* 8(1): 161-179.

Uthirapandi, V., Suriya, S., Boomibalagan, P., Eswaran, S., Ramya, S.S., Vijayanand, N., dan Kathiresan, D. 2018. Bio-fertilizer potential of seaweed liquid extracts of marine macro algae on growth and

- biochemical parameters of *Ocimum sanctum*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(3): 3528–3532.
- Venugopal, V. 2011. *Marine polysaccharides: food applications*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Vijayanand, N., Ramya, S.S., dan Rathinavel, S. 2014. Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction* 3(2): 150-155.
- Widyartini, D.S., Widodo, P., dan Susanto, A.B. 2017. Thallus variation of *Sargassum polycystum* from Central Java, Indonesia. *BIODIVERSITAS* 18 (3): 1004-1011.
- Whittaker, M.H., Frankos, V.H., Wolterbeek, A.M.P., dan Waalkens-Berendsen, D.H. 2000. Effects of dietary phytosterols on cholesterol metabolism and atherosclerosis: clinical and experimental evidence. *Am J Med* 109: 600–601.
- Yasui, A., Tsutsumi, C., dan Toda, S. 1978. Selective determination of inorganic arsenic(III), (V) and organic arsenic in biological materials by solvent extraction atomic absorption spectrophotometry. *Agric Biol Chem* 42: 2139–2145.
- Yip, Z.T., Quek, R.Z.B., Low, J.K.Y., Wilson, B., Bauman, A.G., Chou, L.M., Todd, P.A., dan Huang, D. 2018. Diversity and phylogeny of *Sargassum* (*Fucales*, *Phaeophyceae*) in Singapore. *Phytotaxa* 369(3): 200–210.

Yulin, L., Maciel, D., Tomas, H., Rodrigues, J., Ma, H., dan Shi, X. 2011. pH sensitive Laponite/alginate hybrid hydrogels: swelling behaviour and release mechanism. *Soft Matter* 7, 6231–6238.



**BIODATA PENELITI**  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH TAHUN**  
**2019**

**A. Identitas Diri**

1.	Nama Lengkap <i>(dengan gelar)</i>	<b>Anjar Purba Asmara, M.Sc.</b>
2.	Jenis Kelamin L/P	Laki-laki
3.	Jabatan Fungsional	Lektor
4.	NIP	198509092014031002
5.	NIDN	2009099501
6.	NIPN <i>(ID Peneliti)</i>	200909950110089
7.	Tempat dan Tanggal Lahir	Gunungkidul, 9 September 1985
8.	E-mail	anjarpa@ar-raniry.ac.id
9.	Nomor Telepon/HP	081919661154
10.	Alamat Kantor	Jln Syeikh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
11.	Nomor Telepon/Faks	
12.	Bidang Ilmu	Sains dan Teknologi
13.	Program Studi	Kimia
14.	Fakultas	Fakultas Sains dan Teknologi

**B. Riwayat Pendidikan**

No.	Uraian	S1	S2	S3
1.	Nama Perguruan Tinggi	Universitas Negeri Yogyakarta	Universitas Gadjah Mada	
2.	Kota dan Negara PT	Yogyakarta	Yogyakarta	
3.	Bidang Ilmu/	Pendidikan	Kimia	

No.	Uraian	S1	S2	S3
	Program Studi	Kimia		
4.	Tahun Lulus	2008	2013	

### C. Pengalaman Penelitian dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
1.	2019	Karakterisasi Produk Cair Alkali Treated Sargassum dengan Variasi Waktu Perlakuan pada <i>Sargassum polycystum</i> C.A. Agardh. Pantai Lhoknga	DIPA UIN Ar-Raniry 2019
2.	2018	Studi QSAR Senyawa Antidiabetik Turunan 4-fenoksipirimidin-5-karboksamida sebagai Senyawa Agonis TGR5	DIPA UIN Ar-Raniry 2018
3.	2017	Isolasi dan Identifikasi Senyawa Antidiabetik dari Biji Mahoni ( <i>Swietenia mahagoni</i> L. Jacq.) Berbasis Uji Bioaktivitas Terhadap Enzim $\alpha$ -Glukosidase	Diktis Kemenag RI 2017
4.	2016	Isolasi dan Identifikasi Senyawa Bioaktif dalam Ekstrak Etanol Biji Mahoni sebagai Inhibitor Enzim $\alpha$ -Glukosidase	DIPA UIN Ar-Raniry 2016

### D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 3 Tahun

#### Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian	Sumber Dana
1.	2019	Pendampingan pembuatan sabun cuci piring cair di Gampong Lamgugob Banda Aceh	Prodi Kimia FST UIN Ar-Raniry
2.	2018	Edukasi Pemanfaatan Rumput Laut Merah di Komunitas Nelayan Sampoiniet Aceh Jaya	Prodi Kimia FST UIN Ar-Raniry
3.	2017	Sosialisasi Pengolahan Makanan	Fakultas Sains

No.	Tahun	Judul Pengabdian	Sumber Dana
		Sehat sesuai HACCP di Aceh Tengah	dan Teknologi
4.	2017	Pelatihan Kerja Laboratorium yang Aman di SMP 1 Baitussalam Aceh Besar	Mandiri
4	2017	Bhakti Sosial Korban Banjir Bandang di Desa Klayar, Nlgipar, Gunungkidul	Mandiri

#### E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun/Url
1.	QSAR Analysis Of 4-Phenoxy pyrimidine-5-Carboxamide Derivatives As Antidiabetic Compounds Using Semiempirical AM1 Method	Sains dan Terapan Kimia	13/2/2019
2.	Antibacterial Bioactivity of n-Hexane Extract from Mahogany ( <i>Swietenia humilis</i> Zucc.) Seed and Its Fatty Acid Compound Identification	IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science	251/2019
3.	Qualitative Analysis of Pork Fatty Content from Sabang Special Mugbean Bakpia through Pork Detection Kit	ARICIS Conference Proceeding	2019

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun/Url
4.	Rancang Bangun Alat Pirolisis Sederhana untuk Mengolah Limbah Plastik Polipropilena (PP) menjadi Bahan Bakar Cair (BBC)	Prosiding SNIPS	2018
5.	A Preliminary Study of Investigating of Compound Group Contained in Ethanolic Extract of Mahogany ( <i>Swietenia mahagoni</i> L. Jacq.) Seeds Related to $\alpha$ -Glucosidase Inhibition	Jurnal Natural	18/2/2018
6.	Analisis HKSA Senyawa Antidiabetik Turunan Triazolopiperazin Amida Menggunakan Metode Semiempirik PM3	ALCHEMY: Journal of Chemistry	5/ 4/ 2017
7.	Uji Fitokimia Senyawa Metabolit Sekunder Dalam Ekstrak Metanol Bunga Turi Merah ( <i>Sesbania grandiflora</i> L. Pers)	Al Kimia	5/ 1/ 2017
8.	Kajian Integrasi	Jurnal	4/ 2/ 2016

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun/Url
	Nilai-nilai Karakter Islami dengan Kimia Dalam Materi Kimia Karbon	Pendidikan Sains	
9.	Analysis of Vitamin C Level Contained in Mango Gadung ( <i>Mangifera indica</i> L) with Varied Retention Time	Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology	2/ 1/ 2016

#### F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Tebal Halaman	Penerbit
1.	Nilai-nilai Islami dalam Kimia	2018	76	Pustaka Bangsa

#### G. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.	A Preliminary Study of Investigating of Compound Group Contained in Ethanolic Extract of Mahogany ( <i>Swietenia mahagoni</i> L. Jacq.) Seeds Related to $\alpha$ -Glucosidase Inhibition	2018	Karya Tulis	000114038
2.	Studi QSAR senyawa antidiabetik turunan 4-fenoksipirimidin-5-karbonsamida dengan metode semiempirik	2018	Karya Tulis	EC00201852632

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penugasan Penelitian pada Pusat Penelitian dan Penerbitan LP2M Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 24 Oktober 2019

Ketua,

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized initial 'A' followed by several vertical strokes and a long horizontal tail.

**Anjar Purba Asmara**

NIDN. 2009099501



**BIODATA PENELITI  
PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH  
TAHUN 2019**

**A. Identitas Diri**

1.	Nama Lengkap ( <i>dengan gelar</i> )	Rini Septi Mauli
2.	Jenis Kelamin L/P	Perempuan
3.	Jabatan Fungsional	-
4.	NIP	-
5.	NIDN	-
6.	NIPN ( <i>ID Peneliti</i> )	-
7.	Tempat dan Tanggal Lahir	Aceh Besar, 09 September 1996
8.	E-mail	riniseptimauli26@gmail.com
9.	Nomor Telepon/HP	085260077159
10.	Alamat Kantor	-
11.	Nomor Telepon/Faks	-
12.	Bidang Ilmu	Kimia
13.	Program Studi	Kimia
14.	Fakultas	Sains dan Teknologi

**B. Riwayat Pendidikan**

No.	Uraian	S1	S2	S3
1.	Nama Perguruan Tinggi	Universitas Islam Negeri Ar-Raniry		
2.	Kota dan Negara PT	Banda Aceh. Aceh. Indonesia		

3.	Bidang Ilmu/ Program Studi	Kimia		
4.	Tahun Lulus	2019		

### C. Pengalaman Penelitian dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
1.	2018	Analisi dan pembuatan agar agar dari rumput laut <i>Gracilaria</i> sp. menggunakan asam Jawa	Pribadi

### D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian	Sumber Dana
1.	2018	Kuliah Pengabdian Masyarakat	UIN Ar-Raniry

### E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/ Tahun/Url
1.	Qualitative Analysis of Prok Fatty Cobtent from Sabang Spesial Mugbean Bakpia Through Pork Detection Kit	Conference Proceedings - ARICIS II & ICAIOS VII	Vol 2 (2018)

### F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Tebal Halaman	Penerbit
1.				

### G. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.				

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Banda Aceh, 30 Oktober 2019  
Anggota Peneliti,

Rini Septi Mauli



**BIODATA PENELITI**  
**PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH**  
**TAHUN 2019**

**A. Identitas Diri**

1.	Nama Lengkap <i>(dengan gelar)</i>	Elsa Citra Lestari, S.Si
2.	Jenis Kelamin L/P	P
3.	Jabatan Fungsional	-
4.	NIP	-
5.	NIDN	-
6.	NIPN <i>(ID Peneliti)</i>	-
7.	Tempat dan Tanggal Lahir	Tapaktuan, 7 November 1996
8.	E-mail	Elsacitralestari17@gmail.com
9.	Nomor Telepon/HP	085213779716
10.	Alamat Kantor	Fakultas Sains Dan Teknologi
11.	Nomor Telepon/Faks	085213779716
12.	Bidang Ilmu	Kimia
13.	Program Studi	Kimia
14.	Fakultas	Sains Dan Teknologi

**B. Riwayat Pendidikan**

No.	Uraian	S1	S2	S3
1.	Nama Perguruan Tinggi	UIN Ar-Raniry		
2.	Kota dan Negara PT	Banda Aceh		
3.	Bidang Ilmu/ Program Studi	Kimia		
4.	Tahun Lulus	2019		

### C. Pengalaman Penelitian dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
1.	2019	Analisis Serbuk Alginat dari Rumput Laut Cokelat <i>Sargassum</i> sp. dengan Variasi Agen Pengekstrak.	Mandiri

### D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian	Sumber Dana
1.			

### E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun/Url
1.			

### F. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Tebal Halaman	Penerbit
1.				

### G. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.				

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Banda Aceh, 24 Oktober 2019  
Anggota Peneliti,

**Elsa Citra Lestari**