

Pra Desain Pabrik Produksi *Semi-Refined Carrageenan* dari Rumput Laut *Eucheuma Cottonii*

Nindya Tsabisah, Raden Muhammad Yazid B, Fadlilatul Taufany, dan Yeni Rahmawati
Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: f_taufany@chem-eng.its.ac.id

Abstrak—Negara Indonesia merupakan negara yang berpotensi besar dalam pembudidayaan rumput laut karena daerah perairannya yang luas. Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* merupakan rumput laut yang mempunyai peluang pasar cukup potensial di Indonesia. *Eucheuma cottonii* dikelompokkan dalam Alga merah (Rhodophyceae) sebagai rumput laut penghasil karaginan karena memiliki kadar karaginan yang demikian tinggi, sekitar 62-68% berat keringnya. Karaginan merupakan polisakarida yang linier dan molekul galaktan dengan unit-unit utamanya adalah galaktosa. Karaginan merupakan hasil ekstraksi rumput laut dengan air atau larutan alkali dari spesies tertentu kelas Rhodophyceae. Karaginan merupakan senyawa hidrokolloid yang terdiri dari ester kalium, natrium, magnesium dan kalsium sulfat. Terdapat dua metode yang berbeda untuk menghasilkan dua jenis karaginan. Metode tersebut adalah Refined Carrageenan dan Semi-Refined Carrageenan. Refined Carrageenan adalah jenis karaginan yang sudah murni tanpa ada selulosa. Sedangkan Semi-Refined Carrageenan adalah jenis karaginan masih belum murni (terdapat selulosa) tetapi sudah dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Metode yang digunakan dalam pabrik ini adalah Semi-Refined Carrageenan karena proses pembuatannya cepat dan tidak membutuhkan biaya yang banyak. Dilakukan proses yang berurutan yang terbagi menjadi tiga unit proses, yaitu Unit Pre-treatment, Unit Perebusan dalam Alkali, dan Unit Pengolahan Lanjut. Unit Perebusan dalam Alkali bertujuan untuk mendapatkan karaginan yang terkandung pada rumput laut. Selanjutnya adalah proses pencucian dan memisahkan antara filtrat dan cake. Filtrat ditekan menggunakan Hidrolik Press, kemudian dikeringkan dengan Tray Dryer. Hasil menuju Ball Mill untuk menjadikannya tepung dengan ukuran 80 mesh. Dengan asumsi telah dilakukan perjanjian dengan vendor dan kontraktor bahwa peralatan dibeli pada tahun 2023 dengan menggunakan kurs mata uang saat kontrak ditandatangani. Instalasi peralatan dilakukan pada pertengahan tahun 2024 dan pabrik mulai beroperasi pada awal tahun 2026. Hasil penjualan per tahun sebesar Rp 187.500.060.000, Internal rate of return sebesar 18,31%, pay out time selama 7,48 tahun, Break Event Point sebesar 38,21%, dan didapatkan hasil NPV sejumlah Rp. 330.605.060.776.

Kata Kunci—*Eucheuma Cottonii*, Semi-Refined Carrageenan, Proses, Rumput Laut, Ekonomi.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA berada pada posisi pertama eksportir rumput laut, namun berdasarkan nilai ekspor rumput laut, Indonesia hanya menempati urutan ke-3, bahkan Indonesia hanya berada pada posisi ke-7 bila dilihat dari sisi harga. Rendahnya harga ekspor disebabkan karena sebagian besar



Sumber: Bahan paparan webinar KKP (25 November 2020)

Gambar 1. Denah Potensi Pengembangan Rumput Laut di Indonesia.

ekspor rumput laut Indonesia masih berbentuk raw material atau rumput laut mentah, padahal nilai tambah rumput laut mentah yang diolah dapat memberikan harga lebih tinggi secara signifikan. Terdapat kurang lebih 782 jenis rumput laut yang hidup di perairan Indonesia saat ini. Jumlah tersebut terdiri dari 196 algae hijau, 134 algae coklat, dan 452 algae merah, yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Namun dari sekian banyaknya algae yang hidup di perairan laut Indonesia, sampai saat ini hanya terdapat beberapa jenis rumput laut yang telah dikembangkan dan dibudidayakan di Indonesia di antaranya jenis *Eucheuma spinosum*, *Eucheuma cottonii* dan *Gracilaria* sp. Di Indonesia rumput laut banyak dikembangkan karena Teknik produksi budidaya rumput laut yang relative mudah dan murah dengan resiko gagal panen sangat rendah, produktivitas tinggi, dan panen bisa dilakukan setiap 45-60 hari sekali atau sekitar 4-5 kali panen setahun [1]. Produksi rumput laut Indonesia semakin meningkat hingga tahun 2012 mencapai 6,5 juta ton basah dan diproyeksikan akan mengalami peningkatan di tahun-tahun berikutnya [2]. Rumput laut merupakan bahan baku dari beberapa industri pangan dan non pangan. Salah satu industri yang menggunakan rumput laut sebagai bahan bakunya adalah industri karaginan. Karaginan dibagi atas tiga kelompok utama yaitu: kappa, iota, dan lambda karaginan yang memiliki struktur yang jelas. Kappa karaginan merupakan jenis karaginan yang terdapat di dalam rumput laut jenis *Eucheuma Cottonii*. Jenis karaginan ini lebih banyak diproduksi daripada jenis karaginan yang lain karena proses pembuatannya lebih mudah. Kappa karaginan tersusun dari (1,3)-D-galaktosa-4-sulfat dan (1,4)-3,6-anhidro-D-galaktosa. Kappa karaginan juga mengandung D-galaktosa-6-sulfat ester dan 3,6-anhidroD-galaktosa-2-sulfat ester. Adanya gugusan 6-sulfat dapat menurunkan daya gelasi dari karaginan tetapi dengan pemberian alkali menyebabkan terjadinya transesterifikasi gugusan 6-sulfat yang

Tabel 1.
Spesifikasi E. Cottonii

Komponen	Berat Kering
Kadar Air (%)	13.9
Protein (%)	2.6
Lemak (%)	0.4
Karbohidrat (%)	5.7
Serat Kasar (%)	0.9
Karaginan (%)	67.5
Vitamin C (%)	12
Riboflavin (mg/100 gr)	2.7
Mineral (mg/100 gr)	22.39
Ca (ppm)	2.3
Cu (ppm)	2.7

Tabel 2.
Data Pertumbuhan Konsumsi, Produksi, Impor dan Ekspor Karaginan Bubuk

Tahun	Konsumsi (kg)	Produksi (kg)	Impor (kg)	Ekspor (kg)
2017	43.284.004	47.385.104	115.400	4.101.101
2018	44.353.060	49.295.501	31.057	4.942.442
2019	44.985.146	51.205.899	195.152	6.220.754
2020	41.704.616	53.116.296	132.453	11.411.681
2021	41.549.637	55.026.693	58.249	13.477.057

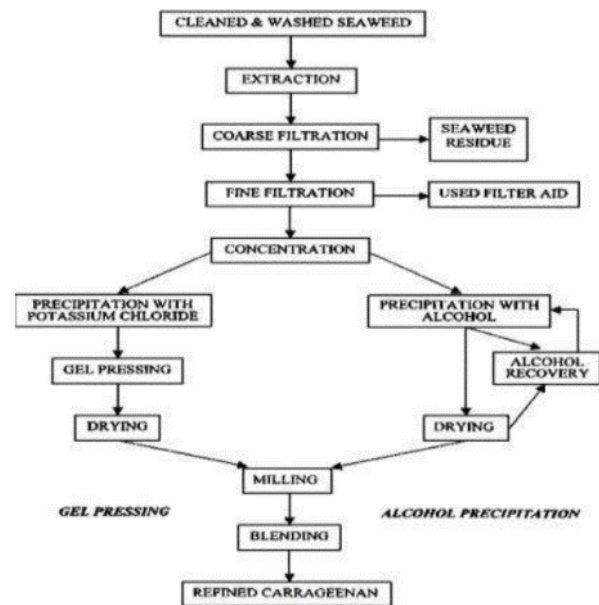
Tabel 3.
Persentase Rata-Rata Pertumbuhan Konsumsi, Produksi, Impor dan Ekspor Karaginan Bubuk

Tahun	Konsumsi (%)	Produksi (%)	Impor (%)	Ekspor (%)
Rata-rata	-0,0094	0,0381	0,9178	0,3697

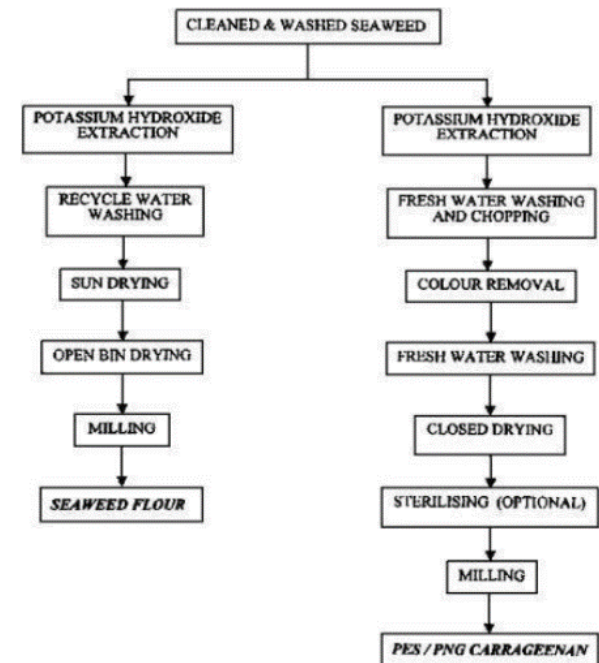
Tabel 4.
Perkiraan Kapasitas Nasional Karaginan Bubuk pada 2026

Tahun	Konsumsi (kg/Tahun)	Produksi (kg/Tahun)	Impor (kg/Tahun)	Ekspor (kg/Tahun)
2026	39.626.296	66.339.068	1.511.141	64.971.417

menghasilkan 3,6-anhidro-D-galaktosa. Dengan demikian derajat keseragaman molekul meningkat dan daya gelasnya juga bertambah [3]. Bahan baku utama karagenan adalah rumput laut merah (Rhodophyceae) jenis *alvarezii* atau lebih dikenal dengan nama *Euचेuma cottonii* dan bahan pembantu larutan alkali (KOH 12%) dan air yang digunakan dalam proses ekstraksi rumput laut serta larutan KCl yang digunakan dalam proses pengendapan pembuatan karagenan. Karagenan memiliki banyak kegunaan, di antaranya sebagai bahan pembentuk gel, pengemulsi, bahan pengental, penstabil, dan bahan pengikat. Selain kegunaan dalam industri makanan, karagenan juga digunakan dalam manufaktur keramik, dalam farmasi, dan pupuk. Rumput laut jenis *Euचेuma Cottonii* merupakan rumput laut yang mempunyai peluang pasar cukup potensial di Indonesia. *Euचेuma Cottonii* dikelompokkan dalam ganggang merah (Rhodophyceae) sebagai rumput laut penghasil karaginan karena memiliki kadar karaginan yang demikian tinggi, sekitar 62-68% berat keringnya. *Euचेuma cottonii* tumbuh baik di daerah pantai terumbu karang, Habitat khususnya adalah daerah yang memperoleh aliran air laut yang tetap dengan variasi suhu harian yang kecil dan substrat batu karang mati [4]. Secara morfologi permukaan kulit agak kasar karena mempunyai gerigi dan bintik-bintik kasar, memiliki permukaan licin, berwarna coklat tua, hijau coklat, hijau kuning, atau merah ungu. *Euचेuma cottonii* melekat pada substrat dengan alat perekat berupa cakram. Cabang-cabang pertaman dan kedua yang rimbun dengan ciri khusus mengarah ke arah datangnya sinar matahari. Cabangcabang



Gambar 2. Diagram Alur Pembuatan Full Refined Carrageenan.



Gambar 3. Diagram Alur Pembuatan Semi-Refined Carrageenan.

tersebut ada yang memanjang ataupun melengkung seperti rumput terbentuk oleh berbagai sistem percabangan, ada yang tampak sederhana berupa filamen dan ada pula yang berupa percabangan kompleks. Bentuk setiap percabangan ada yang runcing dan ada yang tumpul tanduk [4]. Karaginan merupakan produk yang banyak sekali digunakan berbagai industri di Indonesia. Kebutuhan akan karaginan ini membuat nilai impor setiap tahun dari tahun 2012 sampai 2014 selalu mengalami kenaikan. Karaginan memiliki kegunaan yang sangat banyak baik dalam industri pangan maupun non pangan. Pada industri pangan karaginan digunakan untuk zat penstabil pada es krim, zat pengental pada saus, zat pengemulsi air dan minyak, pembuatan jelly, dan lain-lain. Pada industri non pangan karaginan digunakan untuk zat penstabil pada keramik, bahan pangan hewan, zat pengemulsi pada cat, zat pengemulsi pada kosmetik dan lain-lain.

Tabel 5.
Kapasitas Pabrik-Pabrik yang telah berdiri pada tahun 2014

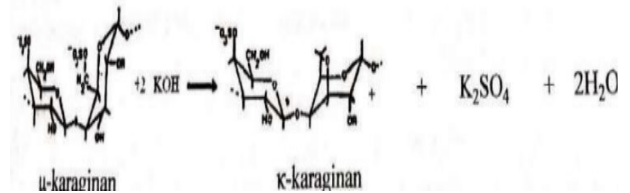
Nama Pabrik	Produksi (kg/tahun)
PT. Indoneusa Algaemas Prima	2.000.000
PT. Galie Artha Bahari	2.000.000
PT. Indo Seaweed	1.800.000
PT. Gumindo Perkasa Industri	1.200.000
PT. Algalindo Perdana	1.000.000
PT. Cahaya Cemerlang	1.000.000
PT. Wahyu Putra Bimasakti	1.000.000
PT. Amarta Carrageenan Indonesia	
PT. Hydrocolloid Indonesia	720.000
PT. Centram	650.000
PT. Kappa Carrageenan Nusantara	600.000
PT. Giwang Citra Laut	70.000

Tabel 6.
Perkiraan Kebutuhan Produk Olahan Rumput Laut Dunia

Jenis	2012	2013	2014	2015
SRC	40.170	46.190	53.120	61.090
RC	36.400	39.130	42.070	45.220

Meski menjadi produsen terbesar rumput laut mentah jenis *Eucheuma cottonii* di dunia, Indonesia belum menjadi produsen terkemuka untuk produk olahannya yang memiliki nilai jual lebih tinggi. Dari total produksi *Eucheuma cottonii* sebesar 1,04 juta ton kering, Indonesia hanya mampu mengolah 5 persennya menjadi produk turunan berupa Karaginan. Produk olahan Karaginan tersebut terdiri dari tiga jenis produk, yaitu Alkali Treated cottonii (ATC), Semi Refined Carrageenan (SRC) dan Refined Carrageenan (RC). Total produksi ketiga produk tersebut adalah sebesar 13.125-ton pada 2014. Rendahnya produksi Karaginan tersebut tak terlepas dari jumlah pelaku industri produk olahan ini di Indonesia. Saat ini, tingkat produksi dan separoh lebih pangsa pasar ATC nasional hanya dikuasai oleh dua perusahaan. Untuk produk SRC, lebih dari seperempat pangsa pasar dikuasai oleh satu dua perusahaan. Sedangkan, untuk produk RC belum ada pemain dengan tingkat produksi skala besar. Kendati volume produksi produk olahan Karaginan masih rendah, perkembangan volume produksi produk olahan Karaginan terus meningkat rata-rata sebesar 5 persen per tahun sepanjang 2010- 2014. Sedangkan, volume ekspor produk Karaginan mengalami peningkatan drastis setiap tahunnya, yakni rata-rata meningkat hingga 59 persen per tahun. Kendati volume ekspor produk Karaginan Indonesia terus meningkat, pangsa pasar ekspor yang dikuasai Indonesia hanya sebesar 3 persen dari total nilai pasar Karaginan dunia. Artinya, untuk produk olahan Karaginan senilai US\$ 0,7 miliar, nilai pangsa pasar dari Indonesia hanya sekitar US\$ 21 juta. Saat ini Indonesia memiliki 26 perusahaan pengolahan rumput laut menjadi produk karaginan semi murni dan karaginan murni dan beroperasi dalam ukuran skala menengah sampai skala besar. Sementara itu, industri karaginan dalam skala kecil atau yang mampu 11 memproduksi di bawah 1-ton karaginan per hari masih sangat minim investasinya.

Indonesia setidaknya membutuhkan 200 industri pengolahan rumput laut menjadi karaginan. Kebutuhan karaginan di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, rata-



Gambar 4. Reaksi Karaginan dengan KOH 12%

rata mengalami pertumbuhan: Ekspor adalah 3,82 %, Impor adalah 23,38% dan Konsumsi adalah 4,46%. Oleh karena itu, pendirian industri karaginan mempunyai peluang yang prospektif untuk dikembangkan [5]. Indonesia merupakan negara kepulauan dengan jumlah pulau mencapai 13.466 pulau dan dengan panjang pantai yang mencapai 95.181 km, pantai tersebut adalah pantai terbesar keempat di dunia Indonesia memiliki peluang dan potensi budidaya komoditi laut yang sangatbesar untuk dikembangkan. Luas potensi budidaya laut diperkirakan mencapai 26 juta Ha, dankurang lebih dua juta Ha dari luas tersebut berpotensi untuk budidaya rumput laut dengan potensi produksi rumput laut kering rata-rata 16 ton per Ha

II. DATA DASAR PERANCANGAN

A. Ketersediaan dan Kualitas Bahan Baku

Pada penelitian ini ketersediaan dan kualitas bahan baku dapat dilihat pada Tabel 1.

B. Penentuan Kapasitas Produksi

Pada penentuan kapasitas produksi, digunakan data konsumsi, produksi, impor dan ekspor pada tahun 2017 hingga tahun 2021. Diasumsikan pabrik berdiri pada tahun 2026, maka perhitungan kapasitas pabrik yaitu sebagai berikut dapat dilihat pada Tabel 2 - 3.

Dari data yang disajikan, dapat diperkirakan kapasitas produk Karaginan Bubuk pada tahun 2026 menggunakan persamaan *discounted* dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

$$F = P_{2021} \times (1+i)^n$$

keterangan:

F = perkiraan kapasitas 2026

P = kapasitas produksi

n = selisih tahun = 2026 - 2021 = 5

Dengan data perkiraan kapasitas pada konsumsi, produksi, impor dan ekspor karaginan bubuk pada tahun 2026 maka dapat dihitung dengan persamaan:

Perkiraan Kapasitas Nasional 2026

$$= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi})$$

$$= (64.971.417 + 39.626.296) - (1.511.141 + 66.339.068)$$

$$= 96.454.381 \text{ kg/tahun}$$

Kapasitas pabrik baru dapat diperoleh dengan menekan nilai impor pada tahun 2020. Diharapkan dengan dibangunnya pabrik baru, produksi di dalam negeri dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Maka dari itu kapasitas pabrik baru setara dengan nilai impor tahun 2020 yaitu 1.100.000 kg/tahun. Kapasitas pabrik baru juga di dapat dari pertimbangan kapasitas pabrik-pabrik lama yang telah berdiri seperti yang terlihat di Tabel 5.

Oleh karena itu, melihat kapasitas pabrik yang sudah berdiri kapasitasnya berkisar pada 1.000.000 kg/tahun, maka

Tabel 7.
Perbandingan Metode Perebusan

Metode	Bahan	Kelabihan	Kekurangan
Tradisional	Air	Tanpa campuran	Rendemen
	Panas	bahan kimia	rendah
Alkalinisasi	KOH	Rendemen tinggi, sifat gel kuat	Rendemen rendah

Tabel 8.
Perbandingan Jenis Pelarut Alkali

Parameter	Jenis Pelarut	
	NaOH	KOH
Kekuatan Gel (g/m ²)	310	630,71
Kadar Air (%)	21,49	24,9
Kadar Abu (%)	14	13,72
Kadar Sulfat (%)	7,85	3,06
Viskositas (cPs)	24	24,61

Tabel 9.
Perbandingan Metode Pencucian

Parameter	Jenis Pencucian	
	Pencucian 2 kali dengan pengepresan	Pencucian 4 kali tanpa pengepresan
Kekuatan Gel (g/m ²)	828	820
Kadar Air (%)	17,97	20,21
Kadar Abu (%)	16,96	17,32
Kadar Sulfat (%)	15,4	15,06
Viskositas (cPs)	68	126

kapasitas pabrik baru yang setara dengan nilai impor yaitu 1.500.000 kg/tahun terlihat relevan.

C. Lokasi dan Ketersediaan Utilitas

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting yang perlu dipertimbangkan pada perancangan sebuah pabrik. Lokasi pabrik akan menentukan risiko serta keuntungan dari perusahaan yang sedang dirancang. Lokasi pabrik akan mempengaruhi distribusi bahan baku maupun hasil produksi dari pabrik sehingga akan mempengaruhi perhitungan transportasi dari kedua hal tersebut yang kemudian akan mempengaruhi biaya produksi dan harga jual dari produk. Lokasi pabrik harus dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan maupun warga sekitar dalam jangka panjang. Berikut merupakan pertimbangan-pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik, antara lain:

1. Ketersediaan Bahan Baku
2. Lokasi Pemasaran
3. Aksesibilitas dan Fasilitas Transportasi
4. Tenaga Kerja
5. Utilitas
6. Harga Tanah dan Gedung

Terdapat dua pilihan lokasi pabrik yaitu Kab.Takalar, Sulawesi Selatan dan juga Kab.Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur. Kemudian dilakukan pemilihan berdasarkan seleksi AHP *Expert Choice* dan ditentukan pemilihan lokasi pabrik di Kab. Takalar, Sulawesi Selatan.

III. SELEKSI DAN URAIAN PROSES

A. Jenis Proses

Full Refined Carrageenan yakni dengan melarutkan karaginan menjadi larutan encer, sedangkan residu yang berupa selulosa dan komponen yang tak larut lainnya dipisahkan dengan penyaringan. Karaginan dalam larutan kemudian di recover secara bertahap sehingga didapatkan produk akhir berupa padaran kering yang mengandung

Tabel 10.
Analisa Ekonomi Pabrik

Capital Expenditures (CAPEX)		
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	Rp	60.682.254.652
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	Rp	242.729.018.610
Operational Expenditures (OPEX)		
<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	Rp	105.400.007.565
<i>General Expenses (GE)</i>	Rp	10.424.176.572

Tabel 11.
Faktor Kelayakan Pendirian Pabrik

<i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	18,31%
<i>Pay Out Time (POT)</i>	7,48 tahun
<i>Break Even Point (BEP)</i>	38,2%

sedikit sekali komponen selain karaginan. Sedangkan *Semi-Refined Carrageenan* yaitu metode yang menghasilkan produk karaginan dengan tingkat kemurnian lebih rendah dibandingkan *full-refined carrageenan*, karena masih mengandung selulosa yang ikut mengendap Bersama karaginan dapat dilihat pada Gambar 2 – 3.

B. Pemilihan Proses

Tahapan proses yang dipilih pada pembuatan karaginan ini adalah proses *Semi-Refined Carrageenan* yang dapat dilihat pada Tabel 6. Dasar dari pemilihan proses ini adalah :

1. Perkiraan kebutuhan dunia terhadap karaginan berbentuk *semi-refined* dinilai lebih besar daripada bentuk *full refined*.
2. Biaya investasi yang perlu dikeluarkan untuk membuat karaginan *semi-refined* lebih murah daripada karaginan *full refined*
3. Tahapan pada proses *semi-refined carrageenan* lebih sederhana dan mudah daripada *full refined carrageenan*.

Banyaknya industri yang membutuhkan *semi-refined carrageenan* yaitu pada tingkat *food-grade* digunakan dalam industri makanan yang tidak trasparan seperti sosis, bakso, nugget, dan susu. Sedangkan tingkat *Industrial Grade* digunakan dalam industri non pangan seperti cat tembok, kosmetik, pengharum ruangan, pelapis keramik hingga makanan hewan.

C. Uraian Proses

Dalam pelaksanaan proses produksi tepung *semi-refined carrageenan* dalam pabrik, dimulai dari bahan baku rumput laut sampai menjadi tepung SRC dilakukan proses yang berurutan yang terbagi menjadi 3 unit proses, dengan pembagian sebagai berikut:

1. Unit *Pre-Treatment*
2. Unit Perebusan dengan Alkali
3. Unit Pengolahan Lanjut

1) Unit *Pre-Treatment*

Sebelum rumput laut dimasukkan kedalam gudang penyimpanan bahan baku, rumput laut harus terlebih dahulu dikeringkan agar tidak mudah busuk dan penyimpan bisa bertahan lama. Pengerinan dilakukan dengan metode jemur gantung. Pengerinan dengan metode ini dinilai lebih efektif dibanding dengan metode pengeringan diatas lantai semen/terpal. ini dinilai baik karena rumput tidak banyak mengalami benturan fisik yang bisa mengakibatkan pada pematihan thallus. Pengerinan ini dapat mengeringkan rumput laut hingga kadar air sebesar 25-35%. Rumput laut *Euchema Cottonii* kering hendaknya memenuhi standar yang

dipersyaratkan pihak industri pengolah. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dikeluarkan BSN yaitu SNI 01-2690-1992 tentang standar mutu rumput laut kering. Secara umum rumput laut kering dengan kadar air yang sesuai standar mampu bertahan antara 2-3 tahun dengan penyimpanan yang tepat. Penyimpanan yang tidak baik bisa menyebabkan kadar air rumput laut meningkat hingga 50-55% sehingga bisa busuk dan tidak akan bisa bertahan lama. Untuk menghilangkan garam yang masih terkandung di rumput laut dapat dilakukan dengan dua macam metode yaitu perendaman dengan air tawar dan juga perendaman dengan air laut. Pada proses perendaman dengan air laut terjadi penetrasi molekul-molekul garam ke dalam jaringan thallus rumput laut dan molekul air keluar ke lingkungan akibat tingginya tekanan osmosis lingkungan (hipertonis). Berbeda halnya dengan rumput laut yang direndam dengan air tawar. Pada rumput laut yang direndam air tawar, air masuk ke dalam jaringan dan diduga terjadi pelepasan molekul-molekul garam ke lingkungan akibat perbedaan tekanan osmosis [6].

a) Sortasi dan Pencucian

Tahap awal dari pembuatan semi-refined carrageenan ialah proses sortasi. Sortasi adalah pemisahan rumput laut menurut jenisnya dan membuang jenis yang bukan *Eucheuma cottonii*, benda asing seperti kerang, koral, tali rafia, plastik, dan benda lainnya. Kemudian rumput laut dicuci menggunakan air. Pencucian bertujuan untuk menghilangkan garam dan zat-zat pengotor lainnya yang masih menempel di rumput laut. Proses pencucian juga bertujuan untuk melunakkan thallus rumput laut sehingga akan mempermudah dalam proses ekstraksi [5]. Pencucian awal bahan baku rumput laut dapat dilakukan dengan alat yaitu *screw conveyor* kemudian dibagian atasnya disemprotkan air secara terus menerus. Pada proses pencucian dalam pabrik ini dipilih *screw conveyor* karena mempunyai kelebihan yaitu lebih murah dan lebih mudah dirawat. *Screw conveyor* juga digunakan agar pencucian lebih efektif, dimana kemiringan dibutuhkan agar air mengalir dari atas ke bawah sedangkan padatan dari bawah ke atas sehingga kontak antara padatan dan air dapat terjadi berkali-kali. (Coulson & Richardson's, 2005)

b) Pemotongan dan Penghancuran

Setelah itu rumput laut dipotong menjadi kecil untuk memperluas kontak permukaan rumput laut pada proses ekstraksi sehingga proses ekstraksi dapat berlangsung dengan baik. Luas permukaan yang besar akan membuat kontak dengan alkali (tahapan selanjutnya) lebih banyak sehingga ekstraksi akan lebih efektif. Pengurangan ukuran dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu crushing dengan alat crusher, grinding dengan alat grinder, dan cutting dengan alat cutter. Apabila bahan yang akan diperkecil terlalu kuat, kenyal, dan elastis maka alat yang tepat digunakan adalah alat yang dapat memotong, membelah, atau menyobek yaitu antara lain *rotary knife cutter* dan granulator. Pada pabrik ini dipilih *rotary knife cutter* sebagai alat pemotong. Dalam segi desain kedua alat tersebut memiliki bentuk yang hampir sama hanya saja *rotary knife cutter* dapat menghasilkan potongan teratur seperti kubus, persegi panjang maupun bentuk berlian sedangkan granulator menghasilkan hasil potongan yang tidak teratur. Hasil potongan rumput laut yang akan dihasilkan dari *rotary knife cutter* adalah 0,75 inci. Agar proses alkalinasi lebih efektif, hasil pemotongan awal akan di

hancurkan Kembali dengan alat crusher agar luas permukaan rumput laut menjadi lebih besar lagi, crusher yang dipakai dalam pabrik ini adalah *toothed-roll crusher* yang merupakan alat pemotong tingkat dua yang mampu menghasilkan produk hingga ukuran sampai 0,2 inci. Jenis's crusher ini bisa mengolah material yang relatif lembut seperti yang dalam konteks ini adalah rumput laut. Alat screener juga digunakan agar produk hasil yang belum mencapai ukuran 0,2 inci dimasukkan kembali ke alat *toothed-roll crusher*. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk memperluas permukaan rumput laut dan memaksimalkan pada proses perebusan alkali [7].

2) Unit Perebusan dengan Alkali

Berdasarkan hasil penelitian terakhir pembuatan *Semi-refined carrageenan (SRC)* dengan 2 metode yakni metode tradisional dan metode alkali. Menurut (Suryaningrum dkk., 2003) metode tradisional produksi karaginan didasarkan pada kemampuan osmosis rumput laut dengan menggunakan air panas dimana pemanasan rumput laut dalam air cenderung mendesak karaginan terekstraksi keluar dari jaringan sel rumput laut. Metode ekstraksi dengan air panas seperti ini akan menghasilkan karaginan tanpa campuran bahan kimia. Akan tetapi, rendemen ekstraksi akan lebih rendah dibandingkan pemanasan dalam larutan alkali. Sedangkan metode alkali panas yang akan menghasilkan bubuk karaginan setengah murni berfungsi untuk mengkatalisis hilangnya gugus-6- sulfat dari unit monomernya dengan membentuk 3,6- anhidrogalaktosa sehingga dapat meningkatkan rendemen, meningkatkan kekuatan gel dan reaktifitas produk terhadap protein. Metode ini banyak di gunakan dalam menghasilkan produk ini karena pada proses ekstraksi karaginan dengan metode alkali paling efektif dalam membantu ekstraksi polisakarida dari rumput laut dapat dilihat pada Tabel 7 – 8.

Pelarut KOH mempunyai hasil yang lebih baik pada parameter kadar air dan viskositas, pelarut NaOH mempunyai hasil yang lebih baik. Kadar air yang lebih banyak ini bisa ditanggulangi dengan mengefektifkan proses pengeringan sehingga pelarut KOH mempunyai lebih banyak keuntungan dibandingkan pelarut NaOH [8]. Apabila alkali digunakan pada konsentrasi yang cukup tinggi, dapat menyebabkan terjadinya modifikasi struktur kimia karaginan akibat terlepasnya gugus 6-sulfat dari karaginan sehingga terbentuk residu 19 3,6-anhydro-D-galactose dalam rantai polysakarida. Perebusan (Alkalinisasi) dilakukan dengan larutan KOH 12%. Alkalinisasi rumput laut dalam larutan KOH menggunakan tangki Reaktor dengan steam dilakukan selama 30 menit pada suhu 900°C dengan perbandingan H₂O adalah sebanyak 30 x berat rumput laut [9] dapat dilihat pada Gambar 2.

3) Unit Pengolahan Lanjut

a) Pencucian Kedua

Pencucian Kedua Karaginan yang akan dicuci harus dalam keadaan benar-benar panas. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam proses penyaringan karena pada suhu rendah bubur rumput laut tersebut akan menjadi gel sehingga mempersulit proses penyaringan yang di lakukan. Terdapat 2 metode pada tahap ini yaitu pencucian 2 kali dengan pengepresan dan pencucian 4 kali tanpa pengepresan berikut adalah table perbandingan kualitas pada dua metode yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 9.

Pencucian 2 kali dengan pengepresan mempunyai kekuatan yang lebih besar dari pada pencucian 4 kali tanpa pengepresan jika dilihat dari kekuatan gel. Selain dari kekuatan gel, pencucian 2 kali dengan pengepresan juga mempunyai keuntungan dalam penghematan penggunaan air sehingga metode pencucian yang digunakan dalam desain pabrik ini adalah metode tersebut. Dalam desain pabrik ini adalah menggunakan metode pencucian 2 kali dengan pengepresan. Pencucian bertujuan untuk menurunkan pH rumput laut sampai 8-10, pencucian dilakukan 2 kali dengan volume air 30 kali volume rumput laut. Pencucian dilakukan dalam tangki terbuka dengan bantuan agitator agar mempercepat penurunan pH. Pencucian kedua ini menggunakan air, selain berfungsi menghilangkan kotoran yang masih menempel juga menyebabkan terjadinya pengenceran konsentrasi KOH sehingga dapat menurunkan nilai pH [10].

b) Pengepresan

Proses pengeluaran air yang ada dalam serat-serat karaginan dilakukan dengan alat *press* hidrolis. Kantung kain yang berisi karaginan ditempatkan dalam bak pengepres yang selanjutnya akan dilakukan pengepresan. Pengepresan dilakukan dengan menurunkan alat penekan secara perlahan-lahan hingga kantong yang berisi karaginan tertekan.

c) Pengeringan

Pengeringan kedua dilakukan dengan *Tray Dryer* dengan suhu udara kering 87,5°C dan tekanan 1 atm. *Tray Dryer* dipilih karena proses pengeringannya jarang menghadapi kegagalan baik dari segi output kualitas maupun kuantitas, cara pengerjaan sederhana, dan biaya operasional perawatan relative murah.

d) Penepungan, Pengemasan dan Penyimpanan

Semi-refined carrageenan yang sudah bersih tersebut kemudian ditepungkan dan diayak. Tepung karaginan dimasukkan kedalam plastik. Plastik kemudian di-sealer rapat untuk menghindari penurunan kadar air pada tepung karaginan selama penyimpanan. Tepung karaginan yang telah dikemas kemudian di tempatkan di ruang penyimpanan. Penepungan dilakukan dengan grinding menggunakan alat *Ball Mill*. Alasan dipilih alat ini karena biaya instalasi rendah, energi yang dibutuhkan relatif sedikit, dan bisa digunakan untuk material dengan tingkat kepadatan tinggi. Butiran *semi-refined carrageenan* distandarisasi dengan ayakan atau screen standar 80 *mesh*. Produk yang sesuai standard akan disimpan di tangki penampung produk, *Semi-refined carrageenan powder* yang merupakan produk akhir. Kondisi penyimpanan karaginan diatur dan dijaga tingkat kekeringannya untuk menjaga mutu karaginan selama penyimpanan

IV. NERACA MASSA DAN ENERGI

Berdasarkan perhitungan neraca massa diperoleh bahwa pabrik berkapasitas produksi 1.500.000 kg/tahun atau 1500 ton/tahun membutuhkan 429.171 kg/jam rumput laut *Eucheama Cottonii* yang diolah untuk menghasilkan 4,54 ton/hari atau sekitar 189,39 kg/jam produk *semi-refined carrageenan*. Dalam proses pengolahannya dibutuhkan KOH 12,47 kg/jam. Guna menunjang kebutuhan utilitas, pabrik *semi refined* memerlukan utilitas berupa *processed water* sebanyak 59.609,05 kg/jam yang akan digunakan di beberapa

peralatan yaitu *screw conveyor, mixer, reactor, dan washing tank*. Sementara *steam* diperlukan sebanyak 2364,75 kg/jam untuk proses perebusan menggunakan alkali di *reactor*, dan *steam* sebanyak 30,05 kg/jam untuk keperluan *heat exchanger*.

V. ANALISA EKONOMI

A. Asumsi-Asumsi

1. Kapasitas Produksi: 1.500.000 kg/ tahun = 1500 ton/tahun
2. Modal investasi:
 - a. Modal sendiri (equity): 30%
 - b. Modal pinjaman (loan): 70%
3. Umur pabrik: 10 tahun
4. Pajak pendapatan pasal 17 Ayat 2a UU PPh No. 17, Tahun 2010 adalah sebesar 25%
5. Basis perhitungan ekonomi: 1 tahun
6. Nilai tukar rupiah [1 dollar US]: Rp. 15.559, (Sumber: bi.go.id)
7. Tahun pengadaan peralatan: 2023
8. Tahun mulai konstruksi: 2024
9. Lama Konstruksi: 2 tahun
 - a. Tahun pertama menggunakan 50% modal sendiri dan 50% modal pinjaman
 - b. Tahun kedua menggunakan sisa modal sendiri dan pinjaman
10. Tahun mulai beroperasi: 2026
11. Pengembalian modal pinjaman dalam 10 tahun = 10% per tahun
12. Suku Bunga bank: 8.00% (menggunakan bank BNI)
13. Laju inflasi: 5,42% (Sumber: Data Inflasi (bi.go.id)).
14. Kapasitas produksi:
 - a. Tahun I = 60%
 - b. Tahun II = 80%
 - c. Tahun III = 100%

B. CAPEX dan OPEX

Capital expenditures (CapEx) adalah dana yang digunakan oleh perusahaan untuk memperoleh, meningkatkan, dan memelihara aset fisik seperti properti, pabrik, bangunan, teknologi, atau peralatan. CapEx sering digunakan untuk melakukan proyek atau investasi baru oleh suatu perusahaan. Pengeluaran modal untuk aset tetap dapat mencakup perbaikan atap, pembelian peralatan, atau pembangunan pabrik baru. Jenis pengeluaran keuangan ini dibuat oleh perusahaan untuk meningkatkan ruang lingkup operasi mereka atau menambahkan beberapa manfaat ekonomi untuk operasi tersebut. Pengeluaran modal tidak sama dengan biaya operasional (OpEx). Biaya operasional adalah biaya jangka pendek yang diperlukan untuk memenuhi biaya operasional yang sedang berjalan dalam menjalankan bisnis. Tidak seperti belanja modal, biaya operasional dapat dikurangkan sepenuhnya dari pajak perusahaan pada tahun yang sama di mana biaya terjadi dapat dilihat pada Tabel 10.

C. IRR, POT, dan BEP

Terdapat beberapa parameter yang sering digunakan untuk studi kelayakan sebuah perusahaan. Dengan menganalisis beberapa parameter tadi dapat menjadi sebuah referensi bagi para pendiri perusahaan dan investor untuk melaksanakan kebijakan terkait keuangan, dapat dilihat pada Tabel 11.

VI. KESIMPULAN

Pabrik beroperasi selama 24 jam, 330 hari/tahun dengan perencanaan sebagai berikut:

Kapasitas produksi: 1.500.000 kg/tahun

Kebutuhan rumput laut: 429.171 kg/jam

Umur pabrik: 10 tahun

Masa konstruksi: 2 tahun

Secara singkat evaluasi perencanaan pendirian pabrik tersebut dapat disajikan sebagai berikut:

1. Pra Desain Pabrik : Karaginan dari rumput laut
2. Proses : Perebusan dengan alkali
3. Operasi : Kontinyu, 330 hari/tahun, 24 jam/hari.
4. Lokasi Pabrik: Kec. Polombangkeng Utara, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan.
5. Analisa ekonomi:
 - *Internal Rate of Return* (IRR): 18,31%
 - *Pay Out Time* (POT): 7,48 tahun.
 - *Break Even Point* (BEP): 38,2%

Berdasarkan hasil uraian diatas, ditinjau dari segi ekonomis maupun teknis, pabrik tepung karaginan *semi-refined* dari rumput laut *Eucheuma Cottonii* ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Salim and E. Ernawati, *Info Komoditi Rumput Laut*. Jakarta: AMP Press, 2015.
- [2] BP2KP, "Laporan akhir kajian usulan pengenaan bea keluar (bk) atas ekspor rumput laut (raw material)," Jakarta, 2014.
- [3] F. G. Winarno, *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan, 1996.
- [4] M. A. Laode, *Budidaya Rumput Laut*. Yogyakarta: Kanisius, 1991.
- [5] R. Peranginagin, E. Sinurat, and M. Darmawan, *Memproduksi Karaginan dari Rumput Laut*. Jakarta: Penebar Swadaya, 2013.
- [6] N. Sukri, "Karakteristik alkali treated cottonii (ate) dan karagenan dari rumput laut eucheuma cottonii pada umur panen yang berbeda," Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2006.
- [7] W. L. McCabe, J. C. Smith, and P. Harriott, *Scilab Code for Unit Operations of Chemical Engineering*. New Delhi: McGraw-Hill, Inc., 1993.
- [8] A. P. Romenda, R. Pramesti, and A. B. Susanto, "Pengaruh perbedaan jenis dan konsentrasi larutan alkali terhadap kekuatan gel dan viskositas karaginan kappaphycus alvarezii, doty," *J Mar Res*, vol. 2, no. 1, 2013, doi: <https://doi.org/10.14710/jmr.v2i1.2065>.
- [9] L. Ega, C. G. C. Lopulalan, and F. Meiyasa, "Kajian mutu karaginan rumput laut eucheuma cottonii berdasarkan sifat fisiko-kimia pada tingkat konsentrasi kalium hidroksida (koh) yang berbeda," *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.17728/jatp.169>.
- [10] B. B. Sedayu, J. Basmal, and B. S. Bandol Utomo, "Optimalisasi penggunaan air pada proses pembuatan semi-refined carrageenan (src)," *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, vol. 3, no. 2, p. 183, Dec. 2008, doi: 10.15578/jpbkp.v3i2.23.