

POTENSI PEMANFAATAN RUMPUT LAUT SEBAGAI SUMBER ENERGI BARU TERBARUKAN UNTUK MENDUKUNG KETAHANAN ENERGI DAERAH (STUDI DI PROVINSI BALI)

POTENCY OF SEA WEEDS USAGE AS NEW RENEWABLE ENERGY SOURCE TO SUPPORT REGIONAL ENERGY SECURITY (STUDY IN BALI PROVINCE)

I Gede Adhi Wiranata ¹, Muhammad Sidik Boedoyo ², Yanif Dwi Kuntjoro ³

Program Studi Keamanan Energi
(gede.wiranata@idu.ac.id / adhiwiranata@gmail.com)

Abstrak - Bali adalah sebuah provinsi yang dikelilingi oleh laut sehingga memiliki potensi sumber daya maritim yang besar. Namun, Bali tidak memiliki sumber daya energi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energinya sendiri. Hal ini menyebabkan Provinsi Bali membutuhkan pasokan energi dari luar sehingga menimbulkan ketergantungan dengan daerah lainnya. Kondisi ketahanan energi di Provinsi Bali dapat ditingkatkan dengan memperhatikan potensi energi kewilayahan yang ada, salah satunya adalah rumput laut. Rumput laut memiliki kandungan pati, selulosa dan kadar air yang tinggi, sehingga cocok untuk menjadi bahan pembuatan bioetanol yang membutuhkan energi dan air dalam proses produksinya. Agar produksi bioetanol tidak bersaing dengan produksi pangan dan kosmetik yang juga membutuhkan bahan rumput laut, maka penelitian ini hanya menggunakan sisa limbah rumput laut yang tidak terpakai untuk dihitung potensi energinya jika diproses menjadi bioetanol. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kualitatif. Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode analisis lapangan model Miles and Huberman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis potensi pemanfaatan sisa limbah rumput laut sebagai bahan baku bioetanol yang dapat digunakan untuk membantu mencukupi kebutuhan bahan bakar cair di Provinsi Bali. Hasil penelitian ini memperlihatkan seberapa besar bioetanol dari sisa limbah rumput laut dapat mencukupi kebutuhan bahan bakar cair penduduk Pulau Bali, terutama masyarakat nelayan dan petani rumput laut itu sendiri. Selain itu juga meneliti tentang dampak pemanfaatan rumput laut menjadi bioetanol terhadap ketahanan energi daerah, dilihat dari sektor availability dan accessibility. Penelitian ini juga mengkaji berbagai macam permasalahan yang menjadi faktor penghambat pengembangan bioetanol dari rumput laut.

Kata kunci: energi baru terbarukan, ketahanan energi daerah, rumput laut

Abstract - Bali is a province that is surrounded by seas so it has great maritime resource potential. However, Bali does not have enough energy resources to meet its own energy needs. This causes Bali to require supply of energy resources from other areas, which is generally distributed from Java so it has high cost and cause a high dependence with other

regions. The condition of energy security in Bali can be improved by considering the potential of existing regional energy resources, one of which is seaweeds. Seaweeds contain high amount of starches, celluloses and moisture contents, making it suitable as material to produce bioethanol which require water and energy in its production process. To make bioethanol production not competing with foods and cosmetics production that also require seaweed as material, this research only uses the remaining waste of unused seaweed to calculate its energy potential if its processed to make bioethanol. Data analysis is done using field data analysis of Miles and Huberman model. This research was conducted with the aim to analyze the potential utilization of residual waste of seaweed as bioethanol raw material that can be used to meet the needs of liquid fuel in Bali. The result of this study show how much bioethanol from waste residue seaweed can meet the needs of liquid fuel population of the island of Bali, especially fishermen communities and seaweed farmers themselves. This research also examines the impact of seaweed utilization into bioethanol on regional energy security, especially on availability and accessibility sectors. This study also examines the various problems that becomes inhibiting factors for the development of bioethanol from seaweeds.

Keywords: new renewable energy, regional energy security, sea weeds.

Pendahuluan

Bali adalah sebuah provinsi yang dikelilingi oleh laut sehingga memiliki potensi sumber daya maritim yang besar. Namun, sebagai daerah pulau yang dipisahkan oleh laut dan belum memiliki sumber energi yang mencukupi, maka untuk memenuhi kebutuhan energi di Provinsi Bali dibutuhkan pasokan dari luar, yang umumnya didistribusi melalui jalur laut dari pulau Jawa sehingga membutuhkan biaya yang cukup tinggi dan menimbulkan ketergantungan terhadap pasokan energi dari luar, terutama dari Pulau Jawa. Hal ini membuat kondisi ketahanan energi daerah di Provinsi Bali masih berada di level yang cukup rendah, terutama dengan melihat kurangnya penyediaan

(availability) dan akses (accessability) terhadap sumber energi secara mandiri dan berkelanjutan (sustainable) terutama bagi masyarakat Bali yang tinggal cukup jauh di daerah terpencil.

Provinsi Bali adalah sebuah wilayah yang memiliki tantangan tersendiri dalam masalah jaminan ketersediaan (availability) dan akses (accessability) sumber daya energi secara mandiri untuk memenuhi kebutuhan masyarakatnya. Permasalahan ketiadaan sumber energi yang sudah dimanfaatkan di Provinsi Bali menyebabkan ketergantungan terhadap pasokan sumber energi dari daerah lain yang merupakan penyebab utama masalah ketersediaan pasokan bahan bakar dan listrik yang mengakibatkan kerentanan ketahanan energi di daerah

tersebut. Untuk itu diperlukan upaya-upaya untuk meningkatkan ketahanan energi daerah di Provinsi Bali, diantaranya dengan memanfaatkan potensi energi kewilayahan yang ada di daerah tersebut.

Salah satu dari sumber energi potensial tersebut adalah rumput laut. Provinsi Bali memiliki 1,551.75 hektar lahan potensial untuk budidaya laut dengan 418 hektar luas lahan yang sudah dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya dan jumlah produksi 100,856 ton rumput laut pada tahun 2016 (Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali, 2017)⁴. Saat ini rumput laut di Bali kebanyakan dibudidayakan untuk dikirim ke luar daerah, seperti ke Jakarta, Surabaya dan Lombok. Hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan untuk kebutuhan pangan di daerah itu sendiri, karena minimnya unit usaha pengolahan rumput laut di Bali dan sebagian besar hanya berupa industri skala rumah tangga.

Selama ini, terdapat beberapa permasalahan terkait dengan budidaya rumput laut di Provinsi Bali. Selain masih banyak potensi yang belum dimanfaatkan, rumput laut yang sudah

dibudidayakan juga banyak yang terbuang pada saat paska panen. Rumput laut yang terbuang kebanyakan adalah rumput laut yang merupakan sisa hasil penyortiran yang tidak memenuhi syarat untuk dijual karena terlalu muda, cacat, kotor, rusak ataupun karena masih memiliki kadar air dan garam yang tinggi. Sisa limbah ini umumnya digunakan oleh masyarakat sebagai pakan ternak dan juga pupuk, padahal sisa-sisa rumput laut ini sebenarnya masih bisa diolah lagi menjadi bioetanol yang bisa dijadikan sebagai bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat.

Melihat banyaknya potensi rumput laut yang belum dimanfaatkan baik dari jumlah lahan potensial yang belum terpakai maupun dari limbah dan sisa-sisa rumput laut yang masih bisa diolah kembali menjadi bioetanol, sebenarnya Bali memiliki peluang untuk memaksimalkan pemanfaatan lahan rumput laut yang belum terpakai dan dengan mengolah sisa limbah rumput laut menjadi bioetanol yang bisa digunakan sebagai bahan bakar rumah tangga maupun campuran BBM. Dengan begitu,

⁴ Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali, (2017). Buku Saku Statistik Perikanan 2016. DKP Provinsi Bali. Denpasar.

maka elemen *availability* atau ketersediaan dan *accessability* atau akses terhadap sumber daya energi di Bali akan dapat terpenuhi secara mandiri, sehingga Provinsi Bali dapat meningkatkan ketahanan energi daerahnya.

Kajian Teoritik

Rumput Laut

Rumput laut adalah jenis tumbuhan laut yang termasuk dalam golongan makroalga yang umumnya hidup di dasar perairan dangkal yang masih terkena sinar matahari. Rumput laut merupakan tumbuhan tingkat rendah yang tergolong dalam divisi thallophyta. Klasifikasi rumput laut dibagi dalam 4 kelas berdasarkan kandungan pigmennya, yaitu rumput laut hijau (*Chlorophyta*), rumput laut merah (*Rhodophyta*), rumput laut coklat (*Phaeophyta*) dan rumput laut pirang (*Chrysophyta*).

Seluruh bagian tubuh rumput laut disebut *thallus*. Bentuk *thallus* rumput laut beraneka ragam, ada yang berbentuk seperti piringan, tabung, kantong, rambut, dan lain sebagainya. *Thallus* dapat tersusun hanya oleh satu sel

(uniseluler), tapi sebagian besar rumput laut memiliki *thallus* yang terdiri dari banyak sel (multiseluler). Percabangan *thallus* ada yang bertipe *dichotomus* (dua-dua sejajar terus menerus), *pinate* (dua-dua bersilangan di sepanjang *thallus* utama), *pectinate* (berderet searah pada satu sisi *thallus* utama) dan ada juga yang sederhana tidak bercabang. Sifat substansi *thallus* juga bermacam-macam, ada yang lunak seperti gelatin (*gelatinous*), keras karena mengandung zat kapur (*calcareous*), lunak seperti tulang rawan (*cartilagenous*), berserabut serta berpori (*spongy*) dan lain sebagainya (Soegiarto, 1978)⁵. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut adalah suhu, arus, salinitas, derajat keasaman(pH), pasang surut, substrat dan nutrien. (Eidman, 1991)⁶

Energi Baru Terbarukan

Konsep energi baru terbarukan telah dikenal sejak tahun 1970-an, sebagai upaya untuk mengimbangi pengembangan energi berbahan bakar nuklir dan fosil. Definisi yang paling umum digunakan adalah sumber energi yang

⁵ Soegiarto, A. Sulistijo. W, S, Atmaja dan H, Mubarak. (1978). Rumput Laut, Manfaat, Potensi, dan Usaha Budidayanya. LONLIPI. Jakarta.

⁶ Eidman, M. (1991). Studi Efektivitas Bibit Algae Laut (Rumput Laut) Salah Satu Upaya Peningkatan Produksi Budidaya Algae Laut (*Eucheuma sp.*). Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.

dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berlangsung secara berkelanjutan.

Sumber utama energi baru terbarukan antara lain adalah panas bumi atau *geothermal*, energi surya, tenaga angin, tenaga air dan biomassa atau *biofuel*. *Biofuel* atau bahan bakar *bio* adalah bahan bakar yang diperoleh dari biomassa, yaitu suatu organisme makhluk hidup atau dari produk hasil metabolisme hewan, seperti kotoran sapi dan sebagainya. Biomassa menjadi sumber energi terbarukan jika laju pengambilan tidak melebihi laju produksinya, karena pada dasarnya biomassa merupakan bahan yang diproduksi oleh alam dalam waktu relatif singkat melalui berbagai proses biologis. Secara umum, ada dua metode dalam memproduksi biomassa, yaitu dengan menumbuhkan organisme penghasil biomassa dan menggunakan bahan sisa hasil industri pengolahan makhluk hidup.

Biomassa umumnya digunakan dengan cara dibakar untuk melepaskan energi kimia yang tersimpan di dalamnya, namun ada juga *biofuel* yang digunakan sebagai bahan bakar *fuel cell* (misalnya *direct methanol fuel cell* dan *direct ethanol fuel cell*) sehingga tidak terbakar secara

langsung. Biomassa dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar atau untuk memproduksi bahan bakar jenis lain seperti *biodiesel*, *bioetanol*, atau *biogas* tergantung dari sumbernya. Secara umum, ada tiga bentuk penggunaan biomassa, yaitu secara padat, cair, dan gas.

Biomassa padat adalah bahan bakar *bio* berupa padatan yang mudah terbakar, misalnya kayu bakar atau arang. Tanaman dapat dibudidayakan secara khusus untuk pembakaran atau dapat digunakan untuk keperluan lain, seperti diolah di industri tertentu dan limbah hasil pengolahan yang bisa dibakar dijadikan sebagai bahan bakar. Pembuatan briket biomassa menggunakan biomassa padat, dengan bahan baku bisa berupa potongan atau serpihan biomassa padat mentah atau yang telah melalui proses tertentu seperti pirolisis untuk meningkatkan persentase karbon dan mengurangi kadar airnya. Biomassa padat juga dapat diolah dengan cara gasifikasi untuk menghasilkan gas.

Bahan bakar *bio* cair biasanya berbentuk bioalkohol seperti metanol, etanol dan *biodiesel*. Tergantung potensi setiap daerah, jagung, gula bit, tebu, dan beberapa jenis tanaman lainnya dapat

diolah untuk menghasilkan bioetanol. Sedangkan biodiesel dapat dihasilkan dari tanaman atau hasil tanaman yang mengandung minyak (kelapa sawit, kopra, biji jarak, alga) dan telah melalui berbagai proses seperti misalnya esterifikasi. Biodiesel dapat digunakan pada kendaraan diesel modern dengan sedikit atau tanpa modifikasi dan dapat diperoleh dari limbah sayur dan minyak hewani serta lemak. Biomassa berbentuk biodiesel, bioetanol, dan biogas dapat dibakar dalam mesin pembakaran dalam atau melalui pendidih secara langsung dengan kondisi tertentu.

Biogas adalah bahan bakar bio yang dapat dengan mudah dihasilkan dari berbagai limbah dari industri yang ada saat ini, seperti produksi kertas, produksi gula, kotoran hewan peternakan, dan sebagainya. Berbagai aliran limbah dari industri tersebut dapat diencerkan dengan air dan dibiarkan secara alami berfermentasi untuk menghasilkan gas metana. Residu dari aktivitas fermentasi ini adalah pupuk yang kaya nitrogen, karbon, dan mineral. Selain limbah industri, berbagai bahan organik yang diproses secara biologis baik dengan fermentasi maupun secara fisiko-kimia

dengan gasifikasi juga dapat melepaskan gas yang mudah terbakar.

Bioetanol

Bioetanol merupakan bahan bakar yang dibuat dari fermentasi tanaman yang memiliki kandungan gula, pati atau selulosa yang tinggi sehingga dapat menghasilkan etanol murni untuk digunakan sebagai bahan bakar. Di Indonesia bioetanol umumnya dibuat dari tanaman seperti singkong (umbi), ubi (umbi), tebu (batang), jagung (biji), sorgum (biji), sorgum manis (tangkai), sagu (tangkai), padi (tangkai) dan nira dari aren, niphar, lontar, dan kelapa. Metode produksi yang digunakan adalah dengan bantuan enzim untuk melepaskan gula dari pati tanaman, fermentasi gula, penyulingan dan pengeringan.

Proses penyulingan memerlukan asupan energi dalam bentuk panas. Salah satu kekhawatiran utama menggunakan biofuel adalah terjadinya persaingan dengan produksi pangan. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan produksi etanol berbasis selulosa. Kelemahan etanol lainnya adalah biaya produksi dan fakta bahwa etanol membutuhkan air yang

sangat besar (Vries, 2010)⁷. Oleh karena itu diperlukan alternatif lain untuk menghasilkan bioetano yang tidak hanya kaya kandungan pati tapi juga mengandung selulosa dan air yaitu rumput laut. Agar tidak bersaing dengan produksi pangan, maka dalam penelitian ini, yang akan digunakan adalah sisa-sisa dan limbah rumput laut.

Potensi sisa limbah hasil ekstraksi rumput laut diperkirakan berkisar antara 65-75% (Kim GS, 2007)⁸. Limbah yang dihasilkan ini memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu berkisar antara 27,38-39,45% (Fithriani D, 2007)⁹. Beberapa genus utama rumput laut yang umumnya dibudidayakan di Indonesia adalah *Eucheuma* sebagai sumber utama karaginan, *Gracilaria* dan *Gelidium* untuk produksi agar, dan *Sargassum* untuk produksi alginat. Ekstrak rumput laut tidak mengandung minyak, namun memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk proses fermentasi etanol, butanol, serta biogas. Kandungan

karbohidrat total yang terdapat dalam rumput laut dapat mencapai 83%, yang terdiri dari agar, karagenan, selulosa, laminarin, manitol, alginat, fukoidan, dan amilum.

Untuk memproses rumput laut menjadi sumber energi, pertama-tama rumput laut dibersihkan dan dicuci secara manual dari kotoran seperti batu, pasir, siput, atau sampah lain. Setelah bersih, rumput laut dikeringkan agar tidak mudah rusak saat disimpan serta mengurangi volume untuk memudahkan proses pemindahan untuk tahapan lebih lanjut. Proses selanjutnya adalah fermentasi untuk produksi biofuel cair atau proses pemecahan secara anaerobik untuk menghasilkan gas metan atau biogas. Bahan baku rumput laut juga dapat melepaskan polisakarida yang terkandung di dalamnya saat melalui proses hidrolisis. Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan asam, enzim hidrolisis, atau kombinasi keduanya.

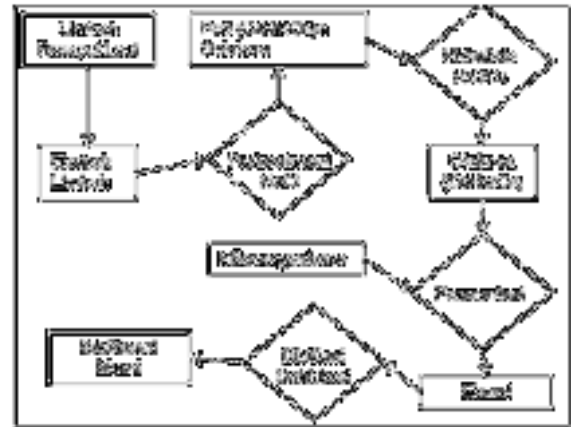
⁷ Vries. (2010). Buku Panduan Energi Terbarukan. PNPM Mandiri. Jakarta.

⁸ Kim GS, Myung KS, Kim YJ, Oh KK, Kim JS, Ryu HJ, Kim KH. 2007. Method of Producing Biofuel Using Sea Algae. Seoul: World Intellectual Property Organization.

⁹ Fithriani D, Rodiah N, Bakti BS. (2007). Ekstraksi Selulosa Dari Limbah Pembuatan Karaginan. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan. 91-97.

Hasi penelitian terdahulu menemukan bahwa karbohidrat dari rumput laut dari kelas *Rhodophyta*, *Chlorophyta*, dan *Phaeophyta* dapat dihidrolisis secara efektif menjadi monosakarida dengan menambahkan H₂SO₄ hingga encer pada suhu tinggi. Hasi penelitian lain juga menemukan bahwa kerja enzim hidrolisis lebih efektif apabila bahan baku mengalami *pretreatment* dalam NaCl (Saniha Adini, 2015)¹⁰.

Setelah proses hidrolisis, langkah selanjutnya adalah fermentasi untuk menghasilkan etanol. Mikroorganisme seperti khamir atau bakteri mengubah gula dari biomasa rumput laut menjadi biofuel cair. Hingga saat ini, ada sembilan jenis mikroorganisme, baik yang merupakan strain alami maupun strain yang telah mengalami rekayasa genetik, yang umum digunakan dalam proses fermentasi untuk menghasilkan biofuel. Etanol yang dihasilkan melalui proses fermentasi ini selanjutnya didistilasi dan didehidrasi untuk tujuan dimurnikan.



Gambar 1.1. Proses Pembuatan Bioetanol dari Limbah Rumput Laut (olahan peneliti)

Provinsi Bali

Provinsi Bali merupakan sebuah provinsi yang terdiri dari Pulau Bali sebagai daerah utamanya beserta 23 pulau-pulau yang lebih kecil di sekitarnya, beberapa diantaranya yaitu Pulau Menjangan, Pulau Serangan, Nusa Ceningan, Nusa Lembongan dan Nusa Penida. Provinsi Bali merupakan bagian dari Kepulauan Sunda Kecil yang terbentang sepanjang 153 km dan selebar 112 km sejauh 3,2 km dari Pulau Jawa dengan total luas wilayah daratan mencapai 5.636,66 km² atau sekitar 0,29% dari total luas wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. Secara astronomis, Provinsi Bali terletak pada posisi 8°03'40" - 8°50'48" Lintang Selatan dan 114°25'53" - 115°42'40" Bujur Timur sehingga Bali memiliki iklim laut

dengan Metode Sakarifikasi Yang Berbeda. Universitas Diponegoro.

¹⁰ Saniha Adini, Endang Kusdiyantini, Anto Budiharjo. (2015). Produksi Bioetanol Dari Rumput Laut dan Limbah Agar *Gracilaria* sp.

tropis yang dipengaruhi oleh angin musiman. Provinsi Bali memiliki batas-batas geografis sebagai berikut:

Timur : Selat Lombok dan Provinsi Nusa Tenggara Barat

Barat : Selat Bali dan Provinsi Jawa Timur

Selatan : Samudera Hindia

Utara : Laut Bali



Gambar 1.2. Peta Klimatologi Provinsi Bali (BMKG dan Badan Informasi Geospasial)

Budidaya Rumput Laut di Bali

Bali adalah sebuah provinsi yang memiliki wilayah perairan laut seluas 9.634,35 km² dan wilayah pesisir dengan panjang garis pantai total 633,98 km (Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali, 2017). Luas lahan potensial untuk budidaya laut di provinsi Bali mencapai 1.551,75 hektar dan

yang sudah dimanfaatkan untuk usaha budidaya laut paling maksimal hanya seluas 478,17 hektar di tahun 2013 atau baru 30.8% dari total luas lahan potensial yang ada. Untuk lebih jelasnya, potensi dan tingkat pemanfaatan lahan perikanan di Provinsi Bali tahun 2015 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1.1 Potensi Pemanfaatan Lahan Perikanan Provinsi Bali Tahun 2015

No	Kegiatan Perikanan	Potensi Lestari	Tingkat Pemanfaatan		Peluang Pemanfaatan	
	Perikanan Tangkap					
1	Perairan Laut (ton/h)	147,278.0	104,967.5	71.3 %	42,311.3	28.7 %
2	Perairan Umum (ton/h)	1,500.0	1,284.2	85.6 %	215.8	14.4 %
	Perikanan Budidaya					
3	Budidaya Laut (Ha)	1,551.8	533.2	34.4 %	1,018.6	65.6 %
4	Budidaya Tambak (Ha)	1,667.0	199.0	11.9 %	1,468.0	88.1 %
5	Budidaya Kolam (Ha)	1,700.4	997.0	58.6 %	703.4	41.4 %
6	Budidaya Sawah (Ha)	25,242.1	246.9	1.0 %	24,995.2	99.0 %

Sumber: Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali, olahan peneliti

Tabel 1.2 Perkembangan Budidaya Rumput Laut di Bali

Tahun	Luas Area (Ha)	Produksi (Ton)	Produktivitas (Ton/Ha)
2003	374.10	108,564.40	290.20
2004	420.60	155,984.60	370.86
2005	420.60	160,955.30	382.68
2006	478.00	164,687.00	344.53
2007	418.50	152,226.10	363.74
2008	350.01	129,095.30	368.83
2009	350.01	135,810.90	388.02
2010	355.86	132,640.80	372.73
2011	373.94	141,863.40	379.37
2012	384.11	144,168.40	375.33
2013	478.17	145,597.20	304.49
2014	219.39	84,336.30	384.41
2015	439.60	107,209.10	243.88
2016	438.61	100,856.00	229.94

Sumber: BPS dan DKP Provinsi Bali, olahan peneliti

Daerah sentra produksi rumput laut yang utama di Provinsi Bali adalah di Nusa Penida yang terletak di Kabupaten Klungkung dan Desa Kutuh yang berada di daerah pesisir Pantai Pandawa, Kabupaten Badung. Selain itu juga terdapat sentra-sentra produksi rumput laut lainnya di Sumberkima dan Kalianget yang terletak di Kabupaten Buleleng dan Pulau Serangan yang menjadi sentra

rumpul laut di daerah Kotamadya Denpasar.

Budidaya rumput laut yang diusahakan di Bali umumnya berupa unit usaha tani keluarga. Pengelolaan usaha tani mulai dari sejak mempersiapkan unit budidaya, penanaman, pemeliharaan, sampai pemanenan, bahkan penjemuran hasil panen, dilaksanakan oleh petani yang dibantu oleh anggota keluarganya. Namun pada kegiatan pemasaran hasil

panen, mereka mengupayakan hal tersebut bersama dengan anggota keluarga lain yang tergabung dalam sebuah kelompok tani. Pada saat ini hampir semua petani rumput laut telah menjadi anggota kelompok tani yang menjadi wadah pembinaan, pembelajaran dan koordinasi.

Keberhasilan pengelolaan budidaya rumput laut selain ditentukan oleh faktor alam dan ketepatan pemilihan lokasi, juga ditentukan oleh ketrampilan teknis dari para petani. Dalam hal ini, petani telah diberi berbagai keterampilan melalui penyuluhan, baik secara langsung oleh petugas teknis/penyuluh, maupun melalui kegiatan khusus keterampilan dan demonstrasi untuk menghadapi berbagai macam masalah dalam budidaya. Namun begitu, masih tetap diperlukan adanya upaya untuk membekali para petani dan kelompoknya dengan kemampuan managerial sesuai dengan tingkat pendidikan mereka.

Budi daya rumput laut yang sudah berkembang terutama di Badung dan Klungkung dilaksanakan oleh para petani dengan menerapkan metode rakit terapung dan lepas dasar (metoda pancang). Metoda dasar tidak banyak diterapkan karena dinilai kurang sesuai

dengan kondisi perairan Bali pada umumnya. Selain teknik budidaya rumput laut yang umum, sebab di lapangan seringkali petani harus membuat modifikasi untuk menyesuaikan metode yang digunakan olehnya dengan situasi dan kondisi yang ada, misalnya pemasaran jaring penutup atau pagar untuk mencegah serangan ikan herbivora, penggunaan jaring untuk tempat penanaman bibit dan sebagainya.

Ketahanan Energi

Pasal 33 Undang – Undang Dasar 1945 menyatakan bahwa dalam pengelolaannya energi dikelola berdasarkan asas kemanfaatan, rasionalitas, efisiensi berkeadilan, peningkatan nilai tambah, keberlanjutan, kesejahteraan masyarakat, pelestarian fungsi lingkungan hidup, ketahanan nasional, dan keterpaduan dengan mengutamakan kemampuan nasional. Sementara dalam Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014, ketahanan energi didefinisikan sebagai suatu kondisi terjaminnya ketersediaan energi dan akses masyarakat terhadap energi pada harga yang terjangkau dalam jangka panjang dengan tetap memperhatikan

aspek perlindungan terhadap lingkungan hidup.

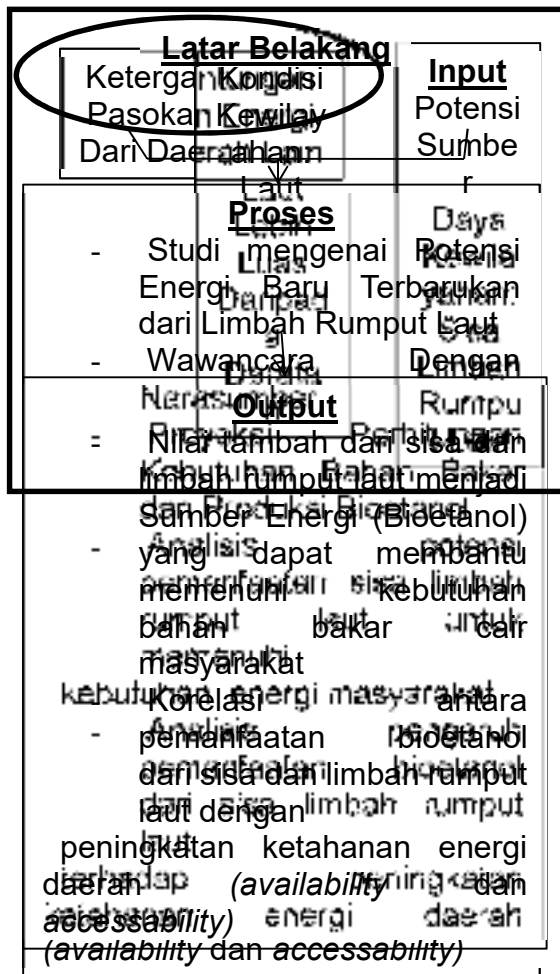
Dewan Energi Nasional (DEN) dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) mendefinisikan ketahanan energi sebagai suatu kondisi terjaminnya ketersediaan energi dan infrastruktur, dimana masyarakat memiliki akses untuk memenuhi kebutuhan energi mereka dengan harga yang terjangkau dalam jangka panjang dan secara berkesinambungan sambil tetap memperhatikan aspek perlindungan terhadap lingkungan hidup.

Indonesia juga menganut prinsip 4A+1S yang disesuaikan dengan kondisi dan kemampuan bangsa untuk membangun ketahanan energi, yaitu ketersediaan energi (*availability*), akses terhadap sumber daya energi (*accessability*), keterjangkauan harga energi (*affordability*), penerimaan masyarakat terhadap penggunaan energi tersebut (*acceptability*), dan keberlangsungan dari keempat aspek tersebut secara berkelanjutan (*sustainability*). Dalam konsep 4A+1S, *availability*, *accessability*, *acceptability*, *affordability* dan *sustainability* merupakan aspek-aspek yang saling terhubung dan bergantung sama lain untuk dapat

menciptakan kondisi ketahanan energi yang kokoh.

Energi merupakan elemen yang sangat penting dalam kehidupan manusia untuk mencapai kemajuan ke arah perkembangan peradaban dan ekonomi dunia sehingga dapat mengubah pola hidup manusia dan hubungan antarnegara. Peran energi yang sangat krusial karena memiliki pengaruh dalam roda politik dan pemerintahan, perekonomian, kehidupan sosial budaya, serta pertahanan dan keamanan suatu negara. Oleh karena itu, ketahanan energi dapat disebut sebagai fondasi dasar dari ketahanan nasional karena ketahanan energi merupakan pendukung untuk dapat mencapai dan memperkuat ketahanan di bidang-bidang lainnya.

Kerangka Pemikiran



Gambar 1.3. Kerangka Pemikiran

Metode Penelitian

Desain penelitian ini menggunakan metode campuran (*mix method*) dari metode kuantitatif dan kualitatif dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini adalah data yang didapatkan baik secara langsung melalui wawancara maupun berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran terhadap objek penelitian. Sedangkan data sekunder yang

digunakan dalam penelitian ini adalah data atau informasi yang diperoleh secara tidak langsung dari hasil dokumentasi atau publikasi informasi baik secara perorangan maupun instansi. Data-data tersebut kemudian dianalisis secara kuantitatif dan dideskripsikan secara kualitatif. Data sekunder dalam penelitian ini berupa studi literatur terkait karakteristik habitat, potensi, produksi, pembudidayaan rumput laut dan pengolahannya menjadi bioetanol, serta kebutuhan energi masyarakat terutama bahan bakar. Data tersebut dikumpulkan sebagai data penunjang dalam pengambilan keputusan dan penarikan kesimpulan, serta untuk pembuatan simulasi perhitungan dan proses produksi bioetanol menggunakan rumput laut di Bali.

Dalam penelitian ini metode analisis yang digunakan adalah metode analisis lapangan Model *Miles and Huberman* yang terdiri dari pengumpulan data, reduksi data, penyajian data, penarikan kesimpulan dan verifikasi (Sugiyono,

2013)¹¹. Pengujian keabsahan dan keandalan data dari penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode triangulasi.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Provinsi Bali, jumlah penggunaan bahan bakar cair di Bali dari tahun 2009 sampai tahun 2013 dapat dilihat pada tabel berikut:

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1.3. Kebutuhan Bahan Bakar Cair di Bali Tahun 2009-2013

Tahun	Bensin (Kiloliter)	Solar (Kiloliter)	Minyak Tanah (Kiloliter)
2009	1,207.01	7,950.64	170.59
2010	1,584.80	10,048.08	100.96
2011	1,582.28	10,497.92	83.27
2012	3,742.40	4,588.51	1,208.61
2013	2,494.70	4,183.18	112.46

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Bali, 2015

Membuat proyeksi kebutuhan bahan bakar di Bali memiliki tantangan tersendiri. Hal ini disebabkan oleh dinamika kehidupan masyarakat Bali itu sendiri. Contoh yang bisa dilihat pada tabel di atas adalah pada kolom kebutuhan minyak tanah. Pada kolom tersebut dapat kita lihat bahwa pada tahun 2012, kebutuhan minyak tanah di Bali melonjak tajam hingga mencapai angka 1,208.61 kiloliter dalam setahun. Padahal, di tahun-tahun yang lain, kebutuhan minyak tanah dalam setahun hanya berkisar di angka 100 kiloliter saja. Berdasarkan uji validitas dan uji kredibilitas yang

dilakukan oleh peneliti, akhirnya diketahui bahwa hal ini bisa terjadi karena di tahun 2012, Pemerintah Provinsi Bali dan kalangan adat setempat banyak yang mengadakan upacara ngaben massal, sehingga kebutuhan minyak tanah untuk membakar mayat melonjak naik melebihi tahun-tahun yang lain. Meskipun begitu peneliti tetap membuat proyeksi kebutuhan bahan bakar cair dengan memperhitungkan pertumbuhan rata-rata kebutuhan bahan bakar cair dari tahun 2009 hingga tahun 2013.

¹¹ Sugiyono.(2013). Metode Penelitian Manajemen. Alfabeta. Bandung, Jawa Barat.

Tabel 1.4. Pertumbuhan Rata-rata Kebutuhan Bahan Bakar Cair Provinsi Bali Tahun 2009-2013

Growth (%)	Bensin (%)	Solar (%)	Minyak Tanah (%)
Average	33.58	-8.57	-3.47
2010	31.30	26.38	-40.82
2011	-0.16	4.48	-17.52
2012	136.52	-56.29	135.1435091
2013	-33.34	-8.83	-90.70

Sumber: Olahan peneliti

Hasil perhitungan pertumbuhan rata-rata kebutuhan bahan bakar cair dari tahun 2009 hingga tahun 2013 menunjukkan bahwa kebutuhan bensin di Bali mengalami peningkatan rata-rata sebesar 33.58% setiap tahun. Sedangkan kebutuhan solar justru mengalami penurunan rata-rata sebesar 8.57% per tahun. Sementara kebutuhan minyak tanah mengalami penurunan sebesar 3.47% dengan menghitung bahwa peningkatan akibat prosesi ngaben massal yang diselenggarakan secara berkala oleh pemerintah dan kalangan adat setempat di daerah masing-masing

hanya terjadi setiap tiga hingga sepuluh tahun sekali.

Proyeksi kebutuhan bahan bakar cair untuk tahun-tahun berikutnya dibuat dengan menggunakan hasil perhitungan pertumbuhan rata-rata kebutuhan bahan bakar cair dari tahun 2009 hingga tahun 2013 sebagai acuan tingkat pertumbuhan per tahun. Proyeksi kebutuhan bahan bakar cair yang dibuat oleh peneliti mengambil rentang waktu dari tahun 2013 hingga 2025, menyesuaikan dengan rencana strategis ketahanan energi nasional yang berlangsung hingga tahun 2025 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.5. Proyeksi Kebutuhan BBC Bali 2013-2025

	Bensin (Kiloliter)	Solar (Kiloliter)	Minyak Tanah (Kiloliter)
2013	2,494.70	4,183.18	112.46
2014	3,332.42	3,824.68	108.56
2015	4,451.45	3,496.91	104.79
2016	5,946.24	3,197.22	101.15
2017	7,942.99	2,923.22	97.64
2018	10,610.25	2,672.70	94.26
2019	14,173.17	2,443.65	90.99
2020	18,932.52	2,234.23	87.83
2021	25,290.06	2,042.76	84.78
2022	33,782.46	1,867.69	81.84
2023	45,126.61	1,707.63	79.00
2024	60,280.13	1,561.29	76.26
2025	80,522.19	1,427.48	73.61

Sumber: Olahan peneliti

Potensi Pengembangan Bioetanol dari Sisa Limbah Rumput Laut di Provinsi Bali

Ketika peneliti berkunjung ke Serangan, menurut para petani rumput laut disana, sisa limbah rumput laut hasil panen rata-rata dapat mencapai jumlah seperempat (25%) dari total hasil panen yang ada. Yang termasuk dalam sisa limbah ini adalah rumput laut hasil penyortiran yang tidak memenuhi syarat untuk dijual karena terlalu muda, cacat, kotor, rusak

ataupun karena masih memiliki kadar air dan garam yang tinggi. Sisa limbah ini umumnya dibiarkan berserakan di pantai dan pinggir jalan tapi ada juga yang disisihkan dan dikumpulkan untuk menjadi pupuk atau pakan ternak. Jika dihitung menggunakan angka 25%, maka sisa limbah rumput laut (jenis *Euchema cottonii*) dari hasil panen di Bali diestimasikan sebagai berikut:

Tabel 1.6. Estimasi Sisa Limbah Panenan *Euchema cottonii* di Bali Tahun 2014

Kabupaten /Kota	Luas Lahan Budidaya (Hektar)	Produksi (Ton)	Sisa Limbah (Ton)
Denpasar	1.0	384.4	96.1
Badung	5.8	2,229.6	557.4
Buleleng	1.2	461.3	115.3
Klungkung	211.3	81,225.8	20,306.5
Total	219.3	84,301.1	21,075.3

Sumber: Olahan peneliti

Berdasarkan hasil penelitian dari Haslianti, Muhammad Fajar Purnama dan Wa Ode Piliانا (2016) yang meneliti tentang potensi rumput laut

dari jenis *Euchema cottonii* sebagai bahan bioetanol didapatkan hasil uji proksimat sebagai berikut:

Tabel 1.7. Hasil Uji Proksimat *Euchema cottonii*

No	Parameter	Ketersediaan (%)
1	Air	75,0699
2	Abu	4,1301
3	Protein	1,7432
4	Lemak	0,3725
5	Serat kasar	2,6307
6	Karbohidrat	16,0536
7	Energi	72,6208 Cal/100g
8	Gula reduksi	0,4622

Sumber: Haslianti, M.F. Purnama dan Wa Ode Piliانا (2016)

Dari data diatas dapat dilihat bahwa 100g rumput laut jenis *Euchema cottonii* mengandung energi sebesar 72.6208 kalori atau setara dengan 0.2882 btu (British thermal unit). Setelah dilakukan perhitungan terhadap jumlah sisa limbah rumput laut jenis *Euchema cottonii* yang ada di Bali dan potensi energi yang terkandung di dalamnya. Berdasarkan penelitian terdahulu, 1 kg rumput laut dapat menghasilkan 215.6 g

bioetanol (Saniha Adini, 2015). Sedangkan berat jenis etanol adalah 0.785kg/l. Berdasarkan data ini, dapat disimpulkan bahwa 1 kg rumput laut dapat menghasilkan 169.25 ml bioetanol. Peneliti kemudian melanjutkan penelitian dengan menghitung potensi energi sisa limbah rumput laut di wilayah Bali seperti bisa ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1.8. Potensi Energi Sisa Limbah *Euchema cottonii* di Bali Tahun 2014

Kabupaten /Kota	Luas Lahan (Hektar)	Produksi (Ton)	Sisa Limbah (Ton)	Produksi Etanol (Liter)	Potensi Energi (Kalori)
Denpasar	1.0	384.4	96.1	16,265.3	69,790,404.32
Badung	5.8	2,229.6	557.4	94,339.0	404,784,345.06
Buleleng	1.2	461.3	115.3	19,518.4	83,748,485.18
Klungkung	211.3	81,225.8	20,306.5	3,436,868.1	14,746,712,432.82
Total	219.3	84,301.1	21,075.3	3,566,990.8	15,305,035,667.38

Sumber: Olahan peneliti

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pengembangan bioetanol dari sisa limbah rumput laut di Provinsi Bali untuk jenis *Euchema cottonii* saja memiliki potensi energi sebesar 15,305,035.667 kcal(kilokalori) atau setara dengan 64,079.123 MJoule (MegaJoule) dan 60,730,381.53 btu.

Manfaat Pengembangan Bioetanol dari Sisa Limbah Rumput Laut dalam Mendukung Ketahanan Energi Daerah Provinsi Bali

Nilai kalori adalah nilai atau angka yg menyatakan jumlah panas / kalori yg dihasilkan dari proses pembakaran suatu bahan dengan udara / oksigen. Secara umum, nilai kalori berbagai jenis bahan bakar cair yang menjadi

acuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bensin = 9,500-10,500 Kkal/kg dengan berat jenis 680kg/m³. Jika dirata-ratakan menjadi 10,000 Kkal/kg atau setara dengan 6,800 Kkal/liter.
2. Solar = 9,240 Kkal/liter atau 10,500 Kkal/kg.
3. Minyak Tanah = 8,840 Kkal/liter.

Menurut laporan Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali, perkembangan budidaya dan produksi rumput laut di Bali terus mengalami penurunan rata-rata sebesar -4.97% setiap tahunnya. Dengan menggunakan data-data tersebut, maka peneliti dapat membuat tabel proyeksi sebagai berikut:

Tabel 1.1. Proyeksi Pengembangan Bioetanol dari Sisa Limbah Rumput Laut

Tahun	Produksi (kg)	Volume (m ³)	Produksi (kg)	Volume (m ³)	Produksi (kg)	Volume (m ³)	Produksi (kg)	Volume (m ³)
2013	100,000,000	100,000,000	100,000,000	100,000,000	100,000,000	100,000,000	100,000,000	100,000,000
2014	99,000,000	99,000,000	98,000,000	98,000,000	97,000,000	97,000,000	96,000,000	96,000,000
2015	98,000,000	98,000,000	97,000,000	97,000,000	96,000,000	96,000,000	95,000,000	95,000,000
2016	97,000,000	97,000,000	96,000,000	96,000,000	95,000,000	95,000,000	94,000,000	94,000,000
2017	96,000,000	96,000,000	95,000,000	95,000,000	94,000,000	94,000,000	93,000,000	93,000,000
2018	95,000,000	95,000,000	94,000,000	94,000,000	93,000,000	93,000,000	92,000,000	92,000,000
2019	94,000,000	94,000,000	93,000,000	93,000,000	92,000,000	92,000,000	91,000,000	91,000,000
2020	93,000,000	93,000,000	92,000,000	92,000,000	91,000,000	91,000,000	90,000,000	90,000,000
2021	92,000,000	92,000,000	91,000,000	91,000,000	90,000,000	90,000,000	89,000,000	89,000,000
2022	91,000,000	91,000,000	90,000,000	90,000,000	89,000,000	89,000,000	88,000,000	88,000,000
2023	90,000,000	90,000,000	89,000,000	89,000,000	88,000,000	88,000,000	87,000,000	87,000,000
2024	89,000,000	89,000,000	88,000,000	88,000,000	87,000,000	87,000,000	86,000,000	86,000,000
2025	88,000,000	88,000,000	87,000,000	87,000,000	86,000,000	86,000,000	85,000,000	85,000,000

Dengan membandingkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 tentang proyeksi kebutuhan bahan bakar cair di Bali

pada tahun 2013 - 2025 dengan Tabel 4.9 tentang proyeksi pengembangan bioetanol dari sisa limbah rumput laut

di atas, terlihat jelas bahwa bioetanol dari rumput laut hanya mampu menutupi kurang dari 1% kebutuhan bahan bakar cair di Provinsi Bali.

Pertimbangan dalam Pengembangan Bioetanol dari Sisa Limbah Rumput Laut dalam Mendukung Ketahanan Energi Daerah Provinsi Bali

Melihat minimnya jumlah energi yang dihasilkan dari bioetanol berbahan sisa limbah rumput laut di Bali, maka pengembangan bioetanol dari sisa limbah rumput laut dalam mendukung ketahanan energi daerah di Provinsi Bali sebaiknya difokuskan dari pemenuhan kebutuhan energi se-Provinsi menjadi pemenuhan energi untuk para warga nelayan di daerah pesisir Bali saja.

Berdasarkan data dari BPS Provinsi Bali, rata-rata konsumsi BBM di Provinsi Bali pada tahun 2016 adalah sebanyak 107 liter per kapita. Sedangkan berdasarkan data dari Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali, jumlah RTP (Rumah Tangga Perikanan) yang melakukan budidaya rumput laut jenis *Euchema cottonii* di Provinsi Bali pada tahun 2016 adalah 2,608 keluarga. Jika dikalikan, maka estimasi konsumsi BBM di kalangan petani rumput laut di

Provinsi Bali pada tahun 2016 adalah 279,056 liter. Pada tahun 2016, jika saat itu seluruh sisa limbah rumput laut digunakan untuk membuat bioetanol maka potensi energi yang dihasilkan dapat mencapai 18,310,608.512 Kkal atau setara dengan 2,692.7 liter bensin, 1,981.668 solar, atau 2,071.336 liter minyak tanah. Jika dibuat menjadi persentase, maka bioetanol dari sisa limbah rumput laut maksimal hanya sanggup memenuhi 0.965% kebutuhan energi seluruh nelayan dan petani rumput laut di Provinsi Bali dalam setahun.

Angka 0.965% ini memang kecil, namun jika melihat Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), dimana dari target bauran energi yang berasal dari sumber energi baru terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025, bioetanol ditargetkan sebesar 11 % saja dari target bauran energi baru terbarukan, maka dengan potensi pemenuhan kebutuhan energi sebesar 0.965% dari target 11% diversifikasi energi maka berarti sisa limbah rumput laut di Bali telah berhasil memenuhi 8% target bauran energi untuk memenuhi

kebutuhan energi para nelayan dan petani rumput laut di daerah Bali.

Perhitungan lebih detail mengenai potensi bioetanol dari rumput laut untuk memenuhi kebutuhan energi

nelayan di Provinsi Bali sehingga dapat mendukung ketahanan energi di daerah pesisir Bali dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.2 Proyeksi Pemenuhan Kebutuhan Bahan Bakar Cair Para Nelayan dan Petani Rumput Laut di Provinsi Bali Tahun 2014-2025

Tahun	Jumlah Keluarga Petani Rumput Laut	Kebutuhan BBM Rumput Laut (Liter)	Pemenuhan Kebutuhan Bensin (%)	Pemenuhan Kebutuhan Solar (%)	Pemenuhan Kebutuhan Minyak Tanah (%)
2014	2,718	290,826	0.774	0.570	0.595
2015	2,435	260,545	1.099	0.808	0.845
2016	2,608	279,056	0.965	0.710	0.742
2017	2,428	259,773	0.985	0.725	0.758
2018	2,260	241,823	1.006	0.740	0.774
2019	2,104	225,113	1.027	0.755	0.790
2020	1,958	209,558	1.048	0.771	0.806
2021	1,823	195,077	1.070	0.787	0.823
2022	1,697	181,597	1.092	0.804	0.840
2023	1,580	169,049	1.115	0.820	0.858
2024	1,471	157,368	1.138	0.838	0.875
2025	1,369	146,494	1.162	0.855	0.894
Persentase Rata-Rata Pemenuhan Kebutuhan Bahan Bakar (%)					0.868

Sumber: Olahan peneliti

Tabel proyeksi di atas dibuat dengan perhitungan bahwa jumlah masyarakat nelayan yang melakukan budidaya rumput laut mengalami penurunan sebesar 6.91% setiap tahun (berdasarkan data statistik dari Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali, tentang Status Rumah Tangga Perikanan tahun 2012-2016) dan konsumsi bahan bakar minyak penduduk Bali dalam setahun rata-rata sebesar 107 liter/kapita (berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Provinsi Bali tahun 2016).

Sehingga didapatkan bahwa persentase rata-rata potensi pemenuhan kebutuhan bahan bakar cair para nelayan dan petani rumput laut di Provinsi Bali dari tahun 2014 hingga tahun 2016 adalah sebesar 0.868%.

Dengan melihat Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), dimana dari target bauran energi yang berasal dari sumber energi baru terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025, bioetanol hanya ditargetkan sebesar 11 % saja dari target bauran energi baru

terbarukan, maka dengan potensi pemenuhan kebutuhan energi sebesar 0.868% dari target 11% diversifikasi energi berarti sisa limbah rumput laut di Bali akan sanggup memenuhi 7.8% target bauran energi untuk memenuhi kebutuhan energi para nelayan dan petani rumput laut di daerah Bali.

Hambatan dalam Pengembangan Bioetanol dari Sisa Limbah Rumput Laut untuk Mendukung Ketahanan Energi Daerah Provinsi Bali

Berdasarkan hasil pengamatan dan analisa peneliti, beberapa hambatan dalam pengembangan bioetanol dari sisa limbah rumput laut untuk mendukung ketahanan energi daerah di Provinsi Bali antara lain sebagai berikut:

1. Di awal penelitian, pada saat studi literatur dan pengumpulan data, peneliti mengira bahwa satu-satunya kompetisi dalam mengembangkan bioetanol dari sisa limbah rumput laut adalah industri pangan. Sehingga pengembangan energi dari rumput laut dapat terbentur dengan kebutuhan oleh industri pangan. Tapi ternyata tidak hanya industri pangan, industri kosmetik ternyata juga merupakan konsumen besar rumput laut di Bali. Contohnya di Seranganl dimana sebagian besar pengepul

rumpaut laut yang datang kesana untuk membeli rumput laut dari nelayan adalah *broker-broker* dari industri kosmetik di Surabaya. Hal ini membuat sisa limbah rumput laut yang ada menjadi semakin sedikit, karena rumput laut yang sudah tidak memenuhi standar untuk menjadi bahan pangan dan harusnya menjadi limbah ternyata masih bisa diolah lagi untuk menjadi tepung untuk bahan kosmetik.

2. Usaha perikanan, terutama budidaya rumput laut di Bali saat ini sudah semakin terdesak oleh sektor pariwisata. Peluang penghasilan di sektor pariwisata yang lebih menjanjikan membuat banyak petani yang lebih memilih meninggalkan mata pencahariannya sebagai petani rumput laut dan bekerja di resor-resor dan hotel-hotel yang dibangun di tepi pantai. Selain itu juga lahan-lahan budidaya rumput laut juga banyak yang tergerus dalam proyek pembangunan sarana dan prasarana pariwisata. Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali pernah menyebutkan bahwa dari 1,551.75 hektar luas lahan potensial budidaya laut yang ada, lahan yang sudah dimanfaatkan untuk budidaya

perikanan pada tahun 2016 baru seluas 533.2 hektar. Sementara dari 1,018.55 hektar luas lahan laut yang ada, 741 hektar di antaranya sudah dimanfaatkan sebagai sarana pariwisata (*snorkeling, diving, dsb*). Sehingga lahan potensial untuk budidaya rumput laut yang tersisa hanya seluas 277.55 hektar. Hal ini tentu mempersempit peluang berkembangnya usaha budidaya rumput laut di Provinsi Bali akibat keterbatasan lahan.

3. Biaya produksi dan kebutuhan terhadap kemampuan sumber daya manusia yang tinggi membuat pengembangan bioetanol dari sisa limbah rumput laut menjadi kurang *feasible* jika dibandingkan dengan minimnya potensi energi yang dapat diproduksi.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan terkait dengan potensi pengembangan bioetanol dari sisa-sisa dan limbah rumput laut di Provinsi Bali yang telah dilakukan oleh peneliti maka dapat ditarik kesimpulan bahwa produksi bioetanol dari sisa limbah rumput laut hanya memiliki potensi yang cukup untuk membantu memenuhi kebutuhan bahan

bakar nelayan dan petani rumput laut di Provinsi Bali, bukan seluruh masyarakat Bali secara umum. Kesimpulan ini didapat dengan melihat hasil analisis terhadap produksi bioetanol dengan menggunakan sisa limbah rumput laut yang hanya dapat memenuhi 0.0115% kebutuhan energi seluruh penduduk Provinsi Bali dalam setahun. Namun jika potensi energi bioetanol yang ada difokuskan hanya untuk pemenuhan kebutuhan bahan bakar masyarakat nelayan petani rumput laut saja, maka persentase rata-rata pemenuhan kebutuhan bahan bakar masyarakat nelayan petani rumput laut dapat mencapai angka 0.868%. Dilihat dari target 11% bioetanol dalam bauran energi baru terbarukan, maka sisa limbah rumput laut di Bali memiliki potensi untuk memenuhi 7.8% target bauran energi untuk mencukupi kebutuhan energi para nelayan dan petani rumput laut di daerah Bali

Berdasarkan beberapa pertimbangan dari peneliti, jika dilihat dari faktor *availability* dan *accessability*, maka pemanfaatan bioetanol dari sisa-sisa dan limbah rumput laut hanya mampu untuk meningkatkan ketahanan energi di daerah pesisir Provinsi Bali saja, bukan untuk masyarakat Bali secara keseluruhan. Hal ini dapat dilihat dari persentase

pemenuhan kebutuhan energinya yang sangat kecil jika digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi seluruh masyarakat Bali. Potensi pemanfaatan bioetanol dari sisa limbah rumput laut yang ada hanya mampu untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar nelayan dan petani rumput laut di Bali saja, dimana potensi pemanfaatannya akan mampu meningkatkan *availability* dan *accessability* karena bahan baku pembuatan bioetanol tersebut sudah tersedia di daerah mereka sehingga mudah diakses dan ketersediaannya terjamin.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian terkait potensi pengembangan bioetanol dari sisa-sisa dan limbah rumput laut di Provinsi Bali untuk mendukung ketahanan energi daerah ini dapat disampaikan beberapa saran atau rekomendasi yang peneliti golongan menjadi dua, yaitu:

Saran Praktis:

1. Perlu ada program bantuan seperti penyuluhan, pelatihan, penyediaan bibit, pembangunan sarana prasarana pendukung industri rumput laut hingga bantuan di sektor pemasaran

untuk meningkatkan kemampuan petani rumput laut dalam melakukan budidaya rumput laut, meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi rumput laut mereka, dan memasarkan produk-produk mereka secara luas. Hal ini penting untuk dilaksanakan dengan tujuan agar masyarakat petani rumput laut dapat hidup dengan layak sebagai petani rumput laut sehingga tidak meninggalkan profesinya dan beralih ke profesi lain yang lebih menguntungkan.

2. Perlu ada bantuan dan perlindungan dari pemerintah terhadap masyarakat nelayan dan petani rumput laut yang tinggal di kawasan pesisir yang banyak dilirik investor untuk dijadikan area pengembangan sektor pariwisata. Hal ini agar tidak terjadi konflik antara masyarakat nelayan dan petani rumput laut dengan para investor yang membeli tanah dan melakukan pembangunan sarana prasarana pariwisata yang berdekatan dengan lokasi budidaya rumput laut seperti halnya yang terjadi di Desa Kutuh dan Serangan. Dalam hal ini perlu ada kejelasan aturan dan

penegakan hukum tentang pembangunan sarana prasarana pariwisata di dekat tempat usaha masyarakat nelayan dan petani rumput laut.

3. Jika ingin mengembangkan bioetanol dari sisa-sisa dan limbah rumput laut untuk mendukung ketahanan energi daerah di Provinsi Bali, maka perlu ada pembangunan infrastruktur sarana dan prasarana pendukung untuk produksi bioetanol, seperti tempat pengeringan, pembersihan, gudang tempat penyimpanan, tempat fermentasi dan pengolahan rumput laut menjadi bioetanol serta tempat penampungan bioetanol yang sudah diproduksi.
4. Pengembangan bioetanol menggunakan sisa-sisa dan limbah rumput laut membutuhkan kemampuan sumber daya manusia yang tinggi. Karena itu, dibutuhkan pengajaran dan pelatihan teknis untuk meningkatkan kemampuan sumber daya manusia yang ada untuk dapat mengolah sisa-sisa dan limbah rumput laut menjadi

bioetanol secara efektif dan efisien.

Saran Teoritis: Perlu ada penelitian-penelitian lanjutan mengenai potensi pengembangan bioetanol dari sisa-sisa dan limbah rumput laut di Provinsi Bali, terutama untuk mencari teknologi dan metode pengolahan yang lebih baik sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas bioetanol yang diproduksi.

Daftar Pustaka

- Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Bali, (2017). Buku Saku Statistik Perikanan 2016. DKP Provinsi Bali. Denpasar.
- Eidman, M. (1991). Studi Efektivitas Bibit *Algae* Laut (Rumput Laut) Salah Satu Upaya Peningkatan Produksi Budidaya *Algae* Laut (*Eucheuma* sp.). Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.
- Fithriani D, Rodiah N, Bakti BS. (2007). Ekstraksi Selulosa Dari Limbah Pembuatan Karaginan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 91-97.
- Kim GS, Myung KS, Kim YJ, Oh KK, Kim JS, Ryu HJ, Kim KH. 2007. *Method of Producing Biofuel Using Sea Algae*. Seoul: World Intellectual Property Organization.
- Saniha Adini, Endang Kusdiyantini, Anto Budiharjo. (2015). Produksi Bioetanol Dari Rumput Laut dan Limbah Agar *Gracilaria* sp. dengan Metode Sakarifikasi Yang Berbeda. Universitas Diponegoro.

Sugiyono.(2013). Metode Penelitian Manajemen. Alfabeta. Bandung, Jawa Barat,.

Vries. (2010). Buku Panduan Energi Terbarukan. PNPM Mandiri. Jakarta.