

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu suplemen yang sering dikonsumsi oleh masyarakat dewasa ini adalah suplemen antioksidan. Antioksidan merupakan zat yang mampu memperlambat atau mencegah proses oksidasi. Zat ini secara nyata mampu memperlambat atau menghambat oksidasi zat yang mudah teroksidasi meskipun dalam konsentrasi rendah. Antioksidan juga didefinisikan sebagai senyawa-senyawa yang melindungi sel dari efek berbahaya radikal bebas oksigen reaktif jika berkaitan dengan penyakit. Salah satu sumber anti oksidan adalah astaxanthin

Astaxanthin merupakan metabolit sekunder golongan pigmen terpenoid yang biasanya terdapat dalam tanaman yang berwarna merah atau jingga. Astaxanthin termasuk dalam golongan karotenoid. Karotenoid merupakan pigmen yang memberikan warna merah dan jingga pada tanaman. Senyawa pigmen karotenoid antara lain violaxanthin, astaxanthin, zeaxanthin, dan cantaxanthin (Higuera-Ciapara dkk., 2006). Astaxanthin banyak terkandung dalam mikroalga seperti *Haematococcus pluvialis*, *Chlorella zofingensis*, dan *Scenedesmus obliquus* (Lemoine dan Schoefs, 2010). Kadar astaxanthin dalam kultur sel mikroalga *Haematococcus pluvialis* dapat mencapai 604 mg/l kultur/*batch* (Park dkk., 2014). Astaxanthin banyak digunakan dalam industri kosmetik dan obat-obatan karena tingkat aktifitas antioksidannya yang tinggi. Tingkat aktivitas antioksidan pada astaxanthin melebihi β -karoten dan α -tokoferol (Naguib, 2000; Terao, 1989; Palozza dan Krinsky, 1992; Guerin dkk., 2003).

Pengembangan sistem produksi astaxanthin di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan penduduk Indonesia terhadap produk farmasi dan suplemen berbasis antioksidan khususnya astaxanthin. Pengembangan pabrik ini nantinya diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap produk impor berbasis

astaxanthin serta masyarakat Indonesia khususnya tidak lagi bergantung pada bahan baku sintetik untuk dikonsumsi manusia.

1.2 Tujuan

Tujuan dari pra-rancangan sistem produksi astaxanthin ini adalah sebagai berikut

1. Merancang sistem produksi astaxanthin alami dengan kemurnian $\leq 97\%$ dari kultur mikroalga *Haematococcus pluvialis* dengan kapasitas produksi 1 ton/tahun.
2. Menentukan kelayakan ekonomi rancangan sistem produksi astaxanthin dari kultur mikroalga *Haematococcus pluvialis*.

1.3 Ruang Lingkup

Proses produksi astaxanthin dilakukan menggunakan kultur mikroalga *Haematococcus pluvialis* dengan dua tahapan utama yaitu fase kultivasi mikroalga (*green stage*) dan fase produksi astaxanthin (*red stage*). Secara alami, senyawa metabolit Astaxanthin ditampung pada bagian vesikula di dalam sel mikroalga. Kadar astaxanthin dalam kultur sel mikroalga *Haematococcus pluvialis* dapat mencapai 604 mg/l kultur/*batch* (Park dkk., 2014). Proses pemisahan senyawa astaxanthin dilakukan dengan metode ekstraksi sel mikroalga *Haematococcus pluvialis*.

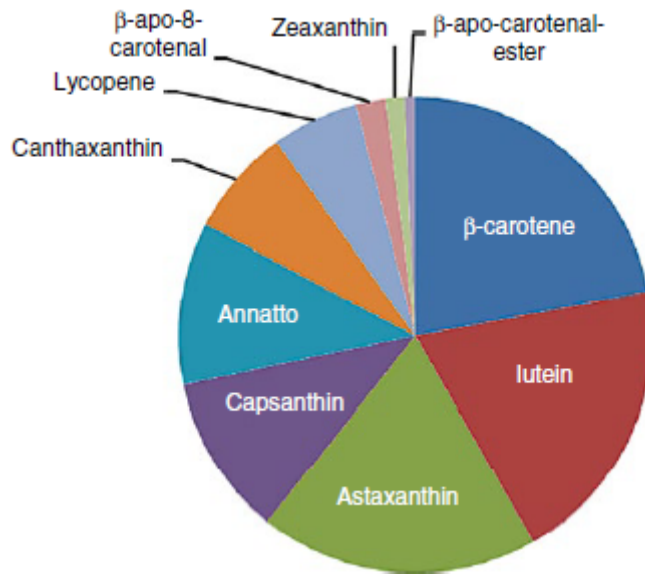
Penyusunan pra-rancangan sistem produksi ini didasari dari langkah-langkah sintesis dan operasi prosesnya yang dikemukakan oleh Seider, dkk (2010), dimulai dari reaksi biokonversi sampai perubahan temperatur, tekanan dan fasa. Setelah ditentukan operasi yang tepat untuk setiap sintesisnya dilakukan pengintegrasian setiap proses menjadi satu unit proses lengkap. Langkah sintesis dan operasi proses dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Langkah Sintesis dan Operasi Prosesnya (Seider, dkk., 2010)

Langkah Sintesis	Operasi Proses
Menghilangkan perbedaan dalam jenis molekul	Rekasi kimia (biokonversi)
Mendistribusikan senyawa kimia dengan menyesuaikan <i>sink</i> dan <i>source</i>	Pencampuran
Menghilangkan perbedaan dalam komposisi	Pemisahan
Menghilangkan perbedaan pada temperatur, tekanan, dan fasa	Perubahan temperatur, tekanan, dan fasa
Mengintegrasikan seluruh proses menjadi satu unit proses dan memilih pemrosesan secara kontinyu atau partaian	

1.4 Analisis Pasar

Astaxanthin merupakan senyawa karatenoid yang banyak didapatkan oleh makhluk hidup perairan, seperti mikroalga, salmon, udang, lobster, dan lain sebagainya. Mikroalga yang menghasilkan astaxanthin diantaranya adalah *Haematococcus pluvialis* dan *Chlorella zofingiensis*. Astaxanthin yang terkandung di dalam hewan-hewan laut berasal dari mikroalga yang mereka makan. Selain berasal dari makhluk hidup laut, astaxanthin juga dihasilkan oleh ragi *Phaffia rhodozyma* (Nguyen, 2013) dan alga hijau-biru *Synechocystis sp.* (Lemoine dan Schoefs, 2010). Dari berbagai sumber astaxanthin tersebut, mikroalga *Haematococcus pluvialis* dan ragi *Phaffia rhodozyma* banyak dikultur secara massal untuk memproduksi astaxanthin alami skala industri (Nguyen, 2013).



Gambar 1.1 Struktur dari pasar karotenoid global pada tahun 2010 (Solovchenko dan Chekanov, 2014)

Selama sepuluh tahun terakhir ini, astaxanthin telah menjadi komoditas pasar di dunia. Dari seluruh pasar karotenoid global pada tahun 2010, astaxanthin menjadi salah satu yang mendominasi pasar selain β-karoten dan lutein (gambar 1.1). Pada awalnya, astaxanthin digunakan sebagai pewarna makanan, pakan ternak dan perikanan. Akan tetapi, beberapa tahun belakangan ini, astaxanthin telah diketahui memiliki kemampuan sebagai antioksidan. Selain menjadi antioksidan, senyawa ini juga memiliki kemampuan sebagai antikanker, antiinflamasi, antidiabetes, dan berbagai manfaat untuk kesehatan lainnya. Oleh karena itu, astaxanthin mulai dipasarkan sebagai bahan antioksidan untuk kebutuhan manusia.

Astaxanthin biasanya ditambahkan ke dalam bahan baku obat, kosmetik, dan suplemen. Nilai pasar untuk astaxanthin sudah mencapai Rp 3,37 triliun setiap tahun, tetapi setelah diketahui manfaat astaxanthin bagi kesehatan, diprediksikan nilai pasar astaxanthin akan melebihi Rp 20,25 triliun pada tahun 2020. Astaxanthin yang dihasilkan secara sintesis berharga Rp 27.000.000,00/kg, harga astaxanthin *Phaffia rhodozyma* Rp 40.500.000/kg dan harga astaxanthin dari mikroalga adalah

Rp 94.5000.000/kg (Nguyen, 2013). Walaupun harga astaxanthin yang berasal dari mikroalga lebih mahal dari harga yang berasal dari sintetis dan ragi, kemampuan menangkal radikal bebas astaxanthin dari mikroalga lebih baik daripada kedua sumber lainnya (Nguyen, 2013).

Sampai saat ini, produksi astaxanthin secara sintetis masih mendominasi pasar. Biaya produksi astaxanthin secara sintetis jauh lebih murah dibandingkan produksi dari mikroalga dan ragi. Akan tetapi, astaxanthin sintetis dilarang untuk dipasarkan untuk kebutuhan manusia, sebab proses sintetis astaxanthin menggunakan senyawa kimia karsinogenik (Nguyen, 2013). Oleh karena itu, astaxanthin sintetis hanya dipasarkan sebagai pakan industri akuakultur. Sedangkan untuk kebutuhan manusia, astaxanthin yang digunakan berasal dari ragi atau mikroalga. Industri astaxanthin yang berasal dari kultur mikroalga telah banyak dibangun di Israel, Jepang, Swedia, Cina, Amerika Serikat, dan Malaysia (Solovchenko dan Chekanov, 2014).

Kebutuhan manusia akan suplemen dan kosmetik dapat dilihat dari tingkat ekonomi negara dan ekonomi personal. Semakin tinggi perekonomian suatu negara, semakin tinggi aktivitas yang dilakukan oleh warganya. Aktivitas yang tinggi mengakibatkan kebutuhan suplemen untuk meningkatkan daya tahan semakin meningkat. Selain itu, masyarakat yang memiliki tingkat ekonomi menengah ke atas sudah mulai memikirkan kesehatan sehari-hari, sehingga mereka membutuhkan suplemen agar terhindar dari penyakit. Penggunaan kosmetik dan perawatan kulit oleh masyarakat pun meningkat terus-menerus. Berdasarkan data dari Kementerian Perindustrian, terjadi peningkatan penjualan kosmetik dari Rp8,5 triliun menjadi Rp9,76 triliun pada tahun 2012 di Indonesia. Di pasar global pun terjadi peningkatan penjualan sebesar 162 triliun menjadi Rp6.498 triliun pada tahun 2012.

Selain adanya peningkatan penggunaan suplemen dan kosmetik, kesadaran masyarakat global mengenai penggunaan senyawa alami juga semakin lama semakin meningkat. Informasi-informasi penggunaan senyawa sintetis yang

bertujuan untuk kesehatan tetapi menghasilkan efek samping membuat masyarakat mulai beralih ke senyawa alami. Oleh karena itu, tren penggunaan kosmetik dan suplemen alami menjadi terkenal di masyarakat. Berdasarkan hal tersebut, industri-industri farmasi dan kosmetik akan mulai mencari bahan baku alami yang digunakan di produk-produk mereka, salah satunya adalah astaxanthin. Di Indonesia sendiri terdapat berbagai industri farmasi dan kosmetik yang telah berdiri dan diantaranya sudah memakai astaxanthin sebagai bahan baku produk seperti SOHO dan Kalbe Farma.

1.5 Analisis awal keekonomian proses

Beberapa negara seperti Cina, Jepang, dan Malaysia telah memproduksi astaxanthin untuk digunakan dalam industri pakan, makanan, kosmetik dan obat-obatan. Proses produksi yang digunakan untuk memperoleh astaxanthin adalah kultur mikroalga, kultur ragi/*yeast*, dan sintesis menggunakan bahan kimia. Secara umum, proses produksi astaxanthin yang telah digunakan saat ini adalah kultur mikroalga. Kultur mikroalga digunakan karena kadar astaxanthin yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional lainnya.

Sistem produksi astaxanthin di Indonesia dinilai sangat menjanjikan karena belum banyak industri di Indonesia yang bergerak pada bidang produksi senyawa anti-penuaan dan antioksidan. Industri astaxanthin di Asia juga belum dapat memenuhi kebutuhan astaxanthin di wilayah Asia. Selain itu, mulai diterapkannya Pasar Bebas Asia juga merupakan peluang untuk mengembangkan usaha produksi astaxanthin di Indonesia.

Perhitungan awal kelayakan ekonomi industri astaxanthin dilakukan dengan menghitung *gross profit margin* (GPM). Penghitungan GPM sistem produksi astaxanthin didasarkan pada harga jual astaxanthin dikurangi dengan harga bahan baku. Data-data harga bahan baku maupun produk astaxanthin didapat dari situs internet seperti Sigma Aldrich, Alibaba, serta Algatech. Berdasarkan penghitungan, biaya bahan baku total yang digunakan untuk menghasilkan astaxanthin adalah Rp 1.375.704.595,00 per tahun. Harga jual astaxanthin adalah

sebesar Rp 25.000.000,00/kg dan menghasilkan keuntungan kotor sebesar Rp 25.000.000.000,00 per tahun. Apabila skala produksi astaxanthin yang digunakan adalah 1 ton/tahun, maka nilai GPM yang diperoleh adalah 16,93. Hasil penghitungan GPM produksi astaxanthin yang bernilai positif ini dapat dijadikan sebagai salah satu dasar pertimbangan layaknya sistem produksi astaxanthin untuk dikembangkan lebih lanjut. *Gross profit margin* produksi astaxanthin dari kultur mikroalga *Haematococcus pluviialis* dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 *Gross profit margin* produksi astaxanthin

Bahan baku	Kebutuhan dalam satu tahun (kg)	Harga bahan baku (Rp)/kg	Harga total (Rp)
Mikroalga <i>Haematococcus Pluvialis</i> NIES-144 (shigen.nig.ac.jp)	1,00	150.000.000,00	150.000.000,00
Medium Nies C (shigen.nig.ac.jp)	14.428	35.775,00	516.161.700,00
Medium Nies N-Free (shigen.nig.ac.jp)	6.587	76.207,5	501.978.802,50
Energi pencahayaan (LED)			136.401.408,00
Natrium Asetat (sigmaaldrich.com)	1548,00	13.500,00	20.898.000,00
KNO ₃ (sigmaaldrich.com)	260,80	16.875,00	4.401.000,00
C ₃ H ₇ Na ₂ O ₆ P.5H ₂ O (sigmaaldrich.com)	25,40	2.531.250,00	64.293.750,00
Total (Rp)			1.375.704.595,50
Produk	Kebutuhan dalam satu tahun (kg)	Harga produk (Rp)/kg	Harga total (Rp)
Astaxanthin (algatech.com)	1000	25.000.000,00	25.000.000.000,00
Keuntungan kotor (Rp)			23.605.865.339,50
Marjin keuntungan kotor (Rp)			16,93

1.5.1 Perbandingan dengan harga produk di pasar

Menurut Sigmaaldrich, Harga penjualan 1 gram astaxanthin murni untuk kebutuhan analisis dengan tingkat kemurnian $\geq 97\%$ berkisar antara Rp13.500.000,00 hingga Rp27.000.000. Harga ini tidak dapat digunakan sebagai harga astaxanthin yang dijual dalam jumlah besar (*bulk*) sehingga perlu dicari

kembali perusahaan yang menjual astaxanthin dalam jumlah besar (*bulk*). Sigmaaldrich hanya menjual dalam jumlah yang kecil berkisar antara 50 mg sampai 1 g astaxanthin.

Menurut Algatech, salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang produksi senyawa metabolit dari mikroalga, harga penjualan 1 gram astaxanthin berkisar antara Rp27.000,00 hingga Rp135.000,00. Hal tersebut bergantung pada kualitas, kemurnian produk, dan juga kandungan campuran di dalam produk akhir. Harga astaxanthin sebesar Rp 25.000,00 per gram berada pada rentang harga tersebut dan dapat diterima oleh industri kosmetik, makanan, dan obat-obatan.