

SKRIPSI
PERBANDINGAN PERSENTASE KADAR ETANOL
NIRA AREN (*Arenga pinnata* Merr) PADA
PENYADAPAN PAGI DAN SORE HARI

Disusun dan diajukan oleh

HAJRIA NORMA ATMAJAYA

M111 16 013



PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN PERSENTASE KADAR ETANOL NIRA AREN (*Arenga pinnata Merr*) PADA PENYADAPAN PAGI DAN SORE HARI

Disusun dan diajukan oleh

HAJRIA NORMA ATMAJAYA

M111 16 013

Telah dipertahankan di hadapan panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 13 September 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Baharuddin, M.P
NIP. 19651105 198903 1 002

Pembimbing Pendamping

Dr. Andi Sri Rahayu Diza Lestari A., S.Hut, M.Si
NIP. 19901204 201904 4 001

Ketua Program Studi



Dr. Ir. Syamsu Rijal, S.Hut., M.Si., IPU
NIP. 19770108 200312 1003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hajria Norma Atmajaya

NIM : M11116013

Prodi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul :

**"Perbandingan Persentase Kadar Etanol Nira Aren (*Arenga Pinnata Merr*)
Pada Penyadapan Pagi Dan Sore Hari"**

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

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

Makassar, 13 September 2022

Yang menyatakan,



Hajria Norma Atmajaya

ABSTRAK

Hajria Norma Atmajaya (M11116013). Perbandingan Persentase Kadar Etanol Nira Aren (*Arenga pinnata* Merr) pada Penyadapan Pagi dan Sore Hari, di bawah bimbingan Baharuddin dan Andi Sri Rahayu Diza Lestari A.

Hasil hutan bukan kayu merupakan salah satu objek kajian dalam pembuatan bioetanol. Salah satu produk HHBK yang digunakan sebagai bahan produksi bioetanol adalah nira aren. Kelebihan dari nira aren yaitu termasuk larutan gula yang dapat langsung melalui proses fermentasi. Berbeda jika bahan baku berasal dari pati yang harus melalui tahap hidrolisis dahulu sebelum difermentasi dan selulosa yang harus dikonversi dahulu dengan bantuan mineral asam untuk mendapatkan gula. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan persentase kadar etanol nira aren yang difermentasi dengan ragi fermipan dan ragi tapai serta perlakuan saat penyadapan yang dilakukan pada pagi dan sore hari. Penelitian ini diawali dengan nira aren hasil sadap dimasukkan kedalam wadah botol masing-masing sebanyak 500 ml kemudian ditambahkan dengan ragi fermipan 1,5 g dan ragi tapai 1,5 g untuk masing-masing perlakuan. Penentuan kadar etanol dilakukan pada tahapan fermentasi dengan mengukur kadar glukosa yang terkonversi menggunakan rumus Permata (2019). Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase kadar etanol nira aren pada penyadapan pagi hari cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan penyadapan sore hari. Perlakuan pengambilan nira pada pagi dan penggunaan ragi fermipan (A_1B_1) menunjukkan persentase tertinggi sampai 4,14%.

Kata kunci : *Nira aren, ragi fermipan, ragi tapai, fermentasi, etanol.*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan rasa syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa memberikan petunjuk, kekuatan, dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perbandingan Persentase Kadar Etanol Nira Aren (*Arenga pinnata Merr*) pada Penyadapan Pagi dan Sore Hari”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada sosok manusia mulia, Baginda Rasulullah *Shalallaahu 'Alahi Wa Sallam*. Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang diajukan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana (S1) Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin Makassar.

Selama proses penyelesaian skripsi ini, banyak kendala yang dihadapi, tetapi adanya bimbingan serta bantuan baik secara moril dan materil dari banyak pihak, skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih dari lubuk hati yang paling dalam terkhusus kepada Ayahanda **Suardi** dan Ibunda **Nurnia** atas segala doa, didikan, kasih sayang, perhatian dan motivasi yang tulus kepada penulis. Serta saudara terkasih **Tri Ardiansyah** dan **Nurman** yang selalu menghibur dan menebarkan kasih sayang. Kelak, semoga penulis dapat menjadi anak dan kakak yang membanggakan untuk keluarga. Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis juga dengan tulus menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Dr. Ir. Baharuddin, M.P** selaku pembimbing I dan Ibu **Dr. Andi Sri Rahayu Diza Lestari A., S.Hut, M.Si** selaku pembimbing II atas segala waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan memberikan arahan kepada penulis sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak **Agussalim, S.Hut, M.Si** selaku penguji I dan Bapak **Iswanto, S.Hut, M.si** selaku pembimbing II yang telah memberikan masukan, saran serta kritik yang konstruktif untuk perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini.

3. Seluruh **Bapak dan Ibu dosen** serta tenaga pendidik di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin yang telah membagikan ilmu dan pengalaman hidup kepada penulis selama menempuh pendidikan di bangku perkuliahan.
4. **Seluruh staff di Fakultas Kehutanan** Universitas Hasanuddin yang turut memberikan kontribusi langsung maupun tidak langsung selama masa awal perkuliahan sampai proses penyusunan skripsi.
5. Kepada kak daud, Muh. Syarif Alwi, S.Hut, dan Hasanuddin, S.Hut dan seluruh teman-teman di **Kampung Rimba** yang turut memberikan bimbingan selama penyusunan hasil skripsi.
6. Teman-teman di Posko **KKN Tematik PPM UH Desa Ajakkang, Kec. Soppeng Riaja, Kab. Barru** yang telah kebersamai penulis dalam melakukan pengabdian masyarakat.
7. Rekan-rekan **L16NUM**, atas segala kontribusi selama masa perkuliahan.
8. Rekan-rekan **Pulman16**, yang selalu menyempatkan waktu untuk saling menghibur dan memberikan motivasi.
9. Kepada **Yustika Hapsri, S.Hut, Risda, S.Hut, Nini Nurindah Sari, S.Hut, Iis Lestari, S.Hut dan Arni, S.Hut** yang selalu menemani dan membantu.

Makassar, 13 September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Aren (<i>Arenga pinnata</i> Merr).....	3
2.2. Potensi Nira Aren (<i>Arenga pinnata</i> Merr).....	4
2.3. Bioetanol.....	5
2.4. Bioetanol dari Nira Aren	9
III. METODE PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat	12
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	12
3.3. Metode Pelaksanaan.....	12
3.4. Analisis Data	13
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kadar Glukosa	15
4.2 Kadar Etanol	18

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan	21
5.2. Saran.....	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	25

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Hasil analisis ragam waktu pengambilan nira dan jenis ragi terhadap penurunan kadar glukosa aren	17
Tabel 2.	Hasil analisis Uji tukey perbedaan penurunan kadar glukosa pada berbagai kombinasi perlakuan waktu pengambilan nira aren dan jenis ragi.....	17
Tabel 3.	Hasil analisis ragam waktu pengambilan nira dan jenis ragi terhadap kadar etanol total nira aren	20
Tabel 4.	Hasil analisis Uji tukey perbedaan kadar etanol total pada berbagai kombinasi perlakuan waktu pengambilan nira aren dan jenis ragi.....	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Laju penurunan Kadar Glukosa pada Berbagai Perlakuan	15
Gambar 2.	Jumlah Kadar Glukosa pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	16
Gambar 3.	Kadar Etanol Total setiap Perlakuan	18
Gambar 4.	Total Kadar Etanol pada berbagai kombinasi perlakuan	19

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Data Hasil pengukuran kadar glukosa dan perhitungan kandungan etanol	25
Lampiran 2.	Dokumentasi penelitian	26

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya populasi penduduk dunia setiap tahun sejalan dengan meningkatnya kebutuhan energi yang digunakan. Bahan bakar fosil sebagai sumber energi tak terbarui juga semakin menipis. Bioetanol yang bersumber dari bahan hayati yang lebih ramah lingkungan merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui (Ibrahim, dkk., 2019). Pengembangan bioetanol ini sudah sesuai dengan Peraturan Presiden No.5/2006 tentang kebijakan energi nasional yang menetapkan 5% konsumsi berasal dari bahan bakar nabati.

Pengembangan bioetanol telah dilakukan diberbagai belahan dunia. Brazil dan Spanyol menjadi Negara dengan produksi bioetanol terbesar di dunia saat ini (Arlianti, 2018). Indonesia sebagai Negara agraris memiliki potensi bahan baku yang cukup besar dalam menghasilkan bioetanol. Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar motor mampu mengatasi berbagai permasalahan contohnya isu *global warming* serta menipisnya cadangan minyak bumi (Hendrawati, dkk., 2019).

Bioetanol (C_2H_5OH atau sering ditulis Et-OH) diproduksi dari biomassa yang mengandung gula, pati dan selulosa (Arlianti, 2018). Hasil hutan bukan kayu (HHBK) merupakan salah satu objek kajian dalam pembuatan bioetanol. Bioetanol dapat dibuat dari bahan baku padat dan bahan baku cair. Bahan baku padat dapat berupa singkong, tebu, sagu dan ubi jalar sedangkan bahan baku cair dapat berupa nira aren, nira nipah dan nira kelapa (Latara, dkk., 2020).

Tanaman aren dapat dijumpai hampir disetiap pelosok daerah di Nusantara seperti di Bengkulu, Sumatera Utara, Jawa Barat, Banten, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan, dan Sulawesi Selatan (Yunus, dkk., 2020). Menurut Manurung, dkk (2016), nira aren menghasilkan bioetanol dengan prospek yang lebih tinggi dibandingkan dengan umbi-umbian. Kelebihan dari nira aren yaitu termasuk larutan gula yang dapat langsung melalui proses fermentasi. Berbeda jika bahan baku berasal dari pati ataupun selulosa, dimana pati sebelum

difermentasi harus melalui tahap hidrolisis sedangkan selulosa dikonversi dahulu dengan bantuan mineral asam untuk mendapatkan gula.

Pembuatan bioetanol dari nira aren dalam proses fermentasi memerlukan bantuan bakteri *S. cerevisiae* yang bisa didapat di berbagai merek ragi di pasaran. Menurut Rahmah, dkk (2015), *S. cerevisiae* dalam pertumbuhannya memerlukan nutrisi, dimana nutrisi tersebutlah yang menyediakan energi, nitrogen, mineral, dan vitamin. Salah satu sumber nutrisi yang paling penting untuk pertumbuhan *S. cerevisiae* adalah pupuk urea karena mengandung kadar nitrogen sebesar 46%. Penyadapan nira aren umumnya dilakukan pada pagi dan sore hari. Waktu penyadapan mempengaruhi kadar glukosa pada nira karena dipengaruhi oleh suhu maupun tekanan udara saat siang dan malam hari

Pentingnya sumber nutrisi bagi *S. cerevisiae* dalam proses fermentasi menjadi pertimbangan untuk melakukan penelitian mengenai bagaimana perbandingan persentase etanol dari penyadapan nira aren pada pagi dan sore hari dengan penambahan ragi fermipan dan ragi tapai sebagai mikroba yang membantu proses fermentasi.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membandingkan persentase kadar etanol nira aren yang difermentasi dengan ragi fermipan dan ragi tapai serta perlakuan pada saat penyadapan yakni dilakukan pada pagi dan sore hari. Adapun kegunaan dari penelitian ini diharapkan dapat menambah khazanah ilmu dalam produksi bioetanol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aren (*Arenga pinnata* Merr)

Pohon aren sudah lama dikenal yang memiliki sumber gula yang terdapat dalam air sadapannya (nira). Tanaman ini memiliki potensi besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku dalam produksi etanol karena kandungan gulanya berkisar pada 6 – 16 % (Delly, dkk., 2016).

Adapun klasifikasi aren adalah sebagai berikut (Effendi, 2010) :

Regnum	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledonae
Ordo	: Spadiciflorae
Family	: Palmae
Genus	: <i>Arenga</i>
Spesies	: <i>Arenga pinnata</i> Merr

Aren dapat tumbuh di daerah lembab di sekitar khatulistiwa terutama di Asia Tenggara. Aren memiliki batang tunggal, dengan panjang hingga 20 m dan mahkota yang terdiri dari 15 hingga 20 daun besar. Produk utamanya adalah serat dan getah yang disadap dari perbungaan, hasil dari sadapan digunakan untuk membuat anggur atau gula (Elbersen, dkk., 2010).

Pohon aren hampir mirip dengan pohon kelapa. Hanya saja pohon kelapa mempunyai batang yang bersih sedangkan batang pohon aren sangat kotor karena terbalut oleh ijuk. Tangkai pohon aren dapat mencapai panjang 1.5 m, helaian daunnya mencapai 1.45 m dengan lebar 7 cm. Pada umur 6 – 12 tahun, pohon ini akan mulai berbunga. Proses pembungaannya dimulai dengan munculnya tunas bunga yang berada diantara pelepah, selanjutnya diikuti oleh tunas-tunas berikutnya ke arah pangkal batang (Baharuddin dan Taskirawati, 2009).

Penyerbukan buah aren melalui perantara angin atau serangga, karena pohon aren adalah tipe tanaman berumah satu. Hasil penyerbukan terbentuklah buah aren. Buahnya berbentuk bulat, memiliki diameter 4 – 5 cm dan di dalamnya

terdapat biji sebanyak 3 (tiga). Buah aren bergerombol membentuk untaian tandan yang memanjang sekitar 1,5 – 1,8 m, setiap tandannya lagi terdapat sekitar 40-50 untaian buah (Wahyudi, 2013).

Tanaman aren dapat tumbuh dimana saja, baik itu dataran rendah maupun dataran tinggi, bahkan bisa sampai pada ketinggian 1.400 mdpl. Pada ketinggian 500 – 800 mdpl, tanaman aren dapat tumbuh dan bereproduksi dengan baik. Pada ketinggian kurang dari 500 m dan lebih dari 800 m, tetap dapat tumbuh, namun produksi buahnya kurang memuaskan (Baharuddin dan Taskirawati, 2009).

2.2 Potensi Nira Aren (*Arenga pinnata* Merr)

Potensi tanaman aren di Indonesia cukup besar. Aren dapat tumbuh di daerah dengan curah hujan yang relatif tinggi serta merata sepanjang tahun seperti Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, daerah pulau Jawa, daerah Kalimantan, Nusa Tenggara Barat sampai wilayah Sulawesi, Maluku dan juga (Puslitbang Perkebunan, 2009).

Tanaman penghasil nira yang bernilai ekonomi tinggi salah satunya yaitu pohon aren (*Arenga pinnata* Merr). Tandan bunga jantan yang terletak di ujung batang adalah penghasil nira. Jumlah nira yang sedikit terletak pada ruas batang yang rendah, sedangkan nira dengan kadar serat tinggi dihasilkan pada tandan betina. Setiap tandan dalam 24 jam dapat menghasilkan 10 – 30 L nira yang dapat menghasilkan 1 – 3 kg gula aren. Selain nira, produk yang dihasilkan berupa ijuk, lidi, daun dan produk olahan (cuka dan alkohol) dapat dikembangkan sesuai dengan potensi tanaman dan dikaitkan dengan permintaan (Puslitbang Perkebunan, 2009)

Data tahun 2004 luas areal tanaman aren telah mencapai 60.482 ha yang tersebar di 14 provinsi. Tanaman aren (*Arenga pinnata*) adalah tanaman perkebunan yang sangat potensial dalam hal mengatasi kekurangan pangan dan mudah beradaptasi baik pada berbagai agroklimat, mulai dari dataran rendah hingga 1400 m di atas permukaan laut (Effendi, 2010). Hal yang membuat tanaman ini memiliki potensi besar untuk dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku dalam produksi etanol kandungan gula nira aren yang mencapai 11,18% (Akhir, dkk., 2015).

Aren lebih dikenal sebagai *sugar palm* dalam perdagangan internasional karena aren ditanam dengan tujuan utama untuk mendapatkan gula atau produk turunan gula, misalnya sirup. Kelebihan aren lainnya yaitu memiliki toleransi yang tinggi walaupun ditanam dengan pola campuran bersama dengan tanaman berkayu. Selain itu, aren tumbuh relatif cepat serta akar dan tajuk yang lebat, sesuai dengan tujuan konservasi tanah dan air. Aren memiliki berbagai fungsi, mulai dari fungsi ekonomi, sosial, budaya, dan konservasi sehingga aren juga biasa disebut dengan “*Wonderful tree*” (Wahyudi, 2013).

2.3 Bioetanol

Minat dalam menggunakan biofuel di sektor transportasi telah berkembang beberapa tahun terakhir. Etanol dan biodiesel menjadi alternatif jangka pendek yang dinilai terbaik. Lebih dari 30 negara tertarik dan telah memperkenalkan program untuk bahan bakar etanol. Negara-negara yang lain juga telah memperkenalkan biodiesel, tetapi hanya pada tingkat yang rendah. Dengan demikian, produksi etanol jauh lebih tinggi daripada produksi biodiesel, kecuali Eropa dimana prospek biodiesel jauh lebih baik karena memang didukung dengan ketersediaan bahan baku (Bajpai, 2007).

Bioetanol merupakan salah satu jenis *biofuel* ramah lingkungan dan diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. Memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dari pada bensin, dapat digunakan dalam bentuk murni dan dicampur dengan bensin merupakan beberapa keuntungan menggunakan bioetanol sebagai bahan bakar. Itulah mengapa bioetanol berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif (Akhir, dkk., 2015).

Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif bensin yang dapat dibuat dari bahan organik seperti, singkong, ubi, nira aren dan bahan yang mengandung gula lainnya. Pembuatan bioetanol dilakukan dengan bantuan mikroba dalam proses fermentasinya. *Zymomonas mobilis* yaitu salah satu mikroba yang dapat digunakan dalam proses fermentasi. Mikroba ini dapat memecah glukosa, fruktosa dan sukrosa menjadi etanol. Selain itu, kelebihan lainnya yaitu, produktivitas yang lebih tinggi dan waktu fermentasi yang lebih cepat karena konsumsi gula yang

lebih cepat, sehingga didapatkan rendemen bioetanol yang lebih efisien. Penambahan mikroba harus sesuai dengan media yang akan difermentasikan agar didapatkan hasil yang lebih baik (Solihat, 2016).

Menurut Bajpai (2013), etanol merupakan cairan bening tidak berwarna, mudah menguap, dan mudah terbakar yang dibuat dari bahan biologis yang berbeda-beda. Juga disebut etil alkohol. Dalam keadaan larutan air encer rasanya agak manis, berbeda jika dalam keadaan pekat, rasanya seperti terbakar. Etanol sendiri adalah alkohol, senyawa kimia yang molekulnya mengandung gugus hidroksil, -OH, yang terikat pada karbon, ditulis dengan rumus $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$.

Etanol dapat diproduksi dalam dua bentuk yaitu hidrat dan anhidrat. Untuk etanol hidrat biasanya diproduksi dengan destilasi dari fermentasi biomassa, dan berisi beberapa residu air. Sangat cocok untuk digunakan sebagai bahan bakar perapian di iklim hangat seperti yang di Brazil. Proses selanjutnya dehidrasi diperlukan untuk menghasilkan etanol anhidrat (100% etanol) untuk dicampur dengan bensin. Etanol anhidrat dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, dipakai murni atau bisa dicampur dengan bensin untuk membentuk campuran bensin, etanol anhidrat biasanya dicampur hingga 10% volume dalam bensin, yang dikenal sebagai E10. E10 ini biasanya digunakan dalam mesin yang dimodifikasi (Bajpai, 2013).

Secara umum dalam industri terdapat 2 macam cara pembuatan etanol yaitu: 1) cara non fermentasi atau sintetik, proses ini tidak menggunakan enzim atau jasad renik, 2) cara fermentasi, proses metabolisme dimana terjadi perubahan kimia dalam substrat karena aktivitas enzim yang dihasilkan oleh mikroba (Endah, dkk., 2007). Menurut Bajpai (2007), dalam produksi bioetanol dikenal istilah generasi pertama dan generasi kedua. Bioetanol dari generasi pertama diperoleh dari pati. Sedangkan pada generasi kedua, bahan baku yang digunakan yaitu bahan lignoselulosa

Produksi bioetanol lignoselulosa terdiri dari 4 (empat) proses yakni sebagai berikut:

Pretreatments

Pada tahap ini terbagi menjadi beberapa metode yaitu kimia, biologi dan fisik, tetapi setiap proses memiliki ketergantungan yang kuat. *Pretreatments* diperlukan untuk mengubah ukuran biomassa makroskopik dan mikroskopis dan struktur serta komposisi submikroskopisnya sehingga hidrolisis fraksi karbohidrat menjadi gula monomer dapat dicapai lebih cepat dan tentunya dengan hasil yang lebih besar. Tahap ini mempengaruhi struktur biomassa dengan pelarut hemiselulosa, mengurangi kristalinitas serta meningkatkan luas permukaan yang tersedia dan volume pori substrat (Bajpai, 2013).

Hidrolisis

Menurut Bajpai (2013), metode hidrolisis yang paling umum digunakan yaitu asam (encer dan pekat) dan enzimatik. Asam encer digunakan dalam degradasi hemiselulosa meninggalkan lignin dan jaringan selulosa dalam substrat. Proses asam encer dilakukan pada suhu tinggi dan tekanan yang tinggi dan memiliki waktu reaksi dalam kisaran detik atau menit. Proses asam pekat menggunakan suhu yang relatif ringan, tetapi pada konsentrasi tinggi asam sulfat dan tekanan minimum yang terlibat. Waktu reaksi biasanya lebih lama daripada asam yang encer.

Hidrolisis enzimatik menggunakan selulase yang tidak menghasilkan inhibitor, dan enzim yang sangat spesifik yaitu selulosa. Hidrolisis enzimatik sangat spesifik dan dapat menghasilkan glukosa murni. Banyak ahli yang berpendapat bahwa metode enzimatik ini sebagai kunci produksi etanol hemat biaya dalam jangka panjang (Bajpai, 2013).

Hidrolisis selulosa dianggap langkah utama dalam proses hidrolisis. Pada proses ini selulosa dihidrolisis menjadi glukosa oleh asam atau enzim. Baik bakteri dan jamur adalah sumber yang baik untuk produksi selulase dan hemiselulase yang bisa digunakan untuk hidrolisis lignoselulosa pra perlakuan tetapi jamur yang paling banyak diteliti perhatian karena kondisi pertumbuhan aerobik dan tingkat produksi yang adil (Bajpai, 2007).

Fermentasi

Fermentasi adalah mengubah bahan baku menjadi produk yang bernilai lebih tinggi dengan cara aplikasi metabolisme mikroba. Produk hasilnya antara lain asam-asam organik, protein sel tunggal, antibiotika, dan biopolimer . Dalam sumber yang lain, dikatakan bahwa fermentasi adalah pengubahan senyawa yang kompleks menjadi sederhana (Muin, dkk., 2015).

Gula yang diperoleh dari hidrolisis selulosa yang kemudian digunakan untuk fermentasi etanol dengan bantuan mikroorganisme, misalnya ragi. Fermentasi dilakukan dalam kondisi anaerob. Saat ini, hampir semua industri etanol fermentasi menggunakan model *batch*. Dalam fermentasi *batch*, mikroorganisme bekerja dalam konsentrasi substrat yang rendah dengan konsentrasi etanol yang meningkat selama proses fermentasi (Bajpai, 2013).

Penambahan ragi dalam proses fermentasi bertujuan untuk menghasilkan alkohol jenis etanol (Rohmadi dan Nuria, 2010). *S. cerevisiae* merupakan jenis bakteri yang paling sering digunakan (Pelczar, dkk., 1986). *S. cerevisiae* memiliki toleran terhadap kadar etanol dan gula yang tinggi, itulah mengapa bakteri ini sering digunakan. Jenis ini mampu memfermentasi glukosa, sukrosa, galaktosa dan monosakarida (Kunke dan Mardon, 1970).

Destilasi

Destilasi merupakan pemisahan zat cair dari campurannya berdasarkan perbedaan titik didih atau berdasarkan pada kemampuan zat untuk menguap. Dengan proses dimana zat cair yang dipanaskan mencapai titik didihnya, kemudian mengalirkan uap ke dalam alat pendingin (kondensor). Di kondensor, hasil pengembunan dikumpulkan dalam bentuk zat cair (Delly, dkk., 2016). Pada tahap ini, alkohol hasil dari fermentasi sebelumnya memasuki tahap pemurnian. Kelebihan dari pemurnian destilasi ini menjadikan produk memiliki kemurnian yang tinggi, dan dapat memisahkan berdasarkan perbedaan titik didih. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu destilasi yang digunakan, maka etanol yang dihasilkan juga semakin tinggi (Muin, dkk., 2015).

2.3. Bioetanol dari Nira Aren

Aren menjadi salah satu tanaman yang berpotensi sebagai sumber bahan baku bioetanol. Pohon aren adalah tumbuhan yang sudah lama dikenal sebagai sumber gula yang terdapat dalam air sadapannya atau dikenal dengan istilah nira (Akhir, dkk., 2015).

Salah satu keuntungan nira aren dalam industri etanol yaitu memiliki senyawa karbohidrat yang sudah siap diubah oleh mikroba sehingga tidak memerlukan proses pendahuluan melainkan dapat langsung difermentasi. Fermentor anaerob digunakan jika bahan bakunya berupa gula (Syauqiah, 2015).

Pada ruang terbuka, nira mudah mengalami fermentasi (Nugroho, 2012). Proses fermentasi dibantu oleh mikroorganisme. Jenis yang paling sering digunakan dan potensial untuk fermentasi etanol adalah *S. cerevisiae*, yang tumbuh optimum pada suhu 25°C – 30°C dan maksimum pada suhu 35°C – 47°C. pH pertumbuhan yang baik antara 4-5. Pada pH tinggi aktivitas fermentasi akan naik. Selain pH, nutrisi juga menjadi faktor yang mempengaruhi proses fermentasi (Akhir, dkk., 2015).

Adapun faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme antara lain (Nugroho, 2012):

Suplai Zat Gizi

Sumber makanan dibutuhkan mikroorganisme sebagai sumber energi yang dapat menyediakan unsur-unsur kimia dasar untuk pertumbuhan sel. Unsur dasar tersebut diantaranya karbon, nitrogen, oksigen, sulfur, fosfor, magnesium, zat besi dan beberapa zat logam. Unsur nitrogen adalah yang paling penting. Nitrogen diperoleh salah satunya dari penambahan urea (Rahmah, dkk., 2015). Selain itu kebutuhan elemen dasar mikroba dalam membantu proses fermentasi yaitu sumber karbon yang diperoleh dari karbohidrat dan zat tambahan dalam medium fermentasi digunakan nitrogen dan mineral.

Sabut kelapa sendiri mengandung unsur hara makro berupa kalium sebanyak 78%, nitrogen 23% dan fosfor sebanyak 4% (Puslitbang Perkebunan, 2017). Fosfor merupakan salah satu unsur paling penting dalam kehidupan *S. cerevisiae* terutama dalam pembentukan alkohol dari gula (Swetachattra, dkk.,

2019). Menurut Ansar, dkk (2019) penambahan NPK pada fermentai nira aren tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar etanol yang dihasilkan.

Waktu

Saat proses inokulasi, mula-mula akan terlihat pertumbuhan ukuran, volume dan berat sel. Saat ukurannya mencapai dua kali ukuran normal, sel tersebut membelah lagi menjadi dua sel, kemudian tumbuh dan membelah menjadi empat sel lagi. Pertumbuhan dan pembelahan sel akan terus menerus sampai populasi terbentuk selama kondisi memungkinkan. Syauqiah (2015), dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa kadar alkohol berbanding lurus dengan waktu fermentasi.

Suhu

Faktor lingkungan yang penting dalam fermentasi salah satunya yaitu suhu. Suhu dapat mempengaruhi mikroorganisme dalam dua cara yang berlawanan.

Air

Air dalam kehidupan mikroorganisme sangat diperlukan. Air berperan penting dalam proses metabolit sel dan sebagai pengangkut zat-zat gizi ke dalam maupun luar sel.

pH

Masing-masing mikroorganisme memiliki pH yang optimum. Kebanyakan mikroorganisme dapat tumbuh pada pH 6,0 – 8,0 dan pH di luar kisaran 2,0 – 10,0 biasanya bersifat merusak.

Oksigen

Kebutuhan oksigen setiap mikroorganisme berbeda-beda untuk metabolismenya. Mikroorganisme aerobik membutuhkan oksigen sedangkan untuk mikroorganisme anaerobik tidak membutuhkan oksigen, bahkan oksigen dapat menjadi racun bagi mikroorganisme tersebut.

Menurut (Puslitbang Perkebunan, 2009), setelah difermentasikan selama 2 – 3 hari dengan cara menyimpan dalam wadah. Wadah tersebut kemudian

dihubungkan dengan dengan desilator selanjutnya dipanaskan sampai mendidih. Tak lupa mengatur besarnya api dalam tungku agar prosesnya berjalan baik. Jumlah nira, besarnya api, konstruksi tungku dan panjangnya pipa destilator mempengaruhi lamanya proses destilasi. Etanol absolut dengan kadar 99% didapatkan dengan proses dehidrasi menggunakan saringan molekul.