

**KARAKTERISASI TEPUNG SEMI REFINED CARRAGEENAN DARI RUMPUT LAUT
Kappaphycus alvarezii DENGAN BERBAGAI PELARUT ALKALI
CHARACTERIZATION OF SEMI REFINED CARRAGEENAN FLOUR FROM SEAWEED
Kappaphycus alvarezii WITH VARIOUS ALKALINE SOLUTIONS**

Novalina Maya Sari Ansar^{*}, Eko Cahyono, Obyn Imhart Pumpente, Stevy Imelda Murniati Wodi,
Frets Jonas Rieuwpassa, Jaka Frianto Putra Palawe, Wendy Alexander Tanod

Program Studi Pengolahan dan Penyimpanan Hasil Perikanan, Politeknik Negeri Nusa Utara.
Jalan Kesehatan No 1 Tahuna, Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara

^{*}Corresponden author email: novalinaa41@gmail.com

Submitted: 20 Juny 2022 / Revised: 26 Juny 2022 / Accepted: 28 Juny 2022

<http://doi.org/10.21107/juvenil.v3i1.15013>

ABSTRAK

Semi Refined Carrageenan merupakan salah satu produk carrageenan dengan tingkat kemurnian lebih rendah dibandingkan dengan refined carrageenan. Semi Refined Carrageenan merupakan tepung hasil ekstraksi rumput laut jenis Kappaphycus alvarezii berwarna putih kekuningan, dapat membentuk gel sehingga sangat berperan dalam industri makanan dan obat-obatan. Tujuan penelitian untuk mendapatkan konsentrasi pelarut KOH dan NaOH yang tepat dalam proses ekstraksi tepung Semi Refined Carrageenan rumput laut Kappaphycus alvarezii. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu mengekstraksi Kappaphycus alvarezii menggunakan larutan alkali KOH dan NaOH yang direndam selama 4 menit. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa rendemen tertinggi terdapat pada larutan KOH 5% (56,10%) dan larutan NaOH 3% (42,29%), kadar air pada larutan KOH 5% (15,45%) dan larutan NaOH 1% (16,50%), kadar abu larutan KOH 4% (4,85%) dan larutan NaOH 2% (3,50%), nilai pH terbaik terdapat larutan KOH 3% (8,14) dan larutan NaOH 3% (8,01) dan viskositas laju alir pada larutan KOH 3% (36,50 mL/detik) dan larutan NaOH 3% (38,10 mL/detik). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa rendemen tertinggi terdapat pada larutan KOH 5% dan larutan NaOH 3%.

Kata Kunci: alkali, carrageenan, KOH, Kappaphycus alvarezii, NaOH

ABSTRACT

Semi Refined Carrageenan is a carrageenan product with a lower level of purity compared to refined carrageenan. Semi Refined Carrageenan is flour extracted from Kappaphycus alvarezii type of seaweed, yellowish white in color, can form a gel so that it plays a very important role in the food and medicine industry. The aim of the study was to obtain the correct concentration of KOH and NaOH solvents in the extraction process of Kappaphycus alvarezii seaweed Semi Refined Carrageenan flour. The method used in this study is an experimental method, namely extracting Kappaphycus alvarezii using an alkaline solution of KOH and NaOH soaked for 4 minutes. The results obtained showed that the highest yield was found in 5% KOH solution (56.10%) and 3% NaOH solution (42.29%), water content in 5% KOH solution (15.45%) and 1% NaOH solution (16.50%), ash content of 4% KOH solution (4.85%) and 2% NaOH solution (3.50%), the best pH values were 3% KOH solution (8.14) and 3% NaOH solution (8.01) and the viscosity of the flow rate in 3% KOH solution (36.50 mL/second) and 3% NaOH solution (38.10 mL/second). From the results of the study, it can be concluded that the highest yield is found in 5% KOH solution and 3% NaOH solution.

Keywords : alkali, carrageenan, KOH, Kappaphycus alvarezii, NaOH

PENDAHULUAN

Rumput laut adalah salah satu komoditas ekspor dan merupakan program revitalisasi

perikanan yang diharapkan dapat berperan penting guna peningkatan kesejahteraan masyarakat. *Kappaphycus alvarezii* memiliki

kandungan *carrageenan* yang telah banyak dimanfaatkan sebagai sediaan dalam industri makanan, kosmetik, farmasi dan pupuk organik (Ferrara, 2020). Produksi rumput laut Indonesia ditargetkan akan meningkat dari tahun 2022-2024 yaitu menjadi 2,29% (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2020).

Rumput laut termasuk salah satu jenis tanaman perairan yang saat ini banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia termasuk masyarakat Sulawesi (Rusli *et al.*, 2020; Palawe *et al.*, 2021). Rumput laut mempunyai prospek untuk dikembangkan terutama rumput laut jenis *Kappaphycus alvarezii*. Sulawesi Selatan termasuk penghasil rumput laut terbesar di Indonesia disusul Nusa Tenggara Barat (NTB) dan Sulawesi Tengah (Badan Pusat Statistik, 2021). Pada tahun 2021, produksi rumput laut jenis *Kappaphycus alvarezii* mencapai 80.000 ton kering, naik sekitar 100% dari tahun sebelumnya, yakni 39.400 ton kering pada tahun 2020. Rumput laut jenis *Kappaphycus alvarezii* selain memiliki daya tahan terhadap penyakit, juga mengandung *carrageenan* kelompok *kappa carrageenan* dengan kandungan yang relatif tinggi, yakni sekitar 50% dari berat kering. *Kappa carrageenan* bernilai ekonomi tinggi, yakni 10 sampai 20 kali harga rumput laut. Atas dasar tersebut kandungan *carrageenan* rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dijadikan sebagai faktor utama penentu mutu, dalam arti makin tinggi kandungan *carrageenan* makin tinggi mutu rumput laut *Kappaphycus alvarezii* (Simatupang *et al.*, 2021).

Semi Refined Carrageenan (SRC) merupakan tepung hasil olahan rumput laut jenis *Kappaphycus alvarezii* berwarna putih kekuningan (Herring *et al.*, 2021), bersifat dapat membentuk gel (Tkachenko *et al.*, 2021) sehingga sangat berperan dalam industri makanan dan obat-obatan diantaranya sebagai stabilisator (Sedayu *et al.*, 2021), bahan pengental dan pengemulsi (Tkachenko *et al.*, 2021), antioksidan (Amelia & Tanod, 2016). *Semi Refined Carrageenan* mengandung sejumlah kecil selulosa yang ikut mengendap bersama *carrageenan*. *Semi Refined Carrageenan* secara komersial diproduksi dari rumput laut jenis *Kappaphycus alvarezii* melalui proses pemanasan menggunakan larutan alkali Kalium Hidroksida (KOH) (Abdillah *et al.*, 2021). Pembuatan *Semi Refined Carrageenan* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain konsentrasi basa KOH, durasi pemanasan dan suhu pemanasan serta rasio larutan KOH

terhadap rumput laut. Tujuan penelitian untuk mendapatkan konsentrasi pelarut KOH dan NaOH yang tepat dalam proses ekstraksi tepung *Semi Refined Carrageenan* rumput laut *Kappaphycus alvarezii*.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2022 bertempat di Laboratorium Pengolahan dan Penyimpanan Hasil Perikanan, Politeknik Negeri Nusa Utara.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan rumput laut *Kappaphycus alvarezii*, larutan KOH dan NaOH (konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6% dan 7%) dan aquades. Ekstraksi tepung *Semi Refined Carrageenan* berdasarkan Cahyono (2015), yaitu *Kappaphycus alvarezii* yang telah bersih diekstraksi menggunakan larutan alkali KOH dan NaOH yang direndam selama 4 menit suhu 100 °C.

Peubah yang Diamati

Analisis mutu tepung SRC meliputi rendemen (AOAC, 2005), Kadar Air (Badan Standardisasi Nasional, 2011), Kadar Abu (AOAC, 2005), Nilai pH (BSN, 2004), Viskositas (Cahyono, 2015).

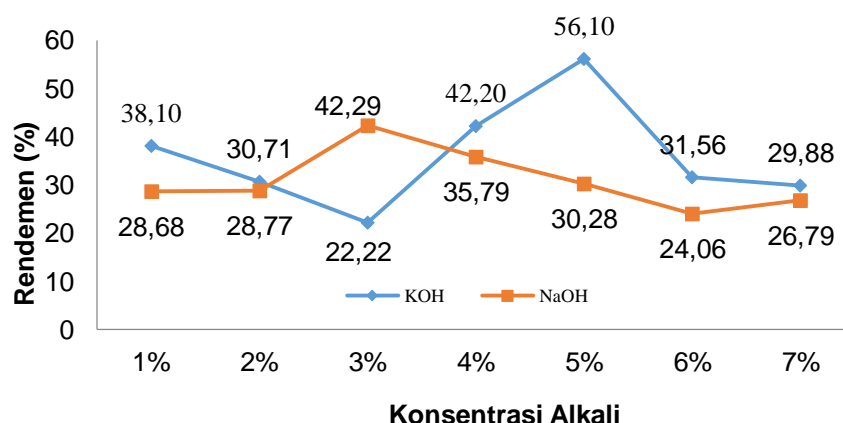
Analisa Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dimana metode penelitian yang berdasarkan pada filsafat postpositivisme digunakan untuk meneliti pada kondisi objek yang alamiah (Isnawati *et al.*, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Rendemen *carrageenan* adalah berat *carrageenan* yang dihasilkan dari rumput laut kering dan dinyatakan dalam persen (Cahyono, 2015). Semakin tinggi nilai rendemen semakin besar output yang dihasilkan (Shalvina *et al.*, 2022). Rendemen dihitung berdasarkan sampel yang digunakan (Rokhman *et al.*, 2014). (Tkachenko *et al.*, 2021) juga mempertegas bahwa rendemen dihitung dengan cara membagi berat akhir hasil pengeringan dengan berat awal sampel kemudian dikali 100%. Hasil pengujian rendemen dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Rendemen ekstraksi *Kappaphycus alvarezii* pada berbagai konsentrasi alkali

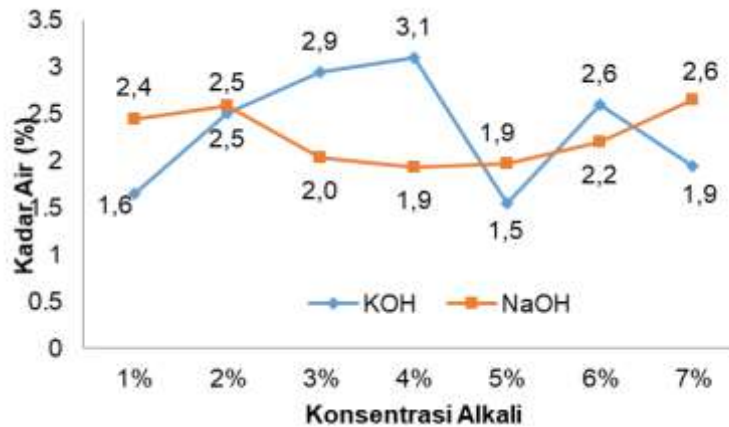
Berdasarkan hasil ekstraksi pada berbagai konsentrasi alkali nilai rendemen tertinggi dihasilkan oleh perendaman pada larutan KOH 5% dan larutan NaOH 3%, sedangkan nilai terendah terdapat pada larutan KOH 3% dan larutan NaOH 6%. Hasil yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian (Cahyono, 2015) dengan rendemen 22,99% pada konsentrasi KOH 5%. Pumpente et al., (2019) melaporkan nilai rendemen 34% dari ekstraksi rumput laut dengan konsentrasi NaOH 8%, suhu 80 °C dan waktu ekstraksi 30 menit. Panggabean et al., (2018) juga melaporkan rendemen *semi refined carrageenan* rumput laut *K. alvarezii* yang diekstraksi selama 5 jam pada suhu 100 °C dengan NaOH 3% sebesar 10% dan KOH 4% sebesar 14%. Perbedaan rendemen diduga dipengaruhi oleh faktor konsentrasi larutan alkali, lama waktu ekstraksi, suhu ekstraksi, dan faktor ukuran partikel rumput laut yang digunakan (Rizal et al., 2016). Jika tinggi konsentrasi larutan alkali yang digunakan tinggi, maka semakin tinggi pula rendemen yang dihasilkan. Hal ini dipengaruhi oleh semakin tingginya titik leleh sehingga rumput laut tidak banyak terlarut saat dipanaskan. Selain itu, umur panen rumput laut juga mempengaruhi rendemen karaginan yang diperoleh (Bunga et al., 2013).

Berat dan kandungan air bahan baku rumput laut juga mempengaruhi rendemen *semi*

refined carrageenan yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rahmawati (2008) yang menyatakan bahwa semakin kecil kadar air suatu bahan akan berakibat pada semakin kecilnya bobot air yang terkandung dalam bahan tersebut. (Al Faruque et al., 2020) menambahkan bahwa semakin banyak bahan pengisi yang ditambahkan maka akan memperbesar total padatan. Peningkatan total padatan dapat meningkatkan berat produk dan menaikkan rendemen.

Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kandungan air dalam carrageenan karena kandungan air sangat berpengaruh terhadap daya simpan (Konings et al., 2021). Kadar air sangat mempengaruhi aktivitas mikroba selama penyimpanan karaginan (Martiny et al., 2020). Kadar air juga sangat dipengaruhi oleh kondisi pengeringan, pengemasan dan cara penyimpanan (Cahyono, 2015) menambahkan kandungan zat volatil pada bahan juga ikut mempengaruhi kandungan air pada bahan. Kandungan air tepung *Semi Refined Carrageenan* yang terukur merupakan air terikat (ikatan kimia) sedangkan air bebas diduga telah menguap (Konings et al., 2021). Hasil kadar air tepung *Semi Refined Carrageenan* dapat dilihat pada **Gambar 2**.



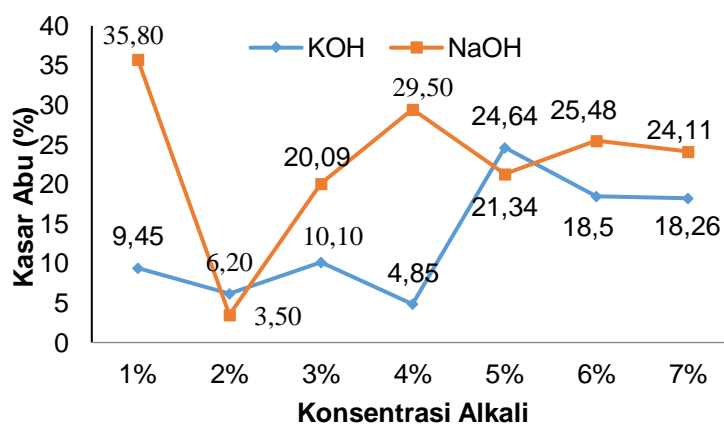
Gambar 2. Kadar air tepung *Semi Refined Carrageenan*

Berdasarkan hasil penelitian nilai kadar air tepung *Semi Refined Carrageenan* terendah pada larutan KOH 5% (1,5%) dan larutan NaOH 4% (1,9%) sedangkan nilai kadar air tertinggi terdapat pada larutan KOH 4% (3,1%) dan larutan NaOH 7% (2,6%). Nilai kadar air yang diperoleh lebih rendah dibandingkan hasil penelitian (Cahyono, 2015) dengan nilai kadar air (5,81-8,43%). Perbedaan jumlah kadar air ini diakibatkan oleh ukuran, suhu pada saat penjemuran dan lama pengeringan. Menurut Konings *et al.*, (2021) yang menyebutkan bahwa nilai kadar air dapat dipengaruhi oleh umur dari produk dari rumput laut, kondisi pengeringan, cara dan waktu pengeringan serta pengemasan dari produk. Hidayat (2004) menyatakan bahwa semakin rendah kadar air dalam rumput laut maka semakin baik kualitas rumput laut tersebut. Hasil penelitian Panggabean *et al.*, (2018) melaporkan nilai kadar air tepung *Semi Refined Carrageenan*

yang diekstraksi dengan NaOH 3% sekitar 3,75%, dan dengan KOH 4% sekitar 5%.

Kadar Abu

Analisis kadar abu dilakukan untuk mengetahui secara umum unsur mineral yang terdapat dalam sample (Abdillah *et al.*, 2021). Abu adalah zat anorganik sisa hasil pembakaran suatu bahan organik dan berhubungan erat dengan jumlah kandungan mineral suatu bahan (Gadore & Ahmaruzzaman, 2021). Rumput laut termasuk bagian dari bahan pangan yang mengandung tinggi mineral dan mempunyai kemampuan dalam penyerapan mineral yang berasal dari lingkungan (Konings *et al.*, 2021). Mineral yang terdapat sediaan carrageenan antara lain adalah kalium, natrium, kalsium dan magnesium (Naveed *et al.*, 2020). Hasil analisis kadar abu yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kadar abu tepung *Semi Refined Carrageenan*

Berdasarkan hasil penelitian nilai kadar abu terendah terdapat pada larutan KOH 4% (4,85%) dan larutan NaOH 2% (3,50%) sedangkan nilai kadar abu tertinggi terdapat pada larutan KOH 5% (24,64%) dan larutan

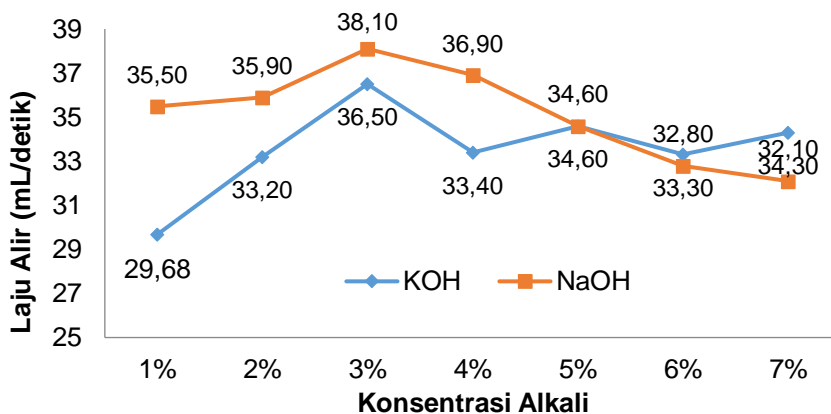
NaOH 1% (35,80%). Hasil yang diperoleh memberikan pengaruh yang signifikan dikarenakan kadar garam pada setiap rumput laut memiliki tingkat yang berbeda-beda, seperti halnya yang dikatakan oleh (Gadore &

Ahmaruzzaman, 2021) bahwa tingginya nilai kadar abu disebabkan oleh kandungan garam yang terlalu tinggi pada rumput laut menyebabkan meningkatnya kadar abu. Semakin lama rumput laut berada dalam perairan maka semakin banyak garam mineral yang diserap oleh rumput laut. Nilai kadar abu yang diperoleh masih lebih rendah dibandingkan hasil penelitian (Cahyono, 2015) sebesar (5,81-8,43%). Panggabean et al., (2018) juga melaporkan kadar abu tepung *Semi Refined Carrageenan* yang diekstraksi NaOH 3% sekitar 55,4%, sedangkan yang diekstraksi dengan KOH 4% sekitar 55.25%.

Viskositas (laju alir)

Viskositas adalah daya aliran molekul dalam larutan. Viskositas suatu hidrokoloid

dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi *carrageenan*, temperatur, jenis *carrageenan*, berat molekul dan adanya molekul-molekul lain. Viskositas larutan *carrageena* terutama disebabkan oleh sifat karagianan sebagai polielektrolit. Karena sifat hidrofiliknya, polimer tersebut dikelilingi oleh molekul-molekul air yang termobilisasi, sehingga menyebabkan larutan karaginan bersifat kental. Semakin sedikit muatan sulfat, maka idealnya viskositas juga semakin terbatas tetapi kekuatan gelnnya semakin meningkat. Viskositas larutan karagenan akan menurun seiring dengan peningkatan suhu sehingga terjadi depolimerisasi yang kemudian dilanjutkan dengan degradasi (Abdillah et al., 2021). Hasil uji viskositas dapat dilihat pada **Gambar 4**.



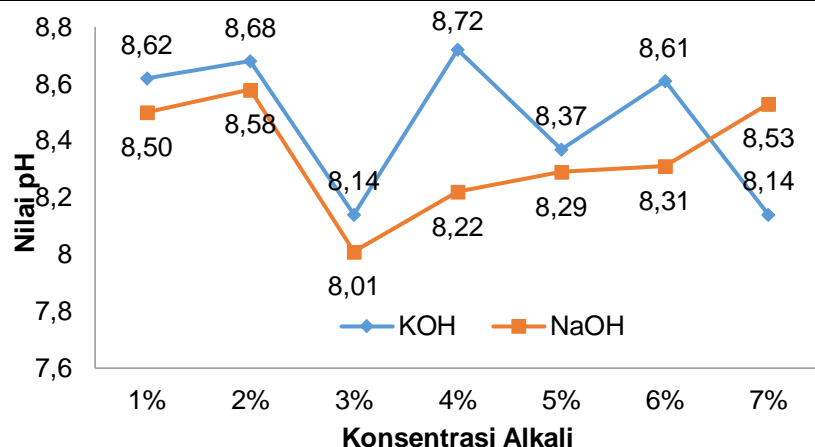
Gambar 4. Viskositas tepung *Semi Refined Carrageenan*

Berdasarkan data hasil penelitian di atas menunjukkan bahwa nilai viskositas tertinggi terdapat pada larutan KOH 3% (36,50 mL/detik) dan larutan NaOH 3% (38,10 mL/detik) sedangkan nilai viskositas terendah terdapat pada larutan KOH 1% (29,68 mL/detik) dan larutan NaOH 7% (34,30 mL/detik). Perbedaan terhadap nilai viskositas ini diakibatkan oleh konsentrasi *carrageenan*, suhu dan berat. Menurut Cahyono (2015) tingginya nilai viskositas pada *carrageenan* disebabkan oleh adanya daya tolak menolak antara grup sulfat yang bermuatan negatif di sepanjang rantai polimernya, sehingga menyebabkan rantai polimer kaku dan tertarik kencang. (Food and Agriculture Organization, 1990) menyatakan

jika konsentrasi *carrageenan* meningkat maka viskositasnya akan meningkat secara logaritmik, dan viskositas akan menurun secara progresif dengan adanya peningkatan suhu. Hasil penelitian Tunggal & Hendrawati (2015) melaporkan semakin tinggi konsentrasi pelarut alkali maka viskositasnya juga menurun.

Nilai pH

Salah satu faktor pada bahan pangan yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba adalah pH, yaitu suatu nilai yang menunjukkan keasaman atau kebasaan (Sudiarto 2008). Hasil uji pH dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Nilai pH tepung *Semi Refined Carrageenan*

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan nilai pH tertinggi terdapat pada larutan KOH 4% (8,72) dan larutan NaOH 2% (8,58) sedangkan nilai terendah terdapat pada larutan KOH 3% (8,14) dan larutan NaOH 3% (8,01). Dari hasil tersebut nilai pH yang didapat bersifat basa hal ini dikarenakan larutan yang digunakan untuk pembuatan *Semi Refined Carrageenan* adalah larutan KOH dan NaOH. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yuliani *et al.*, (2011) yang menyatakan bahwa *carrageenan* memiliki pH yang cukup tinggi karena diekstrak dengan menggunakan alkali.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menemukan bahwa rendemen tertinggi terdapat pada larutan KOH 5% dan larutan NaOH 3%. Berdasarkan nilai kadar air, kadar abu, viskositas dan pH maka pelarut KOH 5% dan NaOH 3% menunjukkan nilai yang memenuhi standar FAO. Penelitian ini selanjutnya akan mengevaluasi kekuatan gel dan derajat keputihan dari tepung *Semi Refined Carrageenan*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, A. A., Alamsjah, M. A., & Charles, A. L. (2021). An optimised low- salinity seawater decolourising method produces decolourised seaweed (*Kappaphycuz alvarezii*) as semi-refined carrageenan raw material: *International Journal of Food Science & Technology*, 56(5), 2336–2344. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14856>
- Al Faruque, M. A., Remadevi, R., Razal, J. M., & Naebe, M. (2020). Impact of the wet spinning parameters on the alpaca-based polyacrylonitrile composite fibers: Morphology and enhanced mechanical

properties study. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(41), 49264. <https://doi.org/10.1002/app.49264>

- Amelia, R., & Tanod, W. A. (2016). Kandungan antioksidan alga merah *Euचेuma cottonii* dengan metode pengeringan yang berbeda. *KAUDERNI: Journal of Fisheries, Marine and Aquatic Science*, 1(1), 14–20. <https://doi.org/10.47384/kauderni.v1i1.7>
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists*. 14th Edition. Association of Official Analytical Chemists.
- Badan Pusat Statistik. (2021). *Hasil Survei Komoditas Perikanan Potensi 2021 Profil Rumah Tangga Usaha Budidaya Rumput Laut*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Standar Nasional Indonesia SNI No.1971-2011 tentang Cara Uji Kadar Air Agregat dengan Pengeringan*. Badan Standardisasi Indonesia. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (20104). *Standar Nasional Indonesia SNI No.06-6989.11-2004 tentang air dan air limbah-bagian 11: cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Bunga, S. M., Montolalu, R. I., Harikedua, J. W., Montalalu, L. A. Y., Watung, A. H. & Taher, N. (2013). Karakteristik sifat fisika kimia karaginan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada berbagai umur panen yang diambil dari daerah perairan desa Arakan Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 1(2), 54–58. <https://doi.org/10.35800/mthp.1.2.2013.767>
- Cahyono, E. (2015). Mutu tepung semi refined

- carrageenan pada berbagai waktu pemanasan alkali. *Jurnal Ilmiah Tindalung*, 1(2), 49–52. <https://doi.org/10.5281/jit.v1i2.63>
- Food and Agriculture Organization. (1990). Training Manual on Gracilaria Culture and Seaweed Processing in China. *Food Agriculture Organization*.
- Ferrara, L. (2020). Seaweeds: A food for our future. *Journal of Food Chemistry & Nanotechnology*, 6(2), 56–64. <https://doi.org/10.17756/jfcn.2020-084>
- Gadore, V., & Ahmaruzzaman, M. (2021). Tailored fly ash materials: A recent progress of their properties and applications for remediation of organic and inorganic contaminants from water. *Journal of Water Process Engineering*, 41, 101910. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101910>
- Herring, S., Kibler, W. Ben, Putukian, M., Solomon, G. S., Boyajian-O'Neill, L., Dec, K. L., Franks, R. R., Indelicato, P. A., LaBella, C. R., Leddy, J. J., Matuszak, J., McDonough, E. B., O'Connor, F., & Sutton, K. M. (2021). Selected issues in sport-related concussion (SRC|mild traumatic brain injury) for the team physician: a consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*, 55(22), 1251–1261. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-104235>
- Hidayat, A. (2004). Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Kualitas Rumput Laut Kering Asin Jenis *Euचेuma cottonii* dan *Gracillaria* sp. Selama Penyimpanan. Skripsi. Departemen Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Isnawati, I., Jalinus, N., & Risfendra, R. (2020). Analisis kemampuan pedagogi guru smk yang sedang mengambil pendidikan profesi guru dengan metode deskriptif kuantitatif dan metode kualitatif. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 20(1), 37–44. <https://doi.org/10.24036/invotek.v20i1.652>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2020). *Genjot Nilai Ekspor, KKP Targetkan Produksi 10,99 Juta Ton Rumput Laut di 2020*. <https://kkp.go.id/artikel/16505-genjot-nilai-ekspor-kkp-targetkan-produksi-10-99-juta-ton-rumput-laut-di-2020#:~:text=KKP%20menargetkan%20produksi%20rumput%20laut,nilai%20ekonomi%20yang%20lebih%20besar>. Diakses tanggal 18 Juni 2022.
- Konings, A. G., Saatchi, S. S., Frankenberg, C., Keller, M., Leshyk, V., Anderegg, W. R. L., Humphrey, V., Matheny, A. M., Trugman, A., Sack, L., Agee, E., Barnes, M. L., Binks, O., Cawse-Nicholson, K., Christoffersen, B. O., Entekhabi, D., Gentine, P., Holtzman, N. M., Katul, G. G., Liu, Y., Longo, M., Martinez-Vilalta, J., McDowell, N., Meir, P., Mencuccini, M., Mrad, M., Novick, K. A., Oliveira, R. S., Siqueira, P., Steele-Dunne, S. C., Thompson, D. R., Wang, Y., Wehr, R., Wood, J. D., Xu, X. & Zuidema, P. A. (2021). Detecting forest response to droughts with global observations of vegetation water content. *Global Change Biology*, 27(23), 6005–6024. <https://doi.org/10.1111/gcb.15872>
- Martiny, T. R., Raghavan, V., Moraes, C. C. de, Rosa, G. S. da, & Dotto, G. L. (2020). Bio-based active packaging: Carrageenan film with olive leaf extract for lamb meat preservation. *Foods*, 9(12), 1759. <https://doi.org/10.3390/foods9121759>
- Naveed, M., Sajid, H., Mustafa, A., Niamat, B., Ahmad, Z., Yaseen, M., Kamran, M., Rafique, M., Ahmar, S., & Chen, J.-T. (2020). Alleviation of Salinity-Induced Oxidative Stress, Improvement in Growth, Physiology and Mineral Nutrition of Canola (*Brassica napus* L.) through Calcium-Fortified Composted Animal Manure. *Sustainability*, 12(3), 846. <https://doi.org/10.3390/su12030846>
- Palawe, J., Talete, T. K., Tatinting, N., Tanod, W. A., Mandeno, J. A., Rieuwpassa, F. J., Cahyono, E. & Ansar, N. M. S. (2021). Kukis sagu tinggi kalsium fortifikasi tulang ikan tuna dan rumput laut *Caulerpa* sp. *EnviroScienceteae*, 17(3), 106-115. <http://dx.doi.org/10.20527/es.v17i3.11758>
- Panggabean, J. E., Dotulong, V., Montolalu, R. I., Damongilala, L., Harikedua, S. D. & Makapedua, D. M. (2018). Ekstraksi karaginan rumput laut merah (*Kappaphycus alvarezii*) dengan perlakuan perendaman dalam larutan basa. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 6(3), 65–70. <https://doi.org/10.35800/mthp.6.3.2018.20642>
- Pumpente, O. I., Nugroho, L. P. E. & Syarif, R. (2019). Mutu fisik dan rendemen alkali treated cottonii hasil pengolahan pada

- berbagai tingkat konsentrasi NaOH, suhu dan waktu ekstraksi. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 7(1), 57–64. <http://dx.doi.org/10.19028/jtep.07.1.57-64>
- Rizal, M., Mappiratu & Razak, A. R. (2016). Optimalisasi produksi *semi refined carrageenan* (SRC) dari rumput laut (*Eucheuma cottonii*). *Kovalen*, 2(1), 33–38.
- Rokhman, H., Taryono, & Supriyanta. (2014). Jumlah Anakan dan Rendemen Enam Klon Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Asal Bibit Bagal, Mata Ruas Tunggal, dan Mata Tunas Tunggal. *Vegetalika*.
- Rusli, A., Dahlia, D., Ilijas, M. I., Alias, M., & Budiman, B. (2020). Strategi pengelolaan budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* di Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. *Agrokompleks*, 20(1), 28–38. <https://doi.org/10.51978/japp.v20i1.153>
- Sedayu, B. B., Cran, M. J., & Bigger, S. W. (2021). Effects of surface photocrosslinking on the properties of semi-refined carrageenan film. *Food Hydrocolloids*, 111, 106196. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106196>
- Shalvina, A., De Ramon N'Yeurt, A., Lako, J., & Piovano, S. (2022). Effects of selected environmental conditions on growth and carrageenan quality of laboratory-cultured *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) in Fiji, South Pacific. *Journal of Applied Phycology*, 34(2), 1033–1043. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02690-6>
- Simatupang, N. F., Pong-Masak, P. R., Ratnawati, P., Agusman, Paul, N. A., & Rimmer, M. A. (2021). Growth and product quality of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* from different farming locations in Indonesia. *Aquaculture Reports*, 20, 100685. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100685>
- Tkachenko, A. S., Kot, Y. G., Kapustnik, V. A., Myasoedov, V. V., Makieieva, N. I., Chumachenko, T. O., Onishchenko, A. I., Lukyanova, Y. M., & Nakonechna, O. A. (2021). Semi-refined carrageenan promotes generation of reactive oxygen species in leukocytes of rats upon oral exposure but not in vitro. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 171(3–4), 68–78. <https://doi.org/10.1007/s10354-020-00786-7>
- Tunggal, W. W. I. & Hendrawati, T. Y. (2015). Pengaruh konsentrasi koh pada ekstraksi rumput laut (*Eucheuma cottonii*) dalam pembuatan karagenan. *KONVERSI*, 4(1), 32–39.