

POTENSI BAKTERI SIMBION RUMPUT LAUT MERAH
(Kappaphycus alvarezii) **SEBAGAI PRODUSEN ENZIM KARAGENASE**

SKRIPSI



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh:

OKTAVIA NUR HIDAYAH

NIM.09010420014

PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Oktavia Nur Hidayah
NIM : 09010420014
Program Studi : Ilmu Kelautan
Angkatan : 2020

Menyatakan bahwa tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul : "POTENSI BAKTERI SIMBION RUMPUT LAUT MERAH (*Kappaphycus alvarezii*) SEBAGAI PRODUSEN ENZIM KARAGENASE". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiarasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 24 Juni 2024

Yang menyatakan,



(Oktavia Nur Hidayah)
NIM.09010420014

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : OKTAVIA NUR HIDAYAH

NIM : 09010420014

JUDUL : POTENSI BAKTERI SIMBION RUMPUT LAUT MERAH
(Kappaphycus alvarezii) SEBAGAI PRODUSEN ENZIM
KARAGENASE

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Surabaya, 30 Mei 2024

Dosen Pembimbing 1



Wiga Alif Violando, M.P., M.Sc
NIP.199203292019031012

Dosen Pembimbing 2



Misbaktul Munir, S.Si., M.Kes
NIP.198107252014031002

PENGESEHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Oktavia Nur Hidayah ini telah dipertahankan

di depan tim penguji skripsi

di Surabaya, 24 JUNI 2024

Mengesahkan,

Dewan Penguji

Penguji I



(Asri Sawiji, S.T., M.T., M.Sc.)
NIP.198706262014032003

Penguji II



(Dian Sari Maisaroh, S.Kel., M.Si.)
NIP.198908242018012001

Penguji III



(Wiga Alif Violando, M.P., M.Sc)
NIP.199203292019031012

Penguji IV



(Misbakhul Munir, S.Si., M.Kes.)
NIP.198107252014031002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd
NIP.19507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax. 031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Oktavia Nur Hidayah
NIM : 09010420014
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Ilmu Kelautan
E-mail address : oktaviayahidayahnur@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
 Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

POTENSI BAKTERI SIMBION RUMPUT LAUT MERAH (*Kappaphycus alvarezii*)

SEBAGAI PRODUSEN ENZIM KARAGENASE

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 24 Juni 2024

Penulis

(Oktavia Nur Hidayah)

ABSTRAK

POTENSI BAKTERI SIMBION RUMPUT LAUT MERAH (*Kappaphycus alvarezii*) SEBAGAI PRODUSEN ENZIM KARAGENASE

Oleh :

Oktavia Nur Hidayah

Kappaphycus alvarezii merupakan salah satu spesies rumput laut merah yang memiliki kandungan karagenan yang tinggi. Karagenan biasanya sering dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri makanan, obat-obatan maupun kosmetik. Namun, terdapat permasalahan pada pemanfaatan karagenan pada bidang industri yaitu rendahnya daya larut yang disebabkan oleh berat molekul yang besar. Salah satu metode pemecahan molekul yang dapat digunakan adalah mendegradasi karagenan dengan bantuan proses enzimatik yaitu enzim karagenase. Enzim karagenase merupakan enzim yang memiliki aktivitas tinggi dalam menghidrolisis karagenase. Enzim karagenase dapat diperoleh secara alami dari hasil isolasi mikroba laut pada habitat *Kappaphycus alvarezii* yang memiliki potensi aktivitas karagenase yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi enzim karagenase pada isolat bakteri yang bersimbiosis dengan rumput laut *Kappaphycus alvarezii*. Penelitian ini dilakukan dengan mengidentifikasi beberapa hal, yaitu jenis sampel rumput laut, isolasi dan pemurnian bakteri, uji aktivitas enzim secara kualitatif menggunakan uji CPC, uji aktivitas enzim secara kuantitatif menggunakan uji DNS serta identifikasi bakteri secara mikroskopis dan makroskopis. Hasil identifikasi rumput laut menunjukkan bahwa sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah *Kappaphycus alvarezii*. Pada hasil isolasi didapatkan empat isolat yang berpotensi menghasilkan enzim karagenase. Hasil pengujian CPC ditemukan adanya potensi aktivitas enzim karagenase melalui perhitungan zona bening dengan indeks 0,13-2,76 mm. Pengujian DNS ditemukan adanya aktivitas enzim karagenase tertinggi pada isolat 3 sebesar $242,93 \pm 1,06$ U/ml. Identifikasi bakteri secara makroskopis dan mikroskopis pada isolat 3 yaitu ukuran sedang, bentuk bulat, warna putih, *margins entire*, elevasi *raised* serta pada pengujian mikroskopis yaitu teridentifikasi gram negatif.

Kata kunci: enzim karagenase, isolat bakteri, *Kappaphycus alvarezii*

ABSTRACT

POTENTIAL OF SYMBIONTS BACTERIES OF RED SEAWEED (*Kappaphycus alvarezii*) AS PRODUCERS OF CARAGENASE ENZYMS

By :

Oktavia Nur Hidayah

Kappaphycus alvarezii is one of the red seaweed species that has a high carrageenan content. Carrageenan is usually used as a raw material in the food, medicine and cosmetic industries. However, there are problems in the utilization of carrageenan in the industrial field, namely the low solubility caused by large molecular weight. One of the molecular breakdown methods that can be used is to degrade carrageenan with the help of an enzymatic process, namely the carrageenase enzyme. Carrageenase enzyme is an enzyme that has high activity in hydrolyzing carrageenan. The carrageenase enzyme can be obtained naturally from the isolation of marine microbes in the habitat of *Kappaphycus alvarezii* which has the potential for high carrageenase activity. This study aims to analyze the potential of carrageenase enzyme in bacterial isolates symbiotic with *Kappaphycus alvarezii* seaweed. This research was conducted by identifying several things, namely the type of seaweed sample, isolation and purification of bacteria, qualitative enzyme activity test using the CPC test, quantitative enzyme activity test using the DNS test and identification of bacteria microscopically and macroscopically. The results of seaweed identification showed that the sample used in this study was *Kappaphycus alvarezii*. In the isolation results obtained four isolates that potentially produce carrageenase enzyme. The results of CPC testing found the potential for carrageenase enzyme activity through the calculation of clear zones with an index of 0.13-2.76 mm. DNS testing found the highest carrageenase enzyme activity in isolate 3 at 242.93 ± 1.06 U/ml. Macroscopic and microscopic identification of bacteria in isolate 3 is medium size, round shape, white color, margins entire, elevation raised and in microscopic testing is identified gram negative.

Keywords: carrageenase enzyme, bacterial isolate, *Kappaphycus alvarezii*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
4.1 Rumput Laut.....	5
4.2 Alga Merah (Kappaphycus alvarezii)	6
4.3 Karagenan.....	12
4.4 Enzim Karagenase	15
4.5 Cetylpyridinium chloride (CPC)	17
4.6 3,5-Dinitrosalicylic Acid (DNS).....	18
4.7 Integrasi Keilmuan	19
4.8 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III.....	28
METODOLOGI PENELITIAN.....	28

3.1	Waktu & Lokasi Penelitian	28
3.2	Prosedur Penelitian	28
3.3.1.	Identifikasi Sampel Rumput Laut	29
3.3.2.	Isolasi dan Pemurnian Bakteri	29
3.3.3.	Identifikasi Bakteri	34
3.3.4.	Uji Aktivitas Enzim Karagenase Secara Kualitatif	36
3.3.5.	Uji Aktivitas Enzim Karagenase Secara Kuantitatif	38
3.3.6.	Analisis Data	44
BAB IV		45
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		45
4.1	Hasil Identifikasi Rumput Laut	45
4.2	Hasil Isolasi dan Pemurnian bakteri dari Sampel <i>K. alvarezii</i>	46
4.3	Hasil Identifikasi Isolat Bakteri secara Makroskopis dan Mikroskopis	50
4.4	Hasil Pengujian Aktivitas Enzim karagenase	52
I.	Uji Kualitatif Aktivitas Enzim Karagenase	52
II.	Uji Aktivitas Enzim Karagenase	54
BAB V		61
PENUTUP		61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN.....		71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	22
Tabel 3. 1 Alat Isolasi dan Pemurnian Bakteri.....	29
Tabel 3. 2 Bahan Isolasi dan Pemurnian Bakteri	30
Tabel 3. 3 Alat Pewarnaan Gram	35
Tabel 3. 4 Bahan Pewarnaan Gram.....	35
Tabel 3. 5 Alat Uji Aktivitas Enzim	36
Tabel 3. 6 Bahan Uji Aktivitas Enzim.....	36
Tabel 3. 7 Alat Uji Aktivitas Enzim	38
Tabel 3. 8 Bahan Uji Aktivitas Enzim.....	38
Tabel 3. 9 Referensi Morfologi Bakteri	44
Tabel 4. 1 Identifikasi Rumput Laut	45
Tabel 4. 2 Morfologi Isolat Bakteri Potensial Enzim Karagenase	50
Tabel 4. 3 Hasil Pewarnaan Gram.....	51
Tabel 4. 4 Data Absorbansi Larutan Standar Glukosa	55
Tabel 4. 5 Aktivitas Enzim Karagenase Berbagai Isolat	57

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

gambar 2. 1 Varietas Komersial Kappaphycus	8
gambar 2. 2 Struktur Kappa, Iota dan Lambda Karagenan.....	12
gambar 2. 3 Struktur Kimia CPC	18
gambar 2. 4 Model Struktur Kimia DNS	19
gambar 3. 1. Flowchart Tahapan Penelitian	28
gambar 3. 2. Buku Rumput Laut Indonesia	29
gambar 3. 3 Sterilisasi Alat	30
gambar 3. 4 Tahapan Pembuatan Media	31
gambar 3. 5 Pembuatan Media.....	32
gambar 3. 6 Tahapan Isolasi Bakteri	32
gambar 3. 7 Isolasi Bakteri	33
gambar 3. 8 Tahapan Uji CPC.....	37
gambar 3. 9 Tahapan Uji Kuantitatif Aktivitas Enzim	39
gambar 3. 10 Filtrat Kasar Enzim.....	40
gambar 3. 11 Tahapan Pembuatan Kurva Standar Enzim	41
gambar 3. 12 Tahapan Pengujian Kuantitatif Enzim.....	42
gambar 4. 1 Hasil Isolasi Bakteri.....	47
gambar 4. 2 Hasil Pemurnian Bakteri	49
gambar 4. 3 Hasil Identifikasi Mikroskopis Isolat Bakteri	52
gambar 4. 4 Hasil Pengujian CPC.....	53
gambar 4. 5 Grafik Kurva Standar.....	56
gambar 4. 6 Grafik Aktivitas Enzim	59

DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna, A. D., Krisnamurthi, B., & Erwidodo, E. (2022). Analisis Daya Saing Ekspor Rumput Laut Olahan Indonesia. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 10(1), 31–39. <https://doi.org/10.29244/jai.2022.10.1.31-39>
- Aris, M., Muchdar, F., & Labenua, R. (2021). Study of Seaweed *Kappaphycus alvarezii* Explants Growth in the Different Salinity Concentrations. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 13(1), 97–105. <https://doi.org/10.20473/jipk.v13i1.19842>
- Arora, N. K., Mishra, J., & Mishra, V. (Eds.). (2020). *Microbial Enzymes: Roles and Applications in Industries* (Vol. 11). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-1710-5>
- Asikin, A. N., & Kusumaningrum, I. (2015). Extraction And Characterization Of Functional Properties Of. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1)
- Atmanto, Y., Asri, A. L., Kadir, A. N. (2022). Media Pertumbuhan Kuman. *Jurnal Medika Hutama*. Vol 04 No. 01
- Cabrera, R., Umanzor, S., Díaz-Larrea, J., & Araújo, P. G. (2019). *Kappaphycus alvarezii*; (Rhodophyta): New Record of an Exotic Species for the Caribbean Coast of Costa Rica. *American Journal of Plant Sciences*, 10(10), 1888–1902. <https://doi.org/10.4236/ajps.2019.1010133>
- Calvo, G. H., Cosenza, V. A., Sáenz, D. A., Navarro, D. A., Stortz, C. A., Céspedes, M. A., Mamone, L. A., Casas, A. G., & Di Venosa, G. M. (2019). Disaccharides Obtained From Carrageenans as Potential Antitumor Agents. *Scientific Reports*, 9(1), 6654. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43238-y>
- Campo, V.L., Kawano, D.F., Silva, D.B.D., Carvalho, I. (2009). Carrageenans : Biological Properties, Chemical Modifications and Structural Analysis- A Review. *Carbohydr Polym* 77:167-180
- Cao, S., Zhang, Y., Chen, G., Shen, J., Han, J., Chang, Y., Xiao, H., & Xue, C. (2021). Cloning, Heterologous Expression, and Characterization of a β -Carrageenase From Marine Bacterium *Wenyngzhuangia funcanilytica*: A Specific Enzyme for the Hybrid Carrageenan–Furcellaran. *Frontiers in Microbiology*, 12, 697218. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.697218>

- Chauhan, P. S., & Saxena, A. (2016). Bacterial Carrageenases: An Overview of Production and Biotechnological Applications. *3 Biotech*, *6*(2), 146. <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0461-3>
- Dean, C., Sunadji, S., & Oedjoe, M. Dj. R. (2023). Kandungan Nutrisi dan karagenan Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) dari Perairan Semau Kabupaten Kupang. *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (JVIP)*, *4*(1), 11. <https://doi.org/10.35726/jvip.v4i1.6948>
- Ed-har, A. A., & Widyastuti, R. (2017). Isolasi Dan Identifikasi Mikroba Tanah Pendegradasi Selulosa Dan Pektin Dari Rhizosfer *Aquilaria malaccensis*.
- Erjanan, S., Dotulong, V., & Montolalu, R. I. (2017). Mutu Karagenan dan Kekuatan Gel dari Rumput Laut Merah *Kappaphycus alvarezii*. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, *5*(2), 36. <https://doi.org/10.35800/mthp.5.2.2017.14872>
- FAO. (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018- Meeting the sustainable development goals. *Journal of Applied Poultry Research (Vol.3)*. Rome. <https://doi.org/10.1093/japr/3.1.101>
- Fathmawati, D., Abidin, M. R. P., Roesyadi, A., & Hakim, J. A. R. (2014). Studi Kinetika Pembentukan Karagenan dari Rumput Laut. *3*(1)
- Fitri, L., & Yasmin, Y. (2011). Isolasi Dan Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Kitinolitik. *3*
- Gauthier, G., Gauthier, M., & Christen, R. (1995). Phylogenetic Analysis of the Genera *Alteromonas*, *Shewanella*, and *Moritella* Using Genes Coding for Small-Subunit rRNA Sequences and Division of the Genus *Alteromonas* into Two Genera, *Alteromonas* (Emended) and *Pseudoalteromonas* gen. Nov., and Proposal of Twelve New Species Combinations. *International Journal of Systematic Bacteriology*, *45*(4), 755–761. <https://doi.org/10.1099/00207713-45-4-75>
- Guibet, M., Colin, S., Barbeyron, T., Genicot, S., Kloareg, B., Michel, G., & Helbert, W. (2007). Degradation of λ -Carrageenan by *Pseudoalteromonas carrageenovora* λ -carrageenase: A New Family of Glycoside Hydrolases Unrelated to κ - and ι -carrageenases. *Biochemical Journal*, *404*(1), 105–114. <https://doi.org/10.1042//BJ20061359>

- Holmström, C., & Kjelleberg, S. (1999). Marine Pseudoalteromonas Species are Associated with Higher Organisms and Produce Biologically Active Extracellular Agents. *FEMS Microbiology Ecology*, 30(4), 285–293. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.1999.tb00656.x>
- Huang, Y., Zhang, L., Song, R., Mao, X., & Tang, S. (2021). A Carrageenan/Agarose Composite Sponge and its Immunomodulatory Activities Toward RAW264 .7. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 109(6), 829–839. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.37070>
- Inayatul , W. O., Muchlissin, S. I., Mukaromah, A. H., Darmawati, S., Ethica, A. N. (2018). Isolasi dan Identifikasi Molekuler Bakteri Penghasil Enzim Protease *Pseudomonas stutzeri* dari Tempe Gembus Pasca Fermentasi 1 Hari. *Seminar Nasional Edusaintek*. ISBN : 978-602-5614-35-4
- Indriyani, N., & Heremba, S. (2021). Pengaruh Metode Depolimerisasi k-Karagenan. *I(1)*
- Jalal, R. S., Jalani, K. J., Wahab, I. A., Ibrahim, A. H., & Mohsin, H. F. (2015). *Kappaphycus alvarezii* : Phytochemicals and Ethnopharmacological Significance. *18(10)*
- Jiao, G., Yu, G., Zhang, J., & Ewart, H. (2011). Chemical Structures and Bioactivities of Sulfated Polysaccharides from Marine Algae. *Marine Drugs*, 9(2), 196–223. <https://doi.org/10.3390/md9020196>
- Kalitnik, A. A., Byankina Barabanova, A. O., Nagorskaya, V. P., Reunov, A. V., Glazunov, V. P., Solov'eva, T. F., & Yermak, I. M. (2013). Low Molecular Weight Derivatives of Different Carrageenan Types and Their Antiviral Activity. *Journal of Applied Phycology*, 25(1), 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10811-012-9839-8>
- Kang, D. H., Hyeon, J. E., You, S. K., Kim, S. W., & Han, S. O. (2014). Efficient Enzymatic Degradation Process for Hydrolysis Activity of the Carrageenan From Red Algae in Marine Biomass. *Journal of Biotechnology*, 192, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2014.09.019>
- Kang S., Kim, J.K. (2015). Reuse of Seaweed Waste by a Novel Bacterium, *Bacillus* sp. SYR4 Isolated from a Sandbar. *World J Microbiol Biotechnol* 31 (1):209-217

Keputusan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 1/KEPMEN-KP/2019 Tentang Pedoman Umum Pembudidayaan Rumput Laut

Khambhaty Y., Mody K., Jha B. (2007). Purification and Characterization of κ -Carrageenase from a Novel γ -Proteobacterium, *Pseudomonas elongata* (MTCC 5261) syn. *Microbulbifer elongatus* Comb. Nov. *Biotechnol Bioprocess Eng* 12:668-675

Khotijah, S., Irfan, M., & Muchdar, F. (2020). Nutritional Composition of Seaweed *Kappaphycus alvarezii*. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 13(2), 139–146. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.13.2.139-146>

Kismiyati S, dkk. (2009). Isolasi dan identifikasi. 1(2)

Lantah, P. L., Montolalu, L. A., & Reo, A. R. (2017). Kandungan Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 5(3), 73. <https://doi.org/10.35800/mthp.5.3.2017.16785>

Mao, X., Auer, D. L., Buchalla, W., Hiller, K.-A., Maisch, T., Hellwig, E., Al-Ahmad, A., & Cieplik, F. (2020). Cetylpyridinium Chloride: Mechanism of Action, Antimicrobial Efficacy in Biofilms, and Potential Risks of Resistance. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 64(8), e00576-20. <https://doi.org/10.1128/AAC.00576-20>

Miller, G. L. (n.d.). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*

Mohammad, S.M., Razali, S.F.M., Rozaiman, N.H.N., Laizani, A.N., & Zawawi, N. (2019). Application of Seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) in Malaysian Food Products. *International Food Research Journal*, 26(2), 1677-1687

Murtiyaningsih, H., Hazmi, M., No, J. K., & Timur, J. (2017). Isolasi Dan Uji Aktivitas Enzim Selulase Pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Jurnal Agritrop*. 15(2)

Nasmia, N., Rusaini., & Natsir, S. (2020). Teknologi Budidaya dan Pemanfaatan Rumput Laut. *Buku*. ISBN 978-602-6619-98-3

- Necas, J., Bartosikova L., (2013). Carrageenan : A Review. *Veterinari Medicina*; 58:(4):187-205
- Nugroho, R. P., Budiharjo, A., & Kusdiyantini, E. (2015). Bioprospeksi Dan Identifikasi Molekuler Bakteri Yang Bersimbiosis Dengan Alga Hijau Sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri
- Pedersen G., Hagen, H.A., Asferg L., Sorensen E. (1995). Removal of Printing Paste Thickener and Excess Dye After Textile Printing. US5405414A
- Peng, L.-H., Liang, X., Guo, X.-P., Yoshida, A., Osatomi, K., & Yang, J.-L. (2018). Complete Genome of *Pseudoalteromonas Marina* ECSMB14103, A Mussel Settlement-Inducing Bacterium Isolated From the East China Sea. *Marine Genomics*, 41, 46–49. <https://doi.org/10.1016/j.margen.2018.04.001>
- Pratiwi, Y. H., & Ratnayani, O. (2018). Perbandingan Metode Uji Gula Pereduksi Dalam Penentuan Aktivitas α -L-Arabinofuranosidase Dengan Substrat Janur Kelapa (*Coccus Nucifera*). *Jurnal Kimia*
- Prihastuti, D., & Abdassah, M. (2019). Karagenan dan Aplikasinya di Bidang Farmasetika. *Farmasetika.com* (Online), 4(5). <https://doi.org/10.24198/farmasetika.v4i5.23066>
- Puspawati, N. M., Dewi, P. P., Bogoriani, N. W., & Ariati, N. K. (2020). Produksi Hidrosilat Protein Antioksidan Melalui Hidrolisis Enzimatis Protein Kulit Ayam Broiler dengan Enzim Papain. *Jurnal Kimia*, 206. <https://doi.org/10.24843/JCHEM.2020.v14.i02.p16>
- Quisno, R., & Foter, M. J. (1946). Cetyl Pyridinium Chloride: I. Germicidal Properties. *Journal of Bacteriology*, 52(1), 111–117. <https://doi.org/10.1128/jb.52.1.111-117.1946>
- Remijawa, E. S., Rupidara, A. D. N., Ngginak, J., & Radjasa, O. K. (2020). Isolasi Dan seleksi Bakteri Penghasil Enzim Ekstraseluler Pada Tanah Mangrove Di Pantai Noelbaki. *Jurnal Enggano*, 5(2), 164-180. <https://doi.org/10.31186/jenggano.5.2.164-180>
- Rudke, A. R., De Andrade, C. J., & Ferreira, S. R. S. (2020). *Kappaphycus alvarezii* Macroalgae: An unexplored and Valuable Biomass for Green Biorefinery Conversion. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 214–224. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.018>

- Rupert, R., Rodrigues, K. F., Thien, V. Y., & Yong, W. T. L. (2022). Carrageenan From *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae): Metabolism, Structure, Production, and Application. *Frontiers in Plant Science*, 13, 859635. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.859635>
- Sabdaningsih, A., Budiharjo, A., & Kusdiyantini, E. (2013). Isolasi Dan Karakterisasi Morfologi Koloni Simbion Alga Merah (Rhodophyta) Dari Perairan Kutuh. 2(2)
- Sandria, N., Uju, U., & Suptijah, P. (2017). The Depolymerization of Kappa Carrageenan Using Peracetic Acid. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(3), 524. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i3.19809>
- Safitri, B. Y., Setyawan A., Juliasih N., Widiastuti, E. L., Susanto, G. N. (2023). Isolasi, Karakterisasi, Dan Identifikasi Bakteri Endofit *Sargassum polycystum* Penghasil Enzim Alginat Lyase
- Sawant, S. S., Salunke, B. K., & Kim, B. S. (2015). A Rapid, Sensitive, Simple Plate Assay For Detection Of Microbial Alginate Lyase Activity. *Enzyme and Microbial Technology*, 77, 8–13
- Setyawan, A., Susanto, R. N., & Sarida, M. (2023). Skrining, karakterisasi, dan identifikasi bakteri penghasil fucoidanase dari *Sargassum polycystum*. 16(3)
- 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>
- Siregar, R. F., & Santoso, J. (2016). Karakteristik Fisiko Kimia Kappa Karagenan Hasil Degradasi Menggunakan Hidrogen Peroksida. 19
- Subaryono, S., Peranginangin, R., Suhartono, M. T., & Zakaria, F. R. (2015). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Alginat Lyase dari Rumput Laut *Sargassum crassifolium*. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v10i1.239>

- Sumardi, S., Farisi, S., Ekowati, C. N., & Diana, M. S. (2019). Aktivitas dan Karakterisasi Enzim Protease Isolat *Bacillus* sp. (UJ132) Secara Kualitatif dan Kuantitatif. *Jurnal Riset Akuakultur*, 14(3), 193. <https://doi.org/10.15578/jra.14.3.2019.193-199>
- Sun, T., Tao, H., Xie, J., Zhang, S., & Xu, X. (2010). Degradation and Antioxidant Activity of κ -Carrageenans. *Journal of Applied Polymer Science*, 117(1), 194–199. <https://doi.org/10.1002/app.31955>
- Sun T., Tao H., Xie J., Zhang S., Xu Xian. (2015). Degradation and Antioxidant Activity of κ -Carrageenans. *College of Food Science* 117:194-199
- Sun, Y., Yang, B., Wu, Y., Liu, Y., Gu, X., Zhang, H., Wang, C., Cao, H., Huang, L., & Wang, Z. (2015). Structural Characterization and Antioxidant Activities of κ -Carrageenan Oligosaccharides Degraded by Different Methods. *Food Chemistry*, 178, 311–318. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.105>
- Taghizadeh, M. T., & Abdollahi, R. (2015). Influence of Different Degradation Techniques on the Molecular Weight Distribution of κ -Carrageenan. *International Journal of Biochemistry and Biophysics*, 3(3), 25–33. <https://doi.org/10.13189/ijbb.2015.030301>
- Tamaheang, T., Makapedua, D. M., & Berhimpon, S. (2017). Kualitas Rumput Laut Merah (*Kappaphycus alvarezii*) Dengan Metode Pengeringan Sinar Matahari dan Cabinet Dryer, Serta Rendemen Semi-Refined Carrageenan (SRC). *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 5(2), 58. <https://doi.org/10.35800/mthp.5.2.2017.14925>
- Wei, *et al* (2023). Biochemical Characterization and Elucidation of the Action Mode of a GH16 Family κ -Carrageenase for Efficient Preparation of Carrageenan Oligosaccharides—*PubMed*. 2023, 7(8), 39
- Wood, I. P., Elliston, A., Ryden, P., Bancroft, I., Roberts, I. N., & Waldron, K. W. (2012). Rapid quantification of reducing sugars in biomass hydrolysates: Improving the speed and precision of the dinitrosalicylic acid assay. *Biomass and Bioenergy*, 44, 117–121. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.05.003>

- Yuan, H.M., Song, J.M., Li, X.G., Li, N., Dai, J.C. (2006). Immunomodulation and Antitumor Activity of κ -Carrageenan Oligosaccharides. *Cancer Lett* 243:228-234
- Zelvi M., Suryani, A., & Setyaningsih, D. (2017). Hidrolisis *Eucheuma cottonii* Dengan Enzim κ -Karagenase Dalam Menghasilkan Gula Reduksi Untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27(1), 33–42. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.1.33>
- Zhao, Y., Chi, Z., Xu, Y., Shi, N., Chi, Z., & Liu, G. (2018). High-Level Extracellular Expression of κ -Carrageenase in *Brevibacillus choshinensis* for the Production of a Series of κ -Carrageenan Oligosaccharides. *Process Biochemistry*, 64, 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.09.013>
- Zhu, B.-W., Xiong, Q., Ni, F., Sun, Y., & Yao, Z. (2018). High-Level Expression and Characterization of a New κ -Carrageenase from Marine Bacterium *Pedobacter hainanensis* NJ-02. *Letters in Applied Microbiology*, 66(5), 409–415. <https://doi.org/10.1111/lam.12865>
- Zobell, C. E. (1941). Studies On Marine Bacteria. I. The Cultural Requirements Of Heterotrophic Aerobes. *Journal Of Marine Research*



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A