

OPTIMASI PEMUPUKAN ORGANIK DAN ANORGANIK UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS KARAGENAN RUMPUT LAUT (*Kappaphycus alvarezii*)

Optimization of Organic and Inorganic Fertilization to Improve the Carrageenan Quality of the Seaweed (Kappaphycus alvarezii)

Agung Gunawan Aufat*, Mugi Mulyono, Sinar Pagi Sektiana

Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Pasar Minggu, Jakarta Selatan,
Indonesia 12520

Email: agunggunawan353@gmail.com

ABSTRAK

Kappaphycus alvarezii adalah komoditas budidaya laut yang memiliki nilai ekonomi tinggi sebagai sumber karagenan, senyawa hidrokoloid yang banyak digunakan dalam industri pangan, farmasi, dan kosmetik. Permintaan global terhadap karagenan yang terus meningkat memerlukan penerapan teknik budidaya yang tidak hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga kualitas produk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemberian pupuk organik dan anorganik terhadap kualitas karagenan yang dihasilkan dalam budidaya *K. alvarezii*. Perlakuan yang diberikan meliputi pupuk organik cair D.I.GROW, pupuk anorganik NPK, pupuk urea, dan kontrol tanpa pupuk. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL), di mana setiap perlakuan diterapkan pada kelompok yang terpisah dan diuji berdasarkan parameter rendemen, viskositas, kadar air, dan kadar abu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan D.I.GROW menghasilkan rendemen sebesar 41% dan viskositas 189,37 cP, yang keduanya melebihi standar yang direkomendasikan oleh FAO. Sebaliknya, kontrol tanpa pupuk menghasilkan nilai terendah pada seluruh parameter yang diuji. Kadar air pada kontrol mencapai 42%, melebihi batas standar FAO yang merekomendasikan kadar air maksimal 30% untuk produk karagenan berkualitas tinggi. Perlakuan dengan pupuk lainnya masih memenuhi standar, dengan kadar air berada pada kisaran yang disarankan, yaitu sekitar 30%. Kadar abu pada perlakuan NPK dan urea berada dalam kisaran standar (20-30%), sementara D.I.GROW dan kontrol menunjukkan kadar abu yang lebih rendah, yang menunjukkan kualitas kemurnian produk yang lebih baik. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa pemberian pupuk berpengaruh signifikan terhadap kualitas karagenan *K. alvarezii*, dengan pupuk D.I.GROW terbukti lebih efektif dalam meningkatkan viskositas, rendemen, dan kemurnian produk, sementara pupuk anorganik lebih berperan dalam menjaga kestabilan karakteristik fisik karagenan.

Kata kunci: Karagenan; *Kappaphycus alvarezii*; Pupuk Organik; Pupuk Anorganik

ABSTRACT

Kappaphycus alvarezii is a marine cultured commodity with high economic value as a source of carrageenan, a hydrocolloid compound widely used in the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. The increasing global demand for carrageenan requires the implementation of cultivation techniques that not only increase yields but also product quality. This study aims to analyze the effect of organic and inorganic fertilizers on the quality of carrageenan produced in *K. alvarezii* cultivation. The treatments given included D.I.GROW liquid organic fertilizer, NPK inorganic fertilizer, urea fertilizer, and a control without fertilizer. The method used was a completely randomized design (CRD) experiment, where each treatment was applied to a separate group and tested based on the parameters of yield, viscosity, water content, and ash content. The results showed that the treatment with D.I.GROW produced a yield of 41% and a viscosity of 189.37 cP, both of which exceeded the standards recommended by the FAO. In contrast, the control without fertilizer produced the lowest values for all parameters tested. The moisture content in the control reached 42%, exceeding the FAO standard limit of 30%, which recommends a maximum moisture content for high-quality carrageenan products. Treatments with other fertilizers still met the standard, with a moisture content within the recommended range of around 30%. Ash content in the NPK and urea treatments was within the standard range (20-30%), while D.I.GROW and the control showed lower ash content, indicating better product purity. Overall, this study demonstrates that fertilizer application has a significant impact on the quality of *K. alvarezii* carrageenan, with D.I.GROW fertilizer proving more effective in enhancing viscosity, yield, and product purity. In contrast, inorganic fertilizers play a greater role in maintaining the physical stability of the carrageenan.

Keywords: Carrageenan; *Kappaphycus alvarezii*; Organic Fertilizer; Inorganic Fertilizer

PENDAHULUAN

Kappaphycus alvarezii merupakan salah satu komoditas utama dalam kegiatan budidaya perikanan yang banyak dikembangkan karena teknologi produksinya tergolong efisien, mudah diterapkan, dan tidak memerlukan biaya yang tinggi (Failu *et al.*, 2016). Keunggulan dalam budidaya ini menjadikannya pilihan utama bagi petani rumput laut. Salah satu aspek penting dalam budidaya *K. alvarezii* adalah pemupukan yang tepat, yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil karagenan yang dihasilkan (Sarri *et al.*, 2022). Pemupukan yang optimal tidak hanya berpengaruh pada kuantitas hasil, tetapi juga kualitas karagenan yang dihasilkan, sehingga mendukung keberlanjutan dan efisiensi produksi (Rijoly *et al.*, 2020). Seiring dengan meningkatnya permintaan global terhadap karagenan, pengelolaan pemupukan yang efisien menjadi kunci untuk memenuhi kebutuhan pasar sekaligus menjaga kelestarian lingkungan (Supriyanti *et al.*, 2017).

Kappaphycus alvarezii yang sebelumnya diklasifikasikan sebagai *Eucheuma Cottonii* merupakan spesies alga merah (*Rhodophyta*) tropis yang memiliki nilai komersial tinggi. Spesies ini dikenal sebagai sumber utama polisakarida dinding sel berupa karagenan sehingga menjadikannya salah satu karagenofit paling penting dan banyak dimanfaatkan secara global dalam berbagai industri (Lim *et al.*, 2015). Kualitas dan kuantitas karagenan yang dihasilkan dari *K. alvarezii* sangat dipengaruhi oleh teknik budidaya yang diterapkan, termasuk penggunaan pupuk. Pupuk anorganik seperti NPK dan Urea telah digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan rumput laut, namun penggunaannya yang tidak bijak dapat berdampak negatif terhadap lingkungan perairan. Sebagai alternatif, pupuk organik seperti D.I.GROW menawarkan pendekatan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Akmal *et al.*, 2015; Nivetha *et al.*, 2024).

Kualitas karagenan tidak hanya ditentukan oleh jumlah hasil panen, tetapi juga oleh karakteristik fisik dan kimia seperti rendemen, viskositas, kadar air dan kadar abu. Faktor-faktor ini sangat penting dalam menentukan kelayakan karagenan untuk kebutuhan industri. Metode budidaya seperti penggunaan keranjang jaring juga telah diteliti untuk meningkatkan kualitas karagenan (Muyong & Tahluddin, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian pupuk organik (D.I. GROW) dan anorganik (NPK dan Urea) terhadap kualitas karagenan dari *Kappaphycus alvarezii*. Parameter yang diamati mencakup rendemen karagenan, viskositas, kadar air, dan kadar abu. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar pengembangan teknik budidaya yang mampu meningkatkan mutu karagenan sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan.

METODE PENELITIAN

Desain eksperimen

Penelitian dilaksanakan pada Januari sampai Mei 2025 di Laboratorium Kimia dan Pangan Politeknik AUP Jakarta. Rumput laut hasil budidaya dengan empat perlakuan (Kontrol, D.I.GROW, NPK, dan UREA) dengan 3 pelakuan dan 1 kontrol dengan masing-masing 3 ulangan yang dianalisis dengan metode ekstraksi semi-karagenan menggunakan KOH 2%. Ekstraksi dilakukan dengan perbandingan 1:20 (b/v),

dilanjutkan dengan penyaringan, pengeringan, dan pengujian mutu.

Proses Aplikasi Pupuk

Rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dibudidayakan dengan aplikasi pupuk sesuai perlakuan yang ditentukan. Pupuk D.I.GROW, NPK, dan UREA diterapkan dengan dosis yang disesuaikan berdasarkan rekomendasi untuk masing-masing jenis pupuk. Sebelum dibudidayakan, rumput laut direndam selama 2 jam dalam larutan pupuk yang dimasukkan ke dalam wadah dengan dosis berbeda, yaitu D.I.GROW 3 mL/L, NPK 2,5 g/L, dan UREA 2 g/L. Kelompok kontrol tidak diberikan perlakuan pupuk. Budidaya dilakukan di perairan dengan pemantauan kondisi lingkungan untuk memastikan faktor-faktor tersebut tidak mempengaruhi hasil secara signifikan.

Prosedur Pengujian Mutu

Rendemen Karagenan

Rendemen karagenan ditentukan melalui perbandingan antara berat karagenan yang dihasilkan dengan berat kering rumput laut sebelum menjalani proses ekstraksi. Uji karagenan dilakukan dengan Menggunakan rumus (Tuiyo & MoO, 2023):

$$\text{Kandungan Karagenan (\%)} = \frac{\text{Berat Serat Karagenan (g)}}{\text{Berat Kering Sampel}} \times 100\%$$

..... (1)

Rendemen karagenan dari *Kappaphycus alvarezii* diukur menggunakan metode ekstraksi yang sesuai dengan prosedur yang telah disesuaikan. Proses ekstraksi dilakukan dengan mencelupkan rumput laut dalam pelarut yang dipilih, seperti air panas atau larutan alkali, pada suhu dan waktu tertentu. Setelah proses ekstraksi selesai, karagenan yang diperoleh dipisahkan, dicuci, dan dikeringkan. Rendemen dihitung dengan membandingkan berat karagenan kering yang diperoleh dengan berat bahan baku awal. Selain itu, faktor-faktor seperti suhu, waktu ekstraksi, dan konsentrasi pelarut juga dipertimbangkan dalam menentukan efisiensi ekstraksi dan kualitas karagenan yang dihasilkan. Semua prosedur dilakukan dengan kontrol yang ketat untuk meminimalkan variabel yang dapat memengaruhi hasil ekstraksi.

Uji Viskositas

Pengukuran viskositas karagenan dilakukan menggunakan viskometer rotasional, seperti Brookfield atau Anton Paar ViscoQC 100/300, yang memungkinkan pengaturan parameter penting, termasuk kecepatan rotasi (RPM), jenis spindle, dan suhu pengujian. Pengaturan yang tepat dari parameter-parameter ini sangat krusial untuk memperoleh data viskositas yang konsisten dan akurat. Viskositas karagenan dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain suhu, pH, dan durasi pemanasan. Dalam prosedur pengujian sampel karagenan yang telah diproses dipanaskan pada suhu tertentu. Kemudian diuji pada berbagai kecepatan rotasi untuk menentukan kekentalannya. Pengujian sering dilakukan pada suhu yang berbeda seperti 80°C untuk mengevaluasi perubahan viskositas yang terjadi selama pemanasan. Dengan pengaturan yang hati-hati terhadap semua parameter. Pengujian viskositas dapat dilakukan secara sistematis memungkinkan pemahaman yang lebih baik sehingga hubungan antara kondisi ekstraksi dan viskositas

karagenan yang pada akhirnya mempengaruhi proses pengolahan lebih lanjut.

Kadar Air dan Kadar Abu

Uji kadar air dan kadar abu dilakukan di Laboratorium Kimia dan Pangan Politeknik Ahli Usaha Perikanan (AUP) Kampus Jakarta, menggunakan metode gravimetri yang mengacu pada standar SNI 2354.2:2015 dan SNI 2354.1:2010. Kadar air dianalisis dengan pengeringan oven hingga berat konstan, sedangkan kadar abu ditentukan melalui pembakaran pada suhu 550°C. Kedua parameter ini penting untuk menilai mutu rumput laut karena dipengaruhi oleh lingkungan budidaya dan metode pengolahan (Ajik & Tahiluddin, 2024; BSN, 2015).

Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini diolah menggunakan Aplikasi SPSS 30. Analisis yang digunakan adalah analisis varians (ANOVA) pada tingkat kepercayaan 95%. Jika dari hasil analisis diketahui terdapat perbedaan nyata antar perlakuan maka Uji Duncan dilakukan untuk mengetahui perlakuan terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Karagenan

Ekstraksi dilakukan dengan larutan KOH 2% (b/v 1:20) pada suhu terkontrol untuk menjaga kualitas karagenan. Hasil pengukuran rendemen karagenan dari masing-masing perlakuan ditampilkan pada Gambar 1.

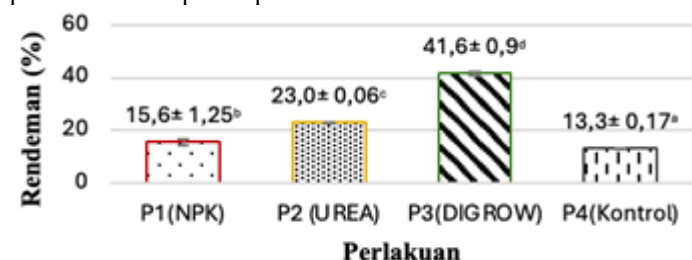


Figure 1. Yield Measurement Results
Gambar 1. Hasil Pengukuran Rendemen

Catatan: Huruf superskrip yang berbeda menunjukkan signifikan berbeda ($p < 0,05$).

Berdasarkan hasil pengukuran rendemen karagenan dari masing-masing perlakuan menunjukkan perbedaan yang signifikan (Gambar 1). Seperti ditampilkan pada grafik, perlakuan P3 (D.I. GROW) memberikan rendemen karagenan tertinggi sebesar 41,6%, diikuti oleh P2 (Urea) sebesar 23%, P1 (NPK) sebesar 15,6%, dan yang terendah adalah P4 (Kontrol) dengan nilai 13,3%. Hasil ini menegaskan bahwa jenis pupuk yang digunakan memengaruhi kemampuan rumput laut dalam menghasilkan karagenan. Peningkatan karagenan pada P3 menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik D.I.GROW mampu merangsang biosintesis senyawa karbohidrat kompleks seperti karagenan secara lebih efektif dibandingkan pupuk anorganik atau tanpa perlakuan. Kandungan zat pengatur tumbuh (ZPT), asam amino, dan senyawa bioaktif dalam pupuk organik dapat memicu peningkatan metabolisme sekunder

dalam sel rumput laut dan sintesis polisakarida struktural seperti karagenan. Menurut (FAO, 2007) dan JECFA (Joint Fao/Who Expert Committee On Food Additives) rendemen karagenan ideal untuk industri adalah 25-35% dari berat kering rumput laut.

Pupuk organik tidak hanya menyediakan unsur hara tetapi juga mengandung hormon dan senyawa aktif yang mampu memicu produksi karagenan secara lebih efektif. Sebaliknya, pupuk anorganik seperti NPK atau Urea umumnya hanya menyuplai unsur makro tanpa dukungan biostimulan. Sehingga meskipun mendukung pertumbuhan fisik tanaman, tidak serta merta meningkatkan kualitas senyawa yang diproduksi. Dengan demikian, hanya P3 (D.I. GROW) yang memenuhi bahkan melampaui standar FAO, sementara P2 masih mendekati, dan P1 serta P4 tidak memenuhi syarat kualitas tersebut. Ini memperkuat pentingnya pemilihan pupuk yang tepat untuk mendukung produktivitas dan kualitas hasil budidaya rumput laut.

Viskositas

Uji viskositas dilakukan untuk mengukur kekentalan karagenan hasil ekstraksi dari *K. alvarezii* yang dibudidayakan dengan perlakuan pupuk berbeda. Pengujian menggunakan viskometer dengan pengaturan suhu 75°C, kecepatan 100 rpm, dan spindle nomor 2. Hasil pengukuran viskositas dari masing-masing perlakuan disajikan pada Gambar 2

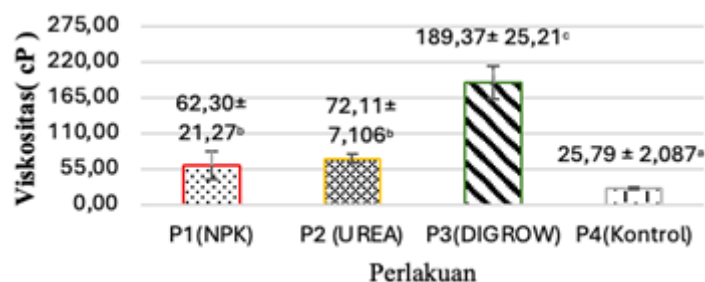


Figure. Viscosity Test Results
Gambar 2. Hasil Uji Viskositas

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada (Gambar 2), rata-rata viskositas tertinggi terdapat pada perlakuan P3 (pupuk organik D.I.GROW) sebesar 189,37 cP. Hasil viskositas dari perlakuan P2 (urea) sebesar 72,11 cP, P1 (NPK) sebesar 62,30 cP, dan viskositas terendah pada perlakuan P4 (kontrol) sebesar 25,79 cP. Berdasarkan uji statistik (Duncan), perbedaan viskositas antara perlakuan P2, P1, dan P4 tidak menunjukkan perbedaan signifikan ($p > 0,05$), meskipun angka viskositasnya jelas berbeda.

Viskositas merupakan parameter penting dalam penilaian mutu bahan cair dan semi-cair, termasuk produk murni. Pengukuran viskositas digunakan sebagai acuan dalam pengendalian mutu untuk memastikan konsistensi dan kualitas produk akhir. Nilai viskositas yang tinggi berkaitan erat dengan kandungan dan struktur molekul karagenan, yang mempengaruhi kekuatan gel dan kelarutannya.

Hasil dari perlakuan P3 yang menghasilkan viskositas tertinggi menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik D.I.GROW dapat meningkatkan sintesis polisakarida sulfat, yang membentuk struktur gel yang lebih kuat (Akmal *et al.*, 2017; Sunarpi *et al.*, 2019). Ketersediaan unsur hara organik

berperan penting dalam peningkatan kualitas karagenan yang dihasilkan. Sebaliknya, viskositas terendah pada perlakuan kontrol menunjukkan bahwa tanpa tambahan pupuk, *K. alvarezii* tidak dapat mengoptimalkan produksi karagenan akibat keterbatasan nutrisi (Herlin *et al.*, 2022)

Meskipun rendemen yang tinggi menunjukkan banyaknya karagenan yang berhasil diekstraksi, viskositas tidak selalu berbanding lurus dengan rendemen. Proses ekstraksi yang tidak optimal, seperti penggunaan pelarut yang tidak tepat atau suhu yang kurang sesuai, dapat menghasilkan karagenan dengan viskositas rendah meskipun rendemen tinggi. Oleh karena itu, viskositas yang tinggi dapat dianggap sebagai indikator mutu produk yang baik, yang menunjukkan struktur gel yang kuat dan kemampuan produk dalam aplikasi industri. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa bahan organik dapat meningkatkan pembentukan senyawa bioaktif dalam jaringan alga laut (Yulianto & Sari, 2020).

Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan air pada hasil rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. Analisis menggunakan metode gravimetri dengan pengeringan sampel dalam oven pada suhu 105 °C selama 16–24 jam hingga mencapai berat konstan. Hasil pengukuran kadar air dari masing-masing perlakuan disajikan pada Gambar 3:

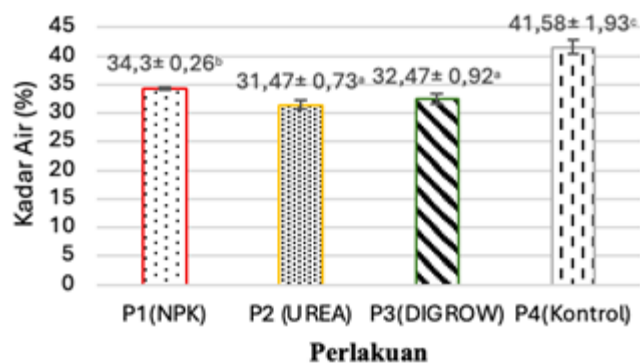


Figure3. Moisture Content Test Results

Gambar 3. Hasil Uji Kadar Air

Kadar air yang tinggi pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dapat menyebabkan penurunan kualitas produk selama penyimpanan, seperti pertumbuhan mikroorganisme dan penurunan nilai gizi. Perbedaan kadar air antar perlakuan pupuk dapat dipengaruhi oleh struktur sel rumput laut yang berubah akibat pupuk yang digunakan. Sebagai contoh, pupuk organik seperti D.I.GROW mungkin meningkatkan kapasitas penyerapan air dalam sel rumput laut, sehingga menghasilkan kadar air yang lebih tinggi. Sebaliknya, pupuk anorganik seperti NPK dan UREA dapat mempengaruhi metabolisme rumput laut yang gilirannya mengubah kandungan air dalam jaringan selnya menghasilkan kadar air yang lebih rendah (Tahiluddin *et al.*, 2025).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar air tertinggi ditemukan pada perlakuan P4 (kontrol), yang menunjukkan bahwa tanpa pemberian pupuk, *K. alvarezii* tidak dapat mengoptimalkan produksi karagenan dan mengatur kadar airnya secara efisien. Perlakuan dengan pupuk organik D.I.GROW dan pupuk anorganik seperti NPK dan UREA menghasilkan kadar air yang lebih rendah, yang menunjukkan bahwa pemupukan dapat membantu mengurangi retensi air

dalam sel rumput laut. Hal ini penting untuk mengurangi risiko pembusukan dan kerusakan selama penyimpanan.

Pengendalian kadar air sangat penting dalam proses pascapanen *K. alvarezii*, karena kadar air yang tinggi tidak hanya berpengaruh pada pertumbuhan mikroorganisme, tetapi juga memengaruhi kualitas sensorik dan stabilitas karagenan yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan jenis pupuk yang tepat, serta pengelolaan kondisi budidaya yang mendukung, dapat berperan penting dalam menjaga kadar air yang optimal dan kualitas produk akhir. Sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian (Rasnijal *et al.*, 2024), faktor seperti metode budidaya dan berat bibit awal juga memengaruhi kadar air, yang menekankan pentingnya pendekatan holistik dalam pengelolaan kualitas karagenan.

Kadar Abu

Pengujian kadar abu dilakukan untuk mengetahui kandungan mineral sisa pembakaran pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. Analisis menggunakan metode gravimetri, dengan membakar sampel secara bertahap dalam tungku pengabuan hingga suhu 550 °C dan menimbang sisa abu kering. Hasil pengukuran kadar abu dari masing-masing perlakuan disajikan pada Gambar 4:

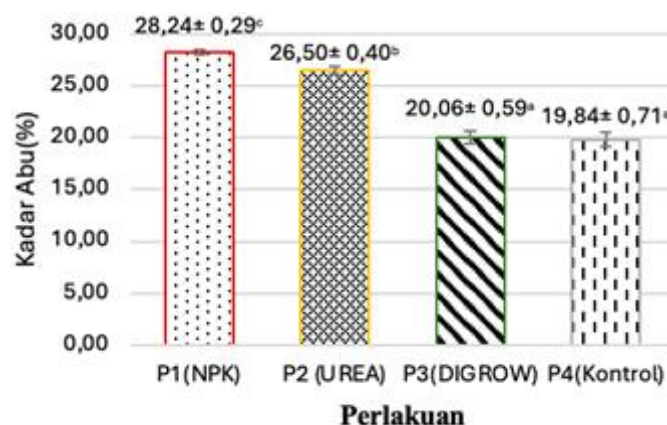


Figure 4. . Ash Content Test Results

Gambar 4. Hasil Uji Kadar Abu

Berdasarkan grafik di atas, kadar abu tertinggi ditemukan pada perlakuan P1 (NPK) sebesar 28,24%, diikuti oleh P2 (UREA) sebesar 26,50%, P3 (D.I.GROW) sebesar 20,06%, dan P4 (kontrol) sebesar 19,84%. Menurut standar (SNI 2690, 2015), kadar abu pada rumput laut kering sebaiknya berada dalam kisaran 20-30%. Dengan demikian, kadar abu pada perlakuan P1 dan P2 berada dalam kisaran optimal, sementara P3 dan P4 mendekati batas bawah standar. Kadar abu yang rendah pada P3 dan P4 dapat menunjukkan hilangnya mineral selama proses pengolahan, yang mungkin disebabkan oleh pencucian berlebihan atau pengeringan yang tidak optimal.

Kadar abu yang tinggi mengindikasikan kandungan mineral yang lebih melimpah, yang sangat penting untuk nilai gizi dan aplikasi industri seperti produksi karagenan. Mineral seperti kalsium, magnesium, dan yodium berperan penting dalam berbagai fungsi biologis dan meningkatkan nilai tambah produk rumput laut. Oleh karena itu, kadar abu yang lebih tinggi pada perlakuan P1 (NPK) dan P2 (UREA) menunjukkan bahwa pupuk anorganik yang digunakan kaya akan mineral yang dapat tetap ada setelah proses pembakaran. Pupuk NPK,

misalnya, mengandung kalsium dan magnesium yang berkontribusi pada kadar abu yang lebih tinggi pada rumput laut yang diperlakukan dengan pupuk tersebut. Sebaliknya, pupuk organik seperti D.I.GROW mungkin tidak mengandung mineral sebanyak pupuk anorganik, yang dapat menjelaskan kadar abu yang lebih rendah pada perlakuan P3 (Tahiluddin *et al.*, 2025).

Perbedaan kadar abu ini menunjukkan bahwa pemilihan pupuk yang tepat sangat penting dalam mengontrol kandungan mineral pada rumput laut, yang pada gilirannya memengaruhi kualitas produk akhir. Pemilihan pupuk yang optimal dapat menjaga kadar abu dalam kisaran yang sesuai, yang tidak hanya memenuhi standar kualitas, tetapi juga memaksimalkan nilai gizi dan aplikasi industri karagenan. Penelitian oleh (Ajik & Tahiluddin, 2024) juga menunjukkan bahwa kadar abu pada *K. alvarezii* dapat bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan dan metode pengolahan, yang menekankan pentingnya faktor-faktor tersebut dalam pengendalian kadar abu.

KESIMPULAN

Pemberian pupuk memberikan pengaruh nyata terhadap kualitas karagenan *K. alvarezii*. D.I.GROW menunjukkan hasil terbaik pada rendemen dan viskositas, serta kadar air dan abu yang sesuai standar industri. Pupuk anorganik juga memberikan efek positif meskipun tidak seoptimal pupuk organik. Disarankan penggunaan pupuk organik dalam budidaya rumput laut untuk menghasilkan produk karagenan berkualitas tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik AUP Serang dan Laboratorium Kimia dan Pangan Jakarta atas dukungan fasilitas dan laboratorium dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajik, K. O., & Tahiluddin, A. B. (2024). Proximate Composition and Heavy Metal Contents of Edible Seaweeds *Kappaphycus alvarezii* and *Caulerpa cf. macrodisca* ead *corynephora*. *Akademik Gida*, 22(1), 43–50. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.1460985>
- Akmal, A., Nurilmala, M., & Wardhana, W. (2017). Karakteristik Karagenan dari Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* dengan Metode Ekstraksi yang Berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 244–254. <https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jphpi/article/view/17992>
- Akmal, Elman, A., Marwan, Mutmainna, & Raharjo, S. (2015). Penggunaan Pupuk di Grow Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Karagenan Rumput Laut *Kappaphycus* Sp. *Octopus: Jurnal Ilmu Perikanan*, 4(1), 327–336.
- BSN. (2015). SNI 2354.2:2015 - Cara Uji Kimia: Pengujian Kadar Air pada Produk Perikanan.
- Failu, I., Supriyono, E., & Suseno, S. H. (2016). Peningkatan kualitas karagenan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan metode budidaya keranjang jaring. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 15(2), 124. <https://doi.org/10.19027/jai.15.2.124-131>
- Herlin, Y., Meiyasa, F., & Henggu, K. U. (2022). Konsentrasi Kapur Tohor (CaO) Terhadap Mutu Semi Refined Carrageenan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*. *MARINADE*, 05(01), 18–27.
- Lim, C. L., Koh, R. Y., Haw, T. Y., & Boudville, L. A. (2015). Antioxidant Activity of the Sea Bird Nest (*Eucheuma Cottonii*) and Its Radical Scavenging Effect on Human Keratinocytes. *Journal of Medical and Bioengineering*, 4(6), 461–465. <https://doi.org/10.12720/jomb.4.6.461-465>
- Muyong, J. S., & Tahiluddin, A. B. (2024). Interaction of nutrient enrichment and farming method on performance of the red seaweed *Kappaphycus alvarezii*. *Aquatic Botany*, 191, 103743. <https://doi.org/10.1016/J.AQUABOT.2023.103743>
- Nivetha, N., Shukla, P. S., Nori, S. S., Kumar, S., & Suryanarayan, S. (2024). A red seaweed *Kappaphycus alvarezii*-based biostimulant (AgroGain®) improves the growth of Zea mays and impacts agricultural sustainability by beneficially priming rhizosphere soil microbial community. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1330237>
- Rasnijal, M., Kurniaji, A., Anton, A., Budiati, B., Putri Renitasari, D., Suhermanto, A., Mulyono, M., Djunaidah, I. S., Rahardjo, S., Sektiana, S. P., & Ridwan, R. (2024). Characteristics of seaweed caragenan *Kappaphycus alvarezii* on cultivation system with different seed weight. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 23(1), 71–78. <https://doi.org/10.19027/jai.23.1.71-78>
- Rijoly, S. M. A., Killay, A., & Rupilu, J. A. (2020). Perendaman Pupuk Urea dan Tingkat Konsentrasi Pada Karagenan. *Rumphius Pattimura Biological Journal*, 2(1), 30–40.
- Sarri, J. H., Abdulmutalib, Y. A., Mohammad Tilka, M. E., Terzi, E., & Tahiluddin, A. B. (2022). Effects of inorganic nutrient enrichment on the carrageenan yield, growth, and ice-ice disease occurrence of red alga *Kappaphycus striatus*. *Aquatic Research*, 5(2), 99–109. <https://doi.org/10.3153/ar22009>
- SNI 2690. (2015). *Rumput Laut Kering*. www.bsn.go.id
- Sunarpi, S., Lestari, P., & Yuliani, R. (2019). Optimasi Ekstraksi Karagenan dari *Kappaphycus alvarezii*. *Pro Food (Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan)*, 5(1), 45–52. <https://profood.unram.ac.id/index.php/profood/article/download/248/136>
- Supriyanti, E., Santosa, G. W., & Dermawan, A. (2017). Kualitas Ekstrak Karagenan Dari Rumput Laut “*Kappaphycus alvarezii*” Hasil Budidaya Di Perairan Pantai Kartini Dan Pulau Kemojan Karimunjawa Kabupaten Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 6, 88–93.
- Tahiluddin, A. B., Robles, R. J. F., & Eldani-Tahiluddin, M. hamida S. (2025). Effects of rainwater on the

- carrageenan yield and quality and dry yield biomass of eucheumatoid seaweed *Kappaphycus alvarezii*. *Aquatic Botany*, 197. <https://doi.org/10.1016/J.AQUABOT.2024.103837>
- Tuiyo, R., & MoO, Z. A. (2023). Kandungan Karagenan Dan Kekuatan Gel (*Kappaphycus alvarezii*) Hasil Budidaya Teknologi Kultur Jaringan Secara Massal Basmingro. *Jambura Fish Processing Journal*, 5(1), 27–35. <https://doi.org/10.37905/jfpj.v5i1.17335>
- Yulianto, D., & Sari, R. N. (2020). Optimasi Ekstraksi Karagenan dari *Kappaphycus alvarezii* dengan Variasi pH dan Suhu. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 13(1), 55–63. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jthp/article/view/30617>