

Kandungan Ca, Cu, dan Pb pada Berbagai Produk Olahan Rumput Laut *Gracillaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss dari Tambak Lorok, Semarang**The Contents of Ca, Cu, and Pb on Range of Products Processed from Seaweed of *Gracillaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss from Tambak Lorok, Semarang****Muhammad Ghozy Nailan Naja^{1*}, Munifatul Izzati², Sri Haryanti²**¹Program Studi Biologi, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro²Departemen Biologi Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro

Semarang 50275 Telepon (024) 7474754; Fax. (024) 76480690

*Email : muhammadghozy94@gmail.com

Diterima 26 Desember 2018 / Disetujui 28 Januari 2019

ABSTRAK

Perkembangan industri di sekitar Tambak lorok Semarang menghasilkan buangan limbah dan menimbulkan pencemaran logam berat seperti Cu dan Pb. Cemarannya dapat membahayakan organisme yang hidup di dalamnya. Salah satunya adalah rumput laut *G. verrucosa* yang mampu menyerap logam berat, dan sangat berbahaya apabila dikonsumsi. *G. verrucosa* juga mempunyai kandungan mineral yang lengkap, antara lain yaitu Ca. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kandungan mineral Ca pada tepung agar, dan ampas ekstrak agar yang berasal dari rumput laut *G. verrucosa* serta menguji kandungan logam berat Cu dan Pb pada tepung agar, dan ampas ekstrak agar yang berasal dari rumput laut *G. verrucosa*. Metode analisis kandungan mineral serta logam berat menggunakan metode *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES). Hasil Penelitian menunjukkan bahwa rerata kandungan mineral Ca yang dimiliki oleh tepung agar yaitu sebesar 18,75 ppm, dan pada ampas ekstrak agar yaitu sebesar 12,63 ppm. Nilai rerata kandungan logam berat Cu yang dimiliki oleh tepung agar yaitu sebesar 1,239 ppm, dan pada ampas ekstrak agar yaitu sebesar 0,733 ppm, dan nilai rerata kandungan logam berat Pb yang dimiliki oleh tepung agar yaitu sebesar 0,158 ppm, dan pada ampas ekstrak agar yaitu sebesar 0,042 ppm.

Kata kunci: G. verrucosa, mineral, logam berat, ICP-OES, tambak lorok

ABSTRACT

Industrial developments around Pond Lorok Semarang produce sewage and polluting heavy metals such as Cu and Pb. The contamination can harm organisms that live in it. One is seaweed *G. verrucosa* capable of absorbing heavy metals, and is very dangerous when consumed. *G. verrucosa* also has a complete mineral deposits, among others, Ca. This study aimed to test the mineral content of Ca in the flour to, and pulp extracts that are derived from seaweed *G. verrucosa* and to test the heavy metal content of Cu and Pb in the flour to, and pulp extracts that are derived from seaweed *G. verrucosa*. The analytical method as well as the mineral content of heavy metals using *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES). Results showed that the average mineral content of Ca which is owned by the powder that is equal to 18.75 ppm, and the pulp extract that is equal to 12.63 ppm. The average value of heavy metals Cu owned of flour that is equal to 1.239 ppm, and on the pulp extract that is equal to 0.733 ppm, and the average value of the content of heavy metals Pb owned by of flour that is equal to 0.158 ppm, and the dregs extract that is equal to 0,042 ppm.

Keywords: G. verrucosa, mineral, heavy metals, ICP-OES, tambak lorok

PENDAHULUAN

Kampung Tambak Lorok merupakan kampung nelayan terbesar di Kota Semarang yang

berlokasi di Kelurahan Tanjungmas, Kecamatan Semarang Utara (Herusansono, 2012). Tambak Lorok telah mengalami perkembangan yang cukup pesat dalam bidang industri. Industri-industri

tersebut sangat berpotensi mencemari perairan sekitarnya. Salah satu industri yang ada di Tambak Lorok adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) (Subardjo dkk, 2016).

PLTU Tambak Lorok, Semarang, Jawa Tengah tidak lepas dari masalah lingkungan, khususnya menghasilkan limbah panas dan langsung dibuang ke badan air. Pembuangan air limbah secara langsung ke badan air sekitarnya tanpa melalui proses pendinginan kembali berpengaruh terhadap biota yang hidup dalam badan air tersebut (Huboyo dan Zaman, 2007). Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menghasilkan limbah yang mengandung persenyawaan logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Beberapa logam berat yang terkandung dalam limbah PLTU seperti Cu, Pb, Zn, Cd, As dan Cr (Munir, 2008).

Berdasarkan penelitian Supriyantini dan Soenardjo (2015), pada perairan di sekitar kawasan Tanjung Emas Semarang kadar logam berat Cu tertinggi adalah 0,14 ppm dan Pb tertinggi adalah 0,06 ppm. Nilai-nilai tersebut telah melebihi ambang batas yang ditentukan oleh baku mutu air laut yang ditetapkan oleh KMNLIH No. 51 Tahun 2004 yang menyatakan bahwa kadar Cu dan Pb maksimal adalah 0,008 ppm. Adanya kandungan logam berat Cu dan Pb pada daerah perairan di sekitar kawasan Tanjung Mas Semarang dimungkinkan juga adanya pencemaran logam berat Cu dan Pb pada lokasi penanaman rumput laut di perairan Tambak Lorok Semarang yang mengakibatkan rumput laut menyerap logam berat, sehingga dapat terakumulasi pada rumput laut, dan sangat berbahaya apabila dikonsumsi oleh manusia. Yulianto *et.al* (2006), menyatakan bahwa rumput laut jenis *Gracilaria* sp. memiliki kemampuan daya serap terhadap logam berat Cu mencapai 1 mg/L. Logam berat Pb yang dapat diserap oleh rumput laut jenis *Gracilaria* sp. Mencapai 1,2 mg/L (Surahman, 2007).

Rumput laut merupakan salah satu hasil perairan Indonesia yang potensial untuk dikembangkan dan mempunyai prospek bisnis yang bagus (Ramadhan, 2011). Rumput laut banyak diolah dalam bentuk kering setelah melalui proses penjemuran atau diolah menjadi makanan siap konsumsi, seperti: dodol, manisan dan

minuman (Wibowo dan Fitriyani, 2012). Selain itu, rumput laut juga dapat diolah menjadi sebuah produk olahan seperti tepung agar, dan ampas ekstrak agar yang sangat bermanfaat bagi masyarakat. Jenis rumput laut yang banyak dimanfaatkan adalah rumput laut merah (Rhodophyceae) salah satunya yaitu *G. verrucosa*. *G. verrucosa* merupakan salah satu jenis rumput laut merah yang memiliki nilai ekonomis tinggi, karena *G. verrucosa* merupakan salah satu jenis rumput laut penghasil agar (agarofit) yang sangat potensial. Agar mengandung senyawa hidrokoloid bersifat gelatin yang umum digunakan sebagai agen pengental pada industri makanan (Murdinah dan Sinurat, 2011).

Rumput laut juga memiliki kandungan mineral yang cukup lengkap. Menurut Santoso (2006), rumput laut termasuk bahan pangan yang mengandung mineral cukup tinggi karena kemampuannya dalam menyerap mineral yang berasal dari lingkungannya. Perairan dengan salinitas yang tinggi menyebabkan rumput laut banyak mengandung garam-garam mineral. Mineral makro seperti Na, Ca, K, Cl, Mg, P, S banyak dijumpai pada rumput laut.

Parameter yang dianalisis pada mineral yang terkandung pada tepung agar dan ampas ekstrak agar adalah kadar kalsium. Menurut Houtkooper dan Farrell (2004), kalsium adalah mineral esensial yang berperan penting dalam konduksi syaraf, kontraksi otot, dan pengaliran darah. Gokce *et al.* (2009) menyatakan beberapa faktor yang mempengaruhi keragaman komposisi mineral meliputi umur, jenis, ukuran, habitat, letak geografis dan kondisi lingkungan. Proses pengolahan seperti perebusan, ekstraksi, dan penambahan bahan lain sangat berpengaruh terhadap kandungan dan kelarutan mineral serta logam berat pada produk olahan rumput laut *G. verrucosa*, karena mineral dan logam berat yang terkandung dalam produk olahan rumput laut akan berubah komposisinya yang disebabkan oleh pH, oksigen, sinar dan panas atau kombinasinya.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis produk olahan dari rumput laut, dengan menganalisis kandungan mineral kalsium (Ca) pada tepung agar dan ampas ekstrak agar serta

menganalisis kandungan logam berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada tepung agar dan ampas ekstrak agar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menyumbangkan informasi tambahan kepada masyarakat tentang kandungan mineral kalsium (Ca) serta kandungan logam berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada produk olahan rumput laut *G. verrucosa* yang diperoleh dari Tambak Lorok Semarang yang secara umum dikonsumsi oleh masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2016 – Januari 2017. Lokasi penelitian yaitu: Preparasi sampel dari rumput laut *G. verrucosa* yang didapatkan dari Tambak Lorok Semarang dilaksanakan di Laboratorium BSF Tumbuhan Departemen Biologi Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang, dan analisis sampel meliputi kandungan mineral kalsium (Ca) serta kandungan logam berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rumput laut *G. verrucosa* yang diperoleh dari Tambak Lorok Semarang, Aquades, NaOH, Asam asetat (CH_3COOH), kaporit, asam klorida (HCL) 37%, asam nitrat (HNO_3) 65%, dan aquademin. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : pH elektrik, gelas ukur 100 mL, gelas beaker 100 mL, corong gelas, ember, wadah (baskom), kompor, *hot plate*, blender, oven, timbangan digital, saringan, kain saring, dan seperangkat alat *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) (*Perkin Elmer Optima 8300*). Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah mineral kalsium (Ca) serta logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb).

Pengambilan Sampel Rumput Laut *G. verrucosa*

Sampel rumput laut *G. verrucosa* diambil langsung dari Tambak Lorok yang bertempat di Kelurahan Tanjungmas, Kecamatan Semarang

Utara, Kota Semarang yang diperoleh dengan cara memesan atau membeli dari nelayan dan penjual rumput laut setempat yang memiliki kualitas bagus sebanyak 5 Kg. Selanjutnya sampel rumput *G. verrucosa* tersebut dibawa ke Laboratorium BSFT FSM UNDIP untuk dilakukan preparasi sampel.

Preparasi Sampel Rumput Laut Segar

Sampel rumput laut segar yang diperoleh dari petani Tambak Lorok yang bertempat di Kelurahan Tanjungmas, Kecamatan Semarang Utara, Kota Semarang dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan mineral kalsium (Ca) serta logam berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada rumput laut segar tersebut, adapun banyaknya sampel adalah sebanyak 10 gram yang digunakan sebagai kontrol.

Ekstraksi Agar Menjadi Tepung Agar

Rumput laut kering ditimbang 100 g, selanjutnya, rumput laut direndam dalam larutan kaporit 30 ml dan aquades 3 liter selama 30 menit untuk pemucatan, rumput laut dicuci bersih dengan air mengalir, lalu rumput laut dimasak dalam larutan NaOH 6% sebanyak 10 g dengan aquades 3 liter selama 30 menit. Hal ini dilakukan bertujuan untuk memecah dinding sel secara kimiawi, selanjutnya, rumput laut dicuci dengan air mengalir 5x sampai air cucian tak berwarna, rumput laut yang sudah dicuci lalu ditambah aquades 550 ml dan diblender sampai homogen, proses selanjutnya diekstraksi dengan menambahkan asam asetat (CH_3COOH) hingga pH minimal 6 selama 15 menit sampai larutan menjadi kental, selanjutnya disaring dengan menggunakan kain saring lalu filtrat dibekukan dalam freezer lemari es, setelah membentuk agar, lalu dipotong kecil-kecil setebal 1 cm dan dipres menggunakan alat pres, agar yang telah di pres kemudian dioven pada suhu 60°C selama 1 hari lalu dijemur dibawah sinar matahari selama 3 hari, setelah kering kemudian digiling hingga halus sampai menjadi tepung agar (Kusuma dkk, 2013). Tepung agar kemudian dianalisis kandungan mineral kalsium (Ca) serta logam berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb).

Pengambilan Sampel Ampas Ekstrak Agar

Sampel ampas ekstrak agar diperoleh dari hasil penyaringan larutan agar-agar yang tidak dapat tersaring oleh kain saring yang berupa serat kasar lalu dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan mineral kalsium (Ca) serta logam berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada ampas ekstrak agar tersebut, adapun banyaknya sampel adalah sebanyak 10 gram.

Destruksi Sampel

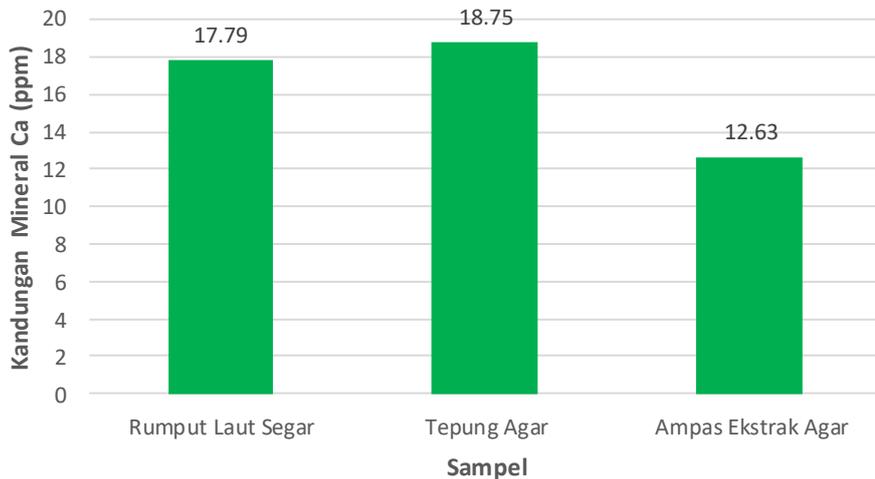
Destruksi sampel dilakukan pada sampel rumput laut segar, tepung agar, dan ampas ekstrak agar supaya sampel bisa diuji dengan ICP-OES dengan cara sebagai berikut: masing-masing sampel sebanyak 1 gram dimasukkan kedalam gelas beker 100 mL, kemudian ditambahkan Aqua Regia (campuran antara HNO₃ dan HCL pekat) dengan perbandingan 3:1 sebanyak 3 ml, setelah itu dipanaskan dengan hot plate pada suhu 80°C selama 30 menit sampai sampel larut, lalu sampel di ambil dan didinginkan, selanjutnya ditambahkan aquademin sampai volumenya bertambah menjadi 25 ml, sampel yang telah terdestruksi dan membentuk larutan, kemudian disaring dengan kertas saring , filtrat yang bening siap diuji

kandungannya dengan ICP-OES (Choirni dkk, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Kalsium (Ca)

Hasil uji kandungan mineral kalsium (Ca) pada sampel rumput laut segar, tepung agar dan ampas ekstrak agar dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil analisis pada gambar 1 terlihat nilai rerata kandungan mineral kalsium pada sampel menunjukkan bahwa rumput laut segar yaitu sebesar 17,79 ppm memiliki kadar kalsium lebih rendah dibandingkan dengan tepung agar yaitu sebesar 18,75 ppm. Hal tersebut disebabkan selama proses ekstraksi agar menyebabkan kandungan Ca terkonsentrasi pada agarnya, sehingga kandungan Ca pada tepung agar tinggi. Hal ini didukung oleh pernyataan Santoso *et.al* (2006), menyatakan bahwa mineral pada makanan dapat berubah struktur kimianya pada waktu proses pengolahan atau akibat interaksi dengan bahan lain, kandungan mineral dapat meningkat atau menurun tergantung pada prosesnya.



Gambar 1. Diagram kandungan mineral Ca pada sampel rumput laut segar, tepung agar, dan ampas ekstrak agar

Hasil penelitian terlihat nilai rerata kandungan mineral kalsium pada sampel menunjukkan bahwa rumput laut segar yaitu sebesar 17,79 ppm memiliki kadar kalsium lebih

tinggi dibandingkan dengan ampas ekstrak agar yaitu sebesar 12,63 ppm. Hal tersebut disebabkan karena ampas ekstrak agar diperoleh hanya dari hasil penyaringan larutan agar-agar yang tidak

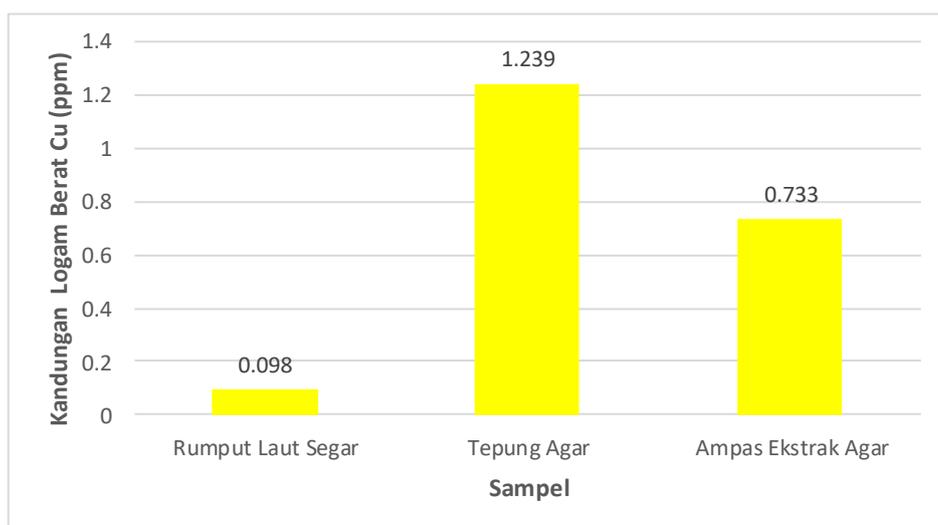
dapat tersaring oleh kain saring yang berupa serat kasar, sehingga kandungan Ca hanya sedikit yang terikut pada ampas ekstrak agar, dan masih berada didalam tepung agar. Hal ini didukung oleh pernyataan Hanifan dkk (2016), berpendapat naik turunnya kadar kalsium dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor selama pengolahan yang disebabkan oleh pH, oksigen, sinar dan panas atau kombinasinya.

Kalsium merupakan salah satu nutrien esensial yang dibutuhkan untuk berbagai fungsi tubuh (Gobinathan *et al.* 2009). Menurut Almatsier (2009), asupan kalsium yang direkomendasikan yaitu tidak lebih dari 2500 mg/hari. Kekurangan asupan kalsium dalam tubuh manusia menyebabkan abnormalitas metabolisme terutama pada usia dini, gangguan pertumbuhan seperti tulang kurang kuat, mudah bengkok, dan rapuh. (Ensminger *et al.* 1995). Namun, bila kelebihan

kalsium juga dapat beresiko terhadap tubuh seperti menyebabkan batu ginjal, kanker prostat, sulit buang air besar (konstipasi) dan penumpukan kalsium di pembuluh darah (Winarno, 1982).

Kandungan Tembaga (Cu)

Hasil uji kandungan logam berat Tembaga (Cu) pada sampel rumput laut segar, tepung agar dan ampas ekstrak agar dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil analisis pada gambar 2 terlihat nilai rerata kandungan logam berat tembaga pada sampel menunjukkan bahwa rumput laut segar yaitu sebesar 0,098 ppm memiliki kadar tembaga lebih rendah dibandingkan dengan tepung agar yaitu sebesar 1,239 ppm. Hal tersebut disebabkan selama proses ekstraksi agar menyebabkan kandungan Cu terkonsentrasi pada agarnya, sehingga kandungan Cu pada tepung agar tinggi.



Gambar 2 Diagram kandungan logam berat Cu pada sampel rumput laut segar, tepung agar, dan ampas ekstrak agar

Hasil penelitian terlihat nilai rerata kandungan logam berat tembaga pada sampel menunjukkan bahwa rumput laut segar yaitu sebesar 0,098 ppm memiliki kadar tembaga lebih rendah dibandingkan dengan ampas ekstrak agar yaitu sebesar 0,733 ppm. Hal tersebut disebabkan selama proses ekstraksi agar menyebabkan kandungan Cu terkonsentrasi pada ampas ekstrak agar, sehingga kandungan Cu pada ampas ekstrak agar tinggi. Silalahi (2014), menyatakan bahwa

faktor yang mempengaruhi tingkat akumulasi logam berat adalah jenis logam berat, jenis atau ukuran organisme, lama pemaparan, serta kondisi lingkungan perairan seperti suhu, pH dan salinitas.

Menurut Phillips (1980) bahwa masuknya unsur logam berat ke dalam tubuh tanaman, mengakibatkan terjadinya persenyawaan antara logam dengan protein dan polisakarida yang selanjutnya mampu menembus dinding sel dan masuk kedalam sitoplasma. Mekanisme

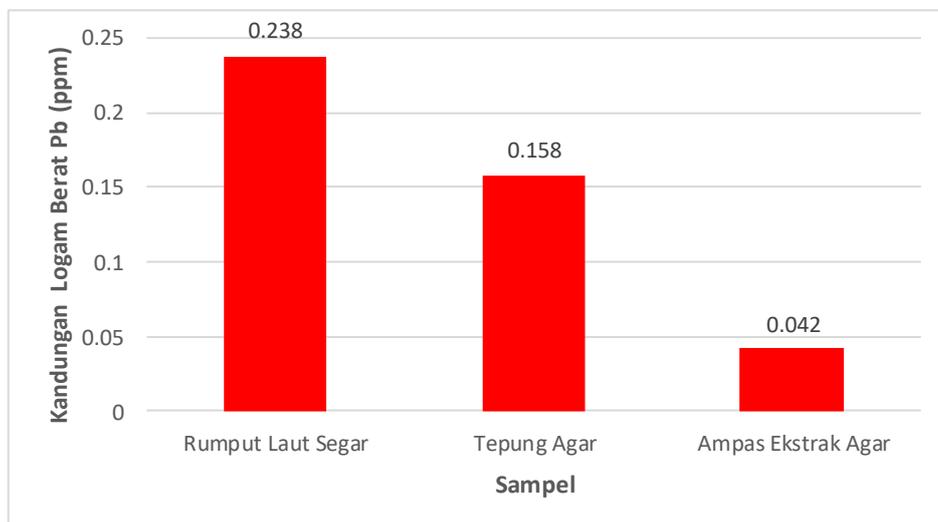
pemasukan logam Cu ke dalam thallus adalah melalui dinding sel. Pada dinding sel ini logam Cu diikat oleh protein dan polisakarida sehingga logam Cu dalam bentuk Cu^{2+} menjadi senyawa yang non toksik. Logam Cu dalam bentuk ion bebas Cu^{2+} berpotensi menjadi toksik apabila masuk menuju bagian sel yang lebih dalam (Hutagalung, 1991).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 01-2802-1995 tentang Batas Maksimum Cemar Logam pada rumput laut segar dan hasil olahannya diatur bahwa batas maksimum cemaran logam yang diperbolehkan pada tembaga (Cu) maksimal sebesar 30 ppm. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa kadar tembaga pada rumput laut segar, tepung agar, dan ampas ekstrak agar masih dibawah ambang batas, dan aman untuk dikonsumsi.

Kandungan Timbal (Pb)

Hasil uji kandungan logam berat Timbal (Pb) pada sampel rumput laut segar, tepung agar

dan ampas ekstrak agar dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil analisis pada gambar 3 terlihat nilai rerata kandungan logam berat timbal pada sampel menunjukkan bahwa rumput laut segar yaitu sebesar 0,238 ppm memiliki kadar timbal lebih tinggi dibandingkan dengan tepung agar yaitu sebesar 0,158 ppm. Hal tersebut disebabkan selama proses pengolahan yaitu pada saat perebusan terjadi penurunan kadar timbal karena suhu yang tinggi saat perebusan menyebabkan protein dan polisakarida terdenaturasi, sehingga menyebabkan berkurangnya kadar timbal dalam tepung agar. Hal ini juga didukung oleh pendapat Izza dkk (2016), mengungkapkan bahwa logam yang masuk kedalam suatu organisme berikatan dengan protein. Proses perebusan juga dapat memecah ikatan logam berat pada jaringan tumbuhan, suhu tinggi dapat menyebabkan senyawa pengikat logam berat pada tumbuhan melepaskan ikatannya sehingga senyawa yang terikat pada jaringan tumbuhan dapat terlepas (Winarno, 2004).



Gambar 3 Diagram kandungan logam berat Pb pada sampel rumput laut segar, tepung agar, dan ampas ekstrak agar

Hasil penelitian terlihat nilai rerata kandungan logam berat timbal pada sampel menunjukkan bahwa rumput laut segar yaitu sebesar 0,238 ppm memiliki kadar timbal lebih tinggi dibandingkan dengan ampas ekstrak agar yaitu sebesar 0,042 ppm. Hal tersebut disebabkan

karena ampas ekstrak agar diperoleh hanya dari hasil penyaringan larutan agar-agar yang tidak dapat tersaring oleh kain saring yang berupa serat kasar, sehingga kandungan Pb hanya sedikit yang terikat pada ampas ekstrak agar, dan masih berada didalam tepung agar. Menurut Phillips (1980)

bahwa masuknya unsur logam berat ke dalam tubuh tanaman, mengakibatkan terjadinya persenyawaan antara logam dengan protein dan polisakarida yang selanjutnya mampu menembus dinding sel dan masuk kedalam sitoplasma. Mekanisme pemasukan logam Pb ke dalam thallus adalah melalui dinding sel. Pada dinding sel ini logam Pb diikat oleh protein dan polisakarida sehingga logam Pb dalam bentuk Pb^{2+} menjadi senyawa yang non toksik. Logam Pb dalam bentuk ion bebas Pb^{2+} berpotensi menjadi toksik apabila masuk menuju bagian sel yang lebih dalam. Faktor yang dapat mempengaruhi kadar logam berat dalam tumbuhan yaitu jangka waktu kontak tumbuhan dengan logam berat, kadar logam berat dalam perairan, morfologi dan fisiologi serta jenis tumbuhan (Hutagalung, 1991).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 01-7387-2009 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam pada rumput laut segar dan hasil olahannya diatur bahwa batas maksimum cemaran logam yang diperbolehkan pada timbal (Pb) maksimal sebesar 0,5 ppm. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa kadar timbal pada rumput laut segar, tepung agar, dan ampas ekstrak agar masih dibawah ambang batas, dan aman untuk dikonsumsi.

KESIMPULAN

Nilai rerata kandungan mineral kalsium (Ca) yang dimiliki oleh sampel tepung agar yaitu sebesar 18,75 ppm, dan pada sampel ampas ekstrak agar yaitu sebesar 12,63 ppm. Nilai rerata kandungan logam berat tembaga (Cu) yang dimiliki oleh sampel tepung agar yaitu sebesar 1,239 ppm, dan pada sampel ampas ekstrak agar yaitu sebesar 0,733 ppm. Nilai rerata kandungan logam berat timbal (Pb) yang dimiliki oleh sampel tepung agar yaitu sebesar 0,158 ppm, dan pada sampel ampas ekstrak agar yaitu sebesar 0,042 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

Almatsier, S, 2009. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*: Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

- Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 1995. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan*. 01-2802. 1995. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan*. 01-7387-2009. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Choirni, dkk, 2015. *Analisa Kandungan Logam Li & Rb Pada Sungai Kaligarang dengan ICP-OES*. Kelompok 12 Pelatihan Instrumen. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.
- Ensminger, A. H, Ensminger, M. E, Konlande, J. E., & Robson, R. K. (1995). *The concise encyclopedia of foods and nutritions*. Boca Raton: CRC Press Limited.
- Gobinathan P., Murali P. V., & Panneerselvam, R. 2009. Interactive effects of calcium metabolism in pennisetum typhoides. *Advances in Biological Research* 3(5-6), 168-173.
- Hanifan, F, Ruhana, A, dan Hidayati, D, 2016. Pengaruh Substitusi Sari Umbi Bit (*Beta vulgaris* L.) terhadap Kadar Kalium, Pigmen Betalain dan Mutu Organoleptik Permen Jeli. *Jurnal Kesehatan FKUB: Volume 3, Nomer 1, Maret 2016*.
- Herusansono, W. (2012). *Kampung Tambak Lorok Bakal Tenggelam*. Kompas, 25 Januari. Diperoleh dari <http://regional.kompas.com/read/2012/01/25/17422154/twitter.compada> tanggal 01 Desember 2016.
- Houtkooper L., Farrell V.A., Mullins V.A., 2004. *Calcium Supplement Guidelines*. The University of Arizona Cooperative Extension AZ1042.
- Huboyo, H. S. dan Zaman, B. 2007. Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU-PLTGU Tambak Lorok Semarang), *Jurnal Presipitasi*, 3(2).
- Hutagalung, H. P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat*. Dalam Status Pencemaran

- Laut di Indonesiadan Teknik Pemantauannya. P30-LIPI. Jakarta.
- Izza, A, Hidayat N, dan Mulyadi, AF, 2016. *Penurunan Kandungan Timbal (Pb) pada Kupang Merah (Musculitas senhausia) dengan Perebusan Asam pada Kajian Jenis dan Konsentrasi Asam*. Alumni Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No: 51/MNKLH/1/2004 tentang pedoman penetapan baku mutu air laut. Menteri Lingkungan Hidup. Jakarta. 6-7 hlm.
- Kusuma, W.I, Gunawan, W dan Pramesti, R. 2013. Pengaruh Konsentrasi NaOH yang Berbeda terhadap Mutu Agar Rumput Laut *G. verrucosa*. *Journal Of Marine Research*. 2(2):120-129.
- Murdinah, Sinurat E, 2011. Perbaikan sifat fungsional agar-agar dengan penambahan berbagai jenis gum. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan* 6: 91– 100.
- Munir, M, 2008. Pemanfaatan Abu Batu Bara (Fly Ash) untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan. Tesis. Universitas Dponegoro. Semarang.
- Phillips, D.J.H. 1980. *Quantitative aquatic biological indicator and their use monitoring trace metal and organo chlorine pollution*. Applied Science Publisher, Ltd. 66 p.
- Ramadhan, W, 2011. Pemanfaatan Agar-agar Tepung Sebagai Texturizer pada Formulasi Selai Jambu Biji Merah (*Psidium guajava* L.) Lembaran dan Pendugaan Umur Simpannya. (*Skripsi*). IPB. Bogor.
- Santoso J, Satako G, Yumiko YS, Takeshi S. 2006. Mineral content of Indonesian seaweed solubility affected by basic cooking. *Journal of Food Science and Technology*. 12 (1):59-66.
- Silalahi, H. V. 2014. Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cu Dan Zn Pada Daging Dan Cangkang Kerang Kepah (*Meretrix meretrix*) Di Perairan Bagan Asahan Kecamatan Tanjung Balai Asahan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Pekanbaru.
- Subardjo, P, Ario, R, Handoyo G, 2016. Pola Persebaran Limbah Air Panas PLTU di Kolam Pelabuhan Tambak Lorok Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. Maret 2016 Vol. 19(1):48–54.
- Supriyantini, E dan Soenardjo, N, 2015. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Akar Dan Buah Mangrove *Avicennia marina* Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. September 2015 Vol. 18(2):98–106.
- Surahman. 2007. *Analisis Tingkat Perubahan Penggunaan Lahan Wilayah Pesisir Kota Ternate*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Wibowo, L. dan Fitriyani, E, 2012. *Pengolahan Rumput Laut (Eucheuma Cottoni) Menjadi Serbuk Minuman Instan*. *Vokasi* Vol. 2 (2); 101-109.
- Winarno, F. G.1982. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia.
- Winarno, F.G, 2004. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Yulianto, B, R. Ario dan A. Triono, 2006 . *Daya Serap Rumput Laut (Gracilaria sp) Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter*. Jurusan Ilmu Kelautan FPIK. Universitas Diponegoro. Semarang. Vol II (2): 72-78.