No. Reg: 201070000035680

LAPORAN PENELITIAN

MODIFIKASI DRUM DEKOMPOSTER UNTUK PEMBUATAN *SARGASSUM LIQUID FERTILIZER* DENGAN METODE PENGOMPOSAN ANAEROB

Ketua Peneliti

Nurhayati, S.Si., M.Si
NIDN: 2014058901
NIPN: 201405890110140

Anggota:
Feizia Huslina, M.Sc

Klaster	**PENELITIAN DASAR INTERDISIPLINER (PDI)**
Bidang Ilmu Kajian	**Sains dan Teknologi**
Sumber Dana	**DIPA UIN Ar-Raniry Tahun 2020**

PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
OKTOBER 2020

LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENERBITAN LP2M UIN AR-RANIRY
TAHUN 2020

1. a. Judul : Modifikasi Drum Dekomposter untuk Pembuatan *Sargassum Liquid Fertilizer* dengan Metode Pengomposan Anaerob
   b. Klaster : Penelitian Dasar Interdisipliner (PDI)
   c. No. Registrasi : 201070000035680
   d. Bidang Ilmu yang diteliti : Sains dan Teknologi

2. Peneliti/Ketua Pelaksana
   a. Nama Lengkap : Nurhayati, S. Si., M. Si
   b. Jenis Kelamin : Perempuan
   c. NIP *(Kosongkan bagi Non PNS)* : 198905142014032002
   d. NIDN : 2014058901
   e. NIPN (ID Peneliti) : 201405890110140
   f. Pangkat/Gol. : Penata/IIIc
   g. Jabatan Fungsional : Lektor
   h. Fakultas/Prodi : Sains dan Teknologi/ Biologi

   i. Anggota Peneliti 1
   Nama Lengkap : Feizia Huslina, M. Sc
   Jenis Kelamin : Perempuan
   Fakultas/Prodi : Sains dan Teknologi/ Biologi

3. Lokasi Kegiatan : Banda Aceh dan Aceh Besar
4. Jangka Waktu Pelaksanaan : 7 (Tujuh) Bulan
5. Tahun Pelaksanaan : 2020
6. Jumlah Anggaran Biaya : Rp. 40.000.000,00
7. Sumber Dana : DIPA UIN Ar-Raniry B. Aceh Tahun 2020
8. *Output* dan *Outcome* : a. Laporan Penelitian; b. Publikasi Ilmiah; c. HKI

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

Dr. Anton Widyanto, M. Ag.
NIP. 197610092002121002

Banda Aceh, 5 Oktober 2020
Pelaksana,

Nurhayati, S.Si., M.Si
NIDN. 2014058901

Menyetujui:
Rektor UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah Ini:

Nama	:	**Nurhayati, S.Si., M.Si**
NIDN	:	2014058901
Jenis Kelamin	:	Perempuan
Tempat/ Tgl. Lahir	:	Banyumas/ 14 Mei 1989
Alamat	:	Villa Raja Phona Blok D No 13, Lampermai, Krueng Barona Jaya, Aceh Besar
Fakultas/Prodi	:	Sains dan Teknologi/ Biologi

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penelitian yang berjudul: **"Modifikasi Drum Dekomposter untuk Pembuatan *Sargassum Liquid Fertilizer* dengan Metode Pengomposan Anaerob"** adalah benar-benar Karya asli saya yang dihasilkan melalui kegiatan yang memenuhi kaidah dan metode ilmiah secara sistematis sesuai otonomi keilmuan dan budaya akademik serta diperoleh dari pelaksanaan penelitian pada klaster Penelitian Dasar Interdisipliner (PDI) yang dibiayai sepenuhnya dari DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun Anggaran 2020. Apabila terdapat kesalahan dan kekeliruan di dalamnya, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Banda Aceh, 22 September 2020
Saya yang membuat pernyataan,
Ketua Peneliti,

Nurhayati, S.Si., M.Si
NIDN. 2014058901

MODIFIKASI DRUM DEKOMPOSTER UNTUK PEMBUATAN *SARGASSUM LIQUID FERTILIZER* DENGAN METODE PENGOMPOSAN ANAEROB

Ketua Peneliti:
Nurhayati, S.Si., M.Si

Anggota Peneliti:
Feizia Huslina, M.Sc

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untukmenentukan desain reaktor dekomposter terbaik denganmenerapkan prinsip sifon untuk mengoptimalkan pembuatan Sargassum Liquid Fertilizer (SFL) dan mengukur kadar unsur hara makro dan mikro serta kadar asam humat dan fulvat.Produksi SLF menggunakan metode dekomposisi anaerobik dengan activator EM4 dan media fermentasi berupa campuran limbah ikan tongkol dan potongan pohon pisang. Fermentasi menggunakan botol air minum 600 mL dengan pipa penghubung yang divariasi diameter dan panjangnya.Modifikasi pipa penghubung dengan kode L3 (d = 1,5 cm dan l = 20 cm) teramati menghasilkan kadar kadar makronutrien terbaik sedangkan kandungan beberapa mikronutriennya (Mn, Cu, Zn, Cd, dan Co) di luar rentang dalam Permentan 70/SR.140/10/2011.

Kata Kunci: *pupuk organik cair; maritime; alga cokelat; dan sargassum.*

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT dan salawat beriring salam penulis persembahkan kepangkuan alam Nabi Muhammad SAW, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis telah dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul **"Modifikasi Drum Dekomposter untuk Pembuatan *Sargassum Liquid Fertilizer* dengan Metode Pengomposan Anaerob".**

Dalam proses penelitian dan penulisan laporan ini tentu banyak pihak yang ikut memberikan motivasi, bimbingan dan arahan. Oleh karena itu penulis tidak lupa menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Rektor Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
2. Ibu Ketua LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
3. Bapak Sekretaris LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
4. Bapak Kepala Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
5. Bapak Kasubbag LP2M UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
6. Bapak Anjar Purba Asmara, M.Sc yang telah banyak memberikan sumbangsih dalam penelitian dari proses awal hingga selesainya penelitian ini;
7. Analis Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian;
8. Bapak Mudi R, Laboran Laboratorium Gelas ITB dalam proses pembuatan Siphon;

9. Bapak Reviewer seminar proposal, seminar Antara dan seminar Akhir;
10. Mardili, Muhammad Nuris Sabri, dan Muhammad Aziz mahasiswa prodi Biologi dan Kimia FST UIN Ar-Raniry yang telah membantu dalam pengambilan sampel-sampel penelitian persiapan dan penelitian awal.

Akhirnya hanya Allah SWT yang dapat membalas amalan mereka, semoga menjadikannya sebagai amal yang baik.

Harapan penulis, semoga hasil penelitian ini bermanfaat dan menjadi salah satu amalan penulis yang diperhitungkan sebagai ilmu yang bermanfaat di dunia dan akhirat. *Amin ya Rabbal 'Alamin*.

Banda Aceh, 2 Oktober 2020
Ketua Peneliti,

Nurhayati, S.Si., M.Si

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL
HALAMAN PENGESAHAN
HALAMAN PERNYATAAN
ABSTRAK iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ..... **ix**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xii**

BAB I : PENDAHULUAN
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 5
C. Tujuan Penelitian 6
D. Manfaat Penelitian 6
E. Hipotesis Penelitian 6

BAB II : LANDASAN TEORI
A. Deskripsi Rumput Laut 8
B. Rumput Laut Sarggassum Polycystum CA Agardh 17
C. Pupuk Organik Cair Sargassum 29
D. Siphon 48
E. Kerangka Berpikir 51

BAB III : METODE PENELITIAN
A. Tempat dan Waktu Penelitian 54
B. Alat dan Bahan 54
C. Prosedur Kerja 55

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
A. Hasil 62
B. Pembahasan 68

BAB V : PENUTUP
A. Kesimpulan 87
B. Saran-saran 87

DAFTAR PUSTAKA 89

LAMPIRAN-LAMPIRAN
BIODATA PENELITI

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data hasil pengukuran kadar proksimat rumput laut kering *S. polycystum* C.A. Agardh 27
Tabel 2.2 Persyaratan teknis minimal pupuk organik cair menurut Permentan no. 70/SR./140/10/2011 28
Tabel 2.3 Daftar nutrisi penting bagi tumbuhan yang diperoleh dari tanah (FAO, 1984)..... 33
Tabel 2.4 Daftar kandungan unsur hara dan HPT beberapa jenis pupuk organik *Sargassum* hasil penelitian sebelumnya 41
Tabel 2.5 Perbandingan C/N berbagai spesies Sargassum .. 45
Tabel 2.6 Parameter bahan baku pengomposan yang diperbolehkan dan yang ideal..... 48
Tabel 3.1 Daftar parameter selang aerasi yang akan digunakan untuk modifikasi drum dekomposter 56
Tabel 4.1 Kandungan zat makro dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon 62
Tabel 4.2 Kandungan zat mikro dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon 63
Tabel 4.3 Harga pH SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon 64
Tabel 4.4 Harga rasio C/N dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon..... 65
Tabel 4.5 Kadar asam dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon 66
Tabel 4.6 Kadar logam transisi dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon 67
Tabel 4.7 Kadar logam berat dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon 68
Tabel 4.8 Parameter dimensi panjang yang dipakai dan luas penampang sifon tiap segmen dalam percobaan..... 84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rumput laut *S. polycystum* CA Agardh. 18
Gambar 2.2 Citra satelit gambaran geografis pantai Lange. 19
Gambar 2.3 Ikatan antara unit manuronat (M) dan guluronat (G) dari potongan homopolimer garam alginat (Na-alginat)..... 22
Gambar 2.4 Struktur fukoidan dengan formula residu (1→3)-α-L-fucopiranosa dan (1→4)-α-L-fucopiranosa dan gugus sulfate terikat pada O-2 dan O-3 23
Gambar 2.5 Struktur utama senyawa asam fulvat 37
Gambar 2.6 Elemen volume air dalam pipa sifon..... 50
Gambar 2.7 Sifon yang tercelup dalam wadah berisi air..... 51
Gambar 2.8 Desain drum komposter untuk pengomposan secara anaerob..... 53
Gambar 3.1 Sampel *S. polycystum* dari Pantai Lange, Aceh Besar 55
Gambar 3.2 Instalasi dekomposter dan sifon termodifikasi untuk proses fermentasi *Sargassum*. 57
Gambar 3.3 (a) Proses fermentasi *Sargassum* dan (b) lindi hasil dekomposisasi. 58
Gambar 3.4 Alur kerja preparasi dan pengujian cairan dari proses fermentasi *sargassum* dengan dekomposter termodifikasi. 61
Gambar 4.1 Grafik tentang kandungan unsur hara makro yang terkandung dalam sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan 70
Gambar 4.2 Grafik tentang kandungan unsur hara mikro dalam sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan..... 72
Gambar 4.3 Grafik harga pH dan rasio C/N sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan 74
Gambar 4.4 Grafik kandungan asam humat dan fulvat sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan..... 75
Gambar 4.5 Grafik kandungan logam transisi dalam sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan..... 76

Gambar 4.6 Grafik kandungan logam berat dalam sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan 77
Gambar 4.7 Gaya-gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen I 79
Gambar 4.8 Gaya-gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen II 80
Gambar 4.9 Gaya-gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen III 81

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 JADWAL KEGIATAN PENELITIAN 100
LAMPIRAN 2 LOG BOOK PENELITIAN..... 101
LAMPIRAN 3 BIODATA PENELITIAN 104
LAMPIRAN 4 HASIL ANALISIS DARI LABORATORIUM BALINTAN..... 111
LAMPIRAN 5 FOTO-FOTO PENELITIAN..... 125

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pupuk merupakan salah satu kebutuhan pokok petani untuk menjaga kesuburan tanah, meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, dan juga meningkatkan hasil panen. Unsur-unsur esensial yang dibutuhkan tanaman, seperti nitrogen, fosfor, kalium, karbon, dan lain sebagainya, dapat diperoleh dari pupuk. Selama ini, para petani sangat tergantung pada pupuk anorganik buatan yang mengandung senyawa dalam kadar berlebih yang sebenarnya tidak dibutuhkan oleh tanaman maupun ekosistemnya. Senyawa-senyawa tersebut dapat mengganggu kesehatan manusia, menurunkan kualitas air dan tanah, dan mencemari udara (Bharath *et al.,* 2018 dan Patel *et al.*, 2019). Di Indonesia sendiri, termasuk Aceh, ribuan hektar tanah pertanian berkurang kualitas kesuburannya akibat residu pupuk kimia yang tak terdegradasi (Sundari, Maruf, dan Dewi, 2014). Hal ini mendorong petani dan pemangku kepentingan mencari rabuk alternatif yang dapat mengurangi risiko tersebut.

Pupuk organik yang lebih bersifat ramah lingkungan menjadi pilihan utama sebagai substituen pupuk sintetik. Karena berbahan dasar materi yang berasal dari makhluk hidup, rabuk alami bersifat *biodegradable*, tidak beracun, tidak mencemari, dan tidak merusak ekosistem tanah (Vijayanand, Ramya, dan Rathinavel, 2014). Menurut Sedayu, Erawan, dan Assadad (2014), kualitas humus organik juga tidak jauh berbeda dengan pupuk anorganik karena kandungan unsur hara

dan hormonnya mampu memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi dari tanah sekaligus menjaga pertumbuhan tanaman. Di sisi lain, beberapa tantangan dalam produksi pupuk alami juga dapat menghambat keberlangsungan penggunaan pupuk ini. Produsen yang menggunakan sayuran dan buah-buahan sebagai bahan dasarnya dapat mengganggu keseimbangan antara *supply and demand* bahan makanan. Penggunaan organisme hewani sebagai bahan baku rabuk juga telah dilarang oleh aturan Uni Eropa dengan nomor 354/2014 (du Jardin, 2015). Bahan baku yang lebih *sustainable* diperlukan untuk mengatasi masalah-masalah tersebut.

Salah satu bahan alam yang tepat sebagai bahan baku pupuk organik adalah rumput laut atau makroalga. Selain aman bagi lingkungan dan bukan sumber pangan primer, rumput laut diketahui banyak mengandung materi organik, unsur hara mikro dan makro, vitamin, asam lemak, dan berbagai jenis mineral (Crouch dan van Staden, 1993; dan Selvam dan Sivakumar, 2013). Salah satu kelebihan yang dimiliki makroalga adalah tingginya kandungan senyawa-senyawa pengatur pertumbuhan tanaman, hormon sitokinin, giberelin dan turunannya (Sujatha, Vijayalakshmai, dan Suganthi, 2015), serta hormon IAA dan IBA (Divya dan Reddi, 2017). Khan *et al.* (2009) melaporkan bahwa rumput laut cokelat adalah spesies yang paling baik digunakan sebagai biostimulan tanaman dibanding rumput laut merah dan hijau. Hal ini tidak terlepas dari melimpahnya kandungan senyawa bioaktif spesifik seperti alginat, fukoidan, laminaran, polifenol, dll. (Battacharyya *et al.*, 2015). Secara spesifik, alga makroskopik *Sargassum* terbukti efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman, menaikkan harga parameter

biokimia tanaman, meningkatkan hasil panen, dan menjaga kesuburan tanah (Vijayanand *et al.*, 2014; Sujatha, 2015; Divya dan Reddi, 2017; dan Dewi *et al.,* 2019).

Sargassum polycystum CA Agardh. yang tumbuh liar di Pantai Lange Lhoknga Aceh Besar belum dimanfaatkan baik secara ekonomi maupun ilmiah. Lokasi tumbuhnya spesies ini berada pada koordinat 5°31'31,5"LU dan 95°11'41,8"BT yang terisolir oleh pegunungan Lamphuuk. Lokasi yang sulit dijangkau diduga menyebabkan kajian ilmiah terhadap organisme maritim ini terlewatkan. Berdasarkan kajian awal oleh Asmara (2019), nilai parameter proksimat yang meliputi kadar abu, kadar potein, kadar lemak, dan kadar seratnya berada di atas nilai rata-rata beberapa rumput laut cokelat di dunia. Harga *electrical conductivity* dan *total dissolved solid* alga di wilayah tersebut juga tergolong sangat tinggi (Asmara, 2019). Parameter-parameter tersebut dijadikan acuan dalam penentuan potensi rumput laut menjadi bahan baku pupuk organik (Basmal *et al.*, 2017). Berdasarkan data tersebut, kajian lebih lanjut terhadap pembuatan pupuk alami menggunakan spesies dari pantai Lange perlu dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomi tumbuhan tersebut dan juga kesejahteraan masyarakat sekitar.

Pupuk organik dari *Sargassum* umumnya berupa pupuk cair dengan istilah *Sargassum Liquid Fertilizer* (SLF). Basmal *et al.* (2009) dan Vijayanand *et al.* (2014) berturut-turut melaporkan bahwa SLF yang diekstraksi dengan pelarut alkali kuat maupun dengan air panas mampu meningkatkan pertumbuhan dan karakter biokimia tanaman namun kadar unsur hara dan hormon pertumbuhan tanaman (HPT) masih rendah. Dengan metode yang berbeda, hidrosilat alkali sargassum

ditambah dengan hidrosilat asam ikan menghasilkan pupuk dengan kadar HPT lebih tinggi namun kandungan unsur haranya masih relatif rendah (Basmal, 2010). Penelitian-penelitian tersebut menyimpulkan bahwa proses hidrolisis yang tidak optimal menyebabkan kuantitas unsur haranya relatif rendah. Peneliti-peneliti lain berhasil menaikkan kadar beberapa komponen hara yang terekstrak dengan memanfaatkan bioaktivator seperti EM4 dan *Bacillus subtilis* dalam proses pengomposan dengan bahan alam kaya nitrogen (Sedayu *et al*., 2014; Sundari *et al*., 2014; Ratrinia *et al*., 2016; dan Loppies dan Yumas, 2017). Metode yang terakhir ini masih menghasilkan produk dengan kadar nitrogen di bawah standar baku berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No.70/Permentan/SR.140/10/2011 sebesar 3–6 % (Sedayu *et al*., 2014 dan Loppies dan Yumas, 2017).

Usaha peningkatan kadar nitrogen perlu dilakukan karena peran unsur ini sangat vital dalam pembentukan sel tumbuhan. Selain parameter fisik dan kimia saat proses fermentasi, desain drum komposter juga menentukan suhu ideal fermentasi yang dibutuhkan biokatalis dalam mendegradasi dinding sel alga. Reaksi ini jika berjalan optimal maka akan menghasilkan SLF dengan kadar N yang bisa mencapai baku mutu. Sejauh ini, penelitian tentang modifikasi inkubator dalam pembuatan SFL belum ada yang melakukan sehingga penelitian ini perlu dikerjakan agar dapat memberikan temuan baru yang bernilai bagi ilmu pengetahuan dan industri pupuk alami. Drum komposter memanfaatkan prinsip sifon dalam menghantarkan materi berdasarkan posisi dan diameter pipa atau selang. Dengan menerapkan teknik pengomposan menggunakan variabel-variabel optimum hasil kajian sebelumnya,

penelitian ini akan memodifikasi inkubator anaerob sederhana dengan variasi diameter selang, panjang selang yang tercelup di dalam kompos, lebar kelengkungan selang, serta tinggi kelengkungan selang dari titik pusat lengkung selang.

Unsur kebaruan yang ditawarkan penelitian ini adalah pemanfaatan prinsip kerja sifon dalam desain drum komposter SFL. Selama ini, pembuatan drum komposter tidak memperhatikan parameter fisik yang mempengaruhi proses konveksi energi kalor dari dalam inkubator ke luar tabung melalui selang aerasi. Mobilitas O_2 dalam selang tersebut juga tidak menerapkan prinsip optimalisasi gaya dalam sifon. Sehingga, proses dekomposisi makromolekul saat fase ke-2 diduga tidak maksimal yang mengakibatkan unsur hara makro yang terekstrak masih di bawah standar baku pupuk organik cair. Dengan memaksimalkan aliran energi dan materi pada selang aerasi, dekomposisi optimal saat fermentasi diharapkan dapat tercapai dan temuan parameter selang aerasi bisa menjadi *state of the art* dari penelitian ini.

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana desain reaktor dekomposter terbaik yang menerapkan prinsip sifon dalam selang aerasinya dalam pembuatan *Sargassum Liquid Fertilizer* dari *Sargassum polycystum* CA Agardh., limbah ikan tongkol, potongan pohon pisang, dan EM4 komersil?
2. Bagaimana karakteristik *Sargassum Liquid Fertilizer* terbaik dilihat dari kadar unsur hara makro (N, P, K), kadar unsur hara mikro (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Zn), dan kadar asam?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk:

1. Menentukan desain reaktor dekomposter terbaik dengan menerapkan prinsip sifon dalam selang aerasinya untuk mengoptimalkan pembuatan *Sargassum Liquid Fertilizer*,
2. Mengetahui karakteristik *Sargassum Liquid Fertilizer* terbaik dengan mengukur kadar unsur hara makro (N, P, K), kadar unsur hara mikro (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Zn), dan kadar asam).

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan referensi ilmiah yang praktis dan terbaru dalam pembuatan SFL dengan bahan baku rumput laut *Sargassum* sp. dari pantai Lange,
2. Menghasilkan purwarupa drum komposer yang efektif dan efisien dalam produksi SFL yang memenuhi standar baku mutu pupuk organik cair sesuai Peraturan Menteri Pertanian No.70/Permentan/SR.140/10/2011,
3. Mendukung visi dan misi Pemerintah Aceh dalam peningkatan diversitas produk maritim Aceh untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

E. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumus masalah yang diberikan, hipotesis yang diajukan adalah :

1. Modifikasi posisi dan fitur selang aerasi dalam drum dekomposter dapat mengoptimalkan proses fermentasi *Sargassum polycystum* CA

Agardh. yang difermentasi dengan EM4 dan media nutrisi limbah ikan tongkol dan potongan pohon pisang yang diukur dari rendemen lindi yang dihasilkan.

2. SFL yang dihasilkan dari proses hidrolisis sempurna memiliki kadar zat pengatur tumbuh yang tinggi serta kadar unsur hara makro dan kadar hara mikro yang memenuhi Peraturan Menteri Pertanian No.70/Permentan/SR.140/10/2011.

BAB II
KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Rumput Laut

1. Klasifikasi dan sifat morfologis makroalga

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; α, β, γ-karoten; sifonoxantin; dan sifonein. Warna cokelat pada *Phaeophyta* ini disebabkan oleh pigmen xantofil seperti fukoxantin, klorofil *a*, klorofil c_1, klorofil c_2, β-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 yang tumbuh di Indonesia ada tiga kelas: alga merah (*Rhodophyceae*), alga hijau (*Chlorophyceae*), dan alga coklat (*Phaeophyceae*) dengan jumlah berturut-turut sebanyak 452, 196, dan 134 jenis. Tumbuhan maritim ini bermanfaat untuk menjaga ekosistem laut, menjadi habitat dan pelindung bagi biota lain, dan sumber makanan

untuk zooplankton. Bagi manusia, makroalga ini dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri makanan, obat-obatan, kosmetika, dan pertanian (Anggadiredja, 2006).

Rumput laut adalah tumbuhan laut yang termasuk golongan tak terspesialisasikan bagian akar, batang, dan daunnya. Rumput laut digolongkan ke dalam tumbuhan tingkat rendah karena seluruh bagiannya menyatu dengan istilah talus. Talus dapat berbentuk bulat seperti silinder atau kantong, gepeng, pipih, seperti rambut, dan lain sebagainya. Berdasarkan jumlah selnya, talus dapat dibedakan ke dalam uniseluler dan multiseluler.

Secara fisik, morfologi talus bisa dalam bentuk talus *dichotomus*, *pinate*, *pectinate,* dan ada juga yang sederhana tak bercabang. Tingkat kekerasan talus juga bermacam-macam, yaitu talus lunak seperti gelatin, keras karena mengandung zat kapur, lunak seperti tulang rawan, berserabut dan sebagainya warna beranekaragam (Suparmi dan Sahri, 2009).

Rumput laut mempunyai filamen yang dapat digunakan untuk fiksasi nitrogen, sebuah proses pengubahan nitrogen gas nitrogen bebas (N_2) menjadi senyawa nitrogen seperti NH_3, NO_2^-, atau NO_3^-. Nitrogen dalam bentuk senyawa-senyawa itulah yang mampu diserap oleh tumbuhan (Littler dan Littler, 2013). Nitrogen merupakan unsur primer penyusun asam amino, protein, asam nukleat (DNA & RNA) dan senyawa organik lainnya yang terlibat 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 $CaCO_3$ m^2/tahun yang dapat memperkokoh struktur karang tersebut (Chisholm, 2000). Selain itu, rumput laut juga bisa menjadi tempat tinggal ikan dan organisme invertebrata.

2. Komposisi kimia makroalga

Rumput laut adalah sumber polisakarida, vitamin, dan mineral serta fitokimia bioaktif seperti polisakarida fitokolid, karotenoid, fikobilin, asam lemak, sterol, tokoferol, fokisianin, 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 terabsorbsi seperti serat kasar dan (2) senyawa bermolekul kecil yang dapat terabsorbsi 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 (β-1,3 glukan) dalam rumput laut cokelat dan pati floridean (amilopektin mirip glukan) 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). Fofolipidnya dalam bentuk fosfatidilkolin, fosfatidiletanolamin, dan fosfolipid polar tak teridentifikasi. Sedangkan untuk sterol, alga hijau terdiri dari 28-isofukokolesterol, kolesterol, 24-metilen-kolesterol dan β-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 flavonoid dan glikosidanya seperti katekin, epikatekin, flavon glikosida hespiridin, dan flavonol glikosida rutin (Holdt dan Kraan, 2011).

3. Aplikasi makroalga

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, antitirosinase 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).

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 mengabsorbsi logam berat (McHugh, 2003).

4. Makroalga 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^2 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.

B. Rumput Laut *Sargassum polycystum* CA Agardh.

1. Spesifikasi *S. polycystum* CA Agardh.

Determinasi spesie *Sargassum* sp. adalah divisi: *Thallophyta*, kelas: *Phaeopyceae*, ordo: *Fucalus*, famili: *Sargassaceae*, genus: *Sargassum*, spesies: *Sargassum sp*. *Sargassum* sp. adalah salah satu genus terbesar dari famili *Sargassaceae*. Sekitar 12 spesies dari *Sargassum* tumbuh di Indonesia, yaitu: *Sargassum* sp., *S. histrix, S. duplicatum, S. binderi, S. echinocarpum, S. gracilimun, S. obtusifolium, S. policystum, S. aquofilum, S. crassifolium, S. Polyceratium, S. vulgare,* dan *S. microphylum* (Lestari, 2016).

2. Morfologi *S. polycystum* CA Agardh..

S. polycystum CA Agardh. mempunyai talus dengan bentuk silinder dan pipih, bercabang rimbun seperti pepohonan teritorial, daunnya lonjong dan melebar, dan bergelembung udara (*bladder*). *Bladder* ini memungkinkan talus mengapung di atas permukaan air untuk mendapatkan cahaya matahari. Talus umumnya berwarna coklat dengan panjang hingga 3 meter.

Gambar 2.1 Rumput laut *S. polycystum* CA Agardh. (Lestari, 2016)

Secara khusus, *S. polycystum* CA Agardh. memiliki batang bulat agak kasar dan *holdfast* berbentuk cakram untuk melekatkan diri di atas karang. Daun berbentuk oval-memanjang berukuran 40 × 10 mm. Daun melengkung dan berombak, tepinya bergerigi, dan ujungnya meruncing. Alga ini memiliki *vesicle* atau gelembung sepertibuah yang lonjong dan ujungnya meruncing berukuran 7 × 1,5 mm (Lestari, 2016).

3. Habitat dan Penyebaran

Sargassum tumbuh subur di perairan Indonesia yang yang hangat dengan gelombang atau ombak yang relatif besar dengan habitat daerah berbatuan (Lestari, 2016). Lokasi penyebarannya yaitu Jawa, Madura, Aceh, Sumatera Utara, Lombok, Papua, 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.

Kemampuan adaptasi dan survival tanaman laut ini berkaitan dengan sifat morfologisnya. Pigmen warna yang khas yang sebagian besar merupakan senyawa klorofil ini tersebar merata dari mulai akar hingga ujung tubuhnya. Hai ini meningkatkan efektivitas peristiwa fotosintesis yang menghasilkan kapasitas energi yang besar. Selain itu, tubuh alga yang relatif kuat dan fleksibel karena kandungan polisakarida yang melimpah membantu tanaman ini bertahan tehadap hantaman gelombang dan perubahan cuaca yang ekstrim.

Gambar 2.2 Citra satelit gambaran geografis pantai Lange dimana habitat *S. polycystum* CA Agardh. ditunjukkan oleh anak panah

Rumput laut *S. polycystum* CA Agardh. mampu tumbuh pada permukaan batu karang di daerah berombak dan angin yang kencang serta tersebar luas di dunia. *S. polycystum* CA Agardh. dapat tumbuh secara *perenial* atau tidak tergantung pada musim. Makroalga ini bereproduksi secara vegetatif dan juga generatif (Basmal *et al*., 2010). Rumput laut ini menjadi habitat berbagai jenis hewan laut kecil seperti kepiting, udang, dan kerang. *Sargassum* sp. tumbuh di daerah tropis pada suhu air laut 27–29^{o}C dengan salinitas 32–33,5 ppt (Lestari (2016).

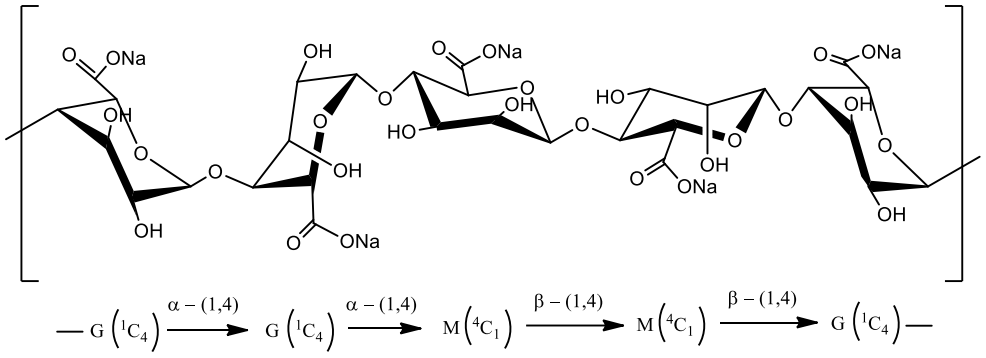
Spesies ini tumbuh subur di Pantai Lange Lhoknga Aceh Besar. Pantai tersebut dipenuhi dengan karang keras yang melintang di garis pantai sebagai pemecah ombak. Karakteristik pantai ini dengan air laut hangat, ombak yang kuat, dan angin yang kencang menjadi habitat yang tepat untuk pertumbuhan *S. polycystum* CA Agardh. **Gambar 2.2** menunjukkan foto satelit kondisi geografis Pantai Lange. Rumput laut ini tumbuh subur di karang yang ditunjukkan oleh anak panah kuning. Karang yang selalu terendam air laut tersebut dipenuhi oleh tumbuhan berwarna cokelat ini. Alga tersebut memiliki ukuran talus dalam rentang 0,5–3 m di karang tersebut. Akarnya melekat sangat kuat sehingga ekosistemnya relatif stabil.

4. Kandungan kimiawi *S. polycystum* CA Agardh.

Kadar materi kimia *S. polycystum* CA Agardh. berbeda-beda antara satu tempat dengan tempat lain karena faktor-faktor geoekologis yang juga beragam seperti pada kondisi musim, suhu, salinitas, dan ketersediaan nutrisi. Untuk memperoleh ekstrak yang kaya nutrisi dan unsur hara, lapisan holosesulosa harus dihidrolisis dengan larutan panas

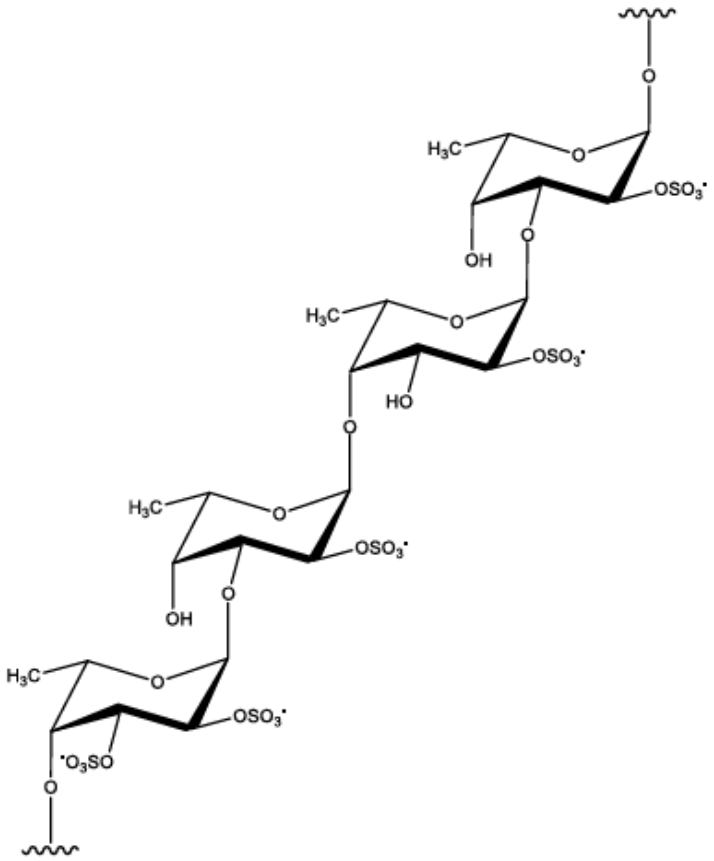
baik dengan air, asam, atau basa. Hidrolisis dengan bantuan katalis seperti bakteri juga diketahui efektif untuk mendapatkan rendemen yang banyak.

Alginat merupakan senyawa asam dan garam polisakarida spesifik di dalam dinding dan intrasel alga cokelat dengan kadar bervariasi tergantung spesies dan lingkungannya (Rasmussen dan Morrisey, 2007 dan Venugopal, 2011). *S. polycystum* dari tiga lokasi berbeda di Pulau Lima, Ujung Kulon, dan Binuangeun mengandung alginat berturut-turut sebesar 11,48; 18,62; and 5.75% (Dharmayanti *et al.*, 2020). Sebagai pembanding, kadar alginat dari beberapa jenis alga coklat yang lain dari Port Dickson, Negeri Sembilan (Malaysia) seperti *S. siliquosum*, *Turbinaria conoides*, *S. binderi*, dan *S. baccularia* berturut-turut adalah 49,9; 41,4; 38,9; dan 26,7% (Chee *et al.*, 2011). Sampel *Sargassum sp.* yang diambil dari Pantai Lhoknga Aceh Besar (± 5 km dari Pantai Lange) dilaporkan mengandung alginat sebesar 40,77 dan 26,6% yang diekstraksi dengan dua agen pengendap berbeda, kalium karbonat dan natrium karbonat (Afriani, 2019). Sejauh ini kajian tentang kadar polisakarida ini dalam sampel rumput laut coklat dari Pantai Lange belum dilakukan sehingga kajian sejenis perlu dilakukan di kemudian hari.



Gambar 2.3 Ikatan antara unit manuronat (M) dan guluronat (G) dari potongan homopolimer garam alginat (Na-alginat) (Venugopal, 2011)

Sargassum juga dikenal sebagai penghasil senyawa bioaktif fukoidan, senyawa yang tersusun oleh molekul gula, asam uronat, dan fukogalaktan tersulfatasi (Ly *et al.*, 2005). *S. polycystum* dari teluk Mannar, Tamilnadu (India) dilaporkan mengandung fukoidan sebanyak 4.51 ± 0.24% yang didapatkan dengan maserasi selama 12 jam (Palanisamy *et al.*, 2017). Spesies sejenis dari Madura dilaporkan mengandung fukoidan sebesar 7.15±5.58% yang diekstraksi dengan bantuan ultrasonik (Sugiono *et al.*, 2014). Sedangkan sargassum tipe lain (*S. swartzii*) dari Khanh Hoa (Vietnam) yang diekstraksi dengan maserasi asam diketahui mampu menghasilkan fukoidan hingga 33% (Ly *et al.*, 2005). Berdasarkan studi-studi tersebut, keberagaman kadar senyawa-senyawa dalam spesies alga ini selain dipengaruhi oleh faktor genetic dan lingkungan seperti jenis spesies, habitat, dan iklim juga ditentukan oleh metode ekstraksi dan pelarut yang digunakan.



Gambar 2.4 Struktur fukoidan dengan formula residu (1→3)-α-L-fucopiranosa dan (1→4)-α-L-fucopiranosa dan gugus sulfate terikat pada O-2 dan O-3 (van Weelden *et al*., 2019).

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 %. Rumput 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, streoid, dan alkaloid juga terdeteksi di dalam ekstrak etanol kasarnya (Manteu, Nurjanah, dan Nurhayati, 2018).

Sebagai pembanding, analisis kimia juga dilakukan pada spesies lain, *S. crassifolium,* yang juga tumbuh di Indonesia oleh Handayani *et al.* (2004). Rumput 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%).

Seperti yang tersaji di **Tabel 2.2**, *S. polycystum* CA Agardh. yang tumbuh di Pantai Lange mengandung karbohidrat (51,77%), protein (6,12%), lemak (1,57%), air (7,16%), abu (13,057%), dan serat kasar (20,33%) (Asmara *et al*., 2020). Beberapa parameter dari jenis rumput dari pantai Lange tergolong lebih tinggi dari pembandingnya. Hal ini mengindikasikan sampel dari daerah tersebut berpotensi untuk berbagai jenis aplikasi. Dengan komposisi asam amino 18 asam amino, alga ini jika terhidrolisis sempurna akan menghasilkan lindi dengan kadar N yang tinggi. Secara teori, spesies ini umumnya mengandung komponen utama berupa selulosa dan hemiselulosa, lignin, dan alginat (Sedayu *et al*., 2014). Rumput laut ini mengandung unsur hara makro yang terdiri dari: N, P, K, dan C serta unsur hara mikro berupa mineral: Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, dan Cd (Raghunandan *et al*., 2019). Zat pengatur tumbuhan (ZPT) yang terdapat pada talus antara lain auksin, sitokinin-kinetin, sitokinin-zeatin, dan giberilin, dan sejumlah vitamin (Basmal *et al*., 2019).

Berdasarkan kajian sebelumnya oleh Asmara (2019) pada spesies ini dari lokasi yang sama, konsentrasi N, P, K, dan C organik yang berhasil terekstrak dengan metode *alkaline treated sargassum* (ATS) KOH 0,1% selama 2 jam berturut-turut adalah 0,81; 0,25; 0,19; dan 0,52%. Kandungan zat-zat tersebut di atas nilai yang dilaporkan dari kajian pada spesies yang sama (Manteu *et al*., 2018) dan beberapa spesies sargassum lain seperti *S. ilicifolium* (Pise and Sabale, 2010), dan *S. crassifolium* (Sutharsan *et al*., 2014) namun masih di bawah ambang batas

atas yang berlaku di Indonesia berdasarkan Permentan 70 (**Tabel 2.1**). Analisis kandungan nutrisi dengan pendekatan lain perlu dilakukan untuk mengetahui cara yang lebih efektif untuk memperoleh zat-zat esensial, seperti N, P, dan K, dengan kadar yang lebih tinggi.

Selain zat-zat organik esensial, spesies alga coklat dari pantai Lange ini juga dilaporkan mengandung ion logam mikronutrien seperti Na, Mg, Ca, Fe, Mn, dan Zn berturut-turut adalah 112.04–212.61, 24.60–33.57, 146.59–280.92, 416.22–630.69, 18.25–27.73, dan 19.86–26.53 ppm melalui ekstraksi dengan ATS (Asmara *et al.*, 2020). Kandungan mineral-mineral tersebut masih di bawah ambang batas aman bagi makhluk hidup. Zat-zat kationik tersebut diduga berkaitan dengan besarnya daya hantar listrik ekstrak cairnya, 0.013–0.078 $dS.m^{-1}$.

Beberapa logam berat juga dilaporkan keberadaannya di beberapa jenis makroalga. Logam berat seperti Pb, Hg, Cd, Cr, dan As juga diperkirakan terkandung di dalam makroalga ini. Sejauh ini riset tentang kandungan logam transisi tersebut belum dilakukan terhadap *S. polycystum* CA Agardh. dari perairan di sekitar daerah Lhoknga tersebut. Hal ini juga yang mendasari perlunya pengukuran konsentrasi logam-logam berat pada spesies tersebut untuk mengetahui potensi tingkat keamanan sampel tersebut sebelum disimpulkan peluang aplikasinya.

Tabel 2.1 Persyaratan teknis minimal pupuk organik cair menurut Permentan no. 70/SR./140/10/2011

No	Parameter	Kandungan	Satuan
1	pH	4 – 8	
2	C organic	4,5	%
3	Hara makro		
	N	3 – 6	%
	P_2O_5	3 – 6	%
	K_2O	3 – 8	%
4	Hara mikro		
	Zn	250 – 5000	Ppm
	Cu	250 – 5000	Ppm
	Mn	250 – 5000	Ppm
	Co	5 – 20	Ppm
	B	125 – 2500	Ppm
	Mo	2 – 10	Ppm
	Fe	90 – 900	Ppm
5	Logam berat		
	As	Maks. 2,5	Ppm
	Hg	Maks. 0,25	Ppm
	Pb	Maks. 12,5	Ppm
	Cd	Maks. 0,5	Ppm

Tabel 2.2 Data hasil pengukuran kadar proksimat rumput laut kering *S. polycystum* C.A. Agardh. yang dibandingkan dengan beberapa hasil dari literatur (Asmara, 2019)
3.

No	Parameter	Kadar *S. polycystum*[2] (%)		Kadar Spesies Rumput Laut Cokelat Lain (%)				
		Pantai Lange	Pohuwato Gorontalo[2]	*Sargassum* sp[1]	*P. minor*[2]	*S. oligocystum*[2]	*S. vulgare*[3]	*P. tetrastomatica*[4]
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: [1]Gazali *et al.* (2018); [2]Manteu *et al.* (2018); [3]Kumar *et al.* (2008); [4]Felix & Brindo (2014)

C. Pupuk Organik Cair *Sargassum*

1. Klasifikasi pupuk cair *Sargassum*

Pupuk adalah zat yang ditambahkan pada tanaman atau media tanamnya untuk memenuhi kebutuhan komponen hara yang diperlukan tanaman dalam tumbuh dan berkembang biak (Simanungkalit, 2009). 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 sintetik 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.

Makroalga dari jenis *Sargassum* telah umum digunakan untuk produksi *liquid seaweed fertilizer* (LSF), *seaweed liquid fertilizer* (SLF), *liquid fertilizer* (LF), dan *chopped powdered algal manure* (Sedayu *et al*., 2014). Menurut Sedayu *et al*. (2014); Sundari *et al*. (2014); Ratrinia *et al.* (2016); dan Loppies dan Yumas (2017), pupuk tipe SLF memiliki karakter fisikokimia yang lebih baik karena prosesnya melalui tahap fermentasi. Pupuk LSF bisa diperoleh dengan jalan mengekstrak *Sargassum* sp. dengan pelarut asam maupun basa pada suhu kamar hingga 80 ^{o}C. Selain

pelarut tersebut, *S. polycystum* yang diekstrak dengan air distilasi dan alkohol juga terbukti efektif meningkatkan perkecambahan, meningkatkan hasil panen, serta meningkatkan kualitas sifat biokimia dan pigmen daun *Cajanus cajan (*L.) Mill sp (Erulan *et al.*, 2009).

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 kimiawinya 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 *Corinderum 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*, *Corinderum sativum*, dan *Spinacia oleraceain* 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 (Taminl 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 ^{o}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.

Basmal *et al.* (2015) melaporkan bahwa LSF yang diekstrak selama 12 jam pada suhu kamar dengan pelarut KOH yang lebih pekat akan cenderung menurun kadar unsur hara. Di studi lain, Asmara (2019) melaporkan bahwa dengan ekstraksi basa pada suhu 80^{o}C selama 2 jam

ekstrak cair sargassum memiliki kandungan unsu-unsur hara yang optimal dibanding periode ekstraksi yang lebih lama.

Untuk hasil ekstraksi yang lebih baik, pembuatan SLF dengan metode pengomposan memberikan hasil nutrisi terekstrak yang lebih tinggi. Sedayu *et al.* (2014) melaporkan bahwa SLF hasil pengomposan *Sargassum* dengan EM4 dan limbah ikan lebih memuaskan daripada LSF ekstrak *Sargassum* kasar. Loppies dan Yumas (2017) juga menjelaskan bahwa SLF *Sargassum* dengan EM4 dan tanaman seperti eceng gondok, bonggol pisang, dan talus menghasilkan lindi dengan kadar unsur hara jauh lebih tinggi. Hasil lengkapnya disajikan pada **Tabel 2.1**. Karena kandungan komponen mikronutriennya masih jauh dari standar yang ada, penelitian-penelitian tersebut menyarankan untuk pengembangan teknik pengomposan.

2. **Kandungan kimia pupuk organik cair**

2.1. Unsur hara makro dan mikro

Unsur hara yang harus terkandung di dalam pupuk untuk pertumbuhan tanaman adalah unsur hara utama (makro) yang meliputi nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dan unsur hara sekunder yang terdiri dari kalsium (Ca), sulfur (S), dan magnesium (Mg). Nutrisi-nutrisi tersebut dibutuhkan dalam jumlah relatif besar (> 0,1%) untuk proses pembentukan makromolekul dasar dan komponen primer dalam sel, katalis dalam peristiwa fotosintesis, dan aktivator dalam metabolisme bahan-bahan kimia (Asmara, 2019).

Unsur-unsur mikro dibutuhkan tumbuhan dalam jumlah yang lebih kecil. Unsur–unsur tersebut diantaranya ion-ion besi (Fe), mangan

(Mn), seng (Zn), boron (B), molibdenum (Mo), dan tembaga (Cu) (Parnata, 2004). Secara umum, zat-zat tersebut dibutuhkan dalam jumlah relative kecil (< 0,01%) yang diperlukan saat pembelahan sel, metabolisme, dan jalannya sistem transportasi.

2.2. Kandungan logam transisi

Sebagai organisme yang hidup di lingkungan air dengan kadar garam tinggi, alga cokelat diprediksi mengandung ion-ion logam yang bervariasi, termasuk logam transisi dan logam berat seperti Cd, Au, dan Hg. Secara umum, spesies jenis ini dibutuhkan dalam proses transfer eketron dalam tubuh tanaman (Prodi Agroteknologi (Unand), 2020). Ion-ion tersebut juga dibutuhkan pada proses aktivitas berbagai macam enzim dan terlibat dalam reaksi reduksi oksidasi dalam system organ tanaman. Secara ringkas, manfaat beberapa unsur hara disajikan di **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Daftar nutrisi penting bagi tumbuhan yang diperoleh dari tanah (FAO, 1984)

No	Golongan	Jenis unsur	Rumus kimia	Fungsi utama
1	Nutrisi utama	Nitrogen	NH_4^+, NO_3^-	Pembentuk klorofil,protoplasma, asam nukleat, dan protein
		Fosfor	HPO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$	Pembentuk fosfolipid, asam nukleat, protein, fosfatida, dan koenzim NAD, NADP, dan ATP
		Kalium	K^+	Aktivator enzim dalam proses fotosintesis, metabolisme protein dan karbohidrat,

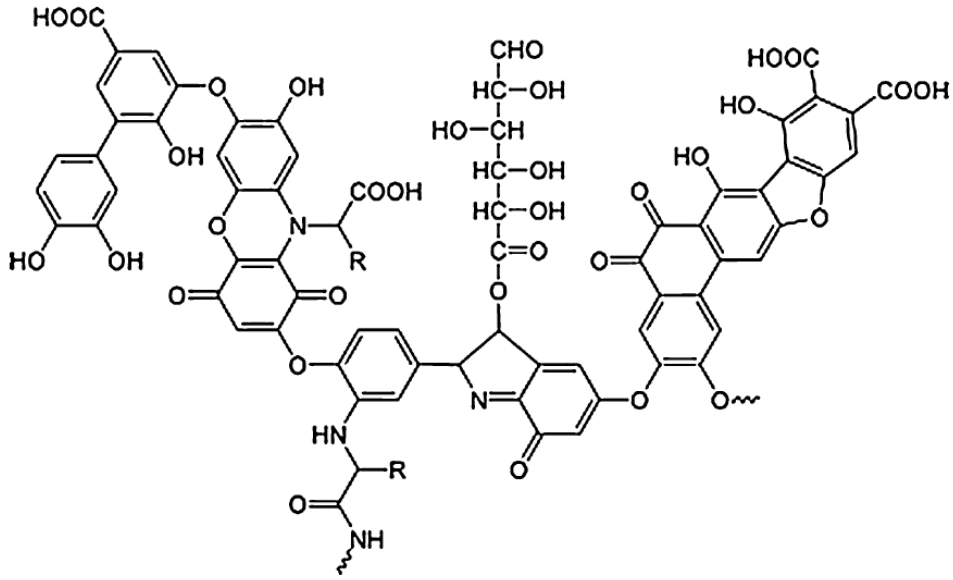
No	Golongan	Jenis unsur	Rumus kimia	Fungsi utama
				imunitas tanaman, dan penentu kualitas biji dan buah
2	Nutrisi sekunder	Kalsium	Ca^{2+}	Pembentuk dinding sel dalam bentuk kalsium pektat dan aktivator enzim fosfolipase, argin kinase, dan adenosin trifosfatase
		Magnesium	Mg^{2+}	Penyusun klorofil, aktivator berbagai jenis enzim, dan membantu transportasi gula
		Sulfur	SO_4^{2-}	Penyusun asam amino bergugus sulfur, terlibat dalam metabolisme vitamin, biotin, tiamin, dan koenzim A
3	Nutrisi mikro	Besi	Fe^{2+}, Fe^{3+}	Berperan dalam sintesis dan perawatan klorofil, komponen penting pada berbagai macam enzim, dan berperan pada metabolisme asam nukleat
		Seng	Zn^{2+}	Berperan dalam biosintesis asam asetat indol, komponen penting dalam sintesis protein dan asam nukleat
		Mangan	Mn^{2+}, Mn^{4+}	Katalis pada reaksi fisiologis dan enzimatis, penyusun piruvat karboksilase, dan terlibat dalam respirasi
		Tembaga	Cu^{2+}	Pembentuk sitokrom

No	Golongan	Jenis unsur	Rumus kimia	Fungsi utama
				oksidase dan berbagai macam enzim, meningkatkan pembentukan vitamin A tumbuhan
		Boron	Bo^{2-}	Berperan dalam aktivitas enzim, pengatur rasio kalium dengan kalsium, dan fasilitator trasportasi karbohidrat
		Molibdenum	MoO_4^{2-}	Terlibat dalam fiksasi dan penggunaan nitrogen, dan penyusun nitrat reduksinase dan nitrogenase
		Klor	Cl^-	Penyusun asam auksin-kloroindol-3-asetat, stimulan aktivitas beberapa enzim, terlibat pada metabolisme karbohidrat dan pengangkutan molekul air oleh jaringan

2.3. Asam humat dan fulvat

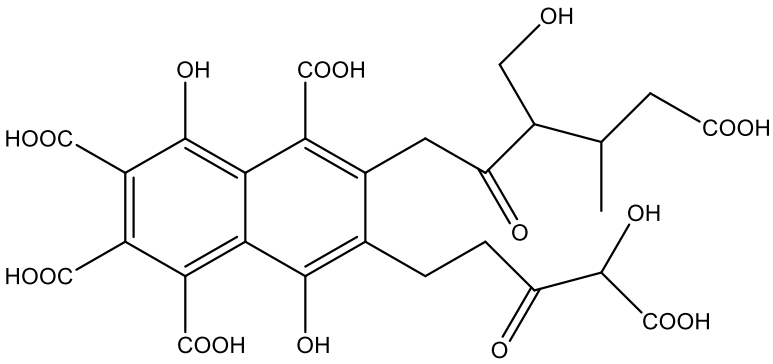
Asam humat dan fulvat merupakan produk dari peristiwa penguraian oleh mikroba pada bahan organik. Senyama organik ini merupakan komponen utama humus yang sangat bermanfaat bagi kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Asam humat merupakan senyawa asam makromolekuler dengan berat molekul antara 10.000 hingga 100.000 yang tersusun dari kombinasi rantai dan cincin karbon dan unsur-unsur lain seperti O, N, H, dan P. Senyawa diketahui mampu

memperbaiki struktur dan fungsi tanah, melelbabkan tanah, meningkatkan transfer nutrisi ke tanaman, dan dengan kemampuan mengkhelat senyawa toksik bermanfaat untuk mencegah masuknya materi berbahaya ke dalam tumbuhan (Earthgreen, 2020).



Gambar 2.3. Struktur utama senyawa asam humat (Stevenson, 1994)

Asam fulvat merupakan senyawa organik terdiri dari C, H, O, dan N dengan berat molekul antara 1.000 sampai dengan 10.000. Dengan kandungan oksigen hampir dua kali lipat, asam fulvat dilaporkan memiliki aktvitas biologis lebih tinggi dibanding asam humat. Karena ukurannya yang relatif kecil dan bersifat polar, asam fulvat dikenal sebagai senyawa karbon pengkhelat terbaik sehingga bermanfaat sebagai pengikat nutrisi untuk diedarkan ke tubuh tanaman.



Gambar 2.5. Struktur utama senyawa asam fulvat (Earthgreen, 2020)

Sebuah kajian molekuler dengan intrumentasi gabungan *pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry* (Py-GC-MS) telah dilakukan untuk studi komparasi komposisi molekul dari asam humat dan asam fulvat dari limbah organik (Schellekens *et al.*, 2017). Hasilnya menunjukkan bahwa kandungan utama dari keduanya merupakan molekul karbohidrat, fenol, benzena, dan fenol lignin dengan persentase sebesar 62–96%. Hal yang membedakan keduanya terletak pada desain struktur molekul asal fulvat yang tersusun oleh mono- dan hidrokarbon poliaromatik dan hidrokarbon heterosiklik dengan persentase 3,9–44,5%.

Pengaruh positif penggunaan asam humat dan fulvat telah dikaji oleh beberapa peneliti. Joshi *et al.* (2014) membuktikan bahwa pemberian kedua asam organik tersebut secara teratur mampu membantu program pertanian yang ramah lingkungan karena selain menyuburkan tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman, kedua senyawa tersebut tidak mencemari lingkungan. Hal ini disebabkan oleh struktur molekul asam tersebut mudah terurai oleh mikroorganisme dengan adanya beberapa gugus fungsi esensial bagi mereka seperti karbonil, amida, amina, karboksilat, dan hidokarbon.

2.4. Hormon pertumbuhan tanaman

Penggolongan zat pengatur pertumbuhan tanaman memiliki kelas yang bermacam-macam tergantung fungsi dan sifatnya. Mayoritas zat ini berbentuk hormone tanaman yang umumnya terbagi menjadi lima kelas: auksin, sitokinin, giberrelin, etilen, dan asam abskisat. Hormon-hormon tersebut bekerja dengan target tertentu di organ-organ tanaman. Tiga jenis hormone utama yang berkaitan dengan pertumbuhan tanaman adalah auksin, sitokinin, dan giberrelin (Farabee, 2007).

Ketiga hormon tersebut merupakan senyawa organik kompleks yang tergolong aktif dalam peristiwa morfogenensis tanaman (LibreTexts, 2020). Auksin berperan dalam proses pemanjangan sel dalam peristiwa fototropisma dan gravitropisma. Contoh senyawa auksin alami adalah asam asetat indol yang memiliki aktivitas fisiologi. Sitokinin berfungsi sebagai pengatur pembelahan sel yang melimpah di akar, biji, dan buah. Melalui perangsangan sintesis *ribonucleic acid* (RNA) dan aktivitas protein dan enzim dalam jaringan, proses pembelahan dan diferensiasi sel tersebut dapat berjalan. Terdapat sekitar 200 jenis senyawa yang tergolong sitokinin baik alami maupun buatan. Giberelin adalah golongan hormone yang terdiri dari sekitar 125 senyawa dengan aktivitas yang berkaitan dengan pemanjangan batang, perkecambahan, dan pematangan buah dan bunga (LibreTexts, 2020).

Ketiga hormon tersebut merupakan senyawa organik kompleks yang tergolong aktif dalam peristiwa morfogenensis tanaman (LibreTexts, 2020). Auksin berperan dalam proses pemanjangan sel dalam peristiwa fototropisma dan gravitropisma. Contoh senyawa auksin alami

adalah asam asetat indol (IAA) yang memiliki aktivitas fisiologi. Salah satu mekanisme zat ini dijelaskan oleh Jing *et al*. (2020) bahwa senyawa-senyawa IAA bekerja melalui jalur sinyal auksin–TMK1 (transmembrane kinase 1) dimana senyawa-senyawa tersebut mengaktivasi reseptor-reseptor TMK1. Hasilnya, gen-gen responsif terhadap auksin akan mengalami transkripsi yang menyebabkan terjadi perpanjangan sel hipokotil dan pembentukan akar lateral (Nakazawa *et al*. 2001 & Takase *et al*., 2004).

Sitokinin (CTK) berfungsi sebagai pengatur pembelahan sel yang melimpah di akar, biji, dan buah. Melalui perangsangan sintesis *ribonucleic acid* (RNA) dan aktivitas protein dan enzim dalam jaringan, proses pembelahan dan diferensiasi sel tersebut dapat berjalan. Terdapat sekitar 200 jenis senyawa yang tergolong CTK baik alami maupun buatan. Melalui jalur sinyal sitokinin, CTK dilaporkan mengatur dua gen dalam tanaman mawar, *RhARR3* dan *RhARR8*, yang menginisiasi pembelahan sel (Jing *et al*., 2020).

Giberelin (GA) adalah golongan hormon yang terdiri dari sekitar 125 senyawa dengan aktivitas yang berkaitan dengan pemanjangan batang, perkecambahan, dan pematangan buah dan bunga (LibreTexts, 2020). Hormon ini memiliki jalur transduksi sinyal GA yang mengubah sinyal GA menjadi ekspresi gen sehingga perubahan morfologis tanaman terjadi (Jing *et al*., 2020). Contohnya adalah mutasi gen *GA2oxidase 7* pada tomat terbukti berkaitan dengan peristiwa perpanjangan hipokotil dan internoda (Schrager-Lavelle *et al.*, 2019).

Zat-zat pengatur pertumbuhan tanaman tersebut memiliki hubungan mekanisme kerja yang menarik dalam tanaman. Auksin dan

sitokinin diketahui bekerja secara sinergis dalam proses pembelahan sel namun bersifat antagonis dalam pembentukan mahkota bunga dan akar lateral melalui mekanisme yang kompleks (Coenen & Lomax, 1997). Auksin dan giberelin dapat dikombinasikan untuk membantu pertumbuhan batang dan buah karena adanya sinergitas berupa perluasan ukuran dan pembelahan sel oleh auksin dan perluasan dan pertambahan jumlah sel oleh giberelin (Yang *et al*., 1996).

Tabel 2.4 Daftar kandungan unsur hara dan HPT beberapa jenis pupuk organik *Sargassum* hasil penelitian sebelumnya

No	Tipe Pupuk	Kandungan unsur hara dan HPT							Referensi
		N (%)	P (%)	K (%)	Auksin (ppm)	Giberilin (ppm)	Kinetin (ppm)	Zeatin (ppm)	
1	LSF	0,78	$55,39 \times 10^{-5}$	$0,681 \times 10^{-3}$	127,48	131,11	68,77	82,41	Basmal *et al.* (2015)
2	SLF	0,04	$7,8 \times 10^{-5}$	$7,8 \times 10^{-3}$	148	160	58	65	Sedayu *et al.* (2014)
3	SLF	0,31	$1.325,7 \times 10^{-5}$	$750,661 \times 10^{-3}$	131,21	149,55	97,386	85,992	Loppies dan Yumas (2017)
4	Komersil	-	-	-	130	122	61	67	Sedayu *et al.* (2014)
5	Standar Permentan	3–6	3–6	3–6	> 0,0	> 0,0	> 0,0	> 0,0	Permentan No.70/Permen-tan/SR.140/10/ 2011

3. Pembuatan pupuk cair *Sargassum* dengan fermentasi

Pengomposan adalah proses degradasi senyawa biopolimer, terutama protein, yang berasal dari bahan alam menjadi kompos yang kaya akan nitrogen. Suhu dan kelembaban lingkungan saat pengomposan adalah sekitar 60 ^{o}C dan 66% (Bhaisare *et al.*, 2017). Proses pengomposan yang digunakan untuk SLF adalah aerob, semiaerob, atau anaerob dengan bantuan bioaktivator dan penambahan bahan organik sebagai nutrisi bakteri. Diantara ketiga teknik tersebut, teknik yang terakhir (anaerob) dilaporkan mampu menghasilkan rabuk dengan kadar N, P, K yang lebih tinggi (Sastro *et al.*, 2013).

Proses fermentasi melalui tiga tahap: fase mesofilik awal, fase termofilik, dan fase akhir atau mesofilik kedua (Seyedbagheri, 2010). Proses tersebut dibedakan berdasarkan suhu lingkungan proses dimana suhu tertinggi terjadi saat tahap termofilik. Pada fase ini, asupan oksigen dan kelembaban sangat dibutuhkan untuk membantu biokatalis mendegradasi makromolekul menjadi CO_2, H_2O, dan NH_3. Molekul-molekul tersebut selanjutnya akan dinitrifikasi menjadi nitrat (Kuo *et al.*, 2019).

Reaksi tahap dekomposisi

$$A\mathrm{C_xH_yO_z\ Np} + B\ \mathrm{O_2} \rightarrow C\mathrm{CO_2} + D\mathrm{H_2O} + E(\mathrm{NH_3}) + \mathrm{H_v}$$

Reaksi saat nitrifikasi

$$\mathrm{NH_3 + O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + H^+}$$

Ada banyak parameter yang mempengaruhi hasil fermentasi ini, yaitu: laju aerasi, temperatur, pH, tingkat kelembaban, rasio karbon/nitrogen (C/N), respirasi bakteri, aktivitas enzim, dan koloni mikroba. Melalui reaksi di atas, produk tahap dekomposisi sangat menentukan rendemen akhir setelah nitrifikasi. Proses dekomposisi yang

sempurna ditentukan oleh parameter aerasi yang baik. Proses aerasi yang optimal dapat dicapai dengan perancangan aliran yang efektif dalam selang aerasi pada drum komposter (Bhaisare *et al.*, 2017). Bakteri membutuhkan suplai O_2 yang cukup untuk menghasilkan CO_2 dan H_2O yang melimpah (Kuo *et al.*, 2019).

Beberapa peneliti telah melakukan pengomposan dengan berbagai teknik aerasi. Sedayu *et al.* (2014) menggunakan drum plastik dan teknik aerasi selang tunggal horizontal sebagai inkubatornya untuk pengomposan selama 30 hari. Hasilnya adalah SLF yang kadar unsur haranya masih di bawah standar. Manu *et al.* (2016) menggunakan drum plastik yang dilubangi dindingnya dengan diameter 10 mm untuk pengomposan selama 60 hari. Penelitian tersebut menemukan bahwa pengadukan campuran secara teratur dengan lubang aerasi yang merata dapat meningkatkan rasio C/N. Penelitian-penelitian tersebut menyarankan bahwa modifikasi drum komposter diperlukan untuk meningkatkan reaksi dekomposisi *Sargassum.*

4. Bioaktivator untuk pengomposan

Bioaktivator atau inokulum adalah adalah mikroba terkulturisasi yang dimanfaatkan untuk melakukan perombakan bahan organic menjadi pupuk, mempercepat proses pengomposan, atau meningkatkan mutu pupuk organic (Manullang *et al.*, 2018). Activator ini dapat berupa mikroorganisme local (MOL) yang merupakan cairan hasil fermentasi dari sumber daya sekitar seperti keong emas atau starter komersiil.

Starter komersiil yang biasa dijumpai di pasaran di dalam negeri adalah *Effective Microorganism*-4 (EM4), Acticomp, dan Orgadec (*Organic*

Decomposer) (Darmawati, 2015). EM4 merupakan campuran mikroorganisme seperti bakteri fotosintesis, bakteri asam laktat, ragi dan *actinomycetes* yang dikulturkan. Bakter-bakteri tersebut mampu merombak bahan organik dari berbagai macam limbah organik, menghilangkan bau busuk, dan mempercepat penguraian dan pengomposan (Anif dan Astuti, 2008).

Bioinokulum kedua, Acticomp, adalah produk dari Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia yang mampu mendegradasi jaringan lignin dan selulosa hingga suhu yang relative tinggi. Biostarter ini terdiri dari mikroba *Trichoderma harzianum*, *Aspergillus sp* dan PGR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) (Darmawati, 2015). Biostarter terakhi adalah Orgadec (*Organic Decomposer*) yang diproduksi oleh Lembaga Riset Perkebunan Indonesia. *Trichoderma pseudokoningii* dan *Cytophaga sp* merupakan mikroorganisme aktif yang menyusun bioaktivator ini sehingga mampu mengurai bahan organik mentah (*raw material*) dalam waktu singkat dan mampu bertindak sebagai inhibitor agen penyebab penyakit akar (Darmawati, 2015).

5. Faktor-faktor dalam pengomposan

Beberapa parameter yang mempengaruhi proses pengomposan bahan organik yang dilansir dari Compost Turner (https://compost-turner.net/composting-technologies/factors-affect-composting-process-and-compost-quality.html) antara lain:

5.1. Rasio C/N

Harga perbandingan C/N bahan awal sangat menentukan suhu pengomposan. Jika kadar karbon lebih besar, rasio C/N juga akan besar,

akan menyebabkan pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme pengompos akan terbatas. Hal ini menyebabkan laju pengomposan menjadi lambat sehingga proses fermentasi membutuhkan waktu yang relative lama. Rasio C/N awal yang tinggi juga akan memberikan rasio akhir yang relative tinggi juga setelah fermentasi sehingga dapat mengakibatkan tanah tidak mendapatkan asupan N yang cukup karena rendahnya kadar N bebas. Sebaliknya, jika rasio bahan awalnya rendah, kurang dari 20:1, suplay karbon untuk dikonsumsi oleh mikroorganismenya tidak mencukupi dan akan terjadi kelebihan N yang cenderung berubah menjadi senyawa amoniak yang volatile. Senyawa nitrogen ini mudah menguap sehingga kandungan nitrogen pada akhir pengomposan akan menurun drastis. Rasio C/N ideal untuk *raw material* kompos disebutkan dalam rentang 25–35 : 1 (Cole *et al.*, 2015).

Tabel 2.5 Perbandingan C/N berbagai spesies Sargassum

No	Spesies	Habitat	Rasio C/N	Referensi
1	*S. wightii*	Mandapam, Tamilnadu (India)	23,88	Ajith *et al.*, 2019
2	*S. muticum*	Walpole Bay, Margate, England	8	Milledge & Harvey (2016)
3	*S. natans*	Puerto Rico	7	Martinez (1961)
4	*S. natans*	Ondo State, Nigeria	23	Oyesiku & Egunyomi (2014)
5	Campuran *S. fluitans*, *S. natans*, and *S. filipendula*	Naguabo, Puerto Rico	21,736	Díaz-Vázquez *et al.* (2015)

Secara umum, perbandingan C/N sargassum bervariasi tergantung dari spesies, lingkungan hidupnya, iklim, dan faktor eksternal yang lain. Lapointe *et al.* (2014) melaporkan bahwa nilai rasio kedua unsur tersebut untuk Sargassum dari laut lepas berkisar 47 sedangkan yang hidup di pantai sekitar 27. **Tabel 2.4**. merangkum beberapa laporan tentang harga rasio C/N dari berbagai jenis Sargassum.

5.2. Kelembaban

Molekul air dibutuhkan untuk melarutkan zat-zat yang dibutuhkan mikroorganisme pengurai sehingga kelembaban memegang peranan penting pada proses pengomposan. Kandungan air ideal untuk bahan baku kompos antara 50–60% sedangkan sampel yang kelembabannya rendah (<30%) akan berakibat bahan baku sukar terdekomposisi. Sampel yang terlalu basah juga kurang baik karena akan menurunkan laju pengomposan dan menyebabkan terjadinya dekomposisi anaerob.

5.3. Interaksi aerasi dan ketersediaan oksigen

Oksigen dibutuhkan mikroorganisme untuk respirasi saat beraktivitas selama proses fermentasi. Kadar oksigen ideal di dalam dekomposter adalah 18%. Perlakuan yang dibutuhkan saat pengomposan adalah menjaga ketersediaan oksigen yang konstan tanpa membutuhkan ventilasi yang berlebihan saat proses tersebut. Perlakuan yang tidak diperlukan seperti membuka drum dekomposter untuk mengurangi bau tidak sedap karena persediaan oksigen yang rendah dapat berakibat turunnya suhu di dalam dekomposter yang dapat mengurangi laju pengomposan atau bahkan menghentikan prosesnya sama sekali.

5.4. Suhu

Bakteri pengompos termasuk ke dalam jenis bakter termofilik yang kinerjanya akan optimum saat suhu relatif tinggi. Suhu awal fermentasi besarnya hampir sama denga suhu ruang namun setelah satu atau dua hari suhu ruang fermentasi menjadi 50–65 ^{o}C. suhu yang terlalu tinggi (> 70^{o}C) dapat menyebabkan bakter pengompos menjadi inaktif.

5.6. Harga pH

Dari sudut pandang derajat keasaman, aktivitas bakteri pengompos mencapai kondisi optimum di dalam lingkungan netral atau basa lemah. Suasana yang terlalu asam atau terlalu basa akan menghambat proses penguraian bahan organik dan akan menyebabkan hilangnya atom N karena suasana terlalu basa akan berakibat nitrogen menjadi gas amoniak volatil.

5.7. Ukuran partikel bahan awal (*raw material*)

Ukuran partikel menentukan peluang interaksi mikroorganisme dengan bahan organiknya. Bahan baku yang volumenya semakin kecil (seperti bubuk atau serbuk) memiliki luas permukaan yang besar sehingga memungkinkan laju dekomposisi relatif cepat. Di sisi lain, bahan yang terlalu tipis dapat menghalangi aliran udara dan mengurangi kandungan oksigen sehingga menurunkan aktivitas mikroorganisme. Hal ini yang mendasari perlunya perlakuan sampel yang tepat, seperti preparasi dengan blender, sebelum dicampur dengan bahan dan media pengompos.

Tabel 2.6 Parameter bahan baku pengomposan yang diperbolehkan dan yang ideal

No	Parameter	Yang diterima	Ideal
1	Rasio C/N	20:1 hingga 40:1	25:1 hingga 35:1
2	Kelembaban (v/w)	40 – 65%	45 – 60%
3	Kadar oksigen	> 5%	> 10%
4	Suhu	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
5	Kerapatan	600 kg/m^3	600 /m^3

D. Sifon

Sifon adalah suatu rancangan pipa yang umumnya berbentuk menyerupai huruf-U terbalik yang dimanfaatkan untuk mengalirkan fluida atau materi melampaui ketinggian tertentu dengan menerapkan perbedaan tekanan dan energi potensial gravitasi. Kajian tentang prinsip kerja sifon menjadi bidang yang menarik sampai saat ini sehingga topik ini kerap diaplikasikan di berbagai bidang (Potter, 1971; Planinsic, 2010; Hughes, 2011; Nanayakkara, 2012).

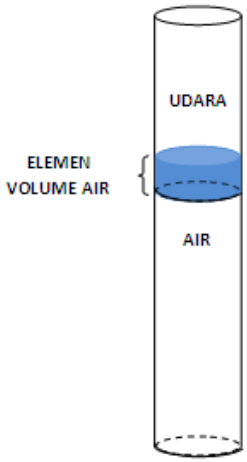
Sebuah eksperimen dilakukan untuk menunjukkan bahwa sifon dapat bekerja akibat gaya gravitasi bukan hanya tekanan udara (Hughes, 2011), selain itu terdapat pula peran gaya antarmolekul air yang dimodelkannya dengan menggunakan prinsip model rantai (*chain model principle*) (Hughes, 2010). Meskipun demikian, prinsip ini tidak dapat menjelaskan aliran yang terjadi dalam sifon saat sifon yang digunakan memiliki diameter selang yang berbeda (Planinsic, 2010), saat dilakukan pengubahan tekanan udara di tengah-tengah sifon dengan menggunakan katup (Richert, 2011), dan saat sifon digunakan untuk mengalirkan gas (Ramette, 2011).

Varian sifon yang lebih kompleks ialah self-sifon, dimana sifon jenis ini merupakan sebagai pipa yang dapat mengalirkan fluida dengan sendirinya (Masterika, 2011a). Aliran tersebut terjadi akibat modifikasi bentuk segmen lengkung (Viridi, 2011b; Adair, 1945; Gadner, 1981), adanya suatu ruang vakum khusus pada sifon (Rice, 1978), ataupun terdapatnya katup satu arah (Songzeng, 1991).

Beberapa percobaan telah dilakukan untuk mengamati terjadinya aliran air pada self-sifon yang disertai dengan pemodelannya, seperti model matematika aliran air dalam pipa self-sifon dengan menggunakan persamaan parametrik serta pengamatan parameter ketinggian segmen lengkung yang diukur dari posisi permukaan air (Masterika, 2010), simulasi dengan menggunakan dinamika molekuler untuk menggambarkan aliran air dalam pipa self-sifon (Viridi, 2011b), serta eksperimen dan simulasi dalam memprediksi terjadinya aliran air dalam konfigurasi self-sifon tersegmentasi (Viridi, 2011a). Selain itu, telah pula dibuat media pembelajaran mengenai ruang kerja self-sifon (Masterika, 2011b). Terdapat pertanyaan yang menarik apakah sifon yang sederhana berbentuk menyerupai huruf-U terbalik dapat bekerja sebagai self-sifon. Untuk itu, telah dilakukan simulasi pada segmen tegak sifon (Nurhayati, 2012b) yang dilanjutkan dengan eksperimen dan simulasi pada keseluruhan segmen sifon (Nurhayati, 2012a).

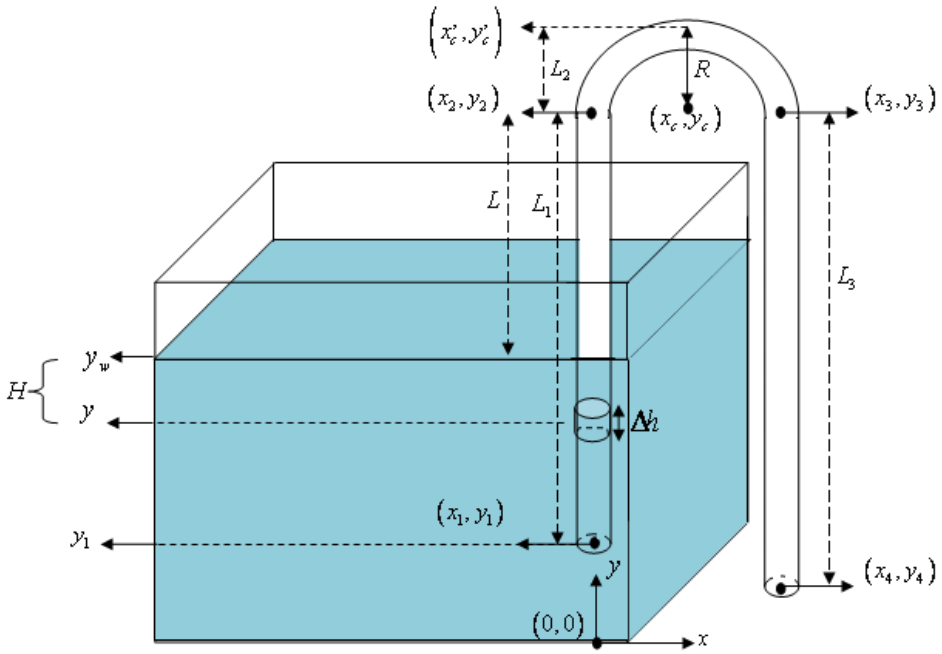
Tinjauan mengenai sifon merupakan sebuah sistem kompleks yang mempertimbangkan faktor-faktor yang berpengaruh pada dinamika aliran fluida atau materi dan melihat fenomena ketika akan terjadinya aliran. Aspek lain yang menarik dari sifon adalah pada pipa yang berbentuk setengah lingkaran yang dinamikanya bersifat nonlinear. Pengaruh gaya-

gaya pada dinamika aliran air diwakilkan oleh elemen volume air yang terletak pada antarmuka antara air dengan udara. Elemen volume air yang ditinjau, diperlihatkan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.6. Elemen volume air dalam pipa sifon.

Detail sifon yang tercelup dalam wadah beserta koordinatnya diperlihatkan pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7. Sifon yang tercelup dalam wadah berisi air.

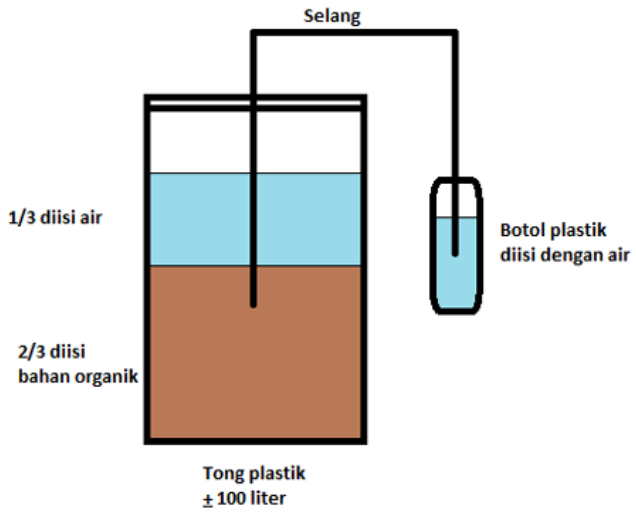
Keterangan Gambar 2.6.: $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$, dan (x_4, y_4) adalah posisi awal segmen I, II, III, dan posisi akhir segmen III, secara berturut-turut. (x_c, y_c) dan (x'_c, y'_c) ialah titik pusat kelengkungan segmen II dan posisi tertinggi. L_1, L_2, dan L_3 ialah panjang masing-masing segmen, sedangkan L adalah panjang pipa di atas permukaan air pada segmen I. Δh dan R ialah ketebalan elemen volume air dan jari-jari kelengkungan pipa segmen II. y_w, y_1, dan y secara berturut-turut ialah tinggi permukaan air dalam wadah (m), posisi ujung bawah pipa sifon yang tercelup dalam wadah (m), dan posisi air setiap saat dalam sifon (m). Sedangkan H ialah ketinggian elemen volume air yang diukur dari posisi permukaan air.

E. Kerangka Berfikir

Berdasarkan Seyedbagheri (2010), sampel yang bisa terfermentasi optimal harus memiliki luas permukaan yang besar dan ukurannya cenderung seragam. Hal ini menjadi dasar bahwa sampel *Sargassum* sp.

yang sudah kering dibuat menjadi serbuk dengan blender kering. Untuk proses fermentasi, Loppies dan Yumas (2017) menyebutkan bahwa biostarter EM4 merupakan biokatalis yang umum dipakai dalam pengomposan tumbuhan berselulosa karena efektif dalam reaksi dekomposisi. Untuk nutrisi mikrobanya, limbah ikan dan potongan pohon pisang (Dewi *et al.*, 2019) terbukti efektif dalam ekstraksi makro dan mikronutrien dari rumput laut. Untuk lama pengomposan, Seyedbagheri (2010) menyebutkan bahwa ketiga fase fermentasi membutuhkan waktu sekitar 3–4 minggu sehingga penelitian ini akan menggunakan waktu tengah yaitu 25 hari.

Pengomposan secara anaerob terbukti mampu mengekstrak komponen makro lebih banyak dari semiaerob (Loppies dan Yumas, 2017) sehingga penelitian ini menggunakan metode anaerob. Pengendalian dekomposisi bisa dilakukan dengan perancangan selang aerasi untuk memperbesar gaya alir materi gas dari dan ke tabung pengomposan dengan cara modifikasi sudut, diameter, dan kedalaman selang aerasi (Bhaisare *et al.*, 2017). Desain drum yang ideal ditunjukkan oleh Gambar 2.2 (Sedayu *et al.*, 2014).



Gambar 2.8 Desain drum komposter untuk pengomposan secara anaerob (Nanangri, 2017)

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Preparasi sampel, perakitan drum dekomposter, dan proses pengomposan dilakukan di Laboratorium Biologi FST UIN Ar-Raniry. Taksonomi spesies sampel dilakukan di Laboratorium Biologi FMIPA Universitas Syiah Kuala sedangkan analisis komposisi unsur hara, nilai pH, dan kadar asam dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan), Balai Besar Penelitian dan dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Kementerian Pertanian, Pati, Jawa Tengah. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret-Agustus 2020.

B. Alat dan Bahan

1. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *hot plate*, gelas ukur, *atomic absorption spectrophotometer* (AAS)-AES Agilent MP (AAS-MPAES), oven, pH meter merk orion 4 star, spektrofotometer Uv-Vis, alat Kjedhal, alat metode asam perklorat, buret, tabung reaksi, botol air mineral bekas ukuran 600 mL, erlenmeyer, tabung reaksi, blender (Miyako), dan gelas beaker.

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain bahan baku rumput laut *S. polycystum* CA Agardh. diambil dari pantai Lange di desa Lam Lhom kabupaten Aceh Besar, starter bakteri komersial

EM4, pohon pisang setelah berbuah, limbah ikan tongkol dari Pasar Lampulo, $K_2Cr_2O_7$ 1 N, $HClO_4$ pekat, H_2SO_4 pekat, bahan larutan untuk uji Kjedhal, HNO_3 pekat, indikator PP, NaOH 1 M, lem kaca, bahan baku kaca, dan air.

C. Prosedur Kerja

1. Preparasi Sampel

Gambar 3.1. Sampel *S. polycystum* dari Pantai Lange, Aceh Besar

Rumput laut yang diambil dari Pantai Lange dengan cara dipotong bagian pangkal talus dengan pisau lalu dicuci dengan air laut. Sampel dimasukkan pada wadah yang terjaga siekulasi udaranya lalu dibawa ke laboratorium biologi. Sampel dicuci dengan air tawar untuk menghilangkan kotoran dan garam yang menempel pada talus. Sampel kemudian dipotong-potong kecil ukuran 1–3 cm lalu diblender kering.

Bubur rumput laut disimpan di kulkas pada suhu 4 ^{o}C hingga siap untuk difermentasi.

Drum komposternya menggunakan botol minuman mineral berukuran 600 mL. Lubang dibuat di tutup botol ini sesuai dengan ukuran sifon yang dipakai. Sifon yang dipakai ada tiga jenis, yaitu diameter 0,5; 1, dan 1,5 cm yang didesain dan diproduksi di Laboratorium Gelas Institut Teknologi Bandung (ITB). Variasi yang lain adalah panjang sifon yang tercelup ke dalam substrat ada empat jenis: 16; 18; 20 dan 22 cm. Rincian parameternya disajikan di **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Daftar parameter selang aerasi yang akan digunakan untuk modifikasi drum dekomposter

No	Kode	Keterangan	Dimensi (cm)	
			Diameter	Panjang
1	S1	*Small* 1	0,5	16
2	S2	*Small* 2		18
3	S3	*Small* 3		20
4	S4	*Small* 4		22
5	M1	*Medium* 1	1	16
6	M2	*Medium* 2		18
7	M3	*Medium* 3		20
8	M4	*Medium* 4		22
9	L1	*Large* 1	1,5	16
10	L2	*Large* 2		18
11	L3	*Large* 3		20
12	L4	*Large* 4		22
13	CO	*Opened Control*	-	-
14	CC	*Closed Control*	-	-

2. Fermentasi bubur *S. polycystum* CA Agardh.

Preparasi untuk fermentasi sampel memodifikasi metode yang digunakan Sedayu *et al.* (2014). Biostarter EM4 diencerkan dengan air menjadi 2% larutan lalu disemprotkan ke sampel serbuk *S. polycystum* CA Agardh. sambil diaduk hingga merata ke seluruh permukaan (± 20 mL larutan untuk 1 kg rumput laut). Bahan media tumbuh bakteri menggunakan potongan pohon pisang dan limbah ikan tongkol dengan perbandingan rumput laut:media adalah 5:1 (w/w). Media nutrisi dihancurkan lalu dicampur dengan sampel di dalam masing-masing drum dekomposter. Drum ditutup dengan rapat dan diusahakan tidak ada udara yang masuk sedangkan selang luar dimasukkan ke dalam botol minuman mineral yang telah diisi air setengahnya seperti pada **Gambar 3.2**.

Gambar 3.2. Instalasi dekomposter dan sifon termodifikasi untuk proses fermentasi *Sargassum*

(a)

(b)

Gambar 3.3. (a) Proses fermentasi *Sargassum* dan (b) lindi hasil dekomposisasi

Proses pengomposan dilakukan dengan penggoyang-goyangan drum secara teratur pada pagi dan sore hari. Lama pengomposan adalah 25 hari untuk mendapatkan hasil yang memuaskan. Sampel yang telah selesai difermentasi kemudian disaring untuk mendapatkan lindi yang bebas dari pengotor. Dengan variasi 12 inkubator, jumlah lindi yang dihasilkan juga sebanyak itu. Lindi-lindi tersebut diukur volumenya untuk menentukan rendemen yang dihasilkan. Langkah berikutnya adalah menyimpan lindi di dalam kulkas pada suhu 4 ^{o}C untuk disimpan sebelum dianalisis kadar zatnya.

3. Pengujian kualitas dan kuantitas SFL yang dihasilkan

1. Penentuan kadar C

Kandungan unsur C diuji dengan metode Walkey and Black (AOAC, 2012). Sebanyak 1 g SFL dimasukkan ke dalam gelas beaker 100 mL lalu ditambahkan 10 mL $K_2Cr_2O_7$ 1 N dan H_2SO_4 kemudian didiamkan selama 30 menit. Campuran ditambahkan 100 mL aquades dan didiamkan selama 12 jam. Absorbansi sampel diukur dengan spektrofotometri Uv-Vis pada λ 561 nm.

2. Penentuan kadar N

Kandungan nitrogen total diuji dengan menggunakan alat Kjedahl (SNI 4146:2013) dan hasilnya dinyatakan dalam % (BSN, 2013).

3. Penentuan kadar fosfor

Sebanyak 5 g SFL dimasukkan dalam tabung Kjeldahl lalu ditambahkan HNO_3 5 ml, dikocok dan didiamkan selama 24 jam. Tabung dipanaskan hingga suhu 100–200 ^{0}C. Pemanasan dihentikan saat sampel tinggal 5 mL. Sampel didinginkan lalu dencerkan dengan aquades hingga volume mencapai 50 ml, dikocok hingga homogen lalu didiamkan selama

24 jam (ekstrak A). Sebanyak 1 mL ekstrak A dimasukkan ke dalam gelas ukur 10 mL lalu ditambahkan 1 tetes indikator PP dan NaOH 40% hingga warna mendekati pink. Sampel lalu ditambahkan 2 mL reagen vanadate kemudian diencerkan dengan aquades. Campuran didiamkan selama 20 menit kemudian absorbansinya diukur dengan spektrofotometer Uv-Vis pada 400 nm.

4. Penentuan kadar kalium

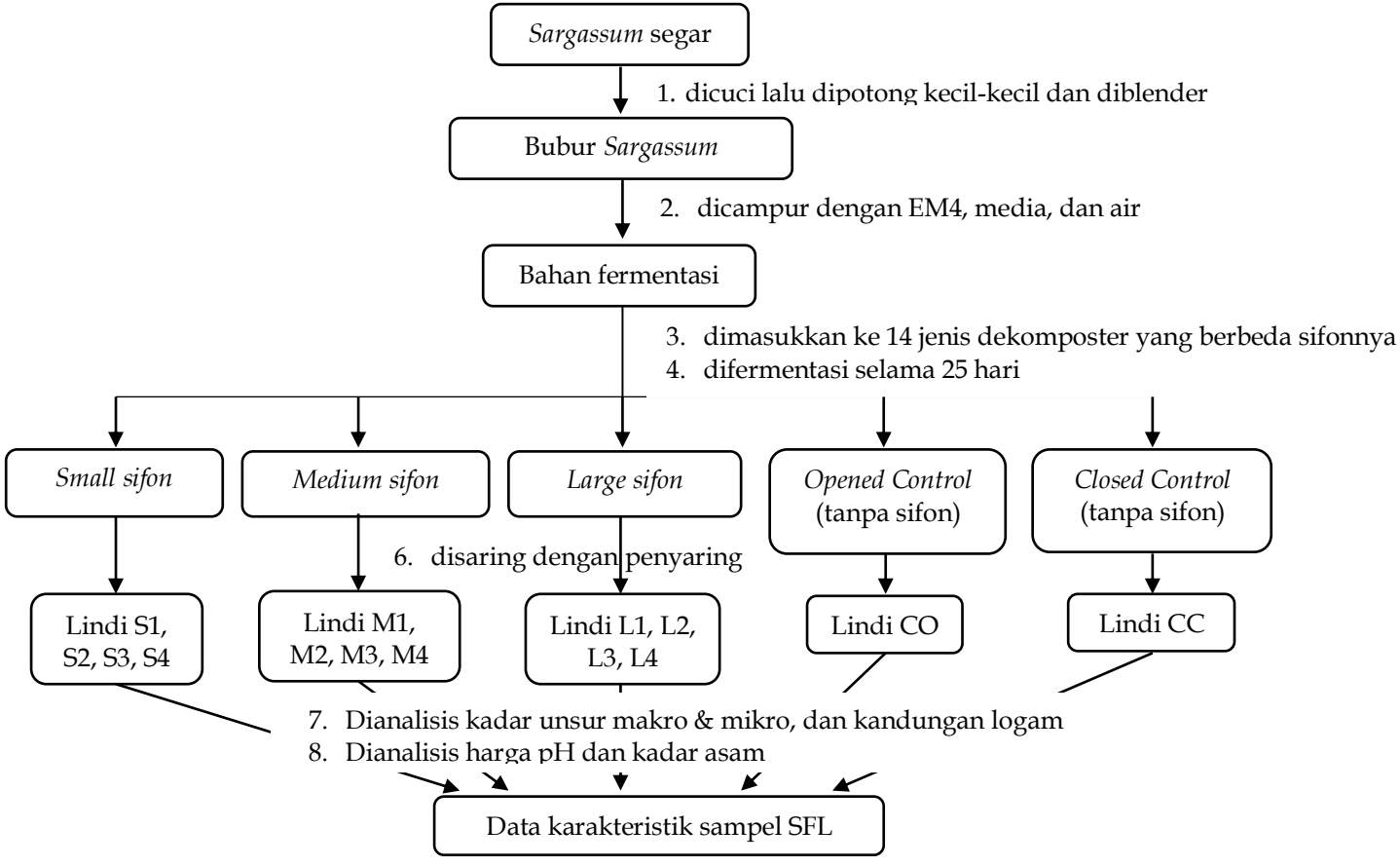
Pengukuran kadar kalium mengikuti prosedur dari Dipietro *et al.* (1988) dengan perubahan secukupnya. Sampel sebanyak 0,5 gram ditambah H_2SO_4 pekat dan HNO_3 pekat hingga larut secara hati-hati lalu dipanaskan pada suhu 40 ^oC selama 5 menit. Sampel ditambahkan 2,5 mL H_2SO_4 pekat tetes demi tetes hingga menjadi hitam lalu ditambahkan HNO_3 pekat hingga tidak mengeluarkan asap hitam setelah. Sampel tersebut lalu ditambah akuades 50 mL dan diaduk lalu didinginkan campuran disaring dan diukur kadar kalium dengan *Inductively Coupled Plasma* (ICP).

5. Penentuan kadar unsur hara mikro

Kadar logam dan hara mikro lainnya ditentukan dengan spektroskopi serapan atom mengikuti prosedur dari *American Public Health Association* (1995) dengan penyesuaian seperlunya.

6. Analisis statistik

Data pengamatan dan grafik dianalisis dengan MS Excel sedangkan tingkat keberagamannya ditentukan dengan teknik ANOVA. Uji Tukey juga digunakan untuk menentukan perbedaan tiap perlakuan sedangkan harga $P < 0,05$ dijadikan acuan penentuan signifikansi pengaruh perlakuan.



Gambar 3.4. Alur kerja preparasi dan pengujian cairan dari proses fermentasi *sargassum* dengan dekomposter termodifikasi

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil pengukuran kadar nutrien dan asam, harga pH, dan rasio C/N disajikan dalam **Tabel 4.1–4.7** di bawah ini. Data yang diperoleh selanjutnya dikonsultasikan dengan acuan baku yang telah ditetapkan dalam Permentan 70. Harga rerata ditampilkan pada tiap tabel untuk memudahkan pemetaan sampel berdasarkan perbandingan kadar zatnya dengan *mean* data seluruh sanpel yang diujikan.

1. Unsur hara makro

Sebagai komponen utama penyusun sel makhluk hidup tak terkecuali alga, dalam bentuk makromolekul terutama karbohidrat dan protein, nitrogen dan karbon diketahui memiliki kelimpahan yang relatif besar. Fosfor merupakan unsur yang umumnya menyusun epidermis sel dalam bentuk fosfolipid sedangkan kalium terdapat pada sistem transportasi dan koordinasi jaringan. Kedua unsur tersebut diduga banyak terkandung di dalam organisme sehingga dikategorikan unsur makro. Hal ini mendasari satuan yang diberikan untuk menyatakan kandungan unsur-unsur tersebut dalam persen.

Tabel 4.1 Kandungan zat makro dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon

No	Kode Sampel	Kadar (%)			
		N	P	K	C
1	S1	1,62	0,02	0,29	0,27
2	S2	1,23	0,09	0,42	0,34
3	S3	0,56	0,05	0,19	0,26
4	S4	0,20	0,02	0,18	0,31
5	M1	0,70	0,11	0,60	0,24

No	Kode Sampel	Kadar (%)			
		N	P	K	C
6	M2	0,73	0,06	0,24	0,33
7	M3	0,70	0,05	0,34	0,25
8	M4	0,87	0,03	0,16	0,39
9	L1	0,52	0,07	0,50	0,23
10	L2	0,56	0,08	0,47	0,17
11	L3	1,47	0,07	0,37	0,31
12	L4	0,91	0,07	0,40	0,21
13	CO	1,47	0,06	0,40	0,24
14	CC	0,73	0,05	0,22	0,31
Rerata		0,88	0,06	0,34	0,28

2. Unsur hara mikro

Mineral-mineral utama seperti beberapa ion logam utama dan transisi banyak terlibat dalam sistem treansportasi sel. Ion-ion logam tersebut diketahui berasal dari materi luar organisme seperti garam terlarut sehingga kandungannya masih di bawah unsur makro. Dengan lingkungan bersalinitas tinggi, alga coklat diduga mengandung mineral-mineral tersebut dalam tingkat yang relatif sedang. Satuan bagian per-juta atau *part per million* (ppm) digunakan untuk menyatakan kadar unsur-unsur mikro ini.

Tabel 4.2 Kandungan zat mikro dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon

No	Kode Sampel	Kadar (ppm)							
		Ca	Mg	Na	Fe	S	Mn	Cu	Zn
1	S1	191,06	72,33	120,21	253,70	48,11	2,38	0,54	0,90
2	S2	159,08	81,80	264,31	228,72	91,39	3,41	5,60	3,31
3	S3	184,62	88,62	140,69	150,65	102,25	3,75	1,35	1,34
4	S4	218,89	85,46	230,61	178,94	56,34	2,11	0,35	1,65
5	M1	249,53	80,14	147,81	199,12	68,43	2,27	4,98	2,73
6	M2	308,97	76,82	234,82	172,60	68,96	3,19	4,49	3,62

No	Kode Sampel	Kadar (ppm)							
		Ca	Mg	Na	Fe	S	Mn	Cu	Zn
7	M3	297,79	64,52	273,47	371,63	112,06	2,09	2,16	1,82
8	M4	320,96	72,00	129,65	181,09	108,38	3,42	0,96	0,93
9	L1	307,34	76,15	214,20	316,38	70,36	2,34	2,55	2,32
10	L2	294,83	58,87	156,09	250,89	50,56	3,60	1,45	1,75
11	L3	154,71	81,14	221,02	378,08	101,02	2,55	1,09	1,03
12	L4	292,76	73,99	276,52	343,51	102,60	3,41	1,15	0,67
13	CO	176,33	77,48	240,05	361,21	70,89	2,23	1,41	0,96
14	CC	281,14	76,98	142,58	341,85	96,64	3,72	1,45	2,64
Rerata		245,57	76,17	199,43	266,31	82,00	2,89	2,11	1,83

3. Harga pH

Derajat keasaman (pH) merupakan parameter utama penentu kelayakan penggunaan pupuk terhadap tanaman maupun tanah. Harga pH berkaitan erat dengan kadar zat elektrolit dalam ekstrak karena pengukuran parameter tersebut menunjukkan potensi ion hidrogen terlarut. Sebagaimana dilaporkan oleh Asmara *et al*. (2020), karga pH juga ditentukan oleh kadar karbon terlarut karena degradasi C-organik serta karbon dioksida terlarut hasil respirasi bakteri dapat menyebabkan pengasaman ekstrak.

Tabel 4.3 Harga pH SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon

No	Kode Sampel	pH
1	S1	8,42
2	S2	7,50
3	S3	7,40
4	S4	7,98
5	M1	7,99
6	M2	7,40

No	Kode Sampel	pH
7	M3	8,42
8	M4	8,07
9	L1	8,12
10	L2	7,40
11	L3	8,23
12	L4	7,39
13	CO	7,91
14	CC	7,33

4. Rasio C/N

Harga perbandingan karbon dan nitrogen (rasio C/N) diperlukan untuk menentukan tingkat proporsiolitas sampel pupuk. Harga ini diperoleh dari membandingkan kadar kedua unsur hara makro tersebut dari **Tabel 4.1**. Nilai besaran ini ditentukan oleh faktor sifat kimiawi sampel sargassum dan juga perlakuan yang digunakan selama fermentasi.

Tabel 4.4 Harga rasio C/N dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon

No	Kode Sampel	Harga C/N
1	S1	0,169666
2	S2	0,278503
3	S3	0,461502
4	S4	1,494937
5	M1	0,343719
6	M2	0,443777
7	M3	0,356664
8	M4	0,442422
9	L1	0,432832
10	L2	0,307567

No	Kode Sampel	Harga C/N
11	L3	0,207323
12	L4	0,235747
13	CO	0,164659
14	CC	0,446202
Rerata		0,41

5. Kandungan asam

Sebagai komponen yang juga melimpah di tanaman, kadar asam humat dan fulvat dinyatakan dalam persen (%).

Tabel 4.5 Kadar asam dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon

No	Kode Sampel	Kadar (%)	
		Asam humat	Asam fulvat
1	S1	1,5872	2,1686
2	S2	5,0286	1,6500
3	S3	1,4929	0,8957
4	S4	3,6143	0,3300
5	M1	1,3514	3,1114
6	M2	5,3586	4,9500
7	M3	3,4257	2,4043
8	M4	2,9072	0,7071
9	L1	1,5400	2,4514
10	L2	1,7757	1,1314
11	L3	3,4257	0,7500
12	L4	2,9543	5,2329
13	CO	1,0214	3,1586
14	CC	3,8972	1,2257
Rerata		2,81	2,15

6. Kandungan logam transisi

Kandungan logam transisi, termasuk logam berat, dalam tanaman tergolong rendah sehingga satuan yang digunakan adalah bagian per-juta atau *part per-million* (ppm), bagian per-miliar atau *part per-billion* (ppb) untuk logam berat As dan Hg. Kelimpahan di alam yang relatif kecil termasuk keberadaannya di lingkungan maritim mempengaruhi ketersediaannya yang sangat sedikit di dalam tubuh organisme. Di sisi lain, kadar logam berat yang di atas ambang batas dapat menunjukkan tingginya gejala kontaminasi dalam lingkungan organisme tersebut.

Tabel 4.6 Kadar logam transisi dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon

No	Kode Sampel	Kadar (ppm)				
		Pb	Cd	Co	Cr	Ni
1	S1	3,13	1,62	1,02	0,89	0,82
2	S2	3,40	1,72	1,75	1,16	0,83
3	S3	6,85	2,55	1,03	0,83	0,94
4	S4	13,70	1,65	1,71	1,34	1,05
5	M1	4,55	2,01	1,92	1,96	1,03
6	M2	10,03	2,29	1,87	1,77	1,06
7	M3	4,74	2,21	0,85	1,58	1,11
8	M4	4,11	2,60	0,72	1,35	0,80
9	L1	5,22	1,91	2,12	1,78	0,97
10	L2	3,15	2,34	1,60	2,02	1,08
11	L3	3,29	2,43	0,89	1,50	0,85
12	L4	1,76	1,74	1,97	1,75	1,04
13	CO	1,85	1,72	0,69	1,32	0,92
14	CC	11,16	2,44	1,20	1,86	0,82
Rerata		5,50	2,09	1,38	1,51	0,95

Tabel 4.7 Kadar logam berat dalam SFL hasil pengomposan dengan dekomposter termodifikasi sifon

No	Kode Sampel	Kadar (ppb)	
		As	Hg
1	S1	65,77	78,83
2	S2	< LoD	< LoD
3	S3	38,17	< LoD
4	S4	52,17	< LoD
5	M1	46,57	46,67
6	M2	< LoD	85,74
7	M3	< LoD	74,72
8	M4	29,78	56,29
9	L1	33,97	88,25
10	L2	< LoD	62,6
11	L3	< LoD	< LoD
12	L4	35,37	86,75
13	CO	49,37	43,17
14	CC	42,37	< LoD
Rerata		28,11	44,501

Catatan:
LoD = *limit of detection* (20 ppb untuk As, 40 ppb untuk Hg)
< LoD = kadar di bawah LoD

B. Pembahasan

1. Preparasi Sargassum

Preparasi sampel merupakan langkah yang sangat menentukan keberhasilan proses pengomposan sampel. Untuk menjaga faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas biostarternya, kebersihan Sargassum, tingkat kelembaban dan luas permukaan sampel perlu diperhatikan dengan tahapan proses umum untuk alga ini yang meliputi: pencucian dan pemilahan, dan penyimpanan (Milledge & Harvey, 2016).

1.1. Pembersihan

Pencucian dengan air tawar mengalir bertujuan untuk menghilangkan kontaminan yang terperangkap di thallus alga seperti biota laut, bateri, mikroalga, invertebrata dan pengotor anorganik seperti pasir. Polutan-polutan tersebut dapat menghambat optimasi proses fermentasi jika tidak dilakukan penyortiran dan pencucian secara sempurna.

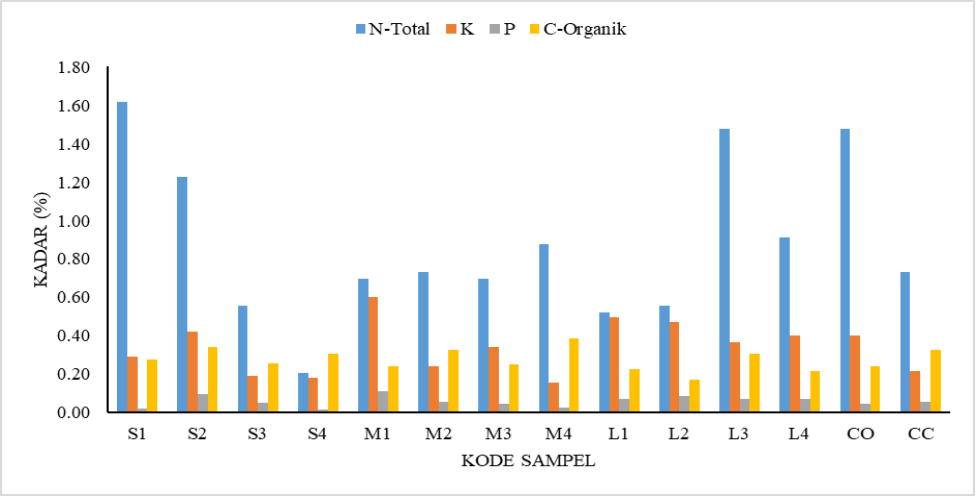
1.2. Penyimpanan

Rumput laut segar mengandung kadar air yang sangat tinggi (> 75%) yang akan menyebabkan pembusukan sampel jika tidak dilakukan penyimpanan secara tepat. Dua perlakuan yang dapat dilakukan sebelum penyimpanan yaitu: pengeringan dan ensilase. Pengeringan merupakan cara umum dilakukan karena lebih hemat dan praktis melalui pengeringan di bawah sinar matahari. Dengan kondisi iklim Banda Aceh adalah tropis dan tidakturun hujan saat penelitian, pengeringan cukup dilakukan selama 2 hari (Valderrama *et al.*, 2014).

2. Unsur hara makro

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa kandungan unsur hara makro dari keempat-belas sampel terlihat fluktuatif. Kadar N tertinggi dimiliki sampel S1 sedangkan yang terendah ada di sampel L1. Untuk kadar K, sampel M1 memiliki harga tertinggi sedangkan M4 adalah yang terendah. Sampel M1 juga mengandung unsur P terbanyak sedangkan sampel dengan kandungan terkecil adalah S1. Dengan memperhatikan harga rerata unsur hara makro keseluruhan, sampel L3 terlihat memiliki kadar tertinggi di atas rata-rata dibandingkan semua sampel termasuk control sehingga perlakuan dengan sifon jenis *large* 3 ini dapat dianggap

sebagai kondisi optimum. Jika dibandingkan dengan kualifikasi dalam Permentan 70/SR.140/10/2011, luaran kadar hara makro dari penelitian ini masih di bawah rentang yang telah ditetapkan (3–6%). Di sisi lain, luaran L3 ini tergolong lebih baik dibandingkan hasil yang dilaporkan Basmal *et al.* (2015), Sedayu *et al.* (2014), dan Loppies Yumas (2017), ekstrak *Sargassum vulgare* komersil dengan merk ACTION® (Mahmoud *et al.*, 2019) kecuali kadar K, dan Asmara *et al.* (2020) kecuali kadar P.



Gambar 4.1. Grafik tentang kandungan unsur hara makro yang terkandung dalam sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan

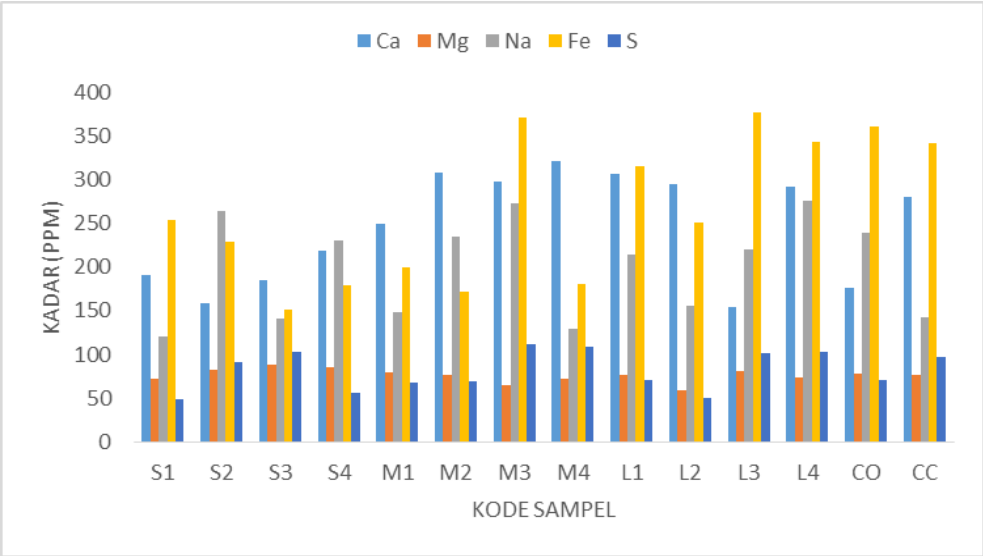
3. Unsur hara mikro

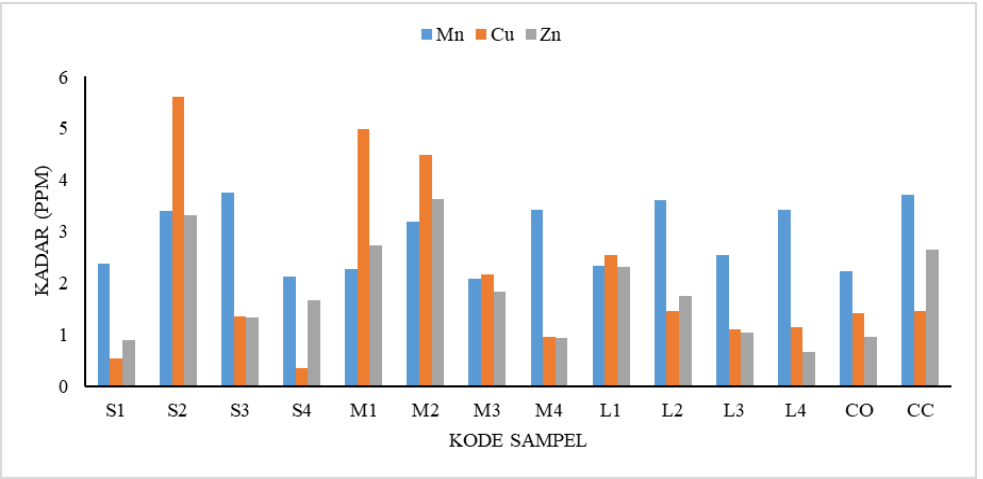
Unsur-unsur mikro yang terkandung dalam sampel dapat dikategorikan ke dalam dua jenis: unsur mikro tinggi (Ca, Mg, Na, Fe, dan S) dan unsur mikro rendah (Mn, Cu, Zn) (**Gambar 4.2**). Sampel L3 memiliki kadar usur Fe (378.08 ppm) tertinggi dan memenuhi syarat dari Permentan 70 dalam rentang 90–900 ppm sedangkan kadar unsur besi yang terendah terdapat pada sampel S3. Jika dibandingkan kadar rerata

unsur mikro tinggi selain Ca, sampel L3 memiliki harga di atas nilai rerata tersebut. Jika dibandingkan dengan riset terhadap tiga jenis Sargassum dari laut Merah: *S. asperifolium*, *S. dentifolium*, dan *S. linifolium* yang diekstraksi secara asam (Matloub *et al.*, 2012), hanya kadar Ca (591–783 ppm) yang berada di bawah level ion-ion mikronutrien dalam ketiga spesies alga coklat tersebut. Kadar unsur hara mikro dalam lindi ini juga lebih tinggi dibanding ekstrak *S. wightii* dari dua lokasi yang berbeda, Mandapam dan Pamban, Tamilnadu (India) yang terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen *Cyanopsim tetragonoloba* dan *Ocimum sanctum* (Vijayanand *et al*., 2014 dan Uthirapandi *et al*., 2018).

Sebagai unsur yang dibutuhkan dalam formulasi protein, belerang termasuk unsur hara makro yang menentukan kualitas biofertilizer. Kandungan rerata unsur S dalam lindi di riset ini sebesar 82 ppm dimana perlakuan dengan dekomposter M3 menghasilkan kadar tertinggi. Hasil ekstraksi ini masih jauh di bawah kadar sulfur berbagai macam alga coklat kering yang diekstrak dengan pelarut-pelarut yang berbeda dengan bantuan pemanasan: *S. muticum* dan *S nantans* sebesar 8.000 dan 14.000 ppm (Milledge & Harvey, 2016) dan *S. vulgare* merk ACTION sebesar 2.200 ppm (Mahmoud *et al.*, 2019).

Untuk kadar unsur mikro rendah, unsur-unsur Mn, Cu, dan Zn dalam aturan tersebut dipersyaratkan antara 250–5000 ppm sedangkan luaran dari semua sampel dalam penelitian ini masih jauh di bawah level minimal dalam Permentan tersebut. Kadar mikronutrien, selain Cu dan Zn, dalam sampel L3 lebih tinggi dibandingkan SFL spesies sejenis yang dilaporkan Bharath *et al*. (2018).





Gambar 4.2. Grafik tentang kandungan unsur hara mikro dalam sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan

Di penelitian lain, hasil pengukuran kadar Mn, Cu, dan Zn dari ekstrak *S. crassifolium* yang tumbuh di daerah Pasikudah (Sri Lanka) dilaporkan sebesar 0,4; 0,2; dan 3,2 ppm (Sutharsan *et al.*, 2014). Pupuk cair tersebut mampu meningkatkan pertumbuhan dan kuantitas panen

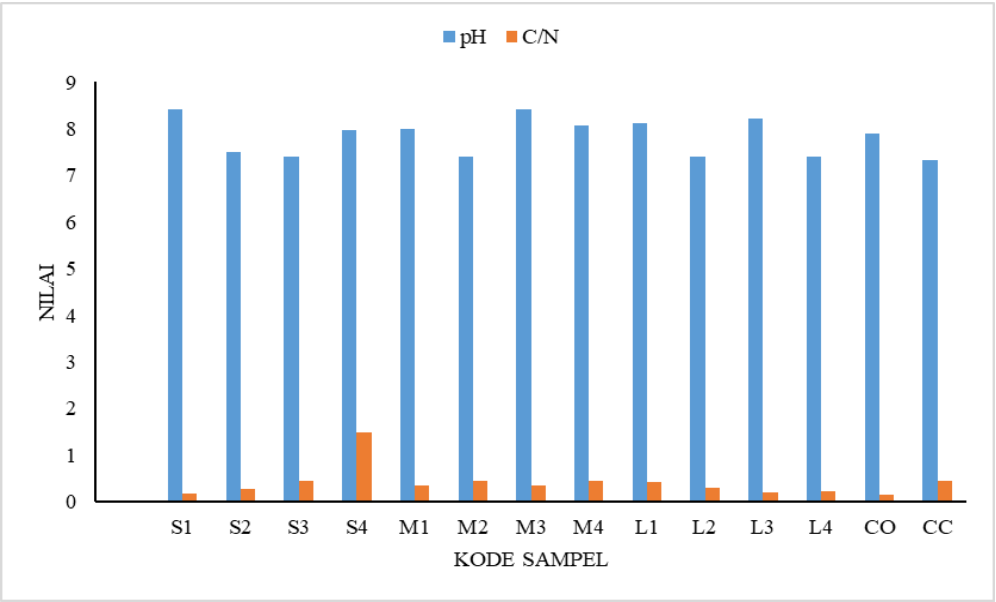
tomat *Lycopersicon esculentum* Mill. Hal ini mengindikasikan bahwa lindi dari riset ini yang memiliki kadar mikronutrien di dalam dan di atas level beberapa ekstrak Sargassum bisa berpotensi untuk diaplikasikan ke tanaman.

4. Harga pH dan rasio C/N

Berdasarkan **Gambar 4.3**, harga pH semua sampel memenuhi rentang yang ditetapkan Permentan antara 7–9. Derajat keasaman tertinggi dimiliki sampel S1 dan M3 sebesar 8,42. Cairan dengan pH yang bersifat netral hingga basa relatif lemah diketahui aman bagi tanaman terutama komoditas pertanian organik. Lingkungan yang terlalu asam (pH < 7) yang bersifat korosif dapat mendegradasi jaringan sel, merusak struktur enzim, dan menghambat metabolisme yang pada akhirnya akan menyebabkan tumbuhan mati. Beberapa penelitian tentang ekstrak Sargassum sebagai pupuk cair menunjukkan bahwa sampel yang mampu memberikan efek positif pada pertumbuhan tanaman memiliki pH dalam rentang tersebut (Sutharsan *et al*. 2014, Vijayanand *et al*., 2014 dan Uthirapandi *et al*., 2018).

Di sisi lain, persentase C-organik semua sampel masih berada di bawah 6% (Permentan 70/SR.140/10/2011) dimana sampel M4 memiliki kadar terbesar (0,39%). Untuk rasio C/N, sampel S4 memiliki nilai tertinggi (1,49) sedangkan harga rasio semua sampel masih tergolong rendah karena kurang dari 10 (Suriadikarta dan Setyorini, 2005). Peningkatan nilai perbandingan tersebut dapat dilakukan dengan jalan menambahkan bahan yang kaya materi karbon organik. Di sisi lain, nilai rasio C/N di bawah skala 20 dapat menunjukkan bahwa tingkat

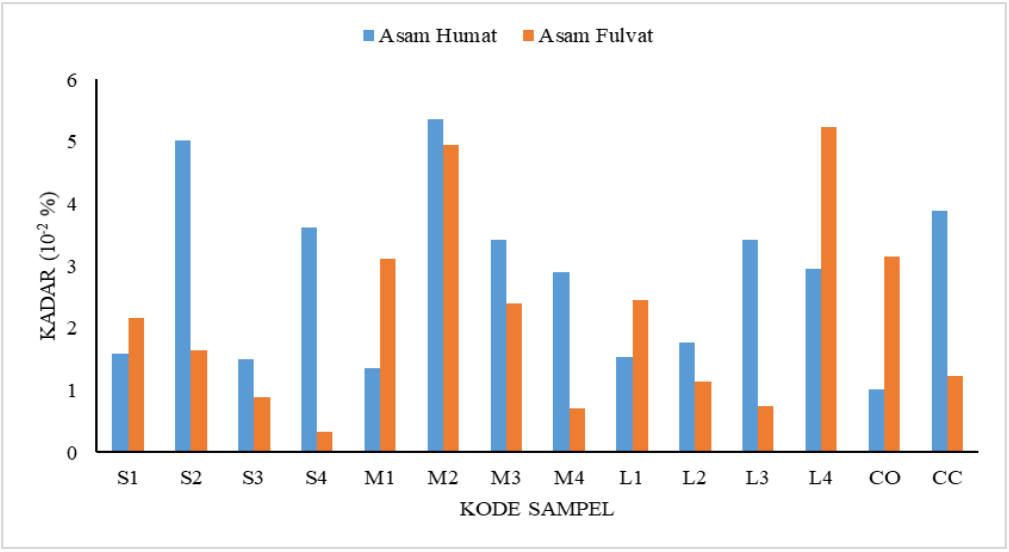
kematangan dan kestabilan lindi sudah memenuhi kualifikasi baik. Substrat organik yang matang, dengan kadar N bebas yang tinggi, saat diaplikasikan sebagai rabuk dapat melepaskan spesies N dalam waktu yang relatif singkat.



Gambar 4.3. Grafik harga pH dan rasio C/N sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan

5. Kandungan asam

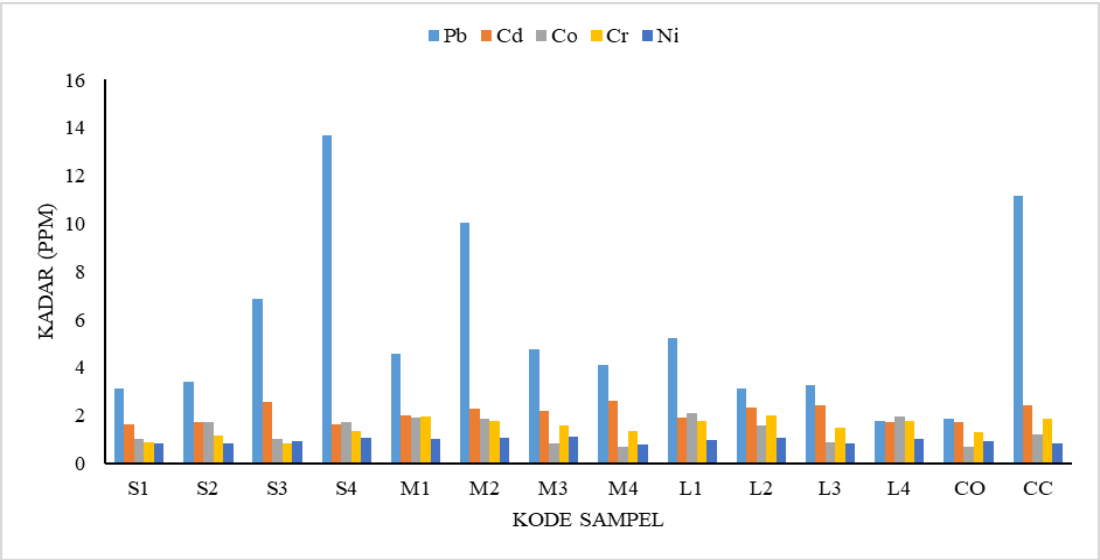
Berdasarkan **Gambar 4.4**, secara umum, kadar asam humat dan fulvat yang dibutuhkan untuk menjaga kestabilan pH dan kelembaban tanah tergolong lebih rendah dibandingkan kadar asam dalam pupuk kandang yang dilaporkan sebesar 1,52% (Dariah dan Nurida, 2011). Kandungan asam humat dan fulvat tertinggi berturut-turut adalah sampel M2 (0,054%) dan L4 (0,052%).



Gambar 4.4. Grafik kandungan asam humat dan fulvat sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan

Dengan adanya lapisan dinding sel dan lignin pada alga coklat, sebagaimana sumber asam humat dan asam fulvat dari tanaman segar, molekul benzena, lignin fenol, fenol, dan karbohidrat kemungkinan besar menjadi terdapat dalam ekstrak asam humat dan fulvat dalam penelitian ini (Shcellekens *et al.*, 2017). Penelitian lebih rinci diperlukan untuk mengkonfirmasi molekul apa saja yang tercampur dengan asam-asam tersebut serta faktor penentu keberhasilan ekstraksi untuk menghasilkan asam humus dengan konsentrasi yang lebih tinggi.

6. Kandungan logam transisi

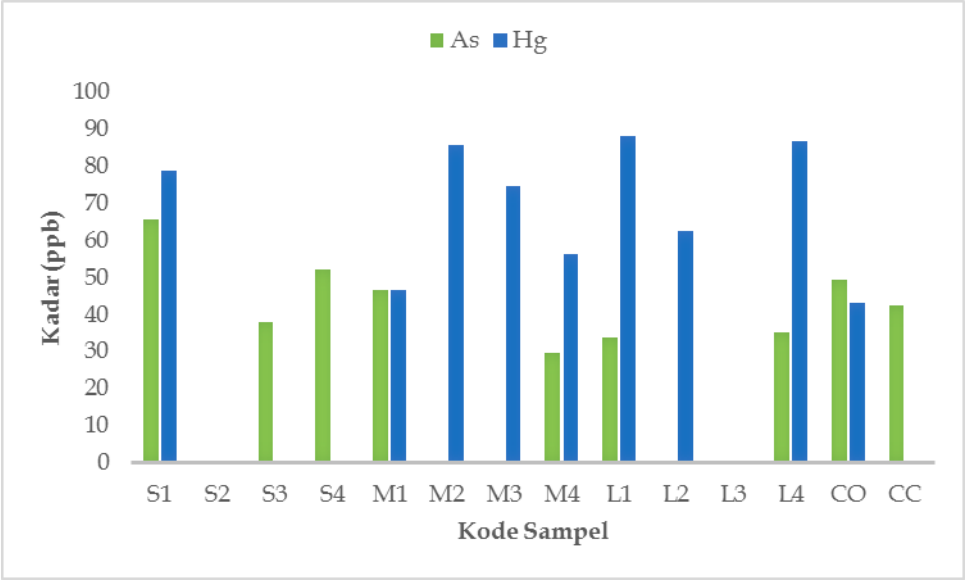


Gambar 4.5. Grafik kandungan logam transisi dalam sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan

Logam transisi merupakan unsur kimia yang memiliki orbital *d* pada konfigurasi elektronnya atau dalam tabel periodik unsur spesies ini terletak pada golongan B. Di pengukuran ini berdasarkan satuan yang digunakan, unsur-unsur tersebut dibedakan menjadi dua: *trace element* dalam ppm dan logam jarang dalam ppb. Kandungan logam transisi dalam SFL ini juga beragam seperti disajikan pada **Gambar 4.5 dan 4.6**.

Untuk golongan *trace element*, sampel S4 terlihat memiliki kadar Pb tertinggi (13,7 ppm), M4 mengandung Cd tertinggi (2,6 ppm), L1 dengan Co terbesar (2,12 ppm), Cr tertinggi dimiliki oleh L2 (2,01 ppm), dan kadar Ni terbesar ada di M3 (1,11 ppm). Rerata kadar logam tersebut sedikit lebih tinggi dibanding SFL *S. wightii* (Vijayanand *et al.*, 2014) dan ekstrak *Ulva intestinalis* kecuali Cr dan Ni (Ghaderiardakani, 2019).

Dengan memperhatikan Permentan 70, batas maksimal untuk kadar Pb dan Cd berturut-turut adalah 12,5 dan 0,5 ppm sehingga sampel tersebut tidak masuk dalam kualifikasi yang ditentukan. Paparan dua logam berat tersebut pada organisme dalam jangka waktu yang panjang dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti mutasi gen dan keracunan.



Gambar 4.6. Grafik kandungan logam berat dalam sampel dengan berbagai perlakuan pada dekomposter yang digunakan

Gambar 4.6 menampilkan dua jenis logam berat yang terekstrak melalui pengomposan ini, As dan Hg. Dua jenis logam ini dikenal sebagai logam toksik jika kadarnya di dalam tubuh organisme melampau ambang batas maksimal. *Sargassum* mentah dilaporkan bisa mengandung As hingga 20–21 ppm dalam berat keringnya sehingga pemanfaatan rumput laut ini untuk bahan makanan dan pertanian perlu dilakukan secara hari-hati (Milledge & Harvey, 2016). Tingginya kadar logam berat dalam alga coklat segar ini dikaitkan dengan kemampuan molekul

polisakaridanya di dalam dinding sel untuk mengabsorpsi ion-ion positif logam-logam tersebut seperti ion Cd, Pb, dan Au (Rubin *et al*., 2006 & Zhao *et al*, 2008).

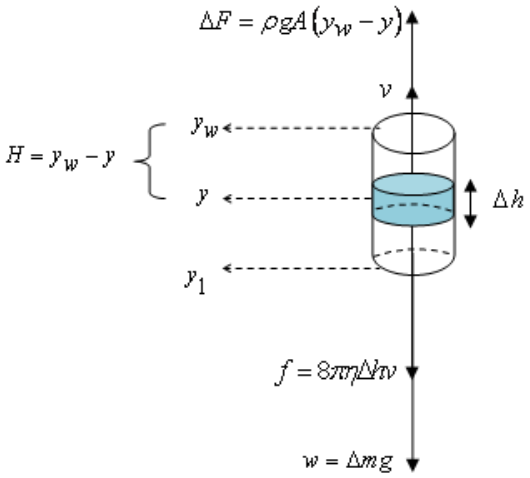
Berdasarkan Permentan 70, konsentrasi yang diperbolehkan ada di dalam pupuk organik cair adalah tidak lebih dari 2,5 dan 0,25 ppm berturut-turut untuk As dan Hg. Berdasarkan grafik tersebut, satuan yang dipakai adalah ppb yang artinya keberadaan logam berat dalam sampel-sampel ini masih di bawah persyaratan dalam Peraturan Menteri tersebut. Secara khusus, kadar As dan Hg sampel S2 dan L3 berada di bawah batas minimal deteksi (LoD) instrumen yang dipakai dalam penelitian ini, 20 ppb untuk As dan 40 ppb untuk Hg. Dua indikasi dapat diusulkan dari pengamatan ini: perairan di sekitar tempat sampling belum terkontaminasi limbah logam berat dan lindi hasil fermentasi dengan dekomposter-dekomposter ini tidak berbahaya bagi tanmaan dan lingkungan berdasarkan kandungan logam-logam tersebut.

7. Prinsip kerja sifon dalam decomposer termodifikasi

Sebagai penghubung lingkungan fermentasi dengan botol aerasi, sifon diduga menjadi jembatan penghubung aliran materi dan energi dari dan ke dua lingkungan tersebut. Materi yang dialirkan dapat berupa gas CO_2 sedangkan energi kalor sebagai bentuk energi hasil samping respirasi bakteri. Hal ini dapat menjaga parameter suhu dan medium aerasi stabil yang esensial bagi laju pengomposan karena sifon bertindak sebagai ventilator. Mobilisasi dua variabel tersebut terjadi karena ada beberapa gaya yang bekerja di dalam pipa lengkung itu. Tinjauan gaya-gaya pada masing-masing segmen seperti di bawah ini yaitu:

Segmen I

Gaya-gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen I diperlihatkan pada **Gambar** .



Gambar 4.7. Gaya-gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen I

Gaya akibat tekanan hidrostatis (ΔF) dapat dirumuskan

$$\Delta F = \rho g A\left(y_w - y\right). \qquad (a)$$

Total gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen I adalah:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} ,$$

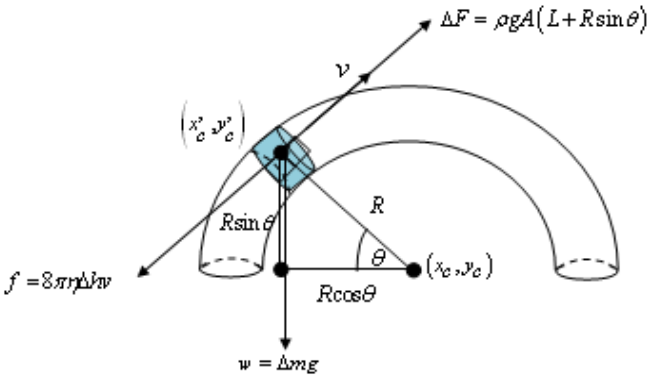
$$\Leftrightarrow \rho g A\left(y_w - y\right) - 8\pi\eta\Delta h v - \Delta m g = \Delta m \frac{d^2 y}{dt^2} ,$$

$$\Leftrightarrow \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{8\pi\eta\Delta h}{\Delta m}\frac{dy}{dt} + \frac{\rho g A}{\Delta m} y - \frac{\rho g A}{\Delta m} y_w + g = 0 . \qquad (b)$$

Persamaan (*b*) merupakan persamaan gerak elemen volume air di segmen I sifon.

Segmen II

Gaya-gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen II diperlihatkan pada **Gambar** .



Gambar 4.8. Gaya-gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen II

Bidang yang dibentuk oleh sudut θ dengan sumbu datar pada **Gambar** dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\left(x_c - x\right)^2 + \left(y'_c - y_c\right)^2 = R^2 \quad ; x = x_1 = x_2, \qquad (c)$$

$$x_c - x = R\cos\theta, \qquad (d)$$

$$y'_c - y_c = R\sin\theta \quad \Rightarrow \quad y'_c = y_c + R\sin\theta. \qquad (e)$$

Gaya akibat tekanan hidrostatik dirumuskan

$$\Delta F = \rho g A\left(L + R\sin\theta\right). \qquad (f)$$

Disubstitusikan persamaaan (*c*), (*d*), dan (*e*) ke persamaan (*f*), sehingga total gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen II adalah

$$\sum \vec{\tau} = I\vec{\alpha}\,,$$

$$\sum \vec{l} \times \vec{F} = \Delta m R^2 \frac{d^2\theta}{dt^2}\,,$$

$$\Leftrightarrow \Delta m R \frac{d^2\theta}{dt^2} = \left[\rho g A\left(L + R\sin\theta\right) - 8\pi\eta\Delta h v - \Delta m g\cos\theta\right],$$

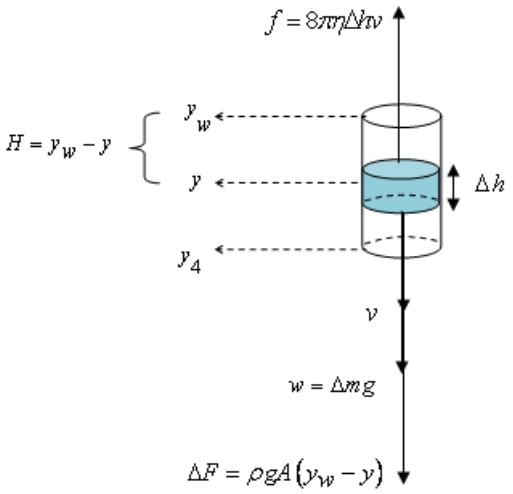
$$\Leftrightarrow \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{\rho g A\left(L + R\sin\theta\right)}{\Delta m R} - \frac{8\pi\eta\Delta h\omega R}{\Delta m R} - \frac{g\cos\theta}{R}\,,$$

$$\Leftrightarrow \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{8\pi\eta\Delta h}{\Delta m}\frac{d\theta}{dt} + \frac{g}{R}\cos\theta - \frac{\rho g A\sin\theta}{\Delta m} - \frac{\rho g A L}{\Delta m R} = 0\,. \quad (g)$$

Persamaan (*g*) merupakan persamaan gerak elemen volume air di segmen II sifon.

Segmen III

Gaya-gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen III sama dengan di segmen I, hanya berbeda arah seperti diperlihatkan pada **Gambar** .



Gambar 4.9. Gaya-gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen III

Disubstitusikan persamaaan (*a*) dan (*b*) ke dalam persamaan, sehingga total gaya yang bekerja pada elemen volume air di segmen III adalah:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \,,$$

$$\Leftrightarrow \rho g A\left(y_w - y\right) - 8\pi\eta\Delta h v + \Delta m g = \Delta m \frac{d^2 y}{dt^2} \,,$$

$$\Leftrightarrow \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{8\pi\eta\Delta h}{\Delta m}\frac{dy}{dt} + \frac{\rho g A}{\Delta m} y - \frac{\rho g A}{\Delta m} y_w - g = 0 \,. \qquad (h)$$

Persamaan (*h*) merupakan persamaan gerak elemen volume air di segmen III sifon.

Sebagai sebuah tabung, luas untuk bangun silinder seperti sifon dapat dituliskan sebagai berikut:

$$A = a_b h$$
$$A = 3{,}14 \ \frac{1}{4} d^2 h \qquad (i)$$

Dengan memperhatikan bahwa materi yang mengalir adalah gas yang kerapatannya relatif kecil, perhitungan gaya pada ketiga segmen tersebut bisa menggunakan pendekatan gaya tekanan hidrostatis dengan substitusi persamaan (i) ke (a) dan (f).

Luas penampang untuk segmen I dan III dianggap sama sehingga perhitungannya bisa menggunakan persamaan (i) sedangkan luas segmen II harus memperhatikan sudu lengkung sifon sebesar θ.

$$A = a_b h \sin\theta$$
$$A = \frac{3{,}14}{4} d^2 h \sin\theta \qquad (j)$$

Kasus untuk segmen II memang berbeda karena selain adanya faktor sudut lengkungan variabel panjang fragmen juga harus dilihat tiap fraksi. Artinya adalah perhitungan luas di segmen II melibatkan analisis trigonometri yang pada akhirnya mengakibatkan dimensi panjang *h* harus terpotong menjadi subfragmen menjadi h_1, h_2, dst mengikuti geometri segitiga yang disajikan pada Gambar 4.8. Rincian luas penampang pada setiap segmen ditampilkan di **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8. Parameter dimensi panjang yang dipakai dan luas penampang sifon tiap segmen dalam percobaan

No	Kode	*d* (cm)	*h* (cm)	*A* (cm²) segmen			*A* total (cm²)
				I	II	III	
1	S1	0,5	16	3,14	$0{,}19625h_1 sin\ \theta$	3,14	$6{,}28 + 0{,}19625h_1 sin\ \theta$
2	S2		18	3,5325	$0{,}19625h_2 sin\ \theta$	3,5325	$7{,}065 + 0{,}19625h_2 sin\ \theta$
3	S3		20	3,925	$0{,}19625h_3 sin\ \theta$	3,925	$7{,}85 + 0{,}19625h_3 sin\ \theta$
4	S4		22	4,3175	$0{,}19625h_4 sin\ \theta$	4,3175	$8{,}635 + 0{,}19625h_4 sin\ \theta$
5	M1	1	16	12,56	$0{,}785h_5 sin\ \theta$	12,56	$25{,}12 + 0{,}785h_5 sin\ \theta$
6	M2		18	14,13	$0{,}785h_6 sin\ \theta$	14,13	$28{,}26 + 0{,}785h_6 sin\ \theta$
7	M3		20	15,7	$0{,}785h_7 sin\ \theta$	15,7	$31{,}4 + 0{,}785h_7 sin\ \theta$
8	M4		22	17,27	$0{,}785h_8 sin\ \theta$	17,27	$34{,}54 + 0{,}785h_8 sin\ \theta$
9	L1	1,5	16	28,26	$1{,}76625h_9 sin\ \theta$	28,26	$56{,}52 + 1{,}76625h_9 sin\ \theta$
10	L2		18	31,7925	$1{,}76625h_{10} sin\ \theta$	31,7925	$63{,}585 + 1{,}76625h_{10} sin\ \theta$
11	L3		20	35,325	$1{,}76625h_{11} sin\ \theta$	35,325	$70{,}65 + 1{,}76625h_{11} sin\ \theta$
12	L4		22	38,8575	$1{,}76625h_{12} sin\ \theta$	38,8575	$77{,}715 + 1{,}76625h_{12} sin\ \theta$

Dengan memperhatikan gaya (b), (g), dan (h) dan mensubstitusi variabel *A* dengan data yang ada di Tabel 4.8., hubungan *F* dan *A* bisa dipastikan berbanding lurus. Artinya adalah semakin besar luas penampang sifon maka akan menghasilkan gaya hidrostatis yang makin besar. Dengan gaya tekan yang makin besar, secara teori, jumlah materi yang termobilisasi seharusnya juga makin banyak. Saat konsentrasi CO_2 di tabung dekomposter mulai jenuh, aliran gas ini terjadi melalui sifon ke tabung aerasi hingga tercapai kesetimbangan termal dimana margin suhu di kedua tabung tidak signifikan lagi.

Dengan mengingat luas penampang terbesar ada di dekomposter L4, kapasitas mobilisasi gas tersebut di L4 diduga adalah yang terbesar. Akan tetapi, hasil pengukuran kadar unsur hara makro menunjukkan bahwa proses fermentasi yang paling optimal terjadi di dekomposter L3. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor jumlah materi yang mampu dialirkan dari tabung utama ke tabung pendingin bukanlah satu-satunya faktor penentu pengatur laju dekomposisi.

Dugaan sementara dari observasi dalam riset ini adalah pengalihan materi jenuh hasil samping fermentasi juga memerlukan waktu yang optimal agar terjadi *smoothy transition.* Dengan kata lain, jumlah materi jenuh yang dipindahkan dalam satu waktu bersamaan akan menyebabkan perubahan lingkungan dekomposter yang relatif radikal. Hal ini menyebabkan kondisi fisiologis mikroorganisme juga berubah secara signifikan yang berakibat penurunan laju fermentasi. Hal inilah yang kemungkinan terjadi di L4 sehingga kadar nutrisi makro dari tabung tersebut bukanlah yang terbesar. Kajian lebih lanjut untuk membuktikan hipotesis ini perlu dilakukan sehingga parameter-

parameter optimal untuk aplikasi sifon dalam fermentasi bahan organik menjadi lebih faktual dan empirik.

Pada penelitian ini, sifon diaplikasikan untuk mengalirkan udara dan energi pada proses fermentasi pupuk *Sargassum* dimana percobaan tersebut berhasil menunjukkan adanya aliran udara dari tabung dekomposter ke tabung aerasi. Berdasarkan modifikasi diameter dan panjang pipa sifon yang tercelup di tabung pendingin (aerasi), dapat disimpulkan bahwa semakin besar diameter dalam pipa sifon yang digunakan, dan semakin panjang pipa yang tercelup dalam wadah pendingin, maka hasil pupuk sargassum yang diperoleh semakin optimal akan tetapi jika kedua variabel tersebut terlalu besar hasil fermentasi juga pada akhirnya akan menurun.

BAB V
PENUTUP

A. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengkonfirmasi bahwa modifikasi pipa penghubung reaktor dekomposter berukuran 600 mL dengan tabung aerasi mampu meningkatkan kadar makronutrien dan beberapa kadar mikronutrien (Mg dan Mn) dengan nilai yanglebih besar jika dibandingkan dengan ekstrak alkali spesies ini dari lokasi yang sama yang dilaporkan Asmara *et al.* (2020). Kandungan unsur-unsur yang terekstrak dalam penelitian ini juga terkonfirmasi lebih baik dari beberapa ekstrak rumput laut yang telah dilaporkan sebelumnya, baik dari alga cokelat maupun jenis alga lain.

Secara khusus, berdasarkan kadar makronutrien terbaik, modifikasi pipa penghubung dengan kode L3 (d = 1,5 cm dan l = 20 cm) teramati menghasilkan kadar unsur primer tertinggi. Untuk kandungan beberapa mikronutrien (Mn, Cu, Zn, Cd, dan Co), sampel L3 belum memenuhi batas dalam Permentan 70/SR.140/10/2011.

B. Saran

Beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan riset ke depan menggunakan luaran dari penelitian ini antara lain:

1. Pengujian keempatbelas SLF dari penelitian ini perlu diujicobakan pada benih dan/atau tanaman hidroponik untuk mengetahui

pengaruhnya terhadap proses perkecambahan dan/atau pertumbuhan akar, batang, dan daun,

2. Penggunaan dekomposter dengan formula L3 perlu diterapkan pada proses pengomposan menggunakan inkubator dengan dimensi yang umum dipakai dalam dunia industri untuk mengetahui konsistensi dan karakteristik luaran produk SLF, dan
3. Pengujian kadar HPT perlu dilakukan terhadap luaran penelitian ini untuk melengkapi informasi kandungan zat esensial tersebut sebelum dilakukan pengujian produksi massal.

DAFTAR PUSTAKA

Afriani, W. 2020. Uji perbandingan aktivitas antibakteri serbuk alginat rumput laut cokelat *(Sargassum sp.)* dengan variasi agen pengekstrak. *Skripsi.* UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Ajith, S., Rojith, G., Zacharia, P. U., Nikki, R., Sajna, V. H., Liya, V. B., & Grinson, G. 2019. Production, Characterization and Observation of Higher Carbon in Sargassum wightii Biochar From Indian Coastal Waters. *Journal of Coastal Research*, *86*(SI), 193-197.

Anggadiredja, J. T. 2006. *Rumput laut*. Jakarta: Penerbit Swadaya.

Anif, S., & Astuti, D. 2008. Efektivitas EM-4 (*Effective Microorganisms-4*) dalam menurunkan BOD (*Biological Oxygen Demand*) limbah alkohol. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(2): 101-114.

AOAC. 2012. *Official Method of Analysis.* Washington DC: Association of Official Analytical Chemists, 19th Edition.

American Public Health Association. 1995. *Standards methods for examination of water and waste water analysis. 19th ed*. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

Asmara, A.P. 2019. Karakterisasi produk cair *alkali treated sargassum* dengan variasi waktu perlakuan pada *Sargassum* sp. pantai Lhoknga. *Laporan Penelitian Dasar Pengembangan Program Studi (PDPS).* Banda Aceh: Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN Ar-Raniry.

Asmara, A. P., Sedyadi, E., & Zette, I. F. 2020. Characteristics of liquid product of alkaline treated *Sargassum polycystum* CA Agardh. from Lange Beach, Aceh. *Indonesian Journal of Marine Sciences/Ilmu Kelautan*, 25(2): 57–65.

Badan Standadisadi Nasional (BSN). 2013. Cara uji kadar nitrogen total sedimen dengan distilasi Kjeldahl secara titrasi. Online. Diakses pada 19 Agustus 2020. http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/sni-4146-2013.pdf.

Basmal, J. 2010. Teknologi pembuatan pupuk organik cair kombinasi hidrolisat rumput laut *Sargassum* sp. dan limbah ikan. *Squalen*; 5(2): 59–66.

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): 143–153.

Basmal, J., Chori, V.A., dan Nurhayati. 2017. Pemanfaatan limbah cair produksi *alkali treated sargassum* sebagai bahan baku pupuk cair. *JPB Kelautan dan Perikanan*; 12(2): 137–149.

Basmal, J., Saputra, R., Karnila, R., dan Leksono, T. 2019. Ekstraksi unsur hara dari rumput laut *Sargassum* sp. *JPB Kelautan dan Perikanan*; 14(1): 63-74.

Battacharyya, D., Babgohari, M.H., Rathor, P., dan Prithiviraj, B. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*; 196: 39–48.

Bhaisare, S.H., Walke, P., Ganguly, S.S., dan Wankar, V.M. 2017. The organic compost machine and factors effecting performance of composting: a review. *International Journal of Engineering Science and Computing*; 7(12): 15688–15870.

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 Pac J Reprod*; 7(1): 27.

Chee, S. Y., Wong, P. K., & Wong, C. L. 2011. Extraction and characterisation of alginate from brown seaweeds (Fucales, Phaeophyceae) collected from Port Dickson, Peninsular Malaysia. *Journal of applied phycology*, *23*(2), 191-196.

Coenen, C., and Lomax, T.L. 1997. Auxin-cytokinin interactions in higher plants: old problems and new tools. *Trends in Plant Science* 2: 351–356.

Cole, A. J., Roberts, D. A., Garside, A. L., de Nys, R., & Paul, N. A. 2016. Seaweed compost for agricultural crop production. *Journal of applied phycology*, *28*(1), 629-642.

Chisholm, J.R.M. 2000. Calcification by crustose coralline algae on the northern Great Barrier Reef, Australia. *Limnology and Oceanography* 45 :1476-1484.

Crouch, I.J. dan van Staden, J. 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant Growth Reg*; 13: 21-29.

Dariah, A., dan Nurida, N.L. 2011. Formula pembenah tanah diperkaya senyawa humat untuk meningkatkan produktivitas tanah Ultisols Taman Bogo, Lampung. *Jurnal Tanah dan Iklim No. 33*.

Darmawati. 2015. Efektivitas berbagai bioaktivator terhadap pembentukan kompos dari limbah sayur dan daun. *Jurnal Dinamika Pertanian*, Volume XXX (2): 93 – 100.

Dewi, E.N., Rianingsih,L., dan Anggo, A.P. 2019. The addition of different starters on characteristics *Sargassum* sp. liquid fertilizer. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 246 012045.

Dharmayanti, N., Supriatna, J., Abinawanto, A., & Yasman, Y. 2020. Characteristics of alginate content on *Sargassum polycystum* CA Agardh from western Java, Indonesia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 404, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.

Dipietro, E. S., Bashor, M. M., Stroud, P. E., Smarr, B. J., Burgess, B. J., Turner, W. E., & Neese, J. W. 1988. Comparison of an inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry method for the determination of calcium, magnesium, sodium, potassium, copper and zinc with atomic absorption spectroscopy and flame photometry methods. *Science of the total environment*, *74*, 249-262.

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 Utln*. 2017, 8(2): 37-43.

du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hortic*. http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021

Earthgreen. 2020. What's the difference between humic and fulvic acid? *Online.* Diakses pada 13 September 2020. https://www.earthgreen.com/humic-vs-fulvic-acids

Erulan, V., Soundarapandian, P., Thirumaran, G., & Ananthan, G. 2009. Studies on the effect of *Sargassum polycystum* (C.Agardh, 1824) extract on the growth and biochemical composition of *Cajanus cajan (*L.) Mill sp. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*., 6 (4): 392–399.

Farabee, M.J. 2007. Plant hormones, nutrition, and transport. *Online*. Diakses pada 15 September 2020. https://www2.estrellamountain.edu/faculty/farabee/bio-bk/BioBookPLANTHORM.html

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.

Hatcher, B.G. 1988. Coral reef primary productivity: a beggar's banquet. *Trends in Ecology & Evolution* 3:106-111.

Hughes, S. W. 2010. A practical example of a siphon at work, *Physics Education*, 45 (2): 162.

Hughes, S. W. 2011. The secret siphon, *Physics Education*, 46 (3): 298.

Gazali, M., Nurjanah, & Zamani, N.P. 2018. Eksplorasi senyawa bioaktif alga cokelat *Sargassum sp.* Agardh sebagai antioksidan dari pesisir barat Aceh. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indo.* 21(1): 167–178. doi: 10.17844/jphpi.v2 1i1.21543.

Ghaderiardakani, F., Collas, E., Damiano, D.K., Tagg, K., Graham, N.S., & Coates, J.C. 2019. Effects of green seaweed extract on *Arabidopsis* early development suggest roles for hormone signalling in plant responses to algal fertilisers. *Scientific reports*, *9*(1), 1-13.

Jing, W., Zhang, S., Fan, Y., Deng, Y., Wang, C., Lu, J., Sun, X., Ma, N., Shahid, M.O., Li, Y., & Zhou, X. 2020. Molecular evidences for the interactions of auxin, gibberellin, and cytokinin in bent peduncle phenomenon in Rose (*Rosa* sp.). *Int. J. Mol. Sci*., 21, 1360; doi:10.3390/ijms21041360

Joshi, R., Singh, J, & Vig, A.P. 2014. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Rev Environ Sci Biotechnol*, DOI 10.1007/s11157-014-9347-1

Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M.,Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J., Prithiviraj, B., 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regul*.; 28:386–399.

Kuo, S., Ortiz-Escobar, M. E., Hue, N. V., dan Hummel R. L. Composting and compost utilization for agronomic and container crops. Diakses pada 14 Agustus 2019. https://www.ctahr.hawaii.edu/huen/composting_compost_util.pdf

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.

Lapointe, B.E., West, L.E., Sutton, T.T., & Hu, C. 2014. Ryther revisited: Nutrient excretions by fishes enhance productivity of pelagic sargassum in the western North Atlantic Ocean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol*., 458, 46–56.

Lestari, D. I. 2016. Efektivitas rumput laut *Saragassum* sp. sebagai sumber alternatif penghasil biogas. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.

LibreTexts. 2020. Auxins, cytokinins, and gibberellins. *Online.* Diakses pada 15 September 2020. https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/Book%3A_General_Biology_(Boundless)/30%3A_Plant_Form_and_Physiology/30.7%3A_Plant_Sensory_Systems_and_Responses/30.7E%3A_Auxins%2C_Cytokinins%2C_and_Gibberellins

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.

Loppies, J.E., dan Yumas, M. 2017. Pemanfaatan limbah cair industri rumput laut sebagai pupuk organik cair untuk tanaman pertanian. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*; 12(2): 66-75.

Ly, B.M., Buu, N.Q., Nhut, N.D., Thinh, P.D., dan Van, T.T.T. 2005. Studies on fucoidan and its production from Vietnamese brown seaweeds. *ASEAN J. Sci. Technol. Dev.*, *22*, 371–380.

Mahmoud, S. H., Salama, D. M., El-Tanahy, A. M., & Abd El-Samad, E. H. 2019. Utilization of seaweed (Sargassum vulgare) extract to enhance growth, yield and nutritional quality of red radish plants. *Annals of Agricultural Sciences*, *64*(2), 167-175.

Manteu, S.H., Nurjanah, & Nurhayati, T. 2018. Karakteristik rumput laut cokelat *(Sargassum policystum* dan *Padina minor)* dari perairan Pohuwato Provinsi Gorontalo. *J.* Pengolah. *Hasil Perikan. Indo.,* 21(3): 396-405.

Manu, M. K., Kumar, R., dan Garg, A. 2016. Drum composting of food waste: a kinetic study. *Procedia Environmental Sciences*; 35: 456 – 463.

Manullang, R. R., Rusmini, R., & Daryono, D. 2018. Kombinasi mikroorganisme lokal sebagai bioaktivator kompos *Jurnal Hutan Tropis*, *5*(3), 259-266.

Martinez Nadal, N.G. 1961. Antibiotic properties of *Sargassum natans* from Puerto Rico. *J. Pharm. Sci*. 50, 356.

Masterika, F. 2011. *Eksperimen aliran fluida menggunakan self siphon*, Tesis Magister Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Masterika, F., Novitrian, dan Viridi, S. 2010. Self siphon exsperiments and its mathematical modelling using parametric equation, *Proceeding of the Third International Conference on Mathematics and Natural Sciences*, p. 608.

Masterika, F., Novitrian, dan Viridi, S. 2011. Eksperimen aliran fluida menggunakan self siphon, *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran Sains*, p. 47

Matloub, A.A., Awad, N.E., dan Khamiss, O.A. 2012. Chemical composition of some *Sargassum* spp. and their insecticidal evaluation on nucleopolyhedrovirus replication in vitro and in vivo. *Egyptian Pharmaceutical Journal*, 11:53–58.

Milledge, J.J., & Harvey, P.J. 2016. Ensilage and anaerobic digestion of *Sargassum muticum*. *J. Appl. Phycol*., 1–10.

Nakazawa, M., Yabe, N., Ichikawa, T., Yamamoto, Y.Y., Yoshizumi, T., Hasunuma, K., & Matsui, M. 2001. DFL1, an auxin-responsive GH3 gene homologue, negatively regulates shoot cell elongation and lateral root formation, and positively regulates the light response of hypocotyl length. *Plant J*., 25, 213–221.

Nanayakkara, N. W. K. T. R. dan Rosa, S. R. D. 2012. Revisiting the Physics behind Siphon Action, *Proceedings of the Technical Sessions*, 28: 106.

Nurhayati, Hidayat, W., Novitrian, Viridi. S., and Zen, F. P. 2012. Simulation of fluid flow in A U-shape self-siphon and its working space, *Proceeding of the Fourth International Conference on Mathematics and Natural Sciences*, in review.

Nurhayati, Hidayat, W., Viridi. S., dan Zen, F. P. 2012. Pemodelan aliran fluida dalam pipa lurus vertikal bagian dari sifon menggunakan dinamika Newton, *Prosiding Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains*, p. 65

Oyesiku, O. O., & Egunyomi, A. 2014. Identification and chemical studies of pelagic masses of *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon and *S. fluitans* (Borgessen) Borgesen (brown algae), found offshore in Ondo State, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, *13*(10).

Palanisamy, S., Vinosha, M., Marudhupandi, T., Rajasekar, P., & 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*, *102*, 405-412.

Parnata, A.S. 2004. *Pupuk organik cair, aplikasi dan manfaatnya.* Bogor: Agromedia Pustaka.

Patel, J.V., Brahmbhatt, 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. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*; 7(3): 2113–2119.

Peraturan Menteri Pertanian No.70/Permentan/SR.140/10/2011. Online. Diakses pada 15 Agustus 2019. http://perundangan.pertanian.go.id/admin/file/Permentan-70-11.pdf

Pise, N.M., & Sabale, A.B. 2010b. Biochemical composition of seaweeds along central west coast of India. *J. Phytolog.,* 2(7): 148–150. doi: 10.1016/S0975-3575(10)80082-3.

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. 2020. Nutrisi tanaman. *Online.* Diakses pada 15 September 2020. http://repo.unand.ac.id/13620/1/Bahan%20Kuliah%20repo%20Nutrisi%20Tanaman.pdf

Raghunandan, B. L., Vyas, R. V., Patel, H. K. dan Jhala, Y. K. 2019. Perspectives of Seaweed as Organic Fertilizer in Agriculture. *Soil Fertility Management for Sustainable Development*: 267–289. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5904-0_13

Rasmussen, R.S., dan Morrissey, M.T. 2007. Marine biotechnology for production of food ingredients. *Advances in food and nutrition research* 52: 237–292.

Ratrinia, P.W., Uju, dan Suptijah, P. 2016. Efektivitas penambahan bioaktivator laut dan limbah cair surimi pada karakteristik pupuk organik cair dari *Sargassum sp. JPHPI*; 19(3): 309–320.

Rubin, E., Rodriguez, P., Herrero, R., & de Vicente, M.E.S. 2006. Biosorption of phenolic compounds by the brown alga *Sargassum muticum*. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 81, 1093–1099.

Sastro, Y. Bakrie, B. and Sudolar, N R. 2013. The effect of fermentation method, microbes inoculation and carbon source proportion on the quality of organic fertilizer made from liquid wastes of chicken slaughterhouse. *J. Indonesian Trop. Anim. Agric*. 38(4).

Schellekens, J., Buurman, P., Kalbitz, K., van Zomeren, A., Vidal-Torrado, P., Cerli, C., & Comans, R.N.J. 2017. Molecular features of humic acids and fulvic acids from contrasting environments. *Environ. Sci. Technol*. DOI: 10.1021/acs.est.6b03925

Schrager-Lavelle, A., Gath, N.N., Devisetty, U.K., Carrera, E., Lopez-Diaz, I., Blazquez, M.A., & Maloof, J.N. 2019. The role of a class III

gibberellin 2-oxidase in tomato internode elongation. *Plant J.*, 97, 603–615.

Seyedbagheri, M. 2010. *Compost: production, quality, and use in commercial agliculture.* Idaho: University of Idaho, the US.

Sedayu, B.B., Erawan, M.S., dan Assadad, L. 2014. Pupuk cair dari rumput laut *Eucheuma cottonii*, *Sargassum* sp. dan *Gracilaria* sp. menggunakan proses pengomposan. *JPB Perikanan;* 9(1): 61–68.

Selvam, G.G. dan Sivakumar, S. 2013. Effect of foliar spray from seaweed liquid fertilizer of *Ulva reticulata* (Forsk.) on *Vigna mungo* L. And their elemental composition using SEM–energy dispersive spectroscopic analysis. *Asian Pacific Journal of Reproduction*; 2(2): 19-125.

Simanungkalit, R.D.M. 2006. *Pupuk organik dan pupuk hayati*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.

Stevenson, F.J. 1994. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. Wiley, New York.

Sugiono, W. S., & Adisoehono, L. 2014. Extraction optimization by response surface methodology and characterization of fucoidan from brown seaweed *Sargassum polycystum*. *International Journal of ChemTech Research*, *6*(1), 195-205.

Sujatha, K., Vijayalakshmai, V. dan Suganthi, A. 2015. Comparative efficacy of brown, red and green seaweed extracts on low vigour sunflower (*Helianthus annus* 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*; 44: 118.

Sundari, I., Maruf, W.F., dan Dewi, E.N. 2014. Pengaruh penggunaan bioaktivator EM4 dan penambahan tepung ikan terhadap spesifikasi pupuk organik cair rumput laut *Gracilaria* sp. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*; 3(3): 88–94.

Suriadikarta,D.A., dan Setyorini, D. 2005. Baku mutu pupuk organik. Online. Diakses pada 19 Agustus 2020. http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/bu-

ku/buku%20pupuk%20hayatipupuk%20organik/11baku_didi.pdf

Sutharsan, S., Nishanthi, S., & 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. doi: 10.5829/idosi.aejaes. 2014.14.12.1828.

Takase, T., Nakazawa, M., Ishikawa, A., Kawashima, M., Ichikawa, T., Takahashi, N., Shimada, H., Manabe, K., & Matsui, M. 2004. ydk1-D, an auxin-responsive GH3 mutant that is involved in hypocotyl and root elongation. *Plant J*., 37, 471–483.

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.

Valderrama, D., Cai, J., Hishamunda, N., dan Ridler, N. 2014. Social and economic dimensions of carrageenan seaweed farming: *FAO Fisheries and Aquaculture technical paper 580*; Rome, Italy: FAO.

Van Weelden, G., Bobi, M., Okła, K., van Weelden, W.J., Romano, A., dan Pijnenborg, J.M.A. 2019. Fucoidan structure and activity in relation to anti-cancer mechanisms. *Mar. Drugs*, 17, 32.

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.

Viridi, S., Novitrian, Masterika, F., Hidayat W., dan Zen, F. P. 2011. Segmented self siphon: experiments and simulations. In The 5th International Conference on Research and Education in Mathematics, Edited By E. T. Baskoro et. al., *AIP Conference Proceedings*, 1450: 190.

Viridi, S., Suprijadi., Khotimah, S. N., Novitrian, dan Masterika, F. 2011. Self-siphon simulation using molecular dynamics method, *Recent Development in Computer Science*, 2: 9

Yang, T., Davies, P.J., and Reid, J.B. 1996. Genetic dissection of the relative roles of auxin and gibberellin in the regulation of stem elongation in intact light-grown peas. *Plant Physiology* 110: 1029–1034.

Zhao, F.J., Liu, F.L., Liu, J.D., Ang, P.O., & Duan, D.L. 2008. Genetic structure analysis of natural *Sargassum muticum* (fucales, phaeophyta) populations using RAPD and ISSR markers. *J. Appl. Phycol*., 20, 191–198.

LAMPIRAN 1
JADWAL KEGIATAN PENELITIAN

No	Kegiatan	Minggu ke																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Penyusunan proposal																	
2	Seminar proposal																	
3	Perbaikan proposal																	
4	Persiapan penelitian																	
5	Preparasi sampel																	
6	Preparasi sampel rumput laut																	
7	Perakitan drum dekomposter																	
8	Proses pengomposan																	
9	Pengujian dan analisis data kadar HPT dan unsur hara SFL																	
11	Pelaporan, penggandaan, dan penyerahan laporan																	

LAMPIRAN 2

LOG BOOK PENELITIAN

No.	Hari dan Tanggal	Kegiatan	Catatan Kemajuan	Kendala
1.	*Senin, 13 Januari 2020*	*Penandatanganan Surat Perjanjian Penugasan (Kontrak) Kegiatan*	*Terlaksanananya kontrak kegiatan antara pelaksana dan penyelenggara.*	*Lancar*
2.	*Rabu, 15 Januari 2020*	*Penandatanganan BAP dan BAPP pencairan bantuan Tahap 1*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
3.	*Jum'at, 17 Januari 2020*	*Penandatanganan kwitansi pencairan bantuan Tahap 1*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
4.	*Kamis, 23 Januari 2020*	*Rapat tentang desain alat dan bahan penelitian*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
5.	*26 Januari 2020*	*Rapat persiapan tentang metode penelitian*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
6.	*6 Februari 2020*	*Penyusunan tahapan penelitian*	*Beberapa tahapan sudah jelas*	*Beberapa tahapan masih perlu dikaji*
7.	*11 Februari 2020*	*Persiapan/pengumpulan alat dan bahan penelitian*	*Sebagian alat dan bahan sudah terkumpul*	*Beberapa alat dan bahan sedang dipesan*
8.	*17 Februari 2020*	*Pemesanan alat-alat penelitian*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
9.	*2 Maret 2020*	*Pengecekan alat-alat yang sudah sampai*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
10.	*16 Maret 2020*	*Persiapan pengambilan sampel penelitian*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
11.	*18 Maret 2020*	*Pengambilan sampel penelitian*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
12.	*20 Maret 2020*	*Alat-alat penelitian sudah sampai*	*Pengecekan alat-alat*	*Lancar*
13.	*21 Maret 2020*	*Pembelian bahan-bahan*	*Terlaksana dengan*	*Lancar*

		penelitian	*baik*	
14.	*21 Maret 2020*	*Pelaksanaan penelitian/uji penelitian tahap I*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
15.	*24 Maret 2020*	*Pelaksanaan penelitian /uji penelitian tahap II*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
16.	*4 April 2020*	*Pengamatan penelitian tahap awal*	*Perlu dilakukan penelitian ulang*	*Terjadinya aliran air pada pipa siphon sehingga penelitian perlu diulangi*
17.	*6 April 2020*	*Pengamatan penelitian tahap kedua*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
18.	*12 April 2020*	*Pengajuan surat permohonan pengujian sampel*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
19.	*19 April 2020*	*Persiapan penyimpanan hasil uji penelitian*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
20.	*21 April 2020*	*Pengiriman sampel untuk diuji*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
21.	*10 Mei 2020*	*Rapat persiapan penyusunan Laporan Antara dan logbook*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
22.	*11 Agustus 2020*	*Menerima hasil uji sampel dari Balingtan*	*Beberapa parameter telah berhasil diperoleh*	*Beberapa parameter belum berhasil diperoleh*
23.	*11 Agustus 2020*	*Menganalisis hasil uji beberapa sampel yang telah ada*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
24.	*11 Agustus 2020 - sekarang*	*Menunggu hasil uji sampel yang lainnya dari Balingtan*	*Masih dalam proses pengujian*	*Hasil uji beberapa parameter logam berat belum diperoleh dan perlu dianalisa kembali*
25.	*12 Agustus 2020*	*Menyusun laporan Antara, logbook dan hal-hal terkait lainnya*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
26.	*13 Agustus 2020*	*Rapat koordinasi*	*Terlaksana dengan*	*Lancar*

		Puslitpen LP2M dan peneliti UIN Ar-Raniry	*baik*	
27.	*13 Agustus 2020*	*Melanjutkan penyusunan laporan Antara, logbook dan hal-hal terkait lainnya*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
28.	*14 Agustus 2020-sekarang*	*Merancang dan menulis draft artikel penelitian*	*Terlaksana dengan baik*	*Masih sembari menunggu kelengkapan hasil uji parameter logam berat dari Balingtan*
29.	*21-22 Agustus 2020*	*Menyerahkan softcopy dokumen laporan Antara melalui dua jalur Litapdimas dan Formulir Online*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*
30.	*15 September 2020*	*Pengurusan HKI*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar dalam proses penerbitan HKI*
31.	*22 September 2020*	*Pengiriman berkas-berkas dan laporan akhir melalui Web*	*Terlaksana dengan baik*	*Lancar*

LAMPIRAN 3

BIODATA PENELITIAN

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

A. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap *(dengan gelar)*	**Nurhayati, S.Si., M.Si**
2.	Jenis Kelamin L/P	P
3.	Jabatan Fungsional	Lektor
4.	NIP	198905142014032002
5.	NIDN	2014058901
6.	NIPN *(ID Peneliti)*	201405890110140
7.	Tempat dan Tanggal Lahir	Banyumas, 14 Mei 1989
8.	E-mail	nurhayati.sururi@ar-raniry.ac.id
9.	Nomor Telepon/HP	081219549761
10.	Alamat Kantor	Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam
11.	Nomor Telepon/Faks	-
12.	Bidang Ilmu	Fisika
13.	Program Studi	Biologi
14.	Fakultas	Sains dan Teknologi

B. Riwayat Pendidikan

No.	Uraian	S1	S2	S3
1.	Nama Perguruan Tinggi	UNSOED	ITB	-
2.	Kota dan Negara PT	Purwokerto, Indonesia	Bandung, Indonesia	-
3.	Bidang Ilmu/ Program Studi	Fisika	Fisika	-
4.	Tahun Lulus	2010	2013	-

C. Pengalaman Penelitian dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
1.	2018	Analisis Kadar Kafein dalam	DIPA UIN Ar-

		Minuman Kopi Khop Aceh dengan Metode Spektroskopik	RANIRY
2.			
3.			
dst.			

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian	Sumber Dana
1.	2018	Pelatihan Pembuatan Modul Praktikum Fisika pada MTsN 4 Banda Aceh	Pribadi
2.	2019	Pelatihan Demonstrasi Permainan Fisika bersama Guru dan Mahasiswa PFS pada Siswa/i di MTsN 4 Banda Aceh	Pribadi
3.	2019	Pelatihan Pembuatan Modul Pembelajaran Fisika "Pemanfaatan Barang-barang Bekas menjadi Alat-alat Listrik Sederhana" di MTsN 4 Banda Aceh	Pribadi
4.	2019	Pengabdian Masyarakat Dosen dan Mahasiswa Prodi Pendidikan Fisika "Penanaman Pohon dan Goes to School" di Kota Sabang	Prodi PFS FTK UIN Ar-Raniry
5.	2020	Pengabdian Masyarakat Berbasis Penelitian, Penulisan Buku dan Bakti Sosial di Masa Pandemi Covid-19	Pengumpulan Dana Baksos
dst.			

E. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun/Url
1.	Numerical Analysis of Energy Converter for Wave Energy	International Journal of Renewable Energy Development	Vol. 9 No. 2 (2020), hal. 255-261. ISSN: 2252-4940 (Print), 2716-4519 (Online). DOI: https://doi.org/10.14710/ijred.9.2.255-261 https://ejournal.undip.a

	Power Generation-Pendulum System		c.id/index.php/ijred/article/view/28620/pdf
2.	Modifikasi Pompa Air Menggunakan Kincir Kecepatan Rendah Sebagai Tenaga Penggerak.	Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology	Vol. 5 No. 1 (2019), hal. 38-46. ISSN: 2302-2736 (Print), 2549-9335 (Online). DOI: http://dx.doi.org/10.22373/ekw.v5i1.4091 https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/elkawnie/article/view/4091/pdf
3.	Analisis Kadar Kafein dalam Minuman Kopi Khop Aceh dengan Metode Spektroskopik	Lantanida Journal	Vol. 6 No. 2 (2018), hal. 141-155. ISSN: 2356-3133 (Print), 2548-9062 (Online). DOI: http://dx.doi.org/10.22373/lj.v6i2.3624 https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/lantanida/article/view/3624/pdf
4.	TWO DIMENSIONAL DYNAMICS OF SPHERICAL GRAIN FLOATING ON THE PROPAGATING WAVE FLUID SURFACE	SPEKTRA: Jurnal Fisika dan Aplikasinya	Volume 3 Issue 3 (2018), pp. 133-142. ISSN: 2541-3384 (Print), 2541-3392 (Online). DOI: https://doi.org/10.21009/SPEKTRA.033.01 http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/spektra/article/view/8256/5965
5.	Penerapan Formalisme Euler-Lagrange dan Solusi Persamaan Geraknya dalam Perancangan Pompa Air dengan Kincir Sebagai Tenaga	Jurnal Teras Fisika: Teori, Modeling, dan Aplikasi Fisika	Vol. 2 No. 2 (2019), hal. 9-12. ISSN: 2614-7580 (Print), 2615-1219 (Online). DOI: https://doi.org/10.20884/1.jtf.2019.2.2.20 60 http://jos.unsoed.ac.id/index.php/tf/article/view/2060/1314

	Penggerak.		
6.	Penentuan Nilai Hambatan dan Hambatan Jenis pada Arang Batok Kelapa dan Arang Kulit Pisang dengan Metode Eksperimen	CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro	Vol. 4 No. 2 (2020), hal. 96-101. ISSN: 2549-3698 (Print), 2549-3701 (Online). DOI: http://dx.doi.org/10.22373/crc.v4i2.6510 https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/circuit/article/view/6510/4591
7.	Analisis Pengaruh Viskositas pada Self-Siphon	Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan	Vol. 2019 No. 1 (2019), hal. 31-36. ISSN: 2460-4348 (Print), 2549-7162 (Online). DOI: http://dx.doi.org/10.22373/pjpft.v2019i1.7438 https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/jurnalphi/article/view/7438/4398
8.	Pemahaman Ulama Aceh Mengenai Energi Nuklir	Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan	Vol. 2019 No. 1 (2019), hal. 37-41. ISSN: 2460-4348 (Print), 2549-7162 (Online). DOI: http://dx.doi.org/10.22373/pjpft.v2019i1.7439 https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/jurnalphi/article/view/7439/pdf
9.	Pengukuran Nilai Tegangan Listrik pada Buah Nanas	Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan	Vol. 2019 No. 2 (2019), hal. 1-3. ISSN: 2460-4348 (Print), 2549-7162 (Online). DOI: http://dx.doi.org/10.22373/pjpft.v2019i2.7440 https://jurnal.arraniry.ac.id/index.php/jurnalphi/article/view/7440/4407
dst.			

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.	Studi dan Pemodelan Empirik Karakter Fisik Kopi Khop Meulaboh terhadap Cita Rasanya	2018	Laporan Penelitian	EC00201823578
2.	Pemodelan Sifat Fisis Lingkungan di Perkebunan Stroberi Purbalingga dengan metode interpolasi nonlinear	2018	Karya Tulis (Skripsi)	EC00201823579
3.	Analisis Senyawa Penentu Cita Rasa Minuman Kopi Khop Aceh dengan Metode Spektroskopik	2018	Laporan Penelitian	EC00201852374
dst.				

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Banda Aceh,
Ketua Peneliti,

Nurhayati, S.Si., M.Si
NIDN. 2014058901

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

H. Identitas Diri

1.	Nama Lengkap *(dengan gelar)*	**Feizia Huslina, M.Sc.**
2.	Jenis Kelamin L/P	P
3.	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4.	NIP	198704122015032009
5.	NIDN	2012048701
6.	NIPN *(ID Peneliti)*	201204870110000
7.	Tempat dan Tanggal Lahir	Yogyakarta, 12 April 1987
8.	E-mail	feiziahuslina@gmail.com
9.	Nomor Telepon/HP	085362915271
10.	Alamat Kantor	Darussalam, Banda Aceh
11.	Nomor Telepon/Faks	
12.	Bidang Ilmu	Biologi
13.	Program Studi	Biologi
14.	Fakultas	Sains dan Teknologi

I. Riwayat Pendidikan

No.	Uraian	S1	S2	S3
1.	Nama Perguruan Tinggi	Universitas Syiah Kuala	National Dong Hwa University,	
2.	Kota dan Negara PT	Banda Aceh, Indonesia	Taiwan	
3.	Bidang Ilmu/ Program Studi	Biologi	Natural Science	
4.	Tahun Lulus	2008	2014	

J. Pengalaman Penelitian dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
1.	2018	Potensi Bakteri Pengikat Nitrogen Dari Tanah Gambut Terhadap Pertumbuhan Kol (Brassica Oleracea)	UIN Ar-Raniry

K. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Pengabdian	Sumber Dana
1.	2020	Kuliah tenang, Beasiswa Datang	Prodi Biologi
dst.			

L. Publikasi Artikel Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun/Url
10.	Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pengikat Nitrogen Tanah Gambut Hutan Dari Kecamatan Trumon Aceh Selatan	Quagga	Vol.12., No.2. tahun 2020
dst.			

M. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Buku	Tahun	Tebal Halaman	Penerbit
2.				

N. Perolehan HKI dalam 10 Tahun Terakhir

No.	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID
1.	Potensi Bakteri Pengikat Nitrogen Dari Tanah Gambut Terhadap Pertumbuhan Kol (Brassica Oleracea)	2019		
dst.				

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya.

Banda Aceh,
Ketua/Anggota Peneliti,

Feizia Huslina, M.Sc.
NIDN. 2012048701

LAMPIRAN 4

HASIL ANALISIS DARI LABORATORIUM BALINTAN

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 13 dari 14

Nomor / *Number*	Kode Sampel/ *Sample Code*	Kode distribusi/ *Distribution Code*	Parameter/ *Parameters*	Satuan/ *Units*	Metode Pengujian / *Method of Analysis*	Hasil Analisis/ *Result of Analysis*
1.	Control/ CO	050.15.001	Mn- Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	2,23
2.	CC	050.15.002				3,72
3.	L1	050.15.003				2,34
4.	L2	050.15.004				3,60
5.	L3	050.15.005				2,55
6.	L4	050.15.006				3,41
7.	S3	050.15.007				3,75
8.	S4	050.15.008				2,11
9.	M3	050.15.009				2,09
10	M4	050.15.010				3,42
11.	S1	050.15.011				2,38
12.	S2	050.15.012				3,41
13.	M1	050.15.013				2,27
14.	M2	050.15.014				3,19
1.	Control/ CO	050.15.001	Cu- Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	1,41
2.	CC	050.15.002				1,45
3.	L1	050.15.003				2,55
4.	L2	050.15.004				1,45
5.	L3	050.15.005				1,09
6.	L4	050.15.006				1,15
7.	S3	050.15.007				1,35
8.	S4	050.15.008				0,35
9.	M3	050.15.009				2,16
10	M4	050.15.010				0,96
11.	S1	050.15.011				0,54
12.	S2	050.15.012				5,60
13.	M1	050.15.013				4,98
14.	M2	050.15.014				4,49

*Ruang Lingkup Akreditasi

√	Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji *The test result is only valid for the tested sample*
	Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot) *The test result is valid for the group sample*

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

KAN Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Penguji LP - 556 - IDN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 12 dari 14

Nomor / ***Number***	**Kode Sampel/** ***Sample Code***	**Kode distribusi/** ***Distribution Code***	**Parameter/** ***Parameters***	**Satuan/** ***Units***	**Metode Pengujian** ***/ Method of Analysis***	**Hasil Analisis/** ***Result of Analysis***
1.	Control/ CO	050.15.001	Na- Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	240,05
2.	CC	050.15.002				142,58
3.	L1	050.15.003				214,20
4.	L2	050.15.004				156,09
5.	L3	050.15.005				221,02
6.	L4	050.15.006				276,52
7.	S3	050.15.007				140,69
8.	S4	050.15.008				230,61
9.	M3	050.15.009				273,47
10	M4	050.15.010				129,65
11.	S1	050.15.011				120,21
12.	S2	050.15.012				264,31
13.	M1	050.15.013				147,81
14.	M2	050.15.014				234,82
1.	Control/ CO	050.15.001	Fe- Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	361,21
2.	CC	050.15.002				341,85
3.	L1	050.15.003				316,38
4.	L2	050.15.004				250,89
5.	L3	050.15.005				378,08
6.	L4	050.15.006				343,51
7.	S3	050.15.007				150,65
8.	S4	050.15.008				178,94
9.	M3	050.15.009				371,63
10	M4	050.15.010				181,09
11.	S1	050.15.011				253,70
12.	S2	050.15.012				228,72
13.	M1	050.15.013				199,12
14.	M2	050.15.014				172,60

*Ruang Lingkup Akreditasi

√	Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji *The test result is only valid for the tested sample*
	Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot) *The test result is valid for the group sample*

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 11 dari 14

Nomor / *Number*	Kode Sampel/ *Sample Code*	Kode distribusi/ *Distribution Code*	Parameter/ *Parameters*	Satuan/ *Units*	Metode Pengujian / *Method of Analysis*	Hasil Analisis/ *Result of Analysis*
1.	Control/ CO	050.15.001	Mg- Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	77,48
2.	CC	050.15.002				76,98
3.	L1	050.15.003				76,15
4.	L2	050.15.004				58,87
5.	L3	050.15.005				81,14
6.	L4	050.15.006				73,99
7.	S3	050.15.007				88,62
8.	S4	050.15.008				85,46
9.	M3	050.15.009				64,52
10	M4	050.15.010				72,00
11.	S1	050.15.011				72,33
12.	S2	050.15.012				81,80
13.	M1	050.15.013				80,14
14.	M2	050.15.014				76,82
1.	Control/ CO	050.15.001	Zn- Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	0,96
2.	CC	050.15.002				2,64
3.	L1	050.15.003				2,32
4.	L2	050.15.004				1,75
5.	L3	050.15.005				1,03
6.	L4	050.15.006				0,67
7.	S3	050.15.007				1,34
8.	S4	050.15.008				1,65
9.	M3	050.15.009				1,82
10	M4	050.15.010				0,93
11.	S1	050.15.011				0,90
12.	S2	050.15.012				3,31
13.	M1	050.15.013				2,73
14.	M2	050.15.014				3,62

*Ruang Lingkup Akreditasi

√ Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji
The test result is only valid for the tested sample

Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot)
The test result is valid for the group sample

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 10 dari 14

Nomor / *Number*	Kode Sampel/ *Sample Code*	Kode distribusi/ *Distribution Code*	Parameter/ *Parameters*	Satuan/ *Units*	Metode Pengujian / *Method of Analysis*	Hasil Analisis/ *Result of Analysis*
1.	Control/ CO	050.15.001	Ni-Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	0,92
2.	CC	050.15.002				0,82
3.	L1	050.15.003				0,97
4.	L2	050.15.004				1,08
5.	L3	050.15.005				0,85
6.	L4	050.15.006				1,04
7.	S3	050.15.007				0,94
8.	S4	050.15.008				1,05
9.	M3	050.15.009				1,11
10	M4	050.15.010				0,80
11.	S1	050.15.011				0,82
12.	S2	050.15.012				0,83
13.	M1	050.15.013				1,03
14.	M2	050.15.014				1,06
1.	Control/ CO	050.15.001	Ca- Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	176,33
2.	CC	050.15.002				281,14
3.	L1	050.15.003				307,34
4.	L2	050.15.004				294,83
5.	L3	050.15.005				154,71
6.	L4	050.15.006				292,76
7.	S3	050.15.007				184,62
8.	S4	050.15.008				218,89
9.	M3	050.15.009				297,79
10	M4	050.15.010				320,96
11.	S1	050.15.011				191,06
12.	S2	050.15.012				159,08
13.	M1	050.15.013				249,53
14.	M2	050.15.014				308,97

*Ruang Lingkup Akreditasi

√	Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji *The test result is only valid for the tested sample*
	Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot) *The test result is valid for the group sample*

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 9 dari 14

Nomor / ***Number***	**Kode Sampel/** ***Sample Code***	**Kode distribusi/** ***Distribution Code***	**Parameter/** ***Parameters***	**Satuan/** ***Units***	**Batas Deteksi/** ***Limit of Detection (LoD)***	**Metode Pengujian /** ***Method of Analysis***	**Hasil Analisis/** ***Result of Analysis***
1.	Control/ CO	050.15.001	As-Total	ppb	20	Spektrofotometri, AAS	49,37
2.	CC	050.15.002					42,37
3.	L1	050.15.003					33,97
4.	L2	050.15.004					<LoD
5.	L3	050.15.005					<LoD
6.	L4	050.15.006					35,37
7.	S3	050.15.007					38,17
8.	S4	050.15.008					52,17
9.	M3	050.15.009					<LoD
10	M4	050.15.010					29,78
11.	S1	050.15.011					64,77
12.	S2	050.15.012					<LoD
13.	M1	050.15.013					46,57
14.	M2	050.15.014					<LoD
1.	Control/ CO	050.15.001	Hg-Total	ppb	40	Spektrofotometri, AAS	43,17
2.	CC	050.15.002					<LoD
3.	L1	050.15.003					88,25
4.	L2	050.15.004					62,60
5.	L3	050.15.005					<LoD
6.	L4	050.15.006					86,75
7.	S3	050.15.007					<LoD
8.	S4	050.15.008					<LoD
9.	M3	050.15.009					74,72
10	M4	050.15.010					56,29
11.	S1	050.15.011					78,83
12.	S2	050.15.012					<LoD
13.	M1	050.15.013					46,07
14.	M2	050.15.014					85,74

*Ruang Lingkup Akreditasi

√ Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji
The test result is only valid for the tested sample

Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot)
The test result is valid for the group sample

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 8 dari 14

Nomor / *Number*	Kode Sampel/ *Sample Code*	Kode distribusi/ *Distribution Code*	Parameter/ *Parameters*	Satuan/ *Units*	Metode Pengujian / *Method of Analysis*	Hasil Analisis/ *Result of Analysis*
1.	Control/ CO	050.15.001	Co-Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	0,69
2.	CC	050.15.002				1,20
3.	L1	050.15.003				2,12
4.	L2	050.15.004				1,60
5.	L3	050.15.005				0,89
6.	L4	050.15.006				1,97
7.	S3	050.15.007				1,03
8.	S4	050.15.008				1,71
9.	M3	050.15.009				0,85
10	M4	050.15.010				0,72
11.	S1	050.15.011				1,02
12.	S2	050.15.012				1,75
13.	M1	050.15.013				1,92
14.	M2	050.15.014				1,87
1.	Control/ CO	050.15.001	Cr-Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	1,32
2.	CC	050.15.002				1,86
3.	L1	050.15.003				1,78
4.	L2	050.15.004				2,02
5.	L3	050.15.005				1,50
6.	L4	050.15.006				1,75
7.	S3	050.15.007				0,83
8.	S4	050.15.008				1,34
9.	M3	050.15.009				1,58
10	M4	050.15.010				1,35
11.	S1	050.15.011				0,89
12.	S2	050.15.012				1,16
13.	M1	050.15.013				1,96
14.	M2	050.15.014				1,77

*Ruang Lingkup Akreditasi

√ Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji
The test result is only valid for the tested sample

Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot)
The test result is valid for the group sample

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

KAN Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Penguji LP - 556 - IDN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com Telp.: 62-(0295) - 4749044
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 7 dari 14

Nomor / ***Number***	**Kode Sampel/** ***Sample Code***	**Kode distribusi/** ***Distribution Code***	**Parameter/** ***Parameters***	**Satuan/** ***Units***	**Metode Pengujian /** ***Method of Analysis***	**Hasil Analisis/** ***Result of Analysis***
1.	Control/ CO	050.15.001	Pb-Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	1,85
2.	CC	050.15.002				11,16
3.	L1	050.15.003				5,22
4.	L2	050.15.004				3,15
5.	L3	050.15.005				3,29
6.	L4	050.15.006				1,76
7.	S3	050.15.007				6,85
8.	S4	050.15.008				13,70
9.	M3	050.15.009				4,74
10	M4	050.15.010				4,11
11.	S1	050.15.011				3,13
12.	S2	050.15.012				3,40
13.	M1	050.15.013				4,55
14.	M2	050.15.014				10,03
1.	Control/ CO	050.15.001	Cd-Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	1,72
2.	CC	050.15.002				2,44
3.	L1	050.15.003				1,91
4.	L2	050.15.004				2,34
5.	L3	050.15.005				2,43
6.	L4	050.15.006				1,74
7.	S3	050.15.007				2,55
8.	S4	050.15.008				1,65
9.	M3	050.15.009				2,21
10	M4	050.15.010				2,60
11.	S1	050.15.011				1,62
12.	S2	050.15.012				1,72
13.	M1	050.15.013				2,01
14.	M2	050.15.014				2,29

*Ruang Lingkup Akreditasi

√	Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji *The test result is only valid for the tested sample*
	Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot) *The test result is valid for the group sample*

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

KAN Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Penguji LP - 596 - IDN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 6 dari 14

Nomor / *Number*	Kode Sampel/ *Sample Code*	Kode distribusi/ *Distribution Code*	Parameter/ *Parameters*	Satuan/ *Units*	Metode Pengujian / *Method of Analysis*	Hasil Analisis/ *Result of Analysis*
1.	Control/ CO	050.15.001	P-Total	%	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, Spektrofotometri	0,05
2.	CC	050.15.002				0,06
3.	L1	050.15.003				0,07
4.	L2	050.15.004				0,08
5.	L3	050.15.005				0,07
6.	L4	050.15.006				0,07
7.	S3	050.15.007				0,05
8.	S4	050.15.008				0,02
9.	M3	050.15.009				0,05
10	M4	050.15.010				0,03
11.	S1	050.15.011				0,02
12.	S2	050.15.012				0,09
13.	M1	050.15.013				0,11
14.	M2	050.15.014				0,06
1.	Control/ CO	050.15.001	S-Total	ppm	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	70,89
2.	CC	050.15.002				96,64
3.	L1	050.15.003				70,36
4.	L2	050.15.004				50,56
5.	L3	050.15.005				101,02
6.	L4	050.15.006				102,60
7.	S3	050.15.007				102,25
8.	S4	050.15.008				56,34
9.	M3	050.15.009				112,06
10	M4	050.15.010				108,38
11.	S1	050.15.011				48,11
12.	S2	050.15.012				91,39
13.	M1	050.15.013				68,43
14.	M2	050.15.014				68,96

*Ruang Lingkup Akreditasi

√	Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji *The test result is only valid for the tested sample*
	Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot) *The test result is valid for the group sample*

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 5 dari 14

Nomor / *Number*	Kode Sampel/ *Sample Code*	Kode distribusi/ *Distribution Code*	Parameter/ *Parameters*	Satuan/ *Units*	Metode Pengujian / *Method of Analysis*	Hasil Analisis/ *Result of Analysis*
1.	Control/ CO	050.15.001	Fulvat	%	-	0,0316
2.	CC	050.15.002				0,0123
3.	L1	050.15.003				0,0245
4.	L2	050.15.004				0,0113
5.	L3	050.15.005				0,0075
6.	L4	050.15.006				0,0523
7.	S3	050.15.007				0,0090
8.	S4	050.15.008				0,0033
9.	M3	050.15.009				0,0240
10	M4	050.15.010				0,0071
11.	S1	050.15.011				0,0217
12.	S2	050.15.012				0,0165
13.	M1	050.15.013				0,0311
14.	M2	050.15.014				0,0495
1.	Control/ CO	050.15.001	K- Total	%	Pengabuan basah, ekstrak HCLO4 + HNO3, AAS	0,40
2.	CC	050.15.002				0,22
3.	L1	050.15.003				0,50
4.	L2	050.15.004				0,47
5.	L3	050.15.005				0,37
6.	L4	050.15.006				0,40
7.	S3	050.15.007				0,19
8.	S4	050.15.008				0,18
9.	M3	050.15.009				0,34
10	M4	050.15.010				0,16
11.	S1	050.15.011				0,29
12.	S2	050.15.012				0,42
13.	M1	050.15.013				0,60
14.	M2	050.15.014				0,24

*Ruang Lingkup Akreditasi

√	Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji *The test result is only valid for the tested sample*
	Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot) *The test result is valid for the group sample*

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

KAN
Komite Akreditasi Nasional
Laboratorium Penguji
LP - 556 - IDN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR	
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen : F. 02 Edisi/Revisi : 02/0 Tanggal : 31 Januari 2019 Halaman : 4 dari 14

Nomor / *Number*	Kode Sampel/ *Sample Code*	Kode distribusi/ *Distribution Code*	Parameter/ *Parameters*	Satuan/ *Units*	Metode Pengujian / *Method of Analysis*	Hasil Analisis/ *Result of Analysis*
1.	Control/ CO	050.15.001	C-Organik	%	Walkley-Black, Spektrofotometri	0,24
2.	CC	050.15.002				0,33
3.	L1	050.15.003				0,23
4.	L2	050.15.004				0,17
5.	L3	050.15.005				0,31
6.	L4	050.15.006				0,21
7.	S3	050.15.007				0,26
8.	S4	050.15.008				0,31
9.	M3	050.15.009				0,25
10	M4	050.15.010				0,39
11.	S1	050.15.011				0,27
12.	S2	050.15.012				0,34
13.	M1	050.15.013				0,24
14.	M2	050.15.014				0,33
1.	Control/ CO	050.15.001	Humat	%		0,0102
2.	CC	050.15.002				0,0390
3.	L1	050.15.003				0,0154
4.	L2	050.15.004				0,0178
5.	L3	050.15.005				0,0343
6.	L4	050.15.006				0,0295
7.	S3	050.15.007				0,0149
8.	S4	050.15.008				0,0361
9.	M3	050.15.009				0,0343
10	M4	050.15.010				0,0291
11.	S1	050.15.011				0,0159
12.	S2	050.15.012				0,0503
13.	M1	050.15.013				0,0135
14.	M2	050.15.014				0,0536

*Ruang Lingkup Akreditasi

√	Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji *The test result is only valid for the tested sample*
	Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot) *The test result is valid for the group sample*

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 3 dari 14

Nomor / ***Number***	**Kode Sampel/** ***Sample Code***	**Kode distribusi/** ***Distribution Code***	**Parameter/** ***Parameters***	**Satuan/** ***Units***	**Metode Pengujian /** ***Method of Analysis***	**Hasil Analisis/** ***Result of Analysis***
1.	Control/ CO	050.15.001	C-Organik	%	Walkley-Black, Spektrofotometri	0,24
2.	CC	050.15.002				0,33
3.	L1	050.15.003				0,23
4.	L2	050.15.004				0,17
5.	L3	050.15.005				0,31
6.	L4	050.15.006				0,21
7.	S3	050.15.007				0,26
8.	S4	050.15.008				0,31
9.	M3	050.15.009				0,25
10	M4	050.15.010				0,39
11.	S1	050.15.011				0,27
12.	S2	050.15.012				0,34
13.	M1	050.15.013				0,24
14.	M2	050.15.014				0,33
1.	Control/ CO	050.15.001	Humat	%		0,0102
2.	CC	050.15.002				0,0390
3.	L1	050.15.003				0,0154
4.	L2	050.15.004				0,0178
5.	L3	050.15.005				0,0343
6.	L4	050.15.006				0,0295
7.	S3	050.15.007				0,0149
8.	S4	050.15.008				0,0361
9.	M3	050.15.009				0,0343
10	M4	050.15.010				0,0291
11.	S1	050.15.011				0,0159
12.	S2	050.15.012				0,0503
13.	M1	050.15.013				0,0135
14.	M2	050.15.014				0,0536

*Ruang Lingkup Akreditasi

√ Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji
The test result is only valid for the tested sample

Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot)
The test result is valid for the group sample

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com Telp.: 62-(0295) - 4749044
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 2 dari 14

Hasil pengujian/ *Result of analysis.*

Nomor / *Number*	Kode Sampel/ *Sample Code*	Kode distribusi/ *Distribution Code*	Parameter/ *Parameters*	Satuan/ *Units*	Metode Pengujian / *Method of Analysis*	Hasil Analisis/ *Result of Analysis*
1.	Control/ CO	050.15.001	pH H_2O	-	Ekstrak H2O 1:5, pH Meter	7,91
2.	CC	050.15.002				7,33
3.	L1	050.15.003				8,12
4.	L2	050.15.004				7,40
5.	L3	050.15.005				8,23
6.	L4	050.15.006				7,39
7.	S3	050.15.007				7,40
8.	S4	050.15.008				7,98
9.	M3	050.15.009				8,42
10	M4	050.15.010				8,07
11.	S1	050.15.011				8,42
12.	S2	050.15.012				7,50
13.	M1	050.15.013				7,99
14.	M2	050.15.014				7,40
1.	Control/ CO	050.15.001	N-Total	%	Pengabuan basah, ekstrak H2SO4, Titrimetri	1,47
2.	CC	050.15.002				0,73
3.	L1	050.15.003				0,52
4.	L2	050.15.004				0,56
5.	L3	050.15.005				1,47
6.	L4	050.15.006				0,91
7.	S3	050.15.007				0,56
8.	S4	050.15.008				0,20
9.	M3	050.15.009				0,70
10	M4	050.15.010				0,87
11.	S1	050.15.011				1,62
12.	S2	050.15.012				1,23
13.	M1	050.15.013				0,70
14.	M2	050.15.014				0,73

*Ruang Lingkup Akreditasi

√	Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji *The test result is only valid for the tested sample*
	Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot) *The test result is valid for the group sample*

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

KAN Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Penguji LP - 596 - IDN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com Telp.: 62-(0295) - 4749044
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 1 dari 14

NOMOR/ *NUMBER*: 108/LHP-Bal/TPD/8/2020

No. dan tanggal SP *Number & Date of Sample*	050/TPD/2020, 12 Mei 2020
Nama/Instansi Pemilik Contoh *Name/Principal of sample owner*	**Nurhayati**
Alamat *Address*	Fakultas SAINS dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Jln. Syeikh Abdur Rauf, Kopelma Darussalam, Banda Aceh
No.dan Tanggal Surat Pengiriman *Number and Date of expedition*	-
Keterangan Contoh (Jenis dan Jumlah) *Sample remark (properties & total of sample)*	14 (empat belas) sampel pupuk organik cair
Bobot. Wadah dan Kondisi Contoh *Weight. packing. & condition of sample*	Baik
Tujuan Pengujian / *The objective of analysis*	Penelitian
Tanggal Penerimaan Contoh *Date of sample receipt*	12 Mei 2020
Tanggal Pengujian *Date of analysis*	12 Mei 2020 – 31 Agustus 2020
LokasiPengujian *Location of analysis*	Laboratorium Balingtan Pati

HASIL / *RESULT:*

Terlampir/*attached*

*Ruang Lingkup Akreditasi

√	Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji *The test result is only valid for the tested sample*
	Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot) *The test result is valid for the group sample*

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

KEMENTERIAN PERTANIAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
BALAI BESAR PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBERDAYA LAHAN PERTANIAN
BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN

LABORATORIUM BALAI PENELITIAN LINGKUNGAN PERTANIAN
Jl. Raya Jakenan – Jakenkm. 05 Kotak Pos. 5 Jakenan - Pati 59182
E-mail :balingtan@litbang.pertanian.go.id;balingtan@yahoo.com
Website :www.balingtan.litbang.pertanian.go.id
Telp.: 62-(0295) - 4749044
Fax. : 62-(0295) - 4749045

FORMULIR		
F.07 LAPORAN HASIL PENGUJIAN *RESULT OF ANALYSIS*	No. Dokumen Edisi/Revisi Tanggal Halaman	: F. 02 : 02/0 : 31 Januari 2019 : 14 dari 14

Pati, 31 Agustus 2020
Manajer Teknis/
Technical Manager,

Asep Kurnia, SP.,M.Eng
NIP.19760328 200604 1 001

*Ruang Lingkup Akreditasi

√	Hasil Pengujian hanya berlaku untuk contoh yang diuji *The test result is only valid for the tested sample*
	Hasil Pengujian berlaku untuk kelompok (Lot) *The test result is valid for the group sample*

Laporan Hasil Pengujian ini dilarang diperbanyak kecuali atas persetujuan tertulis dari Manajer Puncak Laboratorium Balai Penelitian Lingkungan Pertanian
This report shall not be reproduced without approval from Top Manager of Laboratory of Indonesian Agricultural Environment Research Institute

LAMPIRAN 5

FOTO-FOTO PENELITIAN

RUMPUT LAUT SARGASSUM

PUPUK CAIR SARGASSUM

FERMENTASI BUBUR SARGASSUM DENGAN PENGOMPOSAN ANAEROB

SURAT PERNYATAAN PENYERAHAN *OUTCOME*
PENELITIAN, PUBLIKASI ILMIAH DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
TAHUN ANGARAN 2020

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Nurhayati, S. Si., M. Si
NIDN	:	2014058901
NIPN (ID Peneliti)	:	201405890110140
Jabatan dalam Penelitian	:	Ketua Peneliti/Pengusul
Pangkat/ Golongan	:	Penata/IIIc
Jabatan Fungsional	:	Lektor
Program Studi	:	Biologi
Fakultas	:	Sains dan Teknologi
Anggota Peneliti	:	Feizia Huslina, M. Sc

Dengan ini menyatakan sebagai berikut:

No. Registrasi	:	201070000035680
Judul Penelitian	:	Modifikasi Drum Dekomposter untuk Pembuatan *Sargassum Liquid Fertilizer* dengan Metode Pengomposan Anaerob
Kategori Penelitian	:	Penelitian Dasar Interdisipliner (PDI)
Jumlah Dana	:	Rp 40.000.000,00
Sumber Dana	:	DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Tahun Anggaran	:	2020
Outcome	:	Publikasi pada Jurnal Ilmiah Nasional Terakreditasi Sinta 2 serta Terindek DOAJ dan Moraref

Saya bersedia dan berjanji akan menyelesaikan dan menyerahkan *outcome* dari hasil penelitian saya sebagaimana tersebut di atas dalam waktu yang telah ditentukan sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan/ Kontrak yang telah saya tanda tangani. Jika target *outcome* tersebut belum dan atau tidak bisa saya penuhi, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan dan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan dalam keadaan sadar serta tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 2 Oktober 2020
Yang Menyatakan,

Nurhayati, S. Si., M. Si
NIDN. 2014058901