

Potensi Pengolahan Bioetanol dari Alang-Alang sebagai Bahan Bakar Nabati dengan Metode SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) di Maluku Utara

Nurul Felika¹, Erna Rusliana Muhamad Saleh^{1,*}, Mustamin Anwar Masuku¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun, Ternate

*Email: ernaunkhair@gmail.com

Received : 10 September 2022
Accepted : 24 November 2022
Available online : 2 Desember 2022

ABSTRACT

Energy is one of the most important things in the world today because it can support human life. The main source of energy for humans is obtained from fossil fuels. However, fossil fuels are non-renewable resources and will surely run out, one example is petroleum. Until now, petroleum still ranks first as a source of energy. Therefore, there is a need for new alternative energy sourced from renewable materials such as biofuels. One example of biofuels is bioethanol, which is ethanol made from fermented plants containing carbohydrates with the help of microorganisms. Production of bioethanol is more likely to be developed using raw materials containing cellulose. This study aims to review some of the findings in other research regarding the processing of bioethanol from Imperata as biofuel using the SSF method (Simultaneous Saccharification and Fermentation) and the potential for processing bioethanol from reeds (alang-alang; *Imperata cylindrica*) in North Maluku. The research was carried out through a literature study. Sources of data in this study were taken from: 1) Related research journals; 2) Data from related agencies or institutions (National Standardization Agency, North Maluku BPS, North Maluku Regency and City Agriculture Service); 3) related book texts; and other sources of data or information. The results showed that the content of bioethanol produced from reeds was higher (levels 4,000-9,000 L/Ha) when compared to the content of bioethanol produced from other raw materials such as cassava, sweet potato and sago. Therefore, reeds have the potential to be used as raw material for bioethanol in North Maluku in terms of the availability of raw materials and technology.

Keywords: Reeds; Biofuels; Bioethanol; North Maluku; Method SSF

ABSTRAK

Energi menjadi salah satu hal yang sangat penting di dunia saat ini karena dapat mendukung kehidupan manusia. Sumber energi utama bagi manusia didapatkan dari bahan bakar fosil. Namun, bahan bakar fosil merupakan sumberdaya yang tidak dapat diperbaharui dan pasti akan habis, salah satu contohnya adalah minyak bumi. Minyak bumi hingga saat ini masih menempati urutan pertama sebagai sumber energi hingga. Oleh karena itu, perlu adanya energi alternatif baru yang bersumber dari bahan yang dapat diperbaharui seperti bahan bakar nabati. Salah satu contoh bahan bakar nabati adalah bioetanol yang merupakan etanol yang terbuat dari hasil fermentasi tanaman yang mengandung karbohidrat dengan bantuan mikroorganisme. Pembuatan bioetanol lebih cenderung dikembangkan menggunakan bahan baku yang mengandung selulosa. Penelitian ini bertujuan untuk mereview beberapa temuan dalam penelitian lain mengenai pengolahan bioetanol dari alang-alang sebagai bahan bakar nabati dengan metode SSF (Simultaneous Saccharification and Fermentation) dan potensi pengolahan bioetanol dari alang-alang (*Imperata cylindrica*) di Maluku utara. Penelitian dilaksanakan melalui studi kepustakaan. Sumber data pada penelitian ini diambil dari: 1). Jurnal penelitian terkait; 2). Dinas atau lembaga lembaga terkait (Badan Standarisasi Nasional, BPS Maluku Utara, Dinas Pertanian Kabupaten dan Kota Maluku Utara); 3). Buku teks terkait; serta sumber data atau informasi lain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar bioetanol yang dihasilkan dari bahan baku alang-alang lebih tinggi (kadar 4.000-9.000 L/Ha) jika dibandingkan dengan kadar bioetanol yang dihasilkan dari bahan baku lain seperti singkong, ubi jalar dan sago. Oleh karena itu, alang-alang sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku bioetanol di Maluku Utara ditinjau dari aspek ketersediaan bahan baku dan teknologi.

Kata Kunci: Alang-alang; Bahan bakar nabati; Bioetanol; Maluku Utara; Metode SSF

PENDAHULUAN

Saat ini hal yang sangat penting bagi dunia yaitu energi. Beberapa negara berperang untuk mendapatkan dan mempertahankan sumber-sumber energi. Saat ini, sumber energi utama bagi manusia didapatkan dari bahan bakar fosil. Akan tetapi, bahan bakar fosil merupakan sumberdaya yang tidak dapat diperharui dan dipastikan akan habis. Salah satu contoh bahan bakar fosil yaitu minyak bumi. Hingga saat ini, minyak bumi mencapai urutan pertama sebagai sumber energi. Di Indonesia, cadangan minyak bumi tersisa sekitar 5 miliar barrel. Jika tidak ditemukan alternatif baru, maka cadangan minyak bumi diperkirakan akan habis. Melihat kondisi tersebut, Pemerintah Republik Indonesia mengeluarkan Kebijakan melalui Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Energi Nasional untuk pengembangan energi alternatif pengganti bahan bakar minyak. Peraturan tersebut mengatur tentang sumberdaya yang dapat diperbaharui sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak adalah bahan bakar nabati (Hapsari *et al.*, 2013).

Bioetanol merupakan salah satu contoh bahan bakar nabati. Bioetanol adalah senyawa alkohol yang dihasilkan dari proses fermentasi tanaman yang mengandung karbohidrat seperti pati, gula dan selulosa dengan bantuan mikroorganisme. Dalam mengimbangi pemakaian minyak bumi, bioetanol merupakan salah satu energi alternatif karena bioetanol mengandung oksigen tinggi, bilangan oktan tinggi, dapat terurai dan sebagai sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui. Bioetanol dikembangkan sebagai pengganti bahan bakar minyak dengan *fuel grade etanol* \geq 99,5% (Hapsari *et al.*, 2013).

Sumber-sumber bahan baku penghasil bioetanol umumnya terdapat pada tanaman yang mengandung karbohidrat seperti pati (singkong, jagung, kelapa, kapuk, kelapa sawit, jarak pagar, rambutan, sirsak dll), tanaman yang mengandung gula (nira tebu, nira aren,

nira sorgum manis dll) dan tanaman yang mengandung selulosa (jerami padi, batang pisang, alang-alang dll). Namun, bioetanol lebih cenderung dikembangkan dengan tanaman yang mengandung selulosa (Gunam *et al.*, 2011).

Salah satu bahan baku yang mengandung selulosa yaitu alang-alang. Alang-alang tanaman liar yang mengandung selulosa melimpah di alam namun belum dimanfaatkan secara optimal. Menurut Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Selulosa, kandungan selulosa yang terdapat pada tanaman alang-alang sebesar 48,12%. Oleh karena itu, tanaman alang-alang sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku bioetanol untuk mengurangi pemakaian bahan bakar fosil yang semakin hari semakin menipis (Osvaldo *et al.*, 2012).

Metode yang dapat digunakan dalam pembuatan bioetanol yaitu metode SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*). Metode SSF merupakan metode hasil kombinasi antara proses hidrolisis enzim selulase dan *yeast Saccharomyces cerevisiae* untuk proses fermentasi gula menjadi etanol yang dilakukan dalam satu reaktor (Puspitasari *et al.*, 2018). Tulisan ini mencoba mereview beberapa hasil-hasil penelitian mengenai pengolahan bioetanol dari alang-alang sebagai bahan bakar nabati dengan metode SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) dan potensi pengembangan bioetanol dari alang-alang di Maluku Utara.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi kepustakaan. Metode studi kepustakaan merupakan metode yang sumber data dan informasinya berasal dari berbagai macam material di perpustakaan seperti buku, majalah, jurnal-jurnal, dokumen, artikel ilmiah, kisah-kisah sejarah, dan lain-lain (Mardalis., 1999).

Sumber data dari penelitian ini merupakan data sekunder yang diambil dari : 1). Jurnal-jurnal penelitian terkait. 2). Dinas atau Lembaga terkait (Badan

Standarisasi Nasional, Dinas Pertanian Provinsi Maluku Utara, BPS Maluku Utara). 3). Buku teks terkait serta sumber data atau informasi lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bioetanol

Bioetanol merupakan senyawa alkohol yang diperoleh dari proses fermentasi biomassa dengan bantuan mikroorganisme. Sumber bahan baku bioetanol berasal dari tanaman yang mengandung karbohidrat seperti pati, gula dan selulosa. Tanaman yang mengandung seperti ubi kayu, ubi jalar, kelapa, kelapa sawit dan alang-alang yang mudah ditemukan di Indonesia (Fachry *et al.*, 2013).

Etanol merupakan senyawa organik yang terdiri dari karbon, oksigen dan hidrogen dengan rumus kimia C_2H_5OH . Ciri-ciri dari etanol yaitu zat cair yang tidak berwarna, memiliki bau spesifik, mudah terbakar dan menguap, dapat bercampur dengan air, titik didih $78^{\circ}C$, berat molekul 46,07, panas penguapan 204 kal/gr, titik beku $144^{\circ}C$, panas pelarutan 24,9 kal/gr dan panas jenis 0,7939 gr/ml (Fachry *et al.*, 2013).

Melalui Dewan Standarisasi Nasional, pemerintah mengeluarkan menetapkan standar mutu nasional bioetanol. Terdapat dua SNI untuk etanol SNI-0603565-1994 untuk alkohol teknis yang merupakan golongan etanol prima I dan etanol prima II serta SNI DT 27-001-2006 untuk bioetanol bahan bakar. SNI untuk mutu bioetanol dapat dilihat pada Tabel 1 dan SNI untuk bioetanol terdenaturasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Standar Mutu Etanol berdasarkan Standar Industri Indonesia SNI 06-3565-1994

Parameter	Satuan	Etanol Prima I	Etanol Prima II
Kadar Etanol	%v/v	96,1	95,0
Uji Barbel	Menit, min	20	8
Minyak Sufel	mg/l, maks	14	15
Keasaman (Asam Asetat)	mg/l, maks	12	30
Sisa Penguapan $105^{\circ}C$	mg/l, maks	50	50
Metanol	%v/v	0,1	0,1
Aldehid	mg/l, maks	4	150
Logam Berat	mg/l	0	0

Sumber : BSN (2006)

Tabel 2. Standar Mutu Bioetanol sebagai Bahan Bakar SNI DT 27-0001-2006

Parameter	Satuan	FGE
Kadar Etanol	%-v, min	95,6 (sebelum denaturasi) 99,5 (setelah denaturasi)
Kadar Metanol	mg/l, maks	300
Kadar Air	%-v, maks	1
Kadar Denaturasi	%-v, min, %-v, maks	25
Kadar Tembaga	mg/kg, maks	0,1
Keasaman (Asam Asetat)	mg/l, maks	30
Tampakan		Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran
Kadar Ion Klorida (Cl)	mg/l, maks	40
Kandungan Belerang (S)	mg/l, maks	50
Kadar Gelah (Gum)	mg/100 ml, maks	5,0
Ph		6,5-9,0

Sumber : BSN (2006)

Penelitian bioetanol sudah banyak dilaksanakan serta dipublikasikan. Adapun penelitian-penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penelitian bioetanol yang telah dipublikasikan

No	Bahan pembuatan bioetanol	Metode yang digunakan	Perlakuan yang diberikan	Hasil terbaik	Peneliti
1	Limbah padat sagu	Metode SSF (<i>Simultaneous Saccharification and Fermentation</i>)	Limbah padat sagu (40 gr, 60 gr, 80 gr), volume inokulum (200 ml & 250 ml), waktu fermentasi (24, 48, 72 dan 96 jam)	Waktu fermentasi terbaik untuk menghasilkan kadar bioetanol tertinggi yaitu 72 jam, konsentrasi etanol tertinggi yaitu 8% pada saat konsentrasi substrat 80 gr dan volume inokulum 12,5%	Amalia (2012)
2	Alang-alang	Hidrolisis asam dan Fermentasi	Massa bahan baku 20 gram, variasi konsentrasi enzim (0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0% & 2,5%), waktu hidrolisis (60, 90, 120, 150 & 180 menit)	Variasi konsentrasi enzim terbaik untuk menghasilkan kadar bioetanol tertinggi yaitu 2,0% dan waktu hidrolisis untuk menghasilkan kadar bioetanol terbaik yaitu 150 menit	Oswaldo <i>et al</i> (2012)
3	Limbah tongkol jagung	Metode SSF (<i>Simultaneous Saccharification and Fermentation</i>)	Variasi waktu fermentasi (3, 4 & 5 hari), variasi konsentrasi enzim (3%, 5%, 7%, 9% & 11%)	Waktu fermentasi terbaik untuk menghasilkan kadar bioetanol tertinggi yaitu 3 hari, konsentrasi enzim terbaik 11 %	Lestari <i>et al</i> (2015)
4	Pati umbi talas	Hidrolisis asam dan Fermentasi	Variasi waktu hidrolisis (0,5 jam, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam & 3 jam), Rasio asam klorida (4:1, 5:1, 6:1, 7:1, 8:1, 9:1 & 10:1)	Kadar bioetanol tertinggi yang dihasilkan 7,716%, lama waktu hidrolisis untuk menghasilkan kadar gula tertinggi yaitu 2,5 jam dengan kadar gula yang diperoleh sebesar 0,653%.	Sadimo <i>et al</i> (2016)
5	Tongkol jagung	Metode SSF Delignifikasi dan SHF	Variasi komposisi berat ragi (10 gram, 20 gram, 30 gram, 40 gram & 50 gram), waktu fermentasi 5 dan 7 hari	Proses pembuatan bioetanol dengan menggunakan metode SSF tidak menghasilkan bioetanol sedangkan menggunakan metode SHF menghasilkan bioetanol. Pada proses SHF menghasilkan variasi waktu fermentasi 5 hari dan 7 hari, pada hari ke 5 kadar bioetanol sebesar 3% dan pada hari ke 7 kadar bioetanol sebesar 4%. Semakin lama waktu fermentasi menyebabkan lebih aktif sehingga kadar bioetanol semakin besar	Sihotang <i>et al</i> (2018)

B. Alang-alang sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol

Menurut Loupatty (2014), bioetanol merupakan senyawa alkohol yang cara pembuatannya dilakukan dengan fermentasi biomassa pada tanaman yang mengandung pati, gula dan selulosa. Pembuatan bioetanol biasanya lebih cenderung dengan tanaman yang mengandung selulosa. Salah satu tanaman yang mengandung selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol adalah alang-alang. Alang-alang (*Imperata cylindrica*) merupakan tanaman liar yang tumbuh alami di daerah tropik dan subtropik. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Garrity *et al* (1997), luas lahan alang-alang di Asia mencapai 35 juta hektar. Indonesia merupakan negara terluas yang memiliki luas komoditas alang-alang sekitar 8,5 juta hektar.



Gambar 1. Alang-alang (*Imperata cylindrica*) (Sumber : Foto Pribadi, 2019)

Keunggulan dari alang-alang yaitu dapat memulihkan kesuburan tanah ke bentuk belukar dan hutan sekunder walaupun membutuhkan waktu lama, dapat mengurangi erosi tanah, bahan pembuat atap, briket biorang, bioetanol, bahan kertas dan bahan makanan ternak. Namun pemanfaatannya masih sangat kurang (Osvaldo *et al.*, 2012).

Seperti yang diketahui bahwa alang-alang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Komposisi kandungan yang terdapat pada alang-alang dapat dilihat pada Tabel 4.

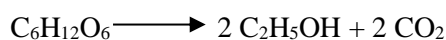
Tabel 4. Komposisi Alang - Alang

Komposisi	Presentase
Abu	5,42
Silika	3,67
Lignin	21,42
Pentosan	28,58
Selulosa	48,12

Sumber : Osvaldo *et al* (2012)

C. Proses Pembuatan Bioetanol dengan Metode SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*)

Proses pembuatan bioetanol dimulai dari proses fermentasi menggunakan khamir *Saccharomyces cerevisiae* yang mampu mengkonversi gula pereduksi seperti glukosa menjadi etanol. Pada proses pembuatan bioetanol dilakukan dengan cara mensintesis etilen atau proses fermentasi. Produksi bioetanol dengan cara mensintesis etilen (C₂H₄) dibantu dengan katalis asam sulfat dan pemanasan pada temperatur 70^oC pada tekanan 10 atm. Etanol juga dapat disintesis melalui aldehyd pada proses produksi. Fermentasi gula pada produksi bioetanol menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dan *Saccharomyces elpisoides* Serta beberapa bakteri seperti *Zymomonasmobilis* (Amalia *et al.*, 2012). Menurut teori, etanol dan karbondioksida dihasilkan dari proses hidrolisis. Perbandingan mol antara glukosa dan etanol dapat dilihat pada reaksi :



Satu mol glukosa dapat menghasilkan 2 mol etanol dan 2 mol karbondioksida dengan perbandingan bobot setiap 180 gram glukosa menghasilkan 90 gram etanol (Amalia *et al.*, 2012).

Proses produksi bioetanol dari tanaman sebagai bahan bakar nabati dapat dilakukan melalui metode SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) dengan cara mengkombinasikan hidrolisis menggunakan enzim selulase dan yeast *Saccharomyces cerevisiae* untuk proses fermentasi gula menjadi etanol secara

silmultan dan penggunaan metode SSF ini dapat mencegah terhambatnya kinerja enzim oleh produksi glukosa dan selobiosa. Pada metode SSF menggunakan satu reaktor untuk proses hidrolisis dan fermentasi. Keuntungan dari metode SSF yaitu polisakaridanya yang terkonversi ke monosakarida tidak akan kembali ke polisakarida karena telah terfermentasi menjadi etanol. Selain itu juga, penggunaan satu reaktor dalam proses hidrolisis dan fermentasi dapat mengurangi penggunaan biaya alat (Sihotang *et al.*, 2018).

Menurut penelitian Lestari *et al.* (2015), Tahapan pembuatan bioetanol dengan metode SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) yang pertama yaitu persiapan bahan baku. Bahan baku yang digunakan pada penelitian Lestari *et al.* (2015) yaitu tongkol jagung. Tongkol jagung dibersihkan dari serabut-serabut yang ada kemudian dilakukan pengecilan ukuran dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60-70°C sampai kadar air maksimal 10%. Tongkol jagung kemudian diblender hingga halus dan diayak dengan ayakan berukuran 30 mesh. Selanjutnya persiapan inokulum, pembiakan inokulum bertujuan untuk mengadaptasi sel *yeast* terhadap media fermentasi. *Saccharomyces cerevisiae* diinokulasi dalam 150 ml medium (5 gr glukosa, 0,5 gr *yeast extract*, 0,05 gr KH_2PO_4 , 0,05 gr $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,05 gr $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan aquades) dalam erlenmeyer 250 ml. Sebelum diinokulasi medium disterilisasi uap menggunakan autoclave selama 15 menit pada suhu 121°C dan dinginkan. Setelah dingin, masukan *yeast* 8 gr/L kedalam medium kemudian diaduk menggunakan shaker selama 24 jam. Fungsi shaker untuk mempermudah proses difusi oksigen kedalam medium agar menjadi homogen. Selanjutnya yaitu proses SSF, proses hidrolisis enzim dan fermentasi gula dilakukan secara serentak dalam satu labu erlenmeyer 250 ml. Medium untuk proses ini 2000 ml (tepung tongkol jagung 20 gram, medium nutrisi (0,04 gr/L $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$; 0,002 gr/L $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan 0,08 gr/L *yeast extract*), buffer asetat pH 5, enzim selulase sesuai variabel penelitian (3,

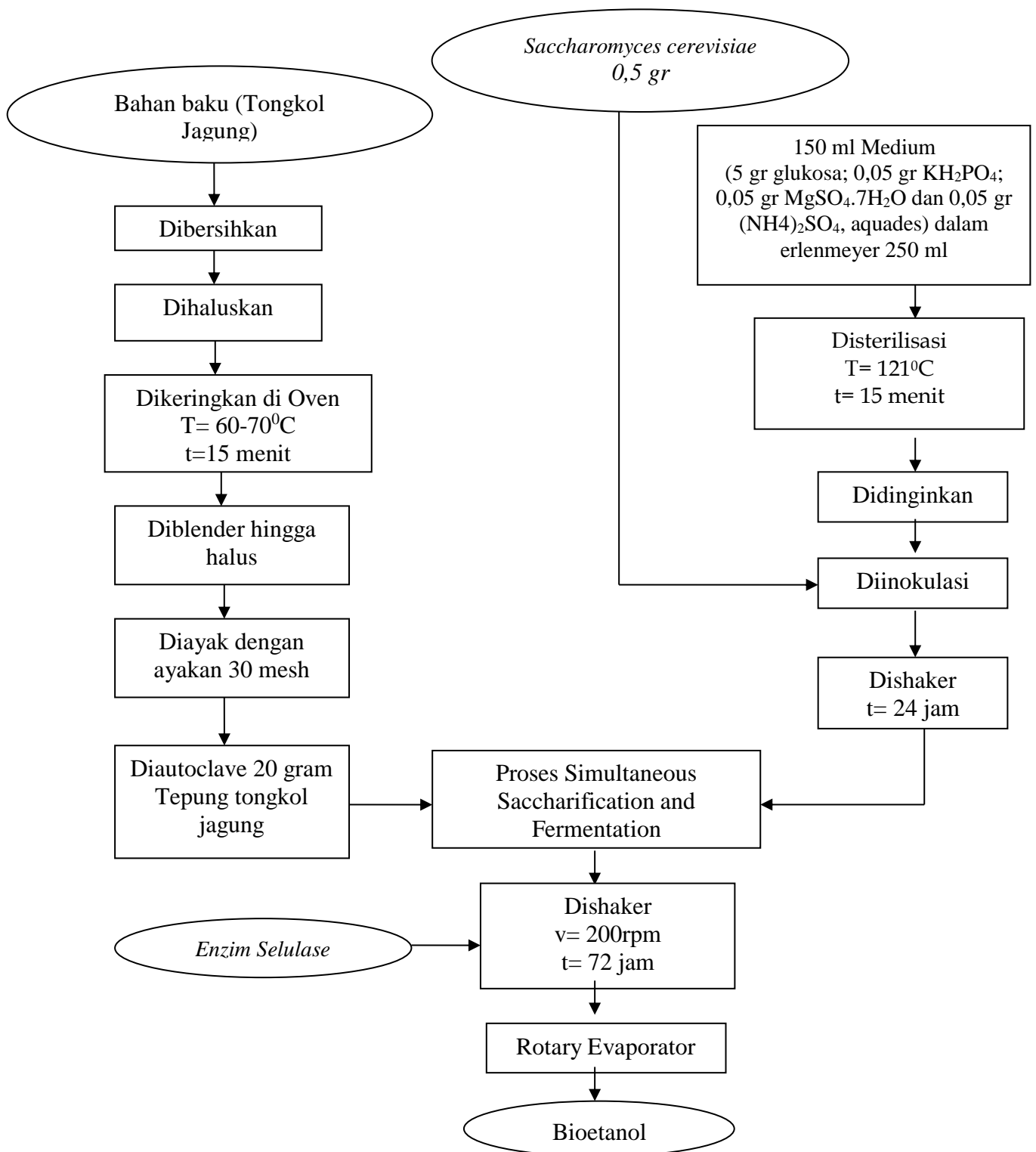
5, 7, 9 dan 11%), inokulum dan aquades). Semua bahan kecuali enzim dan inokulum disterilisasi selama 15 menit pada suhu 121°C menggunakan autoclave. Enzim dan inokulum ditambahkan setelah media steril dan dingin. Kemudian diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 200 rpm selama 72 jam. Cairan dipisahkan dari sampel dengan proses evaporasi menggunakan rotary evaporator. Proses produksi bioetanol menggunakan metode SSF (*Simultaneous Saccharification and Fermentation*) dapat dilihat pada Gambar 2.

D. Potensi Pengolahan Bioetanol di Maluku Utara

Menurut Sudharto (2017), Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 (PP 79/2014) tentang sumber-sumber energi terbarukan mengatur :

1. Pada tahun 2025 peran energi baru dan energi terbarukan paling sedikit 23% dan pada tahun 2050 paling sedikit 31% sepanjang ekonominya terpenuhi.
2. Pemanfaatan untuk sumber-sumber energi terbarukan dari jenis bahan bakar nabati digunakan untuk menggantikan bahan bakar minyak terutama pada sektor transportasi dan industri dengan tetap menjaga ketahanan pangan.
3. Pemanfaatan energi terbarukan dari jenis tanaman dan limbah pertanian diarahkan untuk sektor ketenagalistrikan dan transportasi.

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar dapat menjadi solusi atau alternatif untuk menghadirkan bahan bakar terbarukan yang ramah lingkungan dan mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi. Selain itu, penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar dapat menghasilkan listrik yang aman sehingga masyarakat tidak perlu terus bergantung pada listrik PLN.



Gambar 2. Diagram alir pembuatan bioetanol dengan menggunakan Metode SSF (Lestari *et al.*, 2015)

Faktor dan tujuan dalam pengembangan bioetanol yaitu meningkatkan pendapatan masyarakat, memanfaatkan sumberdaya hutan dan mempertahankan energi. Untuk mencapai tujuan tersebut maka pemerintah perlu melakukan beberapa hal yaitu sosialisasi mengenai pentingnya pengembangan energi terbarukan melalui berbagai media, baik media massa, pertemuan, elektronik dan sosial. Selain itu, ketersediaan bahan baku, teknologi, sumberdaya manusia dan potensi pemasaran juga merupakan faktor penting.

Potensi pengembangan bioetanol di Maluku Utara prospektif dapat ditinjau dari aspek ketersediaan bahan baku dan teknologi. Maluku Utara memiliki potensi tanaman yang mengandung pati, gula dan selulosa tinggi yang tersebar di banyak wilayah di Maluku Utara. Tanaman tersebut diantaranya singkong, ubi jalar, sagu dan alang-alang.

Potensi beberapa tanaman bahan baku pembuatan bioetanol di Maluku Utara dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Potensi tanaman bahan baku bioetanol

No	Jenis Tanaman	Hasil Panen ton/ Ha	Bioetanol L /Ha
1	Singkong ^[1]	10-50	2.000-7.000
2	Ubi Jalar ^[2]	10-40	1.200-5.000
3	Sagu ^[2]	6,8	4.133
4	Alang-alang ^[3]	8,5	4.000-9.000

Sumber :

[1] Prihandana *et al*, 2008

[2] Hambali *et al*, 2008

[3] Kartikasari, 2013

Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar bioetanol yang dihasilkan dari alang-alang cukup besar yaitu berkisar 4.000-9.000 L sehingga jika dibandingkan dengan bahan penghasil bioetanol yang lainnya kadar bioetanol yang dihasilkan dari alang-alang

lebih besar. Oleh karena itu, alang-alang berpotensi sebagai alternatif pengganti bahan bakar di Maluku Utara.

KESIMPULAN

Maluku Utara sangat prospektif untuk pengembangan bioetanol ditinjau dari aspek ketersediaan bahan baku dan teknologi. Maluku Utara memiliki potensi tanaman yang mengandung pati, gula dan selulosa tinggi yang merupakan tanaman bahan baku pembuatan bioetanol. Tanaman tersebut diantaranya singkong, ubi jalar, sagu dan alang-alang. Jika dibandingkan dengan bahan baku penghasil bioetanol lainnya, alang-alang menghasilkan kadar etanol tertinggi yaitu berkisar 4.000-9.000 L/ha sehingga alang-alang berpotensi untuk dijadikan bioetanol di Maluku Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, Y. (2012). *Pembuatan bioetanol dari limbah padat sagu menggunakan enzim selulase dan yeast saccharomyces cerevisiae dengan proses Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) dengan variasi konsentrasi substrat dan volume inokulum*. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). (2006). *SNI ethanol grade fuel SNI DT 27-0001-2006*. Jakarta: BSN.
- Fachry, R.A., Puji, A., & Tri, G.P. (2013). *Pembuatan bioetanol dari limbah tongkol jagung dengan variasi konsentrasi asam klorida dan waktu fermentasi*. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1): 60-69.
- Garrity, D.P., Soekadi, M., Van, N., La Cruz, M.D., Pathak, P., Gunasena, H., Van, S., Huijun, G., & Majid, N. (1997). *The Imperata grasslands of Tropical Asia: area, distribution and typology*. *Agroforestry System*, 36: 3-29.
- Gunam, I.B., Ni, M.W., Anak, A.M.D., & Pande, M.S. (2011). *Delignifikasi Ampas Tebu dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Sakarifikasi secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar dari Aspergillus Niger FNU 6018*. *Teknologi Indonesia LIPI Press*, 34 (Edisi Khusus 2011): 24-32.

- Hapsari, M.A. & Alice, P. (2013). Pembuatan bioetanol dari singkong karet (*Manihot glaziovii*) untuk bahan bakar kompor rumah tangga sebagai upaya mempercepat konversi minyak tanah ke bahan bakar nabati. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(2): 240-245.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A.H., Pattiwiri A.W. & Hendroko R. (2008). *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.
- Mardalis. (1999). *Metode Penelitian: Suatu Pendekatan Proposal*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kartikasari, D.S. Sri, N., & Anton, M. (2013). Potensi alang-alang (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv) dalam produksi etanol menggunakan bakteri *Zymomonas Mobilis*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2): 2337-3520.
- Lestari, E.M, Elvi, Y, & Sri, R.M. (2015). Pembuatan bioetanol dari limbah tongkol jagung menggunakan proses Simultaneous Sacharafication and Fermentation (SSF) dengan variasi konsentrasi enzim dan waktu fermentasi. *JOM FTEKNIK*, 2(2).
- Loupatty, V.D., (2014). *Pemanfaatan bioetanol sebagai sumber energi alternatif pengganti minyak tanah*. *Majalah BIAM.*, 10 (2): 50-59.
- Numberi, J.J. (2018). Karakterisasi ampas sagu sebagai bahan bakar bioetanol untuk kebutuhan energi rumah tangga di provinsi papua. *Seminar nasional mesin dan industry*, Hal.87-95. Universitas Cendrawasi. Jayapura.
- Oswaldo, Z.S., Panca, P.S., & Faizal, M. (2012). *Pengaruh konsentrasi asam dan waktu pada proeses hidrolisis dan fermentasi pembuatan bioetanol dari alang-alang*. *Jurnal Teknik Kimia* 18(2).
- Puspitasari, K.M.D., Suwandi., & Hartono, A.B. (2018). Proses pembuatan bioetanol dari jerami padi dengan metode SSF delignifikasi asam dan metode SHF. *e-Proceeding of Engineering*, 5(1).
- Prihandana R, Noerwjati, K., Adinurani, P.G., Setyaningsih, D., Setiadi, S., & Hendroko, R. (2008). *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Agromedia Pustaka.
- Sihotang, M.T.B., Suwandi., & Hartono, A.B. (2018). Proses pembuatan bioetanol dari tongkol jagung dengan metode SSF delignifikasi basa dan metode SHF. *e-Proceeding of Engineering*, 5(2): 1-8.

