

SKRIPSI

**BIOETANOL DARI EMPULUR DAN AMPAS SAGU
(*Metroxylon spp.*) DENGAN HIDROLISIS ASAM SULFAT**

Disusun dan diajukan oleh :

**MUH. SYARIF ALWI
M11116040**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENDAPATAN PETANI PENYADAP GETAH PINUS
(*Pinus merkusii*) METODE KOAKAN DI KPH MAMASA TENGAH

Disusun dan diajukan oleh

FIRA YUNIAR
M111 16 003

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas
Kehutanan Universitas Hasanuddin
pada tanggal 21 Januari 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. A. Mujetahid M. S.Hut., M.P.
NIP. 19690208199702 1 002

Pembimbing Pendamping

Ir. Nurdin Dalva, S.Hut., IPP.
NIP.1987121301903 1 009

Ketua Program Studi

Dr. Forest Muhammad Alif K.S., S.Hut., M.P.
NIP. 19790831 200812 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muh. Syarif Alwi

NIM : M11116040

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

" Bioetanol Dari Empulur Dan Ampas Sagu (*Metroxylon spp.*) Dengan Hidrolisis Asam Sulfat"

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 21 Januari 2021

Yang Menyatakan


METERAI
TEMPEL
2FA3DAHF869187206
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Muh. Syarif Alwi

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah rabbil 'aalamin, segala puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT. tuhan seru sekalian alam yang senantiasa memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada seluruh makhluk ciptaan-Nya. Berkat segala limpahan anugrah-Nya sehingga tugas akhir skripsi dengan judul “*Bioetanol dari empulur dan ampas sagu (Metroxylon spp.) dengan hidrolisis asam sulfat*” dapat terselesaikan. Shalawat dan salam kepada manusia sempurna sepanjang masa Nabi Muhammad SAW. pembimbing jalan keselamatan bagi umat manusia.

Tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak atas dukungan moral dan materil. Membuat penulis termotivasi untuk melakukan rancangan penelitian hingga menuliskan hasil penelitian dalam bentuk skripsi. Olehnya itu, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada :

1. Dr. Ir. Baharuddin, M.P dan Dr. Andi Sri Rahayu Diza Lestari A.,S.Hut.,M.Si. selaku pembimbing yang senantiasa memberikan koreksi dan saran demi demi penyelesaian tugas akhir ini.
2. Ira Taskirawati, S.Hut., M.Si.,Ph.D. dan Agussalim, S.Hut.,M.Si. selaku penguji yang bersedia memberikan banyak kritik dan masukan demi kesempurnaan tugas akhir ini.
3. Para Staf dan dosen Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin atas bantuan teknis yang telah diberikan semasa penelitian, seminar dan ujian.
4. Kepada kakanda Muhammad Daud atas dorongan dan masukan yang diberikan selama masa perancangan penelitian.
5. Teman teman Lignum 2016 dan Forestry A terkhusus saudari Sakinah Mawaddah, Putri Saridayana Tamrin, Abdul Rais, Nurhafida S.Hut, Muh. Rizal Hamid S.Hut atas bantuan teknis dan dorongan semangat selama penelitian dan penyelesaian tugas akhir.
6. Bapak Ece' berkat kesediaannya dalam berbagi pengalaman dalam pengelolaan sagu dan bantuannya dalam proses pengambilan sampel penelitian.

7. Saudari ulfa dengan segala bantuan saran dan teknis di lapangan untuk mengambil sampel penelitian.
8. Orang tua saya Dahlan dan Kastuti atas doa restu dan bantuan materil selama menempuh pendidikan di jenjang perguruan tinggi.

Penulis berharap skripsi ini memiliki manfaat bagi pembaca mengenai pengembangan bioetanol berbahan karbohidrat dan selulosa. Atas keterbatasan ilmu pengetahuan penulis maka diperlukan kritik dan saran dari pembaca untuk menyempurnakan segala kekeliruan dari penelitian ini. Semoga segala aktifitas yang senantiasa kita lakukan dapat memberi manfaat bagi makhluk hidup lain khususnya sesama manusia sehingga dapat bernilai ibadah disisi-Nya.

Penulis

Muh. Syarif Alwi

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sagu (<i>Metroxylon spp.</i>)	4
2.1.1 Potensi Sagu.....	5
2.1.2 Limbah Sagu	5
2.1.3 Empulur Sagu	6
2.2 Bioenergi	6
2.2.1 Bioetanol.....	8
2.2.2 Khamir <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	11
2.2.3 Hidrolisis menggunakan Asam Kuat	11
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	13
3.2.1 Alat.....	13
3.2.2 Bahan	13
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.4 Prosedur Penelitian.....	14
3.4.1 Persiapan Bahan.....	14
3.4.2 Hidrolisis.....	14
3.4.3 Uji <i>Benedict</i>	14
3.4.4 Fermentasi.....	15

3.5 Analisis Data	16
VI. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1 Hasil Penelitian.....	19
4.1.1 Hidrolisis Ampas dan Empulur Sagu.....	19
4.1.2 Uji Benedict Ampas dan Empulur Sagu	20
4.1.3 Fermentasi Ampas Sagu	20
4.1.4 Fermentasi Empulur Sagu.....	22
4.1.5 Komparasi Kandungan Etanol Ampas dan Empulur Sagu	24
4.1.6 Uji T-test Independen	25
V. PENUTUP	26
5.1 Kesimpulan.....	26
5.2 Saran.....	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Tahapan Produksi Etanol.....	10
Gambar 2.	Tahapan Penelitian.....	16
Gambar 3.	Sampel Sebelum dan Sesudah Hidrolisis.....	19
Gambar 4.	Hasil Uji <i>Benedict</i>	20
Gambar 5.	Diagram Kadar Glukosa Ampas Sagu.....	21
Gambar 6.	Diagram Kandungan Etanol Ampas Sagu.....	22
Gambar 7.	Diagram Kadar Glukosa Empulur Sagu.....	23
Gambar 8.	Diagram Kandungan Empulur Sagu.....	24
Gambar 9.	Diagram Komparasi Kandungan Etanol Ampas dan Empulur Sagu..	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Hasil Pengukuran Kadar Glukosa dan Kandungan Etanol Ampas Sagu.....	33
Lampiran 2.	Hasil Pengukuran Kadar Glukosa dan Kandungan Etanol Empulur Sagu.....	34
Lampiran 3.	Hasil Uji T Test dengan SPSS.....	35
Lampiran 4.	Dokumentasi Penelitian.....	37

ABSTRAK

Muh. Syarif Alwi (M11116040). Bioetanol dari Empulur dan Ampas Sagu (*Metroxylon spp.*) dengan Hidrolisis Asam Sulfat, di bawah bimbingan Baharuddin dan Andi Sri Rahayu Diza Lestari A.

Sagu (*Metroxylon spp.*) merupakan salah satu komoditas hasil hutan bukan kayu yang dapat diolah menjadi bioetanol. Kandungan karbohidrat dan selulosa yang dimiliki sagu merupakan bahan baku utama dalam pengolahan bioetanol. Bagian yang dapat diolah yakni empulur sagu dengan dominasi kandungan karbohidrat dibanding selulosa dan ampas/serat sagu dengan dominasi kandungan selulosa dibanding karbohidrat. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui kandungan etanol dari ampas dan empulur sagu dengan metode kimiawi. Penelitian ini diawali ampas dan empulur sagu diayak dengan ukuran 50 mesh masing masing sebanyak 100 g, diberi perlakuan yang sama berupa Bahan kimia H₂SO₄ konsentrasi 1,5 N sebanyak 1000 ml. Tahap hidrolisis menggunakan autoclave pada suhu 121°C selama 3 jam. Tahap fermentasi diawali dengan pencampuran hidrolisat dengan khamir *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 10 g. Penentuan kandungan etanol absolut dilakukan pada tahapan fermentasi dengan mengukur kadar glukosa yang terkonversi setiap hari selama lima hari fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan kandungan etanol absolut empulur sagu sebanyak 1,32 g lebih tinggi dibanding ampas sagu sebanyak 1,23 g. Fermentasi ampas sagu menghasilkan etanol absolut selama empat hari, sedangkan fermentasi empulur sagu menghasilkan etanol absolut selama lima hari.

Kata kunci : *Ampas Sagu, Empulur Sagu, Hidrolisis, Fermentasi, Etanol.*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi di dunia tiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan ekonomi di setiap negara. Produksi energi berbahan bakar fosil dan pemanfaatan energi tidak sepenuhnya dapat berjalan beriringan karena dalam produksinya tidak dapat diperbaharui. Kondisi tersebut akan mempengaruhi eksistensi dan harga dari bahan bakar fosil. Di samping itu, produksi dan penggunaan energi fosil sejatinya tidak ramah lingkungan. Penyebaran karbon dioksida sepenuhnya berasal dari penggunaan energi fosil di bidang Industri dan Transportasi. Sehingga mengakibatkan terjadinya efek rumah kaca dan perubahan iklim. (Samejima, 2008).

Menurut data Kementerian ESDM (2016) kebutuhan energi di Indonesia dipasok dari berbagai sumber energi, seperti minyak bumi $\pm 39,93\%$, gas alam $\pm 23,10\%$, dan batubara $\pm 30,45\%$. Berdasarkan laporan tahunan Dirjen Migas (2018) cadangan minyak bumi 10 tahun terakhir mengalami penurunan dari 8,21 miliar barel turun ke kisaran 7,5 miliar barel dihitung dari cadangan terbukti. Menurut Nurfiana dan Fifi (2009) apabila terus terjadi penurunan produksi minyak bumi, maka berpotensi terjadi krisis energi yang mengakibatkan mandetnya sektor Transportasi, Industri dan jasa.

Kementerian ESDM dalam BPPT (2016) mencatat Potensi energi alternatif berupa bioenergi sebesar 32,6 GW baru digunakan 1,74 GW (5,3%). Sumber bioenergi tersebut berasal dari tumbuhan yang dapat dikonversi menjadi bahan bakar yang ramah lingkungan. Tetapi jauh sebelum itu, Henry Ford dalam Bajpai (2013) menyatakan bahan bakar masa depan akan berasal dari apel, serbuk gergaji dan tanaman lainnya. Energi dari bahan nabati melalui tahapan fermentasi untuk memperoleh etil alkohol. Beberapa tahun terakhir pernyataan Henry Ford mulai ditindaklanjuti oleh beberapa negara, terutama Amerika, Brazil dan negara Asia seperti China, Thailand serta India. Menurut Daud dkk. (2012) *Biofuel* adalah salah satu sumber energi alternatif yang bahan bakunya mudah ditemukan

di Indonesia. Berbagai tumbuhan yang dapat dikonversi menjadi *biofuel* yakni jarak pagar dan kelapa sawit yang dapat digunakan sebagai biodiesel untuk bahan campuran solar. Sedangkan tebu, ubi kayu, sagu dan aren dapat dikonversi menjadi bioetanol sebagai energi alternatif bensin.

Selain dampak keberlangsungan energi dan lingkungan yang diperoleh, produksi *biofuel* dapat membuka lapangan pekerjaan. Bank dunia dalam Nastari dkk. (2005) melaporkan produksi *biofuel* (bioetanol dan biodiesel) akan menyerap lebih dari 200.000 pekerjaan dari produksi bahan bakar nabati, sehingga dapat meningkatkan pendapatan dan perekonomian masyarakat di wilayah tertentu. Penciptaan lapangan kerja tersebut hadir di sektor pertanian, industri dan jasa. Pekerjaan di sektor ini untuk mencapai kestabilan energi yang tidak terlepas dari konsumsi dan pasokan energi. Sehingga keinginan untuk membangun perekonomian masyarakat pedesaan dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan lahan perkebunan dengan tanaman tertentu sebagai penghasil *biofuel*.

Bioetanol merupakan senyawa alkohol yang diperoleh melalui serangkaian proses dengan menggunakan mikroorganisme, dapat dilakukan secara kimiawi ataupun biologis. Metode kimiawi dilakukan dengan menghidrolisis pati dengan menggunakan asam organik. Asam yang digunakan dalam proses hidrolisis adalah H_2SO_4 , HCl, dan HNO_3 . Sedangkan metode biologis menggunakan bahan berupa enzim *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei*. Jika dilihat dari aspek ekonomi, proses produksi bioetanol secara kimiawi relatif lebih murah dibandingkan secara biologis. Selain permasalahan biaya produksi, penggunaan metode kimiawi dalam proses hidrolisis tidak memerlukan waktu yang banyak. Berbeda jika menggunakan metode biologis (Novianti dkk. 2013).

Hasil hutan bukan kayu (HHBK) menjadi salah satu objek kajian dalam pembuatan energi alternatif. Melihat komoditas HHBK di Indonesia khususnya wilayah bagian timur yang terdiri dari Papua, Kalimantan dan Sulawesi memiliki keanekaragaman hayati yang melimpah, sehingga potensi pengelolaan dan pemanfaatan sangat terbuka (Wahyudi, 2013). Salah satu komoditas HHBK yang dapat dimanfaatkan sebagai bioetanol yakni tanaman sagu (*Metroxylon spp.*). Potensi sagu di Indonesia mencapai 1.228.000 hektar, lebih dari 51,3% dari potensi pertanian sagu dunia sekitar 2.200.000 hektar (Susanto, 2006). Jenis

tanaman ini memiliki pemanfaatan tersendiri dalam menghasilkan produk tertentu. Pembuatan tepung sagu, mie, pelapis makanan dan salah satu sumber pangan karbohidrat tentunya hasil produk dari pati sagu. Produk yang berasal dari tanaman sagu menghasilkan sisa pemanfaatan (limbah) yang belum dimanfaatkan secara optimal. Pengelolaan limbah produksi sagu dapat dikonversi menjadi bioetanol dengan memanfaatkan kandungan selulosa dan karbohidrat dari ampas sagu (Wahyudi, 2013 dan Bintoro, 2008).

Empulur sagu berwarna putih diperoleh dari batang sagu yang memiliki kandungan pati dan serat sagu. Hasil pengolahan empulur sagu melalui tahapan ekstraksi menghasilkan pati 18,5% dan serat (ampas sagu) 81,5% (Khairunnisa, 2014). Pemisahan antara kandungan karbohidrat sagu dengan kandungan selulosa dilakukan atas dasar peruntukan dalam pengolahan produk-produk tertentu yang hanya memanfaatkan kandungan karbohidrat atau kandungan selulosa. Tetapi kedua kandungan tersebut memiliki potensi yang sama untuk diolah menjadi etanol dengan melalui tahapan hidrolisis dan fermentasi yang dapat dilakukan secara simultan pada empulur sagu (Wahyudi, 2013).

Industri ekstrak sagu diperoleh 18,5% sagu dan 81,5% limbah ampas sagu. Limbah dari hasil industri sagu ada dua yakni ampas sagu dan air sisa ekstrak sagu. Kedua limbah tersebut umumnya belum dimanfaatkan. Menurut Syakir dkk. (2009) limbah tersebut dapat meningkatkan keasaman tanah ($\text{pH} < 4$) yang dapat mengakibatkan tanaman di sekitarnya tidak dapat tumbuh atau dapat mengalami kematian. Limbah ampas sagu masih memiliki kandungan karbohidrat sebanyak 6,67 %, serat kasar 13,48% dan air 78,34%. Berdasarkan data tersebut limbah ampas sagu yang masih memiliki kandungan karbohidrat dan selulosa dapat ditingkatkan nilai komersialnya sebagai bahan bakar nabati melalui tahapan hidrolisis untuk mengurai karbohidrat dan selulosa menjadi glukosa (bioetanol) (Haryanto, 1992).

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini untuk mengetahui kandungan etanol dari empulur dan serat ampas sagu dengan hidrolisis asam. Adapun kegunaannya sebagai referensi bagi pembaca dalam pengolahan sagu menjadi etanol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sagu (*Metroxylon spp.*)

Sagu (*Metroxylon spp.*) merupakan salah satu tumbuhan yang sangat digandrungi oleh segelintir orang, khususnya masyarakat yang berdomisili di bagian Indonesia Timur, tepatnya wilayah Sulawesi, Maluku dan Papua. Daerah pesisir, rawa dan pantai adalah tempat tumbuh sagu. Masyarakat yang tinggal di daerah tersebut kebanyakan memanfaatkan sagu untuk memenuhi kebutuhan karbohidrat. Sehingga tidak lagi menggunakan nasi sebagai penyuplai karbohidrat utama (Wahyudi, 2013).

Secara garis besar sagu dari genus *Metroxylon*, digolongkan menjadi dua yakni, sagu berbunga atau berbuah 2 (dua) kali (*Pleonanthic*) dengan kandungan pati yang rendah. Sagu berbunga atau berbuah 1 (satu) kali (*Hepaxanthic*) dengan kandungan pati yang tinggi. Jenis sagu yang dikategorikan sebagai *Pleonanthic* adalah *M. Filarae Martiusw* dan *M. Elatum Mart.* Sagu golongan *Hipaxanthic* terdiri dari *M. Rumphii Mart.* (Sagu Tani), *M. Sagus Rottb.* (Sagu Molat), *M. Silvester Mart.* (Sagu Ihur), *M. Longisipinum Mart.* (Sagu Makanaru), dan *M. Micracantum Mart.* (Sagu Rotan). Varietas *Hepaxanthic* yang banyak dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomi dengan kandungan karbohidrat tinggi adalah sagu jeni Ihur, Tani dan Molat (Bintoro dkk, 2010).

Batang sagu terdiri dari lapisan kulit luar yang keras, ketebalannya mencapai 3-5 cm. Bagi orang Maluku bagian tersebut digunakan sebagai bahan bangunan. Kulit luar sagu memiliki lapisan sisa pelepah daun, sehingga yang terlihat hanya lapisan kulit tipis dan tidak terlalu keras yang berwarna merah atau kuning. Pohon sagu yang muda memiliki kulit tipis dibandingkan pohon sagu dewasa. Batang sagu memiliki bagian empulur yang mengandung serat dan pati. Kandungan serat dan pati tersebut mengandung air, berbeda dengan sagu dewasa hingga siap panen empulur dan serat mulai mengering dan keras. Kandungan pati sagu bergantung pada umur, jenis dan lingkungan tumbuh. Penurunan kandungan pati sagu biasanya ditandai dengan terbentuknya primordia bunga. Pohon sagu yang siap panen dikenali melalui perubahan yang terjadi pada daun, duri pucuk dan batang (Haryanto dan Pongloli, 1992).

Tanaman sagu tumbuh dengan baik pada ketinggian 400 hingga 1000 mdpl. Lebih dari 400 mdpl pertumbuhan sagu lambat dan kadar air sagu rendah. Ketinggian diatas 600 mdpl, tinggi tanaman sagu sekitaran 6 meter. Tegakan sagu akan tumbuh secara alamiah hingga ketinggian 1000 mdpl. Diluar dari itu sulit bagi sagu untuk tumbuh secara alami, kecuali diberi perlakuan khusus yang memungkinkan sagu tumbuh secara mekanis (Bintoro, 2008).

2.1.1 Potensi Sagu

Indonesia memiliki peluang besar dalam memanfaatkan potensi sagu, sekitar 55 % tanaman sagu dunia tumbuh di Indonesia. Luas hutan sagu Indonesia mencapai 1.250.000 ha dan luas budidaya sagu mencapai 148.000 ha. Persebaran sagu Indonesia kebanyakan berada di bagian Timur terdiri dari Maluku, Papua dan Sulawesi. Khusus Sulawesi Selatan sekitar 10.000 ha lahan yang berpotensi ditanami sagu, akan tetapi hanya sekitar 4.100 ha lahan yang digunakan untuk budidaya sagu (BPS, 2015). Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia (2015) luas areal tanaman sagu khususnya sulawesi selatan 3.896 ha dan jumlah produksi sagu 2.560 ton.

Potensi sagu sebagai bahan dasar sebuah produk pembuatan plastik ramah lingkungan (*Biodegradable plastic*) yang berasal dari pati sagu (Bintoro, 2010). Pohon sagu dapat difungsikan sebagai sumber karbohidrat selain nasi dan sebagai sumber energi alternatif yakni etanol (Wahyudi, 2013 dan Bintoro, 2013). Pengolahan pati sagu yang berkelanjutan dapat memproduksi etanol hingga jutaan liter bahan bakar nabati dalam rangka diversifikasi bahan bakar (Bintoro, 2010).

2.1.2 Limbah Sagu

Penggunaan limbah ampas sagu dapat dilakukan dengan berbagai cara tergantung peruntukannya. Ampas sagu dapat digunakan sebagai media tanam dan pupuk organik. Hal tersebut dapat dilakukan karena kandungan ampas sagu yang dapat membantu proses pertumbuhan tanaman. Limbah ampas sagu juga dapat menjadi pakan ternak, dengan cara mencampur bahan pakan ternak yang lain. pemanfaatan sebagai media tumbuh ulat sagu dengan cara dikonversi menjadi makanan. Daun sagu dapat diolah menjadi anyaman atau kerajinan seperti sapu

lidi (Bintoro, 2013). Tetapi potensi yang paling berkompeten bagi ampas sagu yakni pemanfaatan menjadi bahan bakar nabati (bioetanol) (Bintoro, 2010).

2.1.3 Empulur Sagu

Batang sagu memiliki kulit luar yang keras dan bagian dalam berupa empulur yang memiliki kandungan aci dan karbohidrat. Adapun bagian luar pohon sagu terdiri dari bekas pelepah daun, kulit tipis dan kulit keras. Sedangkan bagian dalam sagu terdiri dari empulur dan serat sagu. Empulur sagu adalah salah satu bagian prioritas untuk diolah menjadi produk tertentu. Lingkup pengolahan empulur sagu di bidang industri terbilang cukup luas, seperti di bidang pakan, pangan, alkohol dan industri kimia lainnya (Baharuddin dan Taskirawati, 2009). Empulur sagu dapat dikonversi menjadi etanol dengan menggunakan metode enzimatik dan kimiawi. Memanfaatkan kandungan empulur sagu untuk mereduksi pati menjadi glukosa dalam mendapatkan kadar etanol (Hartono dan Pagarra, 2011). Jumlah kadar etanol yang tinggi dapat diperoleh dikarenakan kandungan karbohidrat yang mayoritas dibanding kandungan lain yang terdapat dalam empulur sagu (Winarni dkk, 2019).

2.2 Bioenergi

Energi merupakan sumber daya alam yang sengaja diciptakan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Energi menurut Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia dan elektromagnetik. Sementara sumber energi adalah sesuatu yang dapat menghasilkan energi, baik secara langsung maupun melalui proses konversi atau transformasi.

Adapun sumber energi dibedakan menjadi 3 (tiga) bagian, terdiri dari sebagai berikut (Khalwani, 2018):

- a. Energi Terbarukan, sumber energi yang dapat dimanfaatkan dan dikelola secara berkelanjutan.
- b. Energi tidak Terbarukan, sumber energi yang dimanfaatkan secara terus menerus dan habis pada waktu tertentu.

c. Energi Baru, sumber energi baru yang ditemukan dari sebuah teknologi berupa energi terbarukan dan tidak terbarukan.

Bioenergi merupakan salah satu energi yang berasal dari makhluk hidup dari hasil konversi. Bioenergi menghasilkan 3 (tiga) jenis energi yakni, biofuel (biodiesel, bioetanol), biogas dan biomassa padat (serpihan kayu, biobriket serta residu pertanian). Hasil dari bioenergi tersebut berupa energi listrik, bahan bakar minyak (BBM) dan panas. Keberadaan bioenergi ini diharapkan dapat mengganti peran energi fosil yang sifatnya tidak dapat diperbaharui dan penyumbang emisi gas rumah kaca (Kementerian PPN, 2015).

Melihat tren konsumsi energi global dari tahun 1990, penggunaan energi fosil menduduki peringkat pertama (3161,2 miliar ton), disusul konsumsi batubara (2233,3 miliar ton), konsumsi gas (1767,7 miliar ton), tenaga air (489,5 miliar ton), tenaga nuklir (53,1 miliar ton), dan sumber energi terbarukan (28,6 miliar ton). Konsumsi energi tersebut terus naik hingga pada tahun 2015, dengan konsumsi minyak 4293,4 miliar ton, batu bara 3794,8 miliar ton, konsumsi gas 3160,2 miliar ton, tenaga air 887,8 miliar ton, tenaga nuklir 589,8 miliar ton, dan energi terbarukan 354,6 miliar ton. Penggunaan energi tersebut diprediksi akan terus naik hingga tahun 2035 dengan rincian, konsumsi minyak 5115,1 miliar ton, gas 4428,1 miliar ton, batu bara 4271,8 miliar ton, tenaga nuklir 859,2 miliar ton, tenaga air 1273,8 miliar ton dan sumber energi terbarukan 1359,4 miliar ton (Direktorat Jenderal EBTKE, 2016).

Tahun 2000-an produksi minyak nasional mencapai angka tertinggi dan diindikasikan akan terus meningkat hingga tahun 2025. Keadaan tersebut menjadi ancaman tersendiri bagi ketahanan energi nasional. Indonesia melakukan impor minyak bumi yang semakin naik hingga tahun 2007. Apabila tidak dilakukan resolusi maka akan terus meningkat hingga tahun-tahun berikutnya. Energi alternatif berupa energi terbarukan menjadi solusi dalam memenuhi kebutuhan energi dan menekan impor minyak bumi (BPPT, 2016).

Permasalahan yang dihadapi adalah produksi migas yang terus menurun dan konsumsi yang terus meningkat. Kebijakan pembatasan ekspor batubara mendapatkan hambatan tersendiri. Produksi dan pemanfaatan energi terbarukan masih relatif kecil dikarenakan kurangnya minat investor, tingginya tingkat

produksi dan permasalahan internal birokrasi yang berkepanjangan. Sehingga pemanfaatan, produksi dan penggunaan energi terbarukan semakin sulit tercapai (Daud, 2014).

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, maka diproyeksikan kebutuhan energi akan terus meningkat hingga 4,7% per tahun. Sehingga peranan dari energi terbarukan menjadi sangat penting untuk meningkatkan akses energi di masa depan. Indonesia telah menetapkan kebijakan energi nasional sebagai target pemanfaatan energi terbarukan pada tahun 2025 sebesar 23% dan bioenergi sebesar 5%. Pemerintah Indonesia berharap para investor memanfaatkan peluang energi untuk membantu pengembangan energi terbarukan (Direktorat Jenderal EBTKE, 2016).

2.2.1 Bioetanol

Etanol merupakan senyawa kimia yang berasal dari bahan organik berbentuk cair, berwarna jernih, berbau alkohol dan mudah terbakar. Rumus molekul alkohol C_2H_5OH dan berat molekul 46,07. Bioetanol merupakan etanol yang berasal bahan organik yang mengandung alkohol dari hasil konversi glukosa yang terdapat dalam nira tebu, nira aren, molase, ubi kayu, ubi jalar, sorgum dan jagung. Bioetanol dari bahan-bahan tersebut diistilahkan dengan bioetanol generasi pertama. Selain bahan yang mengandung gula, bioetanol dapat pula berasal dari bahan berlignoselulosa berupa jerami padi, tongkol jagung, tandan kosong kelapa sawit, bambu dan kayu. Bioetanol dari jenis bahan tersebut diistilahkan dengan bioetanol generasi kedua. Setiap bahan yang digunakan dalam produksi dari kedua jenis bahan yang berbeda generasi tersebut dapat dikonversi menggunakan asam dan enzim. Bahan bioetanol generasi pertama merupakan bahan karbohidrat yang dikonsumsi oleh masyarakat sebagai pemenuhan kebutuhan primer. Sehingga muncul persoalan tentang peruntukan dari bahan karbohidrat tersebut (Daud, 2014). Bahan berlignoselulosa (bioetanol generasi kedua) menjadi orientasi baru untuk pembuatan bioetanol dan intensif diteliti dalam dua dekade terakhir. Jenis bahan bahannya relatif mudah didapatkan dikarenakan banyak yang belum dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai limbah pertanian dan kehutanan (Yang dan Wyman 2005).

Bioetanol berpotensi untuk dijadikan bahan bakar nabati (BBN) sebagai pengganti bahan bakar fosil. Hasil pembakaran bioetanol yang bersih, bilangan oktan tinggi, mengurangi penyuplai emisi gas rumah kaca sebagai penyebab terjadinya perubahan iklim, sehingga bioetanol ini telah terbukti ramah lingkungan (Samejima, 2008). Menurut Departemen energi Amerika tahun 2007 bahwa etanol selulosa dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sebanyak 85% dari bensin yang diformulasi ulang. Sedangkan etanol dari fermentasi gula dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 18-19% dibandingkan dengan bensin. Bahan bakar dengan campuran etanol mengurangi sebaran CO₂ sebesar 7,5 ton pada tahun 2005 dan setara dengan menghilangkan gas rumah kaca yang berasal dari kendaraan sebanyak 1,18 juta mobil dari jalan (*Renewable Fuels Association*, 2006). Selain manfaat lingkungan yang didapatkan, terdapat pula keterbukaan lapangan kerja dan tambahan pendapatan bagi petani. Produksi bioetanol umumnya berasal dari etanol generasi pertama yang terdiri dari gula (tebu, molase) dan pati (jagung, singkong dan sagu). Pengembangan bioetanol generasi kedua dimulai dari pemanfaatan limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin (Salma dan Gunarto, 1999).

Secara umum proses pembuatan bioetanol terdiri dari beberapa tahap yakni sebagai berikut :

1. Hidrolisis

Tahap hidrolisis merupakan proses reaksi kimia untuk memecah rantai molekul atau senyawa menjadi sub senyawa dengan penambahan molekul air. Hidrolisis bertujuan untuk merubah ikatan polisakarida menjadi monosakarida. Apabila garam dari asam lemah atau basa lemah dapat larut dalam air. Maka proses hidrolisis akan menghasilkan molekul ion hidrogen (H⁺) dan molekul ion hidroksil (OH⁻). Hidrolisis selulosa menjadi unit glukosa sedikit rumit dibandingkan bahan berpati karena selulosa memiliki ikatan beta (β). Sedangkan hidrolisis pati menjadi glukosa lebih mudah dikarenakan berikatan alfa (α) (Spagnuolo dkk, 1999). Hidrolisis bahan selulosa dapat dipermudah dengan memperkecil ukuran partikel bahan, sehingga lebih banyak kandungan glukosa yang diperoleh (Agustian dan Sri, 2014).



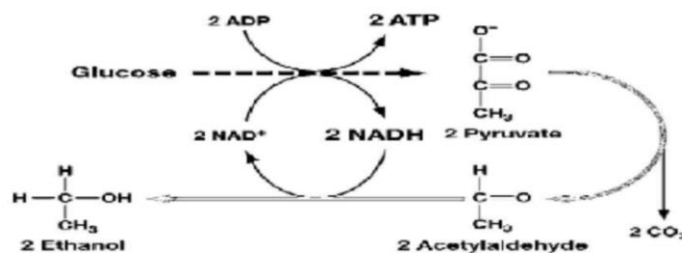
Istilah hidrolisis pertama kali diperkenalkan oleh Branconnot tahun 1819 yang menyatakan bahwa selulosa dapat direduksi menjadi gula. (Taherzadeh dan Karimi, 2007). Hal ini kemudian ditindaklanjuti oleh peneliti setelahnya untuk memanfaatkan penemuan tersebut untuk dikembangkan. Tahap hidrolisis sangat dipengaruhi oleh waktu, semakin lama waktu hidrolisis maka semakin banyak hasil gula reduksi. Akan tetapi memiliki konsekuensi berupa penurunan kadar glukosa. Sehingga penelitian yang dilakukan oleh Sjarif (2014) dan Polli (2016) dalam menghidrolisis serat ampas sagu bahwa waktu hidrolisis selama 3 jam adalah waktu yang tepat untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

2. Fermentasi

Fermentasi merupakan tahap produksi alkohol dari bahan nabati yang mengandung glukosa menggunakan jenis mikroba tertentu. Jenis mikroba yang dapat digunakan dalam proses fermentasi yakni *Saccharomyces cerevisiae*, *Schizosaccharomyces sp*, *Candida sp*, dan *Kluyveromyces sp*. Mikroba yang paling banyak digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* karena kemampuannya yang toleran terhadap etanol (Jeppson dkk, 2005). Penambahan ragi pada suhu ruang dalam proses fermentasi untuk menghasilkan alkohol berjenis etanol (Rohmadi dan Nuria, 2010).



Fermentasi anaerob menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, hidrolisat berubah menjadi asam piruvat melalui tahapan glikolisis. asam piruvat lalu dekarboksilasi oleh enzim piruvat dekarboksilase sehingga melepaskan CO₂ dan asetaldehid. Alkohol dehidrogenase dengan asetaldehid direduksi menjadi etanol. Berikut tahapan reaksinya (Herawati dkk, 2016) :



Gambar 1. Tahapan produksi etanol

3. Destilasi

Destilasi merupakan proses pemisahan antara air dan karbondioksida untuk menghasilkan kadar etanol murni. Proses pemisahan tersebut terjadi pada saat pemanasan. Suhu 78°C etanol akan menguap dan meninggalkan kadar air sedangkan karbondioksida yang akan menguap pada suhu 100°C. Hasil destilasi tersebut akan diperoleh etanol kadar 99,5%. Berbeda dengan kadar etanol dengan kadar 95,5 - 100% menggunakan alat destilasi absorbent yang memiliki pipa dinding berlapis zeolit (Soerawidjaja, 2006).

2.2.2 Khamir *Saccharomyces Cerevisiae*

Khamir *Saccharomyces cerevisiae* merupakan bakteri yang banyak dan sering digunakan dalam proses fermentasi. Bakteri yang tergolong dalam kelas *Ascomycetes* dengan ciri askus sebagai tempat pembentukan askospora. Khamir ini melakukan regenerasi dengan cara aseksual (bertunas) (Pelczar dkk, 1986). Komponen dinding sel *Saccharomyces cerevisiae* terdiri dari glukosa, manan, protein, kitin, dan lemak (Waluyo, 2004).

Saccharomyces cerevisiae toleran terhadap kadar etanol dan gula yang tinggi, sehingga sering digunakan dalam fermentasi etanol. Suhu fermentasi minimum hingga -32°C serta suhu optimum 35°C. Khamir *Saccharomyces cerevisiae* mampu memfermentasi glukosa, sukrosa, galaktosa dan rafinosa (monosakarida) (Kunke dan Mardon, 1970). Proses fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan oksigen diawal fermentasi (aerob), setelah terjadi proses akumulasi CO₂ maka reaksi berubah menjadi anaerob. Kondisi tersebut glukosa akan dikonversi menjadi etanol (Ouro, 1983).

2.2.3 Hidrolisis menggunakan Asam Kuat

Bahan kimia yang digunakan dalam hidrolisis asam terdiri dari asam sulfat, asam perklorat dan asam klorida. Khusus hidrolisis selulosa jenis asam yang biasa digunakan berupa asam sulfat, asam fosfat dan asam klorida (Herawati, 2010). Jenis asam yang paling banyak digunakan dan dimanfaatkan yakni asam sulfat. Proses hidrolisis asam terdiri dari 2 (dua) kelompok yakni, hidrolisis asam pekat dan hidrolisis asam encer (Taherzadah dan Karimi, 2007).

Hidrolisis asam pekat memerlukan investasi yang tinggi dikarenakan biaya pembelian dan pemeliharaan peralatan yang cukup tinggi. Sifatnya yang korosif maka menghasilkan pengenceran dan pemanasan asam. Apabila menggunakan asam perklorat dalam hidrolisis asam pekat maka dibutuhkan proses netralisasi yang dapat menghasilkan limbah gypsum/kapur. Berbeda dengan hidrolisis asam encer tidak terjadi *recovery* dan kehilangan asam (Iranmahboob, 2002). Jenis asam yang digunakan dalam hidrolisis asam encer berupa asam sulfat (H_2SO_4) dan asam klorida (HCL) (Mussatto dan Roberto, 2004).