

AKTIVITAS PENGHAMBATAN ENZIM α -AMILASE DAN PENYERAPAN KOLESTEROL DARI SERAT PANGAN ALGA *Eucheuma spinosum*

Gilbert G. Masoa¹, Lidya Irma Momuat¹, Edi Suryanto¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sam Ratulangi

*Email: gilbertmasoa1999@gmail.com

ABSTRAK

Alga *Eucheuma spinosum* didapatkan langsung dari seorang nelayan (Pulau Nain Sulawesi Utara), yang sudah banyak dibudidayakan dan diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kandungan serat pangan pada berbagai ukuran serbuk (mesh), serta penentuan penghambatan enzim α -amilase dan penyerapan kolesterol. Prosedur penelitian meliputi preparasi sampel, ekstraksi, analisis proksimat, penentuan kandungan serat pangan, uji penghambatan enzim α -amilase, uji penyerapan kolesterol dan analisis data. Serbuk dibedakan dengan ukuran ayakan yaitu 200 mesh, 100 mesh dan < 100 mesh. Hasil penelitian menunjukkan presetase rendemen tertinggi pada sampel 200 mesh (0,97%). Komposisi kimia *E. spinosum* deretan tertinggi-terendah yaitu karbohidrat, kadar air, kadar abu, protein dan kadar lemak dan tidak berpengaruh pada ukuran sampel. Kandungan serat pangan menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran serbuk, maka semakin tinggi kandungan serat pangan 200 mesh (13,00%), 100 mesh (9,41%) dan < 100 mesh (7,08%). Potensi aktivitas serat pangan berpengaruh pada penghambatan enzim α -amilase 200 mesh (67,12%), 100 mesh (64,07%) dan < 100 mesh (70,85%) untuk ekstrak presetase masing-masing yaitu 200 mesh (63,29%), 100 mesh (56,18%) dan < 100 mesh (51,65%) dan juga penyerapan kolesterol 200 mesh (62,77%), 100 mesh (62,51%) dan < 100 mesh (60,36%) untuk ekstrak sampel 200 mesh (46,56%), 100 mesh (38,28%) dan < 100 mesh (42,55%).

Kata kunci: Serat pangan, enzim α -amilase, kolesterol, *E. spinosum*

ABSTRACT

Eucheuma spinosum algae is obtained directly from a fisherman (North Nain Sulawesi Island), which has been widely cultivated and studied. This study aims to determine the content of dietary fiber in various powder sizes (mesh), as well as determine the inhibition of α -amylase enzyme and cholesterol absorption. The research procedure includes sample preparation, extraction, proximate analysis, determination of dietary fiber content, α -amylase enzyme inhibition test, cholesterol absorption test and data analysis. The powder is distinguished by sieve sizes of 200 mesh, 100 mesh, and < 100 mesh. The results showed the highest yield percentage in a sample of 200 mesh (0.97%). The chemical composition of *E. spinosum* is low-high-yielding carbohydrates, water content, ash content, protein and fat content and has no effect on sample size. The food fiber content shows that the smaller the powder size, the higher the food fiber content of 200 mesh (13.00%), 100 mesh (9.41%) and < 100 mesh (7.08%). The potential activity of dietary fiber has an effect on the inhibition of α -amylase enzyme 200 mesh (67.12%), 100 mesh (64.07%), and < 100 mesh (70.85%) for presetase extract, respectively, namely 200 mesh (63.29%), 100 mesh (56.18%), and < 100 mesh (51.65%) and also cholesterol absorption 200 mesh (62.77%), 100 mesh (62.51%) and < 100 mesh (60.36%) for sample extracts 200 mesh (46.56%), 100 mesh (38.28%) and < 100 mesh (42.55%).

Keywords: Dietary fiber, α -amylase enzyme, cholesterol, *E. spinosum*

PENDAHULUAN

Dunia kuliner dan industri pengolahan pangan berkembang dengan pesat dan mempengaruhi gaya hidup dan pola konsumsi masyarakat. Kebiasaan masyarakat mengkonsumsi makanan cepat saji (*fast food*), yang tinggi lemak jenuh, garam, pati, gula dan rendah akan kandungan serat dapat berdampak negatif terhadap kesehatan seperti glukosa darah

meningkat melebihi kadar normalnya, ketidakmampuan tubuh menyimpan atau menggunakan glukosa menyebabkan rasa lapar sehingga meningkatkan berat badan (Aulawi, 2013). Kadar glukosa darah normal <126 mg/dL dan kadar glukosa darah tinggi \geq 126 mg/dL (Soviana & Maenasari, 2019).

Kadar gula yang tinggi dalam darah dapat menyebabkan terjadinya *atherosclerosis* atau

penyempitan dinding pembuluh darah. Selain kadar gula tinggi, *atherosclerosis* juga dapat disebabkan oleh kadar kolesterol yang tinggi dalam darah atau gangguan kadar lemak dalam darah (hiperkolesterolemia), dimana kadar kolesterol dalam darah >240 mg/dL. Sementara, kadar kolesterol seharusnya dalam tubuh <200 mg/dL. Kadar kolesterol beresiko sedang adalah 200-240 mg/dL dan beresiko tinggi >240 mg/dL (Sinulingga, 2020; Lestari & Utari 2016). Untuk solusinya yaitu diperbanyak konsumsi makanan dengan kandungan serat pangan yang mencukupi terdapat banyak pada biji-bijian, buah dan sayuran. Hasil penelitian oleh Ren dkk. (1994) membuktikan bahwa kandungan seperti alginat dan serat pangan pada tumbuhan laut berpotensi menurunkan kadar gula dan kolesterol darah. Diabetes melitus termasuk dalam suatu kelompok penyakit metabolik yang ditandai dengan kondisi hiperglikemia kronis akibat kelainan sekresi insulin. Secara umum DM dibedakan menjadi dua tipe yaitu diabetes melitus tipe 1 (DM 1) dan diabetes melitus tipe 2 (DM 2), dan yang paling umum ditemui di masyarakat yaitu sekitar 80% dari 90% diabetes tipe 2 (Baynest, 2015).

Serat pangan (*dietary fiber*) merupakan bagian dari tumbuhan yang dapat dikonsumsi dan tersusun dari karbohidrat yang tidak dapat dicerna dan diserap oleh usus halus manusia serta mengalami fermentasi di usus besar (Santoso, 2011). Serat pangan terbagi menjadi dua berdasarkan kelarutannya yaitu serat pangan terlarut dan tidak larut (Kusnandar, 2010). Peningkatan asupan serat pangan khususnya serat pangan larut air dapat menurunkan tekanan darah dan kadar kolesterol darah atau, meningkatkan sensitivitas insulin pada non-diabetes dan individu diabetes (Anderson dkk., 2009). Serat merupakan komponen penting dalam bahan pangan, terutama dalam menjaga kesehatan dan keseimbangan fungsi sistem pencernaan. Beberapa studi melaporkan bahwa serat pangan memiliki nilai kesehatan yang penting, terutama dalam mengurangi akumulasi kolesterol dalam darah, memperbaiki penyerapan glukosa bagi penderita diabetes, mencegah penyakit kanker usus, dan membantu menurunkan berat badan (Jones dkk., 2005; Ren dkk., 1994; Wisten & Messner 2005).

Pengobatan yang diberikan pada penderita diabetes melitus salah satunya menggunakan strategi menghambat penyerapan gula ke dalam tubuh dengan melibatkan enzim pencernaan. Salah satu enzim yang berperan dalam pencernaan adalah enzim α -amilase.

Enzim ini merupakan produk yang dihasilkan oleh kelenjar pankreas dan saliva, yang berfungsi memecah molekul polisakarida yang tidak terlarut menjadi molekul yang dapat diserap tubuh seperti maltosa, dekstrin, dan glukosa (Ariandi, 2016).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah meningkatnya glukosa dan kolesterol dalam darah adalah dengan memanfaatkan bahan alami yang dapat diperoleh dari keanekaragaman hayati di Indonesia seperti tanaman alga *Eucheuma spinosum*. Alga penyebarannya sangat luas, meliputi perairan Sulawesi Utara. Alga *E. spinosum* merupakan salah satu jenis alga yang memiliki aktivitas antioksidan (Podungge dkk., 2018) dan mengandung karbohidrat yang tinggi (Diharmi dkk., 2011). Rumput laut tinggi kandungan seratnya, sehingga banyak dijadikan sebagai bahan pembuatan minuman pelangsing tubuh (Muhtar dkk., 2019).

Keanekaragaman rumput laut di Indonesia merupakan yang terbesar dibandingkan dengan negara lain (Suparmi & Sahri 2009). *Eucheuma spinosum* mengandung karagenan tinggi berkisar antara 65-67%. Karagenan merupakan polisakarida, suatu senyawa hidrokolid yang terdiri atas ester kalium, natrium dan magnesium atau kalsium sulfat dengan galaktosa dan kopolimer 3,6 anhidrogalaktosa. Jenis rumput laut ini memiliki kandungan flavonoid, florotanin, polifenol, alkaloid, triterpenoid, dan asam askorbat (Cahyaningrum dkk., 2016; Gazali dkk., 2018; Sari dkk., 2015). Tujuan penelitian adalah untuk menentukan kandungan serat pangan, potensi penghambatan enzim α -amilase dan penyerapan kolesterol pada berbagai ukuran partikel serat pangan dari alga *Eucheuma spinosum*.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah alga *Eucheuma spinosum* yang diambil dari Pulau Nain Sulawesi Utara. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis adalah petroleum eter, etanol, aseton, etil asetat, natrium sulfat, tembaga(II) sulfat, natrium hidroksida, asam sulfat, asam klorida, asam asetat anhidrat, fenolftalein, pati dan kalium iodida dari Merck (Darmstadt, Germany) sedangkan enzim α -amilase dan kolesterol diperoleh dari Sigma Aldrich. Acarbose dan simvanstantin diperoleh dari apotik lokal.

Preparasi sampel

Sampel alga *Eucheuma spinosum* dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran dan kadar garam berlebih dari air laut, kemudian direndam selama satu malam dengan air tawar sambil diganti airnya setiap 3-4 jam sekali. Selanjutnya sampel dikering-anginkan selama 14 hari, kemudian dipotong kecil-kecil dan dihaluskan menggunakan blender/milling kemudian diayak menggunakan ayakan 200 mesh, 100 mesh. Serbuk yang tidak lolos dari ayakan 100 mesh disebut ukuran < 100.

Karakterisasi kimia

Analisis proksimat serbuk alga *Eucheuma spinosum* meliputi kadar air, kadar abu, kadar lemak, dan protein ditentukan menggunakan metode Sudarmadji (1997), karbohidrat ditentukan menggunakan metode *by difference* sedangkan analisis kandungan serat pangan ditentukan menggunakan metode AOAC (1995).

Ekstraksi serbuk alga *Eucheuma spinosum*

Ekstraksi serbuk alga *Eucheuma spinosum* menurut metoda Suryanto & Taroreh (2019). Serbuk alga ukuran 200 mesh, 100 mesh dan < 100 mesh ditimbang masing-masing 40 g ditambahkan pelarut petroleum eter 300 mL, diekstraksi dengan sonikasi dengan frekuensi 40 kHz selama 30 menit, setelah disonikasi sampel disaring, dan dipekatkan menggunakan *rotary vacuum evaporator*.

Penentuan antikoolesterol (*in-vitro*)

Penentuan penyerapan kolesterol menggunakan metode Zhang dkk. (2011) dengan beberapa modifikasi. Kuning telur ayam (14 g ditambahkan 140 mL akuades), 25 mL larutan kuning telur di tambahkan dengan 1 g serbuk alga *Eucheuma spinosum* dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 2 jam. Larutan kuning telur dipipet 8 mL ditambahkan 16 mL etil asetat. Filtrat dipipet 1 mL, direaksikan dengan 2 mL asetat anhidrat dan tambahkan 0,1 mL asam sulfat pekat (inkubasi diruang gelap 15 menit) dan absorbansi (A) diukur dengan spektrofotometer UV-Vis λ 668 nm. Untuk pengujian inhibisi kolesterol pada ekstrak, konsentrasi sampel dibuat 1000 $\mu\text{g/mL}$ dan dilakukan dengan prosedur pengujian yang sama.

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{kontrol}}} \times 100$$

Penentuan antidiabetes (*in-vitro*)

Penentuan penghambatan enzim α -amilase (serbuk) menggunakan metode Chau dkk. (2003) dengan sedikit modifikasi. Satu gram serbuk dan 4 mg α -amilase dicampurkan dengan 40 mL larutan pati (4%) (37 °C selama 30 menit) setelah itu disentrifugasi (3500 rpm selama 15 menit), 4 mL HCl 1 M ditambahkan dan 0,1 mL KI 0,01 N (Absorbansi UV-Vis λ 614 nm).

Penentuan penghambatan enzim α -amilase (ekstrak) menggunakan metode Bhutkar & Bhise (2012) dengan sedikit modifikasi, Pengujian dilakukan dengan cara dipipet 1 mL (sampel, enzim alfa-amilase 1000 mg/mL, buffer fosfat pH 7 dan pati 3%) inkubasi selama 30 menit, ditambahkan HCl 1 M sebanyak 1 mL kemudian ditambahkan 0,1 mL KI 0,01 N. Dengan prosedur yang sama dilakukan dengan menggantikan sampel dengan akuades sebagai blangko dan acarbose sebagai kontrol positif.

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{kontrol}}} \times 100$$

Analisis statistik

Semua data eksperimen dilakukan dua kali ulangan dan hasilnya dinyatakan sebagai rata-rata \pm standar deviasi (SD). Analisis ragam yang dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dilakukan menggunakan *software* SPSS versi 20.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen ekstrak

Ekstraksi serbuk alga *Eucheuma spinosum* menggunakan pelarut non-polar (petroleum eter) dengan bantuan alat sonikator. Metode ekstraksi sonikasi memanfaatkan gelombang ultrasonik dan mempercepat waktu kontak sampel dengan pelarut. Pelarut yang digunakan yaitu petroleum eter yang fokus untuk ekstraksi pada senyawa bioaktif non polar. Metode ekstraksi sonikasi menyebabkan keluarnya senyawa bioaktif dari dalam sel tumbuhan ke pelarut menjadi lebih cepat (Ashley dkk., 2001).

Tabel 1. menunjukkan bahwa nilai rendemen ekstrak sampel *Eucheuma spinosum* dengan perbedaan ukuran partikel bubuk tidak memberikan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) Kandungan ekstrak non-polar pada sampel *E. spinosum* yaitu 200 mesh 0,97%; 100 mesh 0,96%; dan < 100 mesh 0,87%. Hasil ini

menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil senyawa bioaktif yang larut dalam petroleum eter.

Tabel 1. Rendemen ekstrak alga *Euclidean spinosum* dengan perbedaan ukuran serbuk.

Ukuran sampel (Mesh)	Rendemen (%)
200	0,97 ± 0,02 ^a
100	0,96 ± 0,01 ^a
< 100	0,87 ± 0,11 ^a

Keterangan: Huruf yang berbeda dalam suatu kolom menyatakan tidak ada perbedaan yang signifikan $p > 0,05$.

Hasil rendemen ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Sharo dkk. (2013) yang

melaporkan hasil rendemen yang didapatkan dengan metode ekstraksi maserasi menggunakan pelarut non-polar n-heksana sebesar 0,78%. Menurut Lalopua (2020), rendemen massa alga dipengaruhi oleh kadar air dan ukuran serbuk. serbuk alga yang semakin kecil ukurannya bertujuan untuk memperbesar luas permukaan bahan agar kontak antara pelarut mudah terdifusi kedalam bahan melalui dinding sel bahan dan ekstraksi dapat berlangsung secara maksimal.

Komposisi kimia alga *Euclidean spinosum*

Komposisi kimia alga *Euclidean spinosum* meliputi presetase kadar air, kadar abu, kadar lemak, protein dan karbohidrat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia serbuk alga *E. spinosum*

Parameter uji	Ukuran sampel		
	200 mesh	100 mesh	< 100 mesh
Air (%)	10,14±0,29 ^a	10,50±0,40 ^a	10,08±0,32 ^a
Abu (%)	4,65±0,20 ^a	4,41±0,64 ^a	4,86±0,72 ^a
Lemak (%)	0,01±0,03 ^a	0,01±0,03 ^a	0,01±0,07 ^a
Protein (%)	0,98 ±0,03 ^a	1,53±0,31 ^a	1,09±0,31 ^a
Karbohidrat (%)	84,20±0,48 ^a	83,55±0,55 ^a	83,95±0,10 ^a

Hasil kadar air *Euclidean spinosum* (Tabel 2) dibandingkan dengan satadar kadar air rumput laut kering (SNI 2690: 2015) untuk bahan pangan (skala SNI 50-30) hasil kadar air dari serbuk alga *Euclidean spinosum* sesuai standar. Penelitian Diharmi dkk. (2011), melaporkan kadar air dari setiap perairan berbeda hasilnya yaitu 19,55% Nusa Penida, 21,27% Takalar, dan 19,92% Sumenep. Hudha dkk. (2012) melaporkan kadar air *Euclidean spinosum* yaitu 13,62%. Kualitas bahan pangan sangat dipusatkan dari kadar airnya untuk menjaga lama waktu penyimpanan dari bahan pangan tersebut ada perbedaan dari beberapa penelitian. Menurut Diharmi dkk. (2011), kadar air merupakan komponen kimia penting yang berhubungan dengan mutu rumput laut, karena rumput laut bersifat higroskopis, sehingga penyimpanan pada tempat lembab mentebabkan rumput laut cepat rusak. Dapat disimpulkan bahwa pada proses preparasi sampel sangat menentukan karena untuk menjaga sampel tidak terkontaminasi dengan udara secara langsung.

Hasil kadar abu (Tabel 2) membuktikan bahwa kandungan mineral-mineral pada serbuk alga *Euclidean spinosum* belum terbakar seluruhnya. Penelitian Diharmi dkk (2011), melaporkan kadar abu *Euclidean spinosum* yaitu 18,95% menurutnya kandungan mineral-mineral baik makro maupun mikro, dan fraksi mineral dari beberapa rumput laut hampir 30% dari berat kering. Menurut Hirao (1971), kadungan abu pada rumput laut berkisar antara 15-40%, dengan kandungan mineral Na (4,7-16%), K (2,5-7,5%) Ca (0,2-2,4%) dan I (20-2500) ppm.

Presentase kadar lemak kasar pada sampel alga *Euclidean spinosum* dengan metode sokletasi selama 6 jam, mendapatkan hasil yang rendah (Tabel 2). Diharmi dkk. (2011) melaporkan kandungan lemak dari rumput laut sangat sedikit yaitu 0.02-0.1%. komponen utama yaitu karbohidrat.

Presentase hasil kadar protein *Euclidean spinosum* rendah (Tabel 2). Penelitian Diharmi dkk. (2011) melaporkan kadar protein rumput laut *E. spinosum* berkisar 4,85-5.95%. Dibandingkan rumput laut coklat 5-15%,

Palmaria plamata dan *Porphyra tenera* (nori) yaitu 35 dan 37% (Burtin 2003). Menurut Eidman (1991), alga lebih banyak mensintesis protein dalam pembentukan dinding sel dan cadangan makanan kurang, dan pada kondisi ini nitrogen sedikit dan Sebagian proses sintesis protein dari jaringan fotosintesis akan diubah menjadi sintesis karbohidrat.

Presentase karbohidrat didapat dari penjumlahan dari hasil kadar air, kadar abu, kadar lemak, dan protein. Hasil kadungan karbohidrat pada alga dalam kategori tinggi yaitu 200 mesh (84,20%); 100 mesh (83,55%) dan < 100 mesh (83,95%). Menurut Diharmi dkk. (2011),

komponen karbohidrat rumput laut terdiri dari D dan L-galaktosa, 3,6-anhidrogalaktosa, ester sulfat, gula alcohol dan inositol. Karbohidrat pada rumput laut *Eucheuma spinosum* merupakan senyawa polisakarida linier (Bidwel, 1974).

Komposisi serat pangan alga *Eucheuma spinosum*

Komposisi serat pangan pada alga *E. spinosum* dengan variasi ukuran serbuk (200 mesh, 100 mesh dan < 100 mesh) dapat dilihat sebagai berikut (Tabel 3).

Tabel 3. Kandungan serat pangan alga *Eucheuma spinosum*

Kandungan	Sampel		
	200 mesh	100 mesh	< 100 mesh
Serat pangan tak larut (%)	12,54 ± 0,18 ^c	9,04 ± 0,01 ^b	6,65 ± 0,18 ^a
Serat pangan larut (%)	0,46 ± 0,02 ^c	0,37 ± 0,01 ^b	0,29 ± 0,01 ^a
Total serat pangan (%)	13,00 ± 0,16 ^c	9,41 ± 0,01 ^b	7,08 ± 0,01 ^a

Hasil pada Tabel 3 dari setiap variasi sampel menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antara serbuk yang kasar dan serbuk yang halus karena semakin ukuran serbuk itu kecil maka makin meningkatnya kandungan serat pangan *Eucheuma spinosum* baik serat pangan tak larut dan serat pangan larut sehingga total serat pangan *Eucheuma spinosum* yaitu 200 mesh 13,00%; 100 mesh 9,41%; dan < 100 mesh 7,08% dan terendah pada serat pangan larut (Tabel 3).

Penelitian oleh Diharmi dkk. (2011), melaporkan kandungan serat rumput laut *Eucheuma spinosum* dari tiga perairan Nusa Penida 12,17%, Takalar 15,92% dan Sumenep 14,61% dan hasil penelitian dari Muhtar dkk. (2019), serat pangan *Eucheuma spinosum* yaitu 0,33% setara dengan hasil serat pangan larut (Tabel 3) ada juga kandungan serat pangan *E. spinosum* yaitu 1,39% (Poncomulyo, 2006). Adapun serat tidak larut pada rumput laut umumnya berupa selulosa, asam uronat, dan gula-gula netral seperti fukosa, ramnosa, arabinosa, galaktosa, anhidrogalaktosa, metilgalaktosa, silosa, manosa, dan glukosa (Ruperez & Saura-Calixto. 2001).

Menurut Ruperez & Saura-Calixto (2001), kandungan serat rumput laut tidak terlepas dari komponen karbohidratnya. Kandungan serat pangan setiap jenis rumput laut berbeda begitu juga dengan kondisi lingkungan

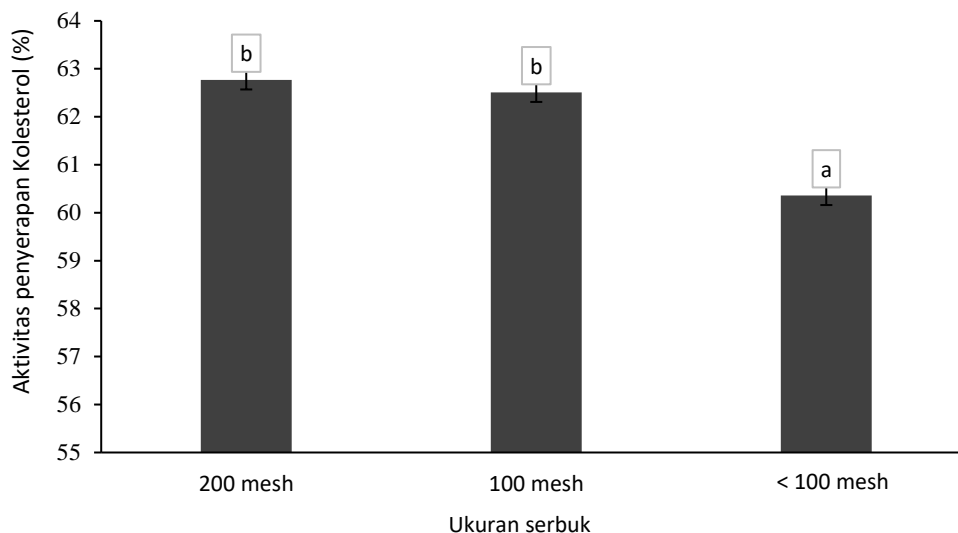
tempat rumput laut tumbuh. Rumput laut dikelompokkan menjadi 3 berdasarkan kandungan polisakarida, yaitu rumput laut penghasil agar-agar (agarofit), karaginan (karaginofit), dan alginat (alginofit), dari tiga kelompok ini merupakan komponen serat pangan pada rumput laut. Menurut Prasetyowati dkk. (2008), struktur karaginan dibagi menjadi 3 fraksi berdasarkan unit penyusunannya yaitu kappa (D-galaktosa 4-sulfat 3,6-anhidro-D-galaktosa), iota (D-galaktosa 4-sulfat 3,6-anhidro-D-galaktosa 2-sulfat), dan lambda (D-galaktosa 2-sulfat D-galaktosa 2,6-disulfat). Manfaat serat rumput laut bagi kesehatan berkaitan dengan sifat fisiko-kimianya, terutama daya serap air, viskositas, fermentabilitas, dan kapasitas penukar ionnya (Jimenez-Escrig & Sanchez-Muniz 2000). Menurut Burtin & Patricia (2003), kebanyakan dari polisakarida tersebut bila bertemu dengan bakteri di dalam usus manusia, tidak dicerna oleh manusia, sehingga dapat berfungsi sebagai serat.

Kemampuan penyerapan kolesterol serbuk *Eucheuma spinosum*

Pencegahan kondisi hiperkolesterol adalah dengan menurunkan faktor resiko. Faktor resiko yang dapat diubah berupa asupan gizi dan diet. Hal ini dapat dilakukan dengan mengkonsumsi bahan makanan alami berupa serat pangan (*dietary fiber*) yang dapat

menurunkan kadar kolesterol darah (Kemenkes RI, 2004; Lattimer & Haub 2010). Penyerapan kolesterol dari sebuk alga *Eucheuma spinosum* menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran sebuk semakin tinggi persentase penyerapan kolesterol, hasilnya 200 mesh, 100 mesh dan < 100 mesh berturut-turut adalah 62,77%; 62,51% dan

60,36% (Gambar 1). Penyerapan kolesterol ini tidak terlepas dari polisakarida yang ada alga *Eucheuma spinosum* dimana merupakan sumber serat pangan yang berperan aktif untuk penyerapan (Tabel 3).



Gambar 1. Kemampuan penyerapan kolesterol serbuk alga *Eucheuma spinosum* dengan perbedaan ukuran serbuk (< 100 mesh, 100 mesh, dan 200 mesh). Huruf yang berbeda dalam suatu grafik menyatakan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).

Serat pangan berperan dalam penurunan kolesterol yaitu mengikat asam empedu yang dihasilkan oleh kolesterol di dalam hati, selanjutnya dibuang bersama feses. Hasil penelitian Potter dkk. (1993), menunjukkan bahwa penambahan beberapa jenis serat pangan diet manusia dapat menurunkan kadar *Low Density Lipoprotein* (LDL). Sekitar 65% komponen LDL adalah kolesterol yang sangat berpotensi menimbulkan penyakit jantung koroner. Penelitian ini sejalan dengan Rashed dkk (2010) menunjukkan bahwa konsumsi makanan kombinasi sereal dan sayuran dengan kandungan serat pangan 16-18% mampu menurunkan kadar lipid total (total kolesterol, LDL, trigliserida, rasio total kolesterol/*High Density Lipoprotein* (HDL)) serta meningkatkan kolesterol HDL secara signifikan. Pada penelitian ini total serat pangan yaitu 13,00% pada ukuran sampel 200 mesh, ada kontribusi pada absorpsi kolesterol, dilihat lagi ketika ada penambahan variasi ukuran serbuk.

Menurut Astawan dkk. (2005), adanya serat pangan dalam saluran pencernaan akan mengikat kolesterol di usus sehingga terjadi akumulasi kolesterol dalam usus dan sekum

(digesta) tikus. Semakin tinggi atau banyak serat pangan yang mampu diikat oleh serat sehingga kolesterol yang terkandung di dalam digesta pun lebih banyak. Tingginya kadar kolesterol di dalam digesta menandakan penyerapannya di dalam usus rendah. Hal ini disebabkan oleh gerak laju digesta yang semakin cepat, disamping juga sifat serat dari rumput laut yang mampu mengikat kolesterol yang kemudian terakumulasi di dalam digesta. Kolesterol yang terdapat di dalam digesta tidak saja berasal dari makanan tetapi sebagian kecil berasal dari asam empedu yang diikat oleh serat (Lairon dkk., 1985).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa rumput laut yang mengandung komponen agar, karagenan, dan alginate memiliki potensi dalam menurunkan kolesterol plasma. Komponen agar diketahui dapat menurunkan kolesterol darah hingga 39% (Ren dkk., 1994), sedangkan alga mempunyai potensi dalam menurunkan kolesterol darah melalui penghambatan absorpsi kolesterol di usus (Suzuki dkk., 1993). Penelitian sejenis menunjukkan bahwa pemberian natrium alginate 200 mg/ekor/hari pada tikus selama 4 minggu mampu menurunkan kadar kolesterol total darah secara efektif signifikan (Wikanta dkk., 2003).

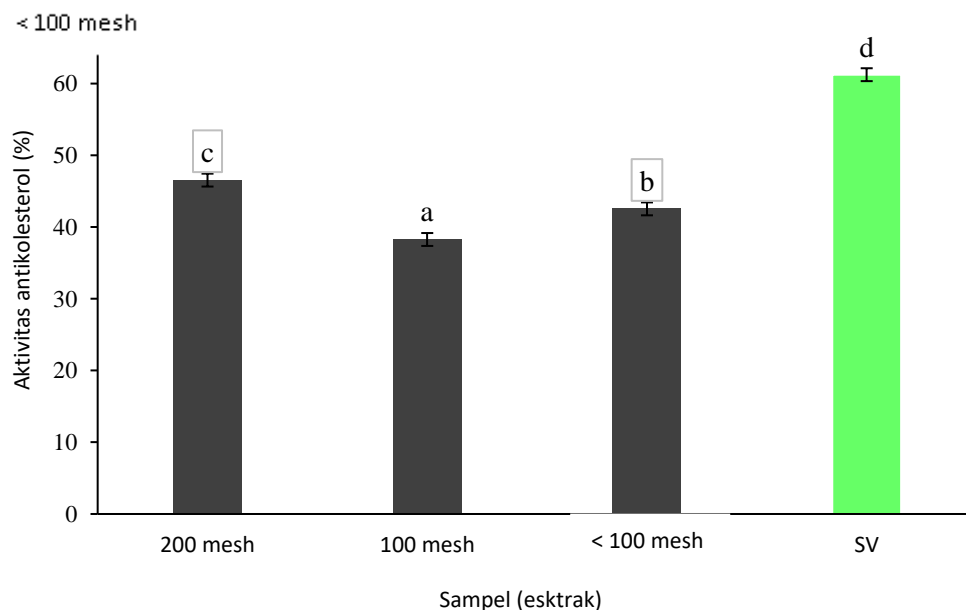
Penelitian lain yang dilakukan oleh Astawan dkk. (2005) menunjukkan bahwa penambahan 5% tepung *E. cottonii* pada rasum mampu menurunkan kadar LDL tikus hiperkolesterolemia. Begitu pula penelitian pada manusia menunjukkan pemberian serat sebanyak 20 gram/hari pada pasien hiperkolesterolemia mampu menurunkan total kolesterol, LDL, serta rasio LDL/HDL plasma, masing-masing sebesar 6, 8, dan 9% (Hunninghake dkk., 1994). Menurut Hallgren (1981), pengaruh fisiologi pemberian serat adalah meningkatkan berat dan volume feses, menurunkan waktu transit, mengikat asam empedu, menurunkan kolesterol darah, dan penyerapan mineral.

Menurut Wolever dkk. (1997), paling sedikit ada empat mekanisme penurunan kolesterol oleh serat, yaitu: (i) Peningkatan asam empedu di dalam usus halus yang menyebabkan meningkatnya ekskresi asam empedu fekal, (ii) Penurunan absorpsi lemak dan kolesterol, (iii)

Penurunan laju absorpsi karbohidrat yang menyebabkan penurunan kadar insulin serum sehingga menurunkan rangsangan sintesis kolesterol dan lipoprotein, dan (iv) Penghambatan sintesis kolesterol oleh asam lemak rantai pendek yang dihasilkan dari fermentasi serat larut di dalam kolon.

Kemampuan ekstrak alga *Eucheuma spinosum* sebagai antikolesterol

Antikolesterol dari ekstrak *E. spinosum* (1000 µg/mL) menunjukkan presentase yang berbeda signifikansi ($p < 0,05$) dalam setiap sampel (Gambar 2), dengan nilai rata-rata yaitu 200 mesh (46,56%); 100 mesh (38,28%) dan < 100 mesh (42,55%) dan sebagai pembanding simvastatin (61,26%). Ada perbedaan pada sampel 100 mesh dengan nilai lebih rendah hal ini karena komponen bioaktif pada sampel tidak terekstraksi keseluruhan.



Gambar 2. Kemampuan penyerapan kolesterol ekstrak alga *Eucheuma spinosum* dengan perbedaan ukuran serbuk dan simvastatin (SV)). Huruf yang berbeda dalam suatu grafik menyatakan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).

Penelitian oleh Angraini & Nabillah (2018), dengan perbedaan konsentrasi dan tertinggi pada 800 µg/mL (64,05%) ini membuktikan bahwa ada perbedaan komponen senyawa disetiap jenis tumbuhan dan memiliki peran masing-masing.

Senyawa-senyawa yang diduga sebagai antikolesterol dari ekstrak alga *Eucheuma spinosum* sesuai dengan hasil skrining fitokimia oleh Damongilala dkk. (2021) & Inayah & Masruri (2021) yaitu alkaloid, steroid,

triterpenoid, saponin dan tanin. Vitamin C diduga sebagai antikolesterol (Burke dkk., 1974) dan pada *Eucheuma spinosum* juga terdapat vitamin C (Hudha dkk. 2012).

Kemampuan serbuk *Eucheuma spinosum* sebagai penghambatan enzim α -amilase

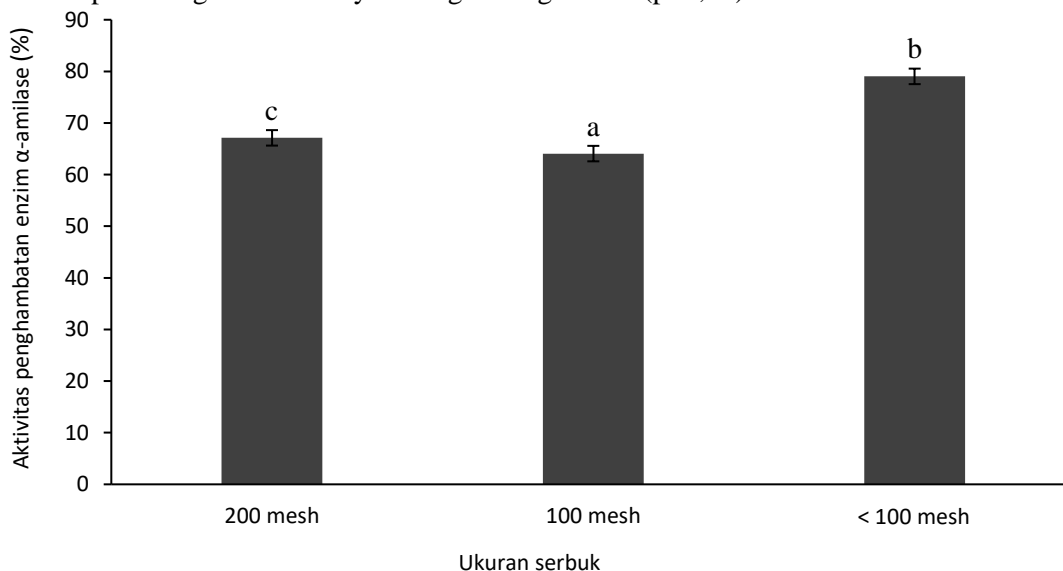
Amilase adalah enzim yang diproduksi oleh kelenjar ludah yang mencerna molekul pati untuk memberikan produk pemecahan seperti

maltose, yang pada gilirannya membelah menjadi dua molekul glukosa. Untuk melanjutkan pencernaan pati yang masuk, saluran pancreas mengirimkan sejumlah besar amilase pankreas ke duodenum (Des Gachons & Breslin 2016). Di antara berbagai jenis enzim amilase, satu kategori utama enzim adalah α -amilase pankreas. Ini pada dasarnya adalah kalsium metalloenzymes (Samrot & Vijay 2008) karena kalsium merupakan kofaktor penting dalam melakukan fungsi seperti pencernaan pati (Morris dkk., 2011).

Karbohidrat ketika dikonsumsi pertama kali harus dipecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil seperti monosakarida yang selanjutnya akan diserap dalam tubuh. α -amilase mengkatalisis ikatan (1,4)-D-glikosidik (amilosa dan imilopektin) (produk α) yang ada dalam pati untuk menghirolisisnya menjadi fragmen yang lebih kecil dan polimer glukosa lainnya. Dengan

melakukan tindakan menghambat enzim α -amilase, ini membantu dalam mengurangi hiperglikemia, obesitas dan masalah seperti kondisi kelebihan berat badan (Ainezzahira dkk., 2019; Ariandi 2016; Aiyer 2005).

Kemampuan serbuk dari alga *Eucheuma spinosum* sebagai absorpsi enzim α -amilase dari hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 3, dengan nilai masing-masing yaitu 200 mesh 67,12%; 100 mesh 64,07% dan < 100 mesh 70,85%. Dari hasil menunjukkan bahwa pengaruh ukuran partikel berbanding terbalik hasil tertinggi ada pada residu yang ukuran partikel lebih besar, karena diasumsikan bahwa semakin ukuran partikel suatu sampel atau serbuk makan semakin meningkatnya absorpsi serbuk tersebut. Hal ini diduga karena ada terjadi perbandingan jumlah serbuk yang berukuran kecil pada sampel residu dan juga menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).



Gambar 3. Kemampuan penghambatan enzim α -amilase serbuk alga *Eucheuma spinosum* dengan perbedaan ukuran serbuk. Huruf yang berbeda dalam suatu grafik menyatakan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).

Pada mekanisme serat pangan tak larut (tidak dapat dicerna oleh enzim) akan menyebabkan serat makanan masuk ke dalam usus besar kemudian difermetasi oleh bakteri di usus besar membetuk (*Short chain fatty acid*). Pembentukan SCFA ini menginduksi sekresi hormon (*Glucagon like peptide-1*), (*Gastric inhibitory polypeptide*), dan (*Peptide YY*) yang akan meningkatkan sensitivitas insulin dan akhirnya menyebabkan penurunan glukosa dalam darah (Sunarti, 2017). Serat pangan pada *E. spinosum* tertinggi pada serat pangan tak larut dibandingkan serat larut (Tabel 3). Menurut

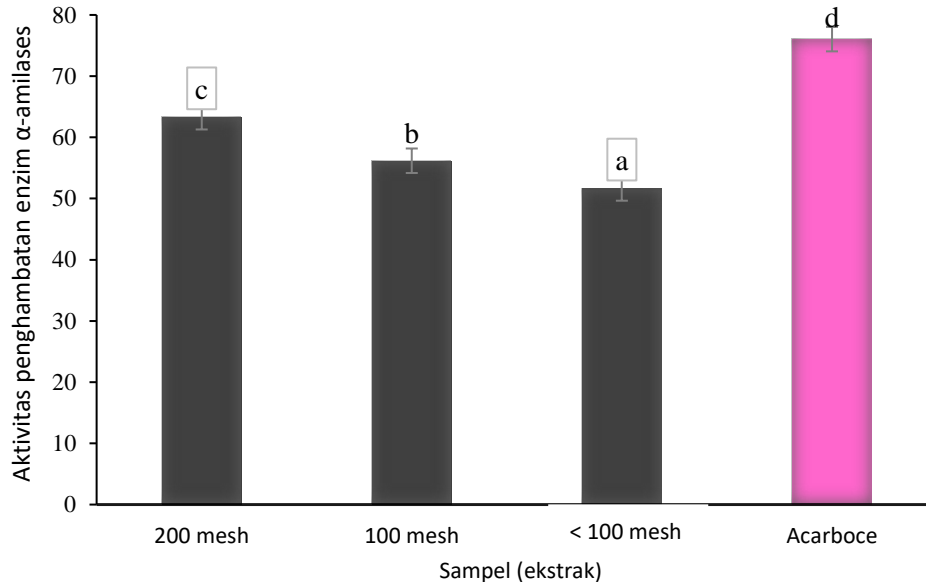
Soviana & Maenasari (2019), asupan serat bagi penderita diabetes yaitu 20-35 g/hari

Kemampuan penghambatan enzim α -amilase dari ekstrak alga *Eucheuma spinosum*

Kemampuan ekstrak alga *Eucheuma spinosum* terhadap % inhibitor enzim α -amilase (antidiabetes), dari hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4, nilai dari 200 mesh 100 mesh dan < 100 mesh berturut-turut adalah 63,29%; 56,18% dan 51,65% serta acarbose sebagai pembanding sebesar 76,05% ($p < 0,05$).

Menurut Pujiyanto dkk. (2019) aktivitas inhibitor α -amilase ini mampu menghambat kerja enzim α -amilase sehingga mampu menurunkan kadar gula darah. Inayah (2021) membuktikan bahwa ekstrak senyawa non polar dari alga

Eucheuma spinosum yaitu triterpenoid, alkaloid (Dragendrof) dan saponin. Senyawa polifenol dan tritrpenoid dilaporkan dapat berperan menurunkan serum gula darah pada diabetes tipe kedua (Mahmood 2016; Rosidah, 2015).



Gambar 4. Kemampuan penghambatan enzim α -amilase serbuk alga *Eucheuma spinosum* dengan perbedaan ukuran serbuk (< 100 mesh, 100 mesh, dan 200 mesh). Huruf yang berbeda dalam suatu grafik menyatakan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).

KESIMPULAN

Kandungan serat pangan (serat pangan larut dan serat pangan tak larut) dari setiap variasi ukuran partikel serbuk *Eucheuma spinosum* menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran partikel, maka semakin tinggi kandungan serat pangan dan serat pangan larut > serat pangan tak larut. Ukuran partikel (serbuk) dan ekstrak *Eucheuma spinosum* memiliki potensi sebagai aktivitas penyerapan kolesterol dan penghambatan enzim α -amilase.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainezzahira, Multri, H.D., Kiyat, W.E., Nacing, N., & Dari, D.W. Pemanfaatan enzim alpha-amilase modifikasi pati singkong sebagai substitusi gelatin produk *Marsmallow*. *Jurnal Agroindustri Halal*. 5(2), 220-227.
- Aiyer, P.V. 2005. Amylases and their applications. *African Journal of Biotechnology*. 4(13), 1525-1529.
- Anderson, J. W., Baird, P., Jr, D., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V., & Williams, C.L. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Internasional Life Sciences Institute*. 67(4), 188-205.
- AOAC. 1995. *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemist. Washington, DC. USA.
- Ariandi. 2016. Pengenalan enzim amilase (*Alpha-amilase*) dan reaksi enzimatisnya menghidrolisis amilosa pati menjadi glukosa. *Jurnal Dinamika*. 7(1), 74-82.
- Ashley, K., R.N. Andreas, L. Cavazosa, M. Demage. 2001. Ultrasonik extraction as a sampel preparaton technique for elemental analysis by atomic spectrometry. *Journal of Analysis Atomic Spectrometry*. 6(10), 1147-1153.
- Astawan, M., Wresdiyati, T., & Hartanta, A.B. 2005. Pemanfaatan rumput laut sebagai sumber serat pangan untuk menurunkan kolesterol darah tikus. *Hayati*. 12(1), 23-27.
- Aulawi, T. 2013. Hubungan konsumsi daging merah dan gaya hidup terhadap risiko

- kanker kolon. *Kutubkhanah*. 1(16), 37-45.
- Baynest H.W. 2015. Classification, Pathophysiology, diagnosis and management diabetes mellitus. *Journal of Diabetes & Metabolis*, 6(5), 1-9.
- Bhutkar, M.A. & Bhise, S.B. 2012. In vitro assay of alpha amylase inhibitory activity of some indigenous plants. *International Journal of Chemical Sciences*, 10(1), 457-462.
- Bidwel R.G, SL. 1974. *Plant physiology*. Macmillan Publishing Co Inc New York.
- London.cal cooperation agency government of Japan.
- Burke, R.W., Diamondstone, B.I., Velapoldi, R.A., & Menis, O. 1974. Mechanisms of the Liebermann-Burchard and Zak color reactions for cholesterol. *Clinical Chemistry*. 20(7), 781-794.
- Burtin & Patricia. 2003. Nutritional value of seaweeds. *Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry*. 2(4), 498-503.
- Cahyaningrum, K., Husni, A., Budhiyanti, S.A., 2016. Aktivitas antioksidan ekstrak rumput laut cokelat (*Sargassum polycystum*). *Agritech*. 36(2), 137-144.
- Chau, Chi-Fai., Huang, Ya-Ling., & Lee, Mao-Hsiang. 2003. In vitro hypoglycemic effect of different insoluble fiber-rich fractions prepared from the peel of citrus *Sinensis* L.cv. Liucheng. *Journa of Agricultural and Food Chemistry*. 51(22), 6624-6626.
- Damongilala, J.L., Wewengkang, D.S., Losung, F., & Tallei, T.E. 2021. Phytochemical and antioxidant activities of *Eucheuma spinosum* as natural functional food from Nort Sulawesi Waters, Indonesia. *Pakistan Jurnal of Biological Sci*. 24(1), 132-138.
- Des Gachons, C.P., & Breslin, P.A 2016. Salivary amylase: digestion and metabolic syndrome. *Current Diabetes Reports*. 16(10), 1-7
- Diharmi, A., Fardiaz, D., Andrawulan, N., & Heruwati, E. S. 2011. Karakteristik komposisi kimia rumput laut merah (Rhodophyceae) *Eucheuma spinosum* yang dibudidayakan dari perairan Nusa Penida, Takalar, dan Sumenep. *Berkala Perikanan Terubuk*. 39(2), 61-66.
- Eidman, H.M. 1991. Studi efektifitas bibit algae laut (rumput laut). Salah satu upaya peningkatan budidaya algae laut (*Eucheuma spp*). Laporan Penelitian Fakultas Perikanan ITB. Hal 74.
- Gazali, M., Nurjanah, & Zamani, N.P. 2018. Eksplorasi senyawa bioaktif alga cokelat *Sargassum sp*. Agardh sebagai antioksidan dari Pesisir Barat Aceh. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(1), 167-178.
- Hallgren B.O. 1981. *The Role of Dietary Fiber in Food. Problems in Nutrition Research Today*. Academic Pr, Switzerland.
- Hirao, S. 1971. Seaweed in Utilization of marine products. Technical cooperation agency Government of Japan, 148 .
- Hunninghake, D.B., Miller, V.T., LaRosa, J.C., Kinoshian, B., Brown, V., Howard, W.J., DiSerio, F.J., & O'Connor, R.R. 1994. Hypocholesterolemic effects of a dietary fiber supplement. 59(5), 1050-1054.
- Inayah, N., & Masruri, M. 2021. Free-radical scavenging activity (FRSA) of secondary metabolite Extracted from Indonesia *Eucheuma Spinosum*. *Alchemy Journal of Chemistry*. 9(1), 1-6.
- Jimenez-Escrig, A. & Sanchez-Muniz, F.J 2000. Dietary fibre from Edible seaweeds chemical structure, physicochemical properties and effects on cholesterol metabolism. *Nutrition Research*. 20(4), 585-598.
- Jones, P.J., Raeini-Sarjaz, M., Jenkins, D.J.A., Kendall, C.W.C., Vidgen, E., Trautwein, E.A, Lapsley, K.G., Marchle, A., Cunnane, S.C., & Connelly, P.W. 2005. Effects of a diet high in plant sterols, vegetable proteins, and viscous fibers (dietary protfolio) on circulating sterol levels and red cell fragility in hypercholesterolemic subjects. 40(2), 169-174.
- Kemenkes RI. 2004. Survei Kesehatan Rumah Tangga. Litbangkes, Jakarta
- Kusnandar, F 2010. Mengenal Serat Pangan. <http://itp.fateta.ipb.ac.id>. [25 Januari 2023].
- Lairon, D., Lafont, H., Vigne, J.L., Nalbone, G., Léonardi, J., & Hauton, J.C. 1985. Effect of dietary fibers and cholestyramine on the activity of pancreatic lipase in vitro. *American Journal of Clinical Nutrition*. 42(4), 629-638.
- Lalopua, M.N. 2020. Rendemen ekstrak kasar dan fraksi pelarut alga merah

- (*Kappaphycus alvarezii* Doty). *Majalah Biam.* 16(1), 1-5.
- Lattimer, J.M., & Haub, M.D. 2010. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients.* 2(12), 66-69.
- Lestari, WA & Utari, DM. 2016. Faktor dominan hiperkolesterolemia pada pra-lansia di wilayah kerja Puskesmas Rangkapanjaya Kota Depok. *BKM Journal of Community Medicine and Public Health.* 33(6), 267-272.
- Mahmood, N. 2016. A review of α -amylase inhibitors on weight loss and glycemic control in pathological state such as obesity and diabetes. *Comparative Clinical Pathology.* 25(6), 1253-1264.
- Morris, C., Fichtel, S.I., & Taylor, A.J. 2011. Impact of calcium on salivary α -amylase activity, starch paste apparent viscosity, and thickness perception. *Chemosensory Perception.* 4(3), 116-122.
- Muhtar, N.I., Asnani & Rejeki, S. 2019. Analisis sensori, antioksidan dan kandungan serat minuman fungsional rumput laut *Eucheuma spinosum* dengan penambahan rumput laut *Sargassum* sp. *Journal Fish Protech.* 2(2), 274-279.
- Podungge, A., Damongilala, L.J., & Mewengkang, H.W. 2018. Kandungan Antioksidan pada Rumput Laut *Eucheuma spinosum* yang diekstrak dengan Metanol dan Etanol. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan.* 6(1), 1-5.
- Poncomulyo. 2006. *Budidaya dan Pengolahan Rumput Laut.* Agro Media Pustaka, Jakarta
- Potter, S.M., Bakhit, R.M., Essex-Sorlie, D., Weinggariner, K.E., Chapman, K.M., Nelson, R.A., Prabhudesai, M., Savage, W.D., Nelson, A.I., Winter, L.W., & Erdman Jr., J.W. 1993. Depression of plasma cholesterol in men by consumption of baked products containing soy protein. *American Journal of Clinical Nutrition.* 58(4), 501-506.
- Prasetyowati, A, Jasmine, C., & Agustiawan, D. 2008. Pembuatan tepung karaginan dari rumput laut (*Eucheuma Cottonii*) berdasarkan perbedaan metode pengendapan. *Jurnal Teknik.* 2(15), 27-33.
- Pujiyanto, S., Wijanarka, Raharja, B., & Anggraeni, V. 2019. Aktivitas inhibitor α -amilase ekstrak etanol tanaman brotowali (*Tinospora crispa* L.). *Bioma.* 21(2), 91-99.
- Rashed, M.M., Shallan, M., Mohamed, D.A., Fouda, K., & Hanna, L.M. 2010. Hypolipidemic effect of sources. *Grasas Y Aceites.* 61(3), 261-270.
- Ren, D., Noda, H., Amano, H., Nishino, T., & Nishizawa, K. 1994. Study on antihypertensive and hyperlipidemic effects of marine algae. *Journal of Fisheries Science.* 60(1), 83-88.
- Rosidah, I., Hismiati, B., Rima, M., & Olivia B.P. 2015. Pengaruh kondisi proses ekstraksi batang brotowali (*Tinospora crispa* L. Hook.f & Thomson) terhadap aktivitas hambatan enzim alfa glukosidase. *Media Litbangkes,* 25(4), 203-210.
- Ruperez, P. & Saura-Calixto, F. 2001. Dietary fibre and physicochemical properties of edible Spanish Seaweeds. *European Food Research and Technology.* 212(3), 349-354
- Samrot, A. & Vijay, A. 2011. α -Amilase activity of wild and mutant strains of Bacillus sp. *The Internet Journal of Microbiology.* 6(2), 1-4.
- Santoso, A. 2011. Serat pangan (*dietary fiber*) dan manfaatnya bagi kesehatan. *Magistra.* 23(75), 35-40.
- Sari, B.L., Susanti, N., Sutanto. 2015. Skrining fitokimia dan aktivitas antioksidan fraksi etanol alga merah *Eucheuma spinosum*. 2(20), 59-67.
- Sharo, N.M., Ningsih, R., Nasichuddin, A., & Hanapi, A. 2013. Uji Toksisitas dan indentifikasi senyawa ekstrak alga merah (*Eucheuma cottonii*) terhadap larva udang *Artemia salina* LEACH. *Alchemy,* 2(3), 170-177.
- Sinulingga, B. Olivia. 2020. Pengaruh konsumsi serat dalam menurunkan kadar kolesterol. *Jurnal Penelitian Sains.* 22(1), 9-15.
- SNI 01-2891. 1992. *Cara Uji Makanan dan Minuman.* Badan Standarisai Nasional, Jakarta.
- SNI 2690. 2015. *Rumput laut kering.* Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Soviana, E. & Maenasari, D. 2019. Asupan serat beban glikemik dan kadar glukosa darah pada pasien diabetes melitus tipe 2. *Jurnal Kesehatan.* 12(1), 19-29.
- Sudarmadji. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian.* Liberty, Yogyakarta.

- Sunarti. 2017. *Serat Pangan dalam Penanganan Sindrom Metabolik*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suparmi & Sahri, A. 2009. Mengenal potensi rumput laut kajian pemanfaatan sumber daya rumput laut dari aspek industri dan kesehatan. *Majalah Ilmiah Sultan Agung*, 44(118), 95-116.
- Suryanto, E., & Taroreh, M.R.I. 2019. Ultrasound-assisted extraction antioksidan serat pangan dari tongkol jagung (*Zea mays* L.). *Chemistry Progress*. 12(2), 109-116.
- Wikanta, T., Nasution, R.R., & Rahayu, L. 2003. Pengaruh pemberian natrium alginat terhadap Penurunan kadar kolesterol total darah dan bobot badan tikus. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 9(5), 23-31.
- Wisten, A. & Messner, T. 2005. Fruit and fibre (*Pajala porridge*) in the prevention of constipation. *Scandinavian Journal of Caring Science*. 19(1), 71-76.
- Wolever, T.M., Hegele, R.A., Connelly, P.W., Ransom, T.P., Story, J.A., Furumoto, E.J., & Jenkins, D.J. 1997. Long-term effect of soluble-fiber foods on postprandial fat metabolism in dyslipidemic with E3 and apo E4 genotypes. *The American journal of clinical nutrition*. 66(3), 584-590.
- Zhang, N., Huang, H., & Ou, S. 2011. In Vitro binding capacities of three fibers and their mixture for four toxic elements cholesterol, and bile acid. *Journal of Hazardous*. 186(1), 236-239.