

PENGOLAHAN LIMBAH RUMPUT LAUT (*Eucheuma spinosum*)
SEBAGAI RENEWABLE ENERGI DALAM MENGATASI
PERMASALAHAN ENERGI FOSIL

Nyoman Diana Wira Tri Paramitha, Putu Gyaan Vigyan Zarathustra

A.A. Dalem Mahendra

SMA Negeri 5 Denpasar, Bali

dianawiratrip@gmail.com

ABSTRAK

Pada umumnya para petani rumput laut ketika panen sering meninggalkan sisa-sisa atau limbah-limbah dari rumput laut bahkan terkadang dibuang begitu saja di kawasan pantai atau dikembalikan ke laut. Kondisi seperti ini sering menimbulkan masalah karena limbah-limbah ini akan kembali mengotori lingkungan. Disamping permasalahan lingkungan juga terkuak masalah keberadaan energi fosil yang kapasitasnya semakin menipis. Maka dari itu kaum pelajar SMA Negeri 5 Denpasar mencoba membantu pemerintah dalam mengatasi permasalahan energi dengan mengembangkan *Renewable Energy* (Energi Terbarukan) dalam wujud Bioetanol. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bahwa limbah rumput laut dapat diolah menjadi renewable energy dalam bentuk bioetanol. Metoda penelitian yaitu eksperimen dan literatur. Hasil penelitian antara lain : 1) Mengungkap bahwa *Eucheuma spinosum* memiliki konsentrasi glukosa 11 Brix sehingga dapat menjadi bioetanol dengan kadar alcohol 81%. 2) *Renewable Energy* bioetanol ini merupakan produk inovatif kemaritiman yang efektif bermanfaat sebagai bahan bakar pengganti energi fosil dalam memenuhi kebutuhan bahan bakar di di lingkungan masyarakat. Jadi kesimpulannya adalah limbah rumput laut (*Eucheuma spinosum*) dapat diolah sebagai *Renewable Energy* dalam bentuk energi Bioetanol pengganti energi fosil yang keberadaannya sekarang sudah menipis.

Kata Kunci : *Renewable Energy, Rumput Laut, Energi Fosil*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sumber energi fosil yaitu minyak bumi dan batubara di dunia kini telah mengalami krisis. Persediaan minyak bumi sebagai salah satu tulang punggung produksi energi terus berkurang. Pemanasan global dan perubahan iklim yang terjadi saat ini menyebabkan adanya komitmen internasional untuk mengurangi emisi gas karbondioksida (CO₂) yang disebabkan oleh banyaknya konsumsi bahan bakar fosil. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak, pemerintah telah menerbitkan *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2006* tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Kebijakan tersebut menekankan pada sumber daya yang dapat diperbaharui sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak.

Bioetanol merupakan energi terbarukan yang saat ini telah menjadi pilihan untuk dipergunakan sebagai sumber energi pengganti minyak bumi. Bioetanol berperan penting dalam menganekaragamkan penggunaan energi dan memberikan sumbangan terhadap peningkatan ketahanan energi. Berdasarkan laporan *International Energy Agency (IEA)* diprediksi bahwa pada tahun 2050 Bahan Bakar Bioetanol dapat menurunkan kebutuhan bahan bakar minyak bumi sebanyak 20,40% (Azahari, 2008). Secara umum Bioetanol merupakan bahan kimia yang diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung *karbohidrat (pati)*, *glukosa (gula)* dan *selulosa (serat)*. Bahan baku bioetanol yang mengandung karbohidrat (pati) seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, sorgum, beras, ganyong dan sagu. Bahan baku lainnya adalah tanaman atau buah yang mengandung glukosa (gula) seperti tebu, nira, buah mangga, nenas, pepaya, anggur, lengkeng. Selain dari tanaman yang mengandung pati, glukosa, bahan berserat (selulosa) seperti sampah organik pun saat ini telah menjadi salah satu alternatif penghasil biofuel atau bioetanol. Bahan baku tersebut merupakan tanaman pangan yang biasa ditanam rakyat hampir di seluruh wilayah Indonesia, sehingga jenis tanaman tersebut merupakan tanaman

yang potensial untuk dipertimbangkan sebagai sumber bahan baku pembuatan biofuel dalam bentuk energi bioetanol.

Limbah rumput-rumput laut juga mempunyai potensi yang sangat besar. Limbah ini masih mengandung ketiga unsur yang penting sebagai bahan baku pembuatan bioetanol yaitu *karbohidrat, glukosa dan selulosa*. Maka dari itu dengan adanya kandungan ketiga unsur itu maka masyarakat mencoba mengembangkan kedua bahan ini untuk dijadikan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil yang kini keberadaannya semakin menurun akibat penggunaannya terlalu banyak dengan majunya teknologi. Energi bioetanol ini akan tetap dapat dikembangkan secara berkelanjutan karena bahan bakunya dapat diperbaharui sehingga krisis energi dapat memenuhi kehidupan manusia. Dalam hal ini pula masyarakat akan lebih peduli dengan berbagai macam limbah lingkungan sehingga dengan kepeduliannya ini mereka akan dapat memanfaatkan limbah-limbah lingkungan untuk menjadikan bahan-bahan yang bermanfaat dan mampu meningkatkan kesadaran untuk ikut mencegah pencemaran agar alam dan lingkungan hidup ini terhindar dari berbagai polutan yang membahayakan kesehatan hidup dan kehidupan itu sendiri. Dengan berkembangnya bioetanol berbahan limbah rumput laut ini maka kini dapat tercipta sebuah produk energi terbarukan yang diberi sebuah istilah *Bioetanol Berbahan Rumput Laut, Sebuah Produk Energi Kemaritiman yang Inovatif*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diungkap dalam penelitian ini adalah :

- 1.2.1 Mengapa limbah rumput laut dapat dijadikan energi terbarukan bioetanol yang alami dan ramah lingkungan?
- 1.2.2 Bagaimana efektivitas dari bioetanol berbahan limbah rumput laut terhadap pemanfaatannya sebagai bahan bakar pengganti energi fosil?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

- 1.3.1 Mengapa limbah rumput laut dapat dijadikan energi terbarukan bioetanol yang alami dan ramah lingkungan?

1.3.2 Bagaimana efektivitas dari bioetanol berbahan limbah rumput laut terhadap pemanfaatannya sebagai bahan bakar pengganti energi fosil?

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian karya tulis ini adalah :

1.4.1 Dapat dijadikan acuan bagi masyarakat lain untuk ikut mengembangkan energi terbarukan dari limbah-limbah lingkungan atau bahan organik lainnya.

1.4.2 Dapat meningkatkan kepedulian masyarakat terhadap dampak negatif sampah dan limbah yang sering mencemari lingkungan hidup sehingga perlu diolah dan dimanfaatkan sebagai sebuah produk dalam bentuk energi terbarukan bioetanol pengganti energi fosil.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioetanol : Energi Terbarukan

Energi bioetanol adalah bahan bakar yang dapat berupa cairan yang dihasilkan dari bahan-bahan organik baik dari tumbuhan maupun dari hewan. Apabila tumbuhan dapat dijadikan bahan bakar bioetanol hendaknya memenuhi ketentuan berupa *glukosa* dalam arti bahan dari tumbuhan mengandung glukosa yang merupakan hasil proses hidrolisis dari *selulosa dan hemiselulosa*. Senyawa selulosa dan hemiselulosa ini jika dilakukan hidrolisis dengan air dan *asam sulfat (H₂SO₄)* akan pecah membentuk glukosa dan glukosa yang terbentuk pun hendaknya memiliki konsentrasi minimal 6 Brix jika diukur dengan alat *Refraktometer* (Bambang : 2004). Secara umum proses pembuatan bioetanol berbahan dari bahan organik ini dapat dilakukan melalui 3 cara yaitu : 1) Pengolahan limbah yang langsung mengalami proses hidrolisis, 2) Pelaksanaan fermentasi atau pengasaman yang dibantu dengan ragi roti, NPK (Natrium, Phospat, Kalium) dan urea. 3) Melakukan proses evaporasi, destilasi dan kondensasi. Dari proses inilah memerlukan waktu kurang lebih 4 jam sampai diperolehnya bioetanol yang sering pula disebut produk *Biofuel* paling populer. Menurut Ridyawati (2016), ada beberapa keunggulan dari bioetanol ini sebagai energi terbarukan yaitu bioetanol bersifat ramah lingkungan, dapat diproduksi dari tanaman yang bersifat renewable, pembakarannya tidak menimbulkan pemanasan global, hasil pembakarannya tidak menghasilkan partikel timbale dan benzene yang bersifat karsinogenik penyebab kanker, tidak mencemari air permukaan dan air tanah sehingga aman bagi lingkungan hidup manusia dan makhluk lainnya.

2.2 Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*)

Rumput laut yang lebih dikenal dengan sebutan *seaweed* termasuk kedalam jenis ganggang yang berukuran besar dan dapat dilihat dengan mata telanjang (*makro algae*). Makroalgae ini termasuk jenis tanaman tingkat rendah yang termasuk ke dalam divisi *Thalophyta*. Rumput laut tidak memiliki akar, batang dan daun sejati seperti tumbuhan tingkat tinggi (*Spermatophyta*). Bagian-bagian

tersebut pada rumput laut dinamakan *holdfast* (*akar*), *stipe* (*batang*), *stipe* (*daun*) dan bagian seluruh tubuhnya disebut dengan thallus (Pallalo, 2019).



Gambar 2.2.1 Salah Satu Jenis Rumput Laut

Rumput laut dibedakan atas 4 kelas yaitu : alga hijau (Chlorophyta), alga coklat (Phaeophyceae), alga merah (Rhodophyceae) dan alga hijau biru (Myxophyceae). Rumput laut bertahan hidup dengan mendapatkan nutrisi dari hasil proses fotosintesis dan langsung dari air laut. Akibat terjadinya peristiwa upwelling, maka kandungan nutrisi melimpah di perairan laut. Nutrisi tersebut diserap oleh rumput laut dengan memasuki jaringan-jaringan makanan dalam bentuk detritus atau bahan organik terlarut. Pertumbuhan rumput laut dipengaruhi oleh faktor-faktor fisika dan kimia perairan seperti gerakan air, suhu, kadar garam, nitrat, fosfat serta sinar matahari. Rumput laut dapat tumbuh hampir di seluruh daerah hidrosfer hingga batas kedalaman dimana masih terjangkau sinar matahari.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia SMA Negeri 5 Denpasar. Sedangkan waktu penelitian dilakukan dari tanggal 20 April 2023 – 28 Mei 2023 dengan rincian waktu dan langkah- langkah kegiatan sebagai berikut :

No	Waktu	Bentuk Kegiatan
1	20 April 2023	Menemukan suatu masalah di lingkungan kota Denpasar tentang keberadaan energi fosil. Peneliti mendiskusikan dan mencari solusi tentang permasalahan yang diketahui.
2	21-24 April 2023	Menyusun perencanaan penelitian sesuai dengan permasalahan yang diketahui atau didapatkan.
3	25 – 30 April 2023	Penulisan desain karya tulis dan pengumpulan data-data yang bersifat sekunder (literatur, dokumen) dan pengumpulan bahan-bahan penelitian untuk eksperimen.
4	1- 12 Mei 2023	Kegiatan eksperimen dalam pembuatan energi terbarukan bioetanol dan pengambilan data primer (hasil penelitian)
5	13 – 15 Mei 2023	Penyusunan Karya Tulis dan Pemeriksaan oleh Pembina KIR serta perbaikan.
6	16 – 18 Mei 2023	Seminar kecil pada kelompok KIR dan Penyempurnaan makalah
7	19 -28 Mei 2023	Proses Pengiriman ke Panitia Lomba

3.2 Jenis dan Sumber Data

Sesuai dengan permasalahan yang diungkap dalam penelitian ini maka penelitian ini menggunakan jenis data kuantitatif. Sedangkan sumber data dari penelitian ini adalah sumber data primer melalui kegiatan eksperimen dan sumber data sekunder yaitu penggunaan literatur dan dokumen-dokumen yang sesuai dengan permasalahan yang diungkap.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data menggunakan beberapa metode yaitu :

- 3.3.1 Metode eksperimen, yaitu data-data yang diperoleh melalui hasil percobaan atau eksperimen di laboratorium Kimia SMA Negeri 5 Denpasar
- 3.3.2 Metode Observasi, yaitu data-data yang diperoleh melalui pengamatan langsung tentang limbah rumput laut di kawasan desa pesisir wilayah kota Denpasar
- 3.3.3 Metode literatur, yaitu data-data dapat diperoleh dari beberapa buku, jurnal dan dokumen lainnya yang ada kaitannya dengan permasalahan yang diangkat.

3.4 Prosedur Penelitian

1) Membuat Energi Bioetanol

A. Alat –alat Penelitian

- 1) Refraktometer (1 buah)
- 2) Jerigen fermentasi (3 buah)
- 3) Gelas Ukur (3 buah)
- 4) Timbangan Bahan (1 buah)
- 5) Saringan (1 buah)
- 6) Waskom (2 buah)
- 7) Evadek (Alat Pembuat Bioetanol)
- 8) Alkoholmeter (1 buah)

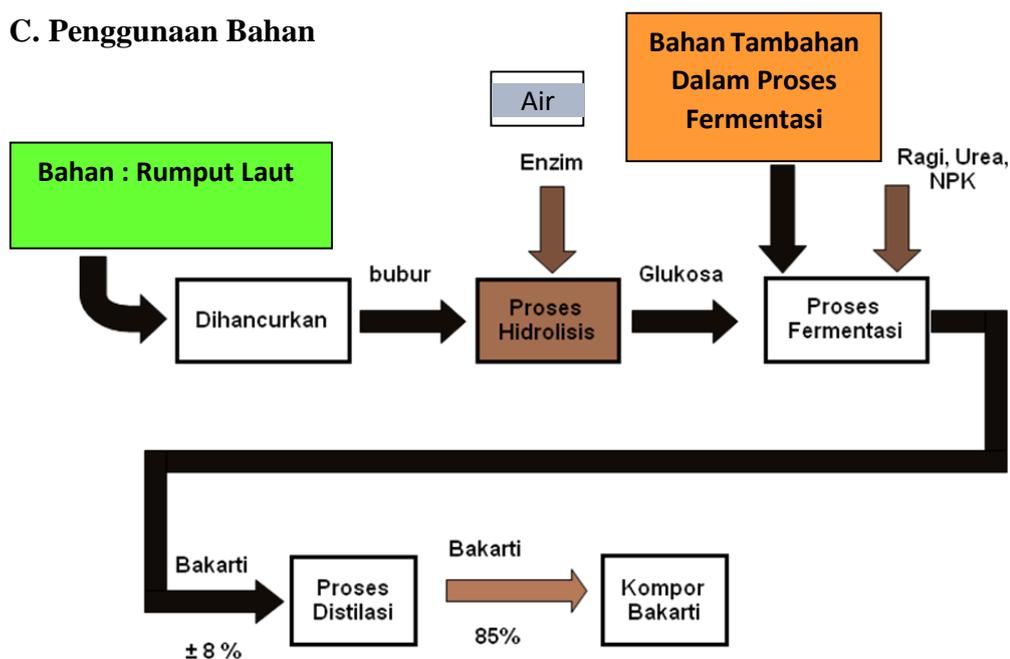


B. Bahan-bahan Penelitian

- 1) Limbah rumput laut 6 Kg
- 2) Air PAM / Sumur 9 liter
- 3) Air Hangat 600 cc
- 4) Ragi Roti 9 gram
- 5) NPK 9 gram
- 6) Urea 9 gram



C. Penggunaan Bahan



Tahap-tahap Percobaan I

Pembuatan Energi Bioetanol Limbah Rumput Laut

A. Tahap : 1 (Pengolahan Bahan)

- Limbah rumput laut (2kg) ditumbuk, lalu dicampur dengan air sebanyak 3 liter sedikit demi sedikit dan diperas untuk dijadikan ekstrak. Lalu ukur konsentrasi glukosa dengan alat Refraktometer (Satuan ukuran : Brix)
- Ekstrak limbah rumput laut ini lalu dicampur dengan ragi roti, NPK dan urea masing-masing 3 gram yang sebelumnya telah dilarutkan dengan air hangat masing-masing dengan 100 cc.

B. Tahap : 2 (Fermentasi)

Hasil campuran ekstrak limbah rumput laut ini lalu masukkan ke dalam jerigen fermentasi, ditutup rapat jangan sampai terkontaminasi dengan udara luar. Biarkan fermentasi berlangsung selama 3 hari atau 72 jam. Fermentasi berlangsung dengan baik apabila muncul gelembung-gelembung dalam jerigen dan hari ketiga gelembung tersebut mulai hilang, pertanda fermentasi telah berjalan dengan baik.

C. Tahap : 3. Proses Evaporasi , Destilasi dan Kondensasi Pada Alat

EVADEK

- a. Setelah proses fermentasi berakhir, cairan fermentasi ini dipindahkan ke dalam evaporator lalu dipanaskan di atas tungku pembakar (diusahakan dengan bahan bakar ramah lingkungan seperti kompor biobriket, kayu-kayu bekas, serbuk gergaji, dan lain sebagainya).
- b. Proses penguapan akan berlangsung melalui destilator. Jika suhu sudah mencapai 60 °C, maka air kran dialirkan dengan debit maksimal 1 liter/menit. Uap dialirkan ke kondensor tong yang sudah berisi air dingin) dan terjadilah proses kondensasi.
- c. Suhu pada destilator tetap dijaga agar tidak lebih dari 78 °C. Jika lebih maka kadar alkohol pada Bakarti akan menurun. (Kecilkan api jika terjadi penambahan suhu atau dimatikan)
- d. Hasil proses kondensasi ini akan terbentuk energi Bioetanol. Bahan bakar ini akan keluar dari kondensor dan ditampung dalam wadah tertutup.
- e. Setelah 4 jam kemudian ukur kadar alkohol dari bioetanol tersebut dengan Bakarti meter/Alkohol meter. Kadar alkohol diukur dengan satuan persentase (%).

Catatan : Lakukan percobaan II dengan bahan dan proses yang sama dengan percobaan I

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini adalah teknik analisis data kuantitatif yaitu mengungkap suatu permasalahan, kejadian, peristiwa yang terjadi sesuai dengan kegiatan secara aktual yang disertai dengan argumen peneliti untuk lebih dapat memperjelas hasil dari sebuah peristiwa atau kejadian yang dilakukan sehingga dapat dipertanggungjawabkan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Limbah Rumput Laut Dapat Dijadikan Energi Terbarukan Bioetanol yang Alami dan Ramah Lingkungan

Gerakan pelajar SMA Negeri 5 Denpasar dalam membantu pemerintah dan masyarakat adalah dengan mengembangkan energi terbarukan energi bioetanol yang dalam hal ini memanfaatkan limbah sumber daya laut yaitu limbah rumput laut yang ketersediaannya cukup berlimpah di lingkungan masyarakat dari hasil proses pengolahan dari industri pangan yang memang berbahan rumput laut.. Namun hal yang penting sekarang adalah mengapa pelajar sebagai generasi muda memanfaatkan bahan dari limbah sumber daya laut (limbah rumput laut) tersebut untuk dijadikan bahan bakar alternatif (energi terbarukan) pengganti energi fosil? Secara ilmiah permasalahannya itu dapat dipaparkan sebagai berikut :

- 1) Limbah rumput laut tersebut didapatkan mengandung senyawa kimia yaitu selulosa dan hemiselulosa yang setelah dihidrolisis dengan air (H_2O) dan asam sulfat (H_2SO_4) akan dapat berubah menjadi glukosa.
- 2) Berdasarkan hasil penelitian yang terkandung pada bahan tersebut dengan menggunakan alat *Refractometer* maka diketahui konsentrasi glukosa pada limbah rumput laut adalah sebesar 10 Brix sehingga dapat dipastikan bahan tersebut dapat diolah untuk dijadikan energi bioetanol karena konsentrasi bahan ini sudah ada di atas 6 Brix.
- 3) Dalam proses pembuatan bioetanol, ekstrak dari limbah rumput laut sangat mudah untuk dilakukan fermentasi dengan menggunakan penambahan ragi roti, NPK dan urea sehingga dalam waktu 72 jam proses fermentasi telah dapat terwujud dengan baik.
- 4) Untuk dapat dibuktikan dari bahan tersebut dijadikan energi terbarukan bioetanol maka dilakukan kegiatan eksperimen. Hasil eksperimen dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel : 1

**Hasil Penelitian Kadar Alkohol Energi Terbarukan Bioetanol
dari Limbah Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*)**

No	Percobaan	Jumlah Bahan	Kegiatan Percobaan	Konsentrasi Glukosa	Kadar Alkohol Bioetanol
1	I	2 liter	20 -23 April 2023	10 Brix	78 %
2	II	2 liter	24 – 27 April 2023	10 Brix	78 %

Dari 2 kali percobaan yang dilakukan peneliti dengan masing-masing menggunakan bahan 2 liter ekstrak, maka rata-rata konsentrasi glukosanya adalah 10 Brix dan kadar alkoholnya sebesar 78%. Maka dari itu limbah rumput laut ini cukup layak digunakan sebagai bahan bakar bioetanol dalam mendukung kehidupan di rumah tangga dan di lingkungan masyarakat masyarakat pengganti energi fosil.

4.2 Efektivitas Dari Bioetanol Berbahan Limbah Rumput Laut Terhadap Pemanfaatannya Sebagai Bahan Bakar Pengganti Energi Fosil

Untuk dapat mengetahui efektivitas dari bahan bakar bioetanol ini peneliti melakukan beberapa perbandingan waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air hingga mencapai suhu 100 °C dengan kapasitas air masing-masing dalam 1 liter air. Proses penelitiannya adalah sebagai berikut yaitu Energi bioetanol berbahan rumput laut dengan kadar alkohol 78% digunakan untuk memanaskan air dengan takaran atau volume 1 liter . Penelitian ini dilakukan dengan 2 kali percobaan.

Tabel : 2

**Data Perbandingan Efektivitas Penggunaan Bioetanol Dalam
Memanaskan Air Sampai Mencapai Suhu 100°C
(Suhu Awal Air : 27 °C)**

No	Bahan Bakar Bioetanol	Kadar Alkohol	Percobaan I	Percobaan II	Rata-rata
1	Energi Bioetanol Dari Limbah Rumput Laut	78 %	22 Menit	24 Menit	23 Menit

Berdasarkan tabel di atas (Tabel: 2) bahwa energi bioetanol rumput laut tergolong bahan bakar minyak yang efektif digunakan dalam mendukung kehidupan di rumah tangga. Hal ini terlihat dari kemampuan energinya dalam memberikan energi panas untuk mengubah bahan-bahan yang nantinya akan memiliki kondisi yang berbeda dari asalnya yang dalam hal ini adanya perbedaan suhu dari 27°C ke suhu yang lebih panas yaitu 100°C .

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

- 5.1.1 Limbah rumput laut dapat dijadikan bahan bakar bioetanol karena limbah tersebut masih mengandung senyawa *selulosa dan hemiselulosa* yang dalam proses hidrolisis menjadi glukosa. Glukosa pada kulit buah pepaya adalah sebesar 10 Brix yang bisa menghasilkan kadar alkohol sebesar 78%.
- 5.1.2 Bahan bakar dalam bentuk bioetanol merupakan bahan bakar yang cukup efektif dalam pemanfaatannya sebagai energi rumah tangga. Hal ini dilihat dari kemampuannya dalam memberikan energi panas untuk mengubah kondisi air dari suhu 27°C menjadi panas sampai mencapai suhu 100 °C dengan waktu sesuai kadar alkohol yang terkandung di dalamnya.

5.2 Saran–saran

- 5.2.1 Diharapkan kepada para guru dan siswa dalam sebuah lembaga pendidikan agar dapat mengembangkan bahan bakar dengan menggunakan berbagai macam limbah-limbah atau jenis – jenis tanaman yang belum diketahui manfaatnya dan ketersediaannya cukup banyak yang sering kita jumpai pada lingkungan hidup kita sendiri.
- 5.2.2 Kepada masyarakat diharapkan peduli dengan sumber-sumber limbah yang cukup banyak memberikan nilai positif terhadap kehidupan manusia baik dalam menunjang kebutuhan akan energi maupun menghambat berkembangnya pencemaran lingkungan yang berbahaya bagi kehidupan manusia dan makhluk lainnya di bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang. 2018. *Perlunya Penambahan Buah Berglukosa Pada Bakarti, Ketela, Jagung*. Jakarta : Pertamina Foundation.
- Budiana, Saleh. 2019. *Bakarti, Energi Alternatif*. Jakarta: Prenata Media Group.
- Gunawan, P. 2018. *Rumput Laut Dan Jenisnya* . Jakarta: Bumi Aksara
- Mahfud.2019. *Mengenal Bahan Bakar Nabati*. Bandung : PT Balai Pendidikan
- Mahendra, Dalem. 2020. *Mengenal Rumput Laut dan Kandungan Kimianya*. Denpasar: Diktat SMAN 5 Denpasar Dalam Sekolah Berwawasan Lingkungan.
- Mirsyanthi. 2019. *Rumput Laut..* Jakarta : Gema Pustaka
- Mutiara, Tia. 2016. *Energi Terbarukan Ramah Lingkungan*. Bandung : Alfabetha
- Ridiyawati.2017. *Pemanfaatan Limbah Agroindustri*. Jakarta ; Balai Pustaka
- Sofyan. 2016. *Bakarti Biofuel*. Jakarta: Nuansa Baru
- Somantari, Ayu. 2018, *Limbah Pertanian laut Sebagai Bioetanol Pengganti Bahan Bakar Fosil*. Hasil Penelitian Bioethanol Fakultas Kesehatan Lingkungan Denpasar
- Supardhinatha. 2016. *Bioetanol Sebagai ABT yang Ramah Lingkungan*. Jakarta: Bumi Aksara

Lampiran : 1

FOTO – FOTO PENELITIAN



Alat-alat Dalam Pembuatan Energi Bioetanol



Bahan-bahan Dalam Pembuatan Energi Bioetanol



Menumbuk Rumput Laut



Ekstrak Rumput Laut



Pengukuran Konsentrasi Gula



Melarutkan Ragi Roti



Melarutkan Urea



Melarutkan NPK



Menuangkan Larutan Ragi Roti ke Ekstrak



Menuangkan Larutan Urea ke Ekstrak



Menuangkan Larutan NPK ke Ekstrak



Proses Fermentasi



Menuangkan Hasil Fermentasi ke Panci



Proses Evaporasi



Proses Destilasi



Proses Kondensasi



Hasil Bioetanol