

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkebunan Kelapa Sawit

Tanaman Kelapa Sawit dengan nama latin *Elaeis guineensis Jacq* berasal dari Nigeria, Afrika Barat (Allorerung,dkk. 2010). Tanaman kelapa ini diklasifikasikan sebagai berikut:

Divisi : Embryophita Siphonagama

Kelas : Angiospermae

Ordo : Monocotyledonae

Famili : Arecaceae

Subfamily : Cocoideae

Genus : Elaesis

Species : *E.guineensis Jacq*, *E.oleifera*



Gambar 2.1 Kelapa Sawit

Perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Barat pada tahun 2020 tercatat seluas 1.904.904 Ha serta pada Kabupaten Sambas memiliki luas perkebunan kelapa sawit 96.278 Ha pada Tahun 2020 (BPS, 2020). Peningkatan luas perkebunan kelapa sawit sudah mendorong tumbuhnya industri-industri pengolahan, diantaranya Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) yang membuat *crude palm oil* (CPO). PMKS adalah industri yang sarat dengan residu pengolahan. PMKS hanya membentuk 25-30 % produk utama berupa 21-23 % CPO dan 5-7 % inti sawit (kernel). Sementara

sisanya sebanyak 70-75 % adalah residu hasil pengolahan berupa limbah (Nugroho, 2019).

2.2 Limbah

Limbah berdasarkan Undang-undang nomor 32 Tahun 2009 merupakan sisa dari suatu usaha atau aktivitas. Limbah berkaitan dengan pencemaran lingkungan, oleh sebab itu, pengolahan limbah sangat diharapkan supaya tidak mencemari lingkungan.

Berdasarkan Suharto (2011), berdasarkan wujud limbah yang didapatkan, limbah terbagi tiga yaitu limbah padat, cair serta gas. Limbah padat artinya limbah yang mempunyai wujud padat yang bersifat kering serta tidak bisa berpindah kecuali dipindahkan. Limbah padat ini umumnya asal dari sisa makanan, sisa dari hasil industri, dan lain-lain. Limbah padat dapat dibagi menjadi 2, yaitu limbah organik dan anorganik yang didapatkan dari rumah tangga dan industri yang tidak memiliki nilai ekonomi. Limbah organik merupakan limbah yang dapat diuraikan secara sempurna dengan melalui proses biologi, sedangkan limbah anorganik limbah yang tidak dapat diuraikan melalui proses hayati (Febriadi, 2019)

2.3 TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit)

Limbah kelapa sawit adalah sisa hasil dari proses budidaya tanaman kelapa sawit, industri pengolahan sawit (PKS) menjadi CPO, maupun pengolahan bagian kernel menjadi minyak inti sawit /*Palm Kernel Oil* (PKO). Limbah padat yang dihasilkan dari sekitar 35% – 40% dari total TBS yang diolah dalam bentuk tandan kosong, serat, cangkang buah, abu bakar dan bungkil sawit (Praevia & Widayat, 2022). TKKS adalah limbah primer dari industri pengolahan kelapa sawit. Tandan kelapa sawit merupakan bagian yang berasal dari pohon kelapa sawit yang berfungsi sebagai tempat untuk buah kelapa sawit atau yang biasa disebut TBS. Setiap tandan mengandung 62- 70% buah dan sisanya berupa tandan kosong yang belum dimanfaatkan dengan optimal. Selama ini pemanfaatan tandan kosong hanya menjadi bahan bakar boiler, kompos, sebagai pupuk, bahan baku pembuatan matras dan media untuk pertumbuhan jamur dan tanaman serta juga menjadi pengeras jalan pada perkebunan kelapa sawit (Erivianto, 2018). TKKS berpotensi menghasilkan produk yang lebih bermanfaat, salah satunya menjadi bahan baku bioetanol. Penelitian Fauzi (2005) dalam satu kali produksi minyak sawit akan dihasilkan 23-

25% TKKS, 13-15% serat, 6,5% cangkang, 5,5-6% biji, dan 16-20% *Crude Palm Oil* (CPO). Menurut penelitian Mardawati (2019), TKKS memiliki kandungan selulosa sebanyak 33,83% – 34,85%; hemiselulosa 17,07% - 18,05%; dan lignin 26,71% 27,54%.



Gambar 2.2 a. TBS, b. TKKS

2.4 Energi Terbarukan

Secara definisi di Undang – Undang Energi No 30 Tahun 2007: sumber energi terbarukan ialah sumber energi yang didapatkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, diantaranya panas bumi, angin, bioetano, sinar surya, aliran air serta terjunan air, dan Gerakan serta disparitas suhu lapisan laut.

Energi diperoleh dari sumber-sumber energi. Sumber energi dapat dikelompokkan sebagai dua yaitu sumber energi tidak terbarukan (*non renewable*) dan sumber energi terbarukan (*renewable*). Sumber energi baru terbarukan adalah sumber energi ramah lingkungan yang tidak mencemari lingkungan dan tidak memberikan kontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global, karena energi yang didapatkan berasal dari proses alam yang berkelanjutan, seperti sinar matahari, angin, air, biofuel, dan geotherma (Kementerian ESDM, 2016). Energi tidak terbarukan merupakan sumber energi yang jumlahnya terbatas serta memerlukan waktu yang lama untuk mendapatkannya kembali, sumber energi ini diantaranya berupa minyak bumi, gas bumi dan batubara

2.5 Pengelolaan Energi Nasional (PEN)

Indonesia masih memiliki cadangan potensi alam yang masih dapat dipergunakan dari sumber energi tak terbarui. Berikut data cadangan energi nasional di Indonesia yang dapat di lihat pada table 2.1.

Tabel 2.1 Jumlah potensi sumber daya energi tak terbarukan di Indonesia

Jenis Energi Fossil	Sumber Daya	Cadangan	Produksi	Rasio CAD/PROD (Tahun)
Minyak	86,9 miliar barel	0,1 miliar barel	387 Juta Barel	23
Gas	384,7 TSCF	185,8 TSCF	2,95 TSCF	62
Batu Bara	58 miliar ton	19,3 miliar ton	132 juta ton	146

(sumber: BluePrint Pengelolaan Energi Nasional, 2006)

Berdasar data tersebut angka sumber daya alam penghasil energi minyak akan makin habis pada tahun 2028. Maka pemerintah mengeluarkan Peraturan Presiden No 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional, UU 30 Tahun 2007 Tentang Energi dan RUPTL PLN, yaitu sumber alam terbarukan (*renewable*) akan terus dikembangkan untuk menjadi sumber energi utama. Sehingga energi terbarukan dapat mengganti sumber energi tak terbarukan.

2.6 Bioetanol

Bioetanol (C_2H_5OH) ialah cairan biokimia pada proses fermentasi gula berasal dari sumber karbohidrat yang menggunakan bantuan mikroorganisme (Shinduwati, 2021). Produksi alkohol yang paling banyak digunakan adalah metode fermentasi serta destilasi. Bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan etanol berupa nira (sukrosa), nira tebu, nira nipah, nira sorgum manis, nira kelapa, nira aren, nira siwalan, sari butir mete, bahan berpati berupa tepung sorgum biji, sagu, singkong, ubi jalar, ganyong, garut, umbi dahlia, bahan berselulosa (lignoselulosa) berupa kayu, jerami, batang pisang, TKKS serta lain-lain (Sudiyani *et al.*, 2019).

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan menggunakan proses destilasi. Proses destilasi dapat membuat etanol

menggunakan kadar 95% volume, buat dipergunakan sebagai bahan bakar (biofuel) perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99% yang lazim dianggap *Fuel Grade Ethanol* (FGE) (Atikah, 2018). Berdasarkan kadar alkoholnya, etanol terbagi menjadi 3 grade yaitu grade industri dengan kadar alkohol 90-94 %, netral dengan kadar alcohol 96-99,5 % yang umumnya dipergunakan buat minuman keras atau bahan baku farmasi, dan grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5 – 100 % (Hendrawati, *et al.*, 2019) .Berikut merupakan table parameter kualitas bioetanol berdasarkan baku Nasional Indonesia (SNI)

Tabel 2.2 Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol (SNI 7390 2012)

Parameter	Unit, Min/Max	Spesifikasi	Metode Uji (SNI 7390-2012)
Kadar etanol	%-V, min	99,5 (sebelum denaturasi) 94,0 (setelah denaturasi)	Sub 11,1
Kadar metanol	%-v,max	0,5	Sub 11,1
Kadar air	%-v,max	0,7	sub 11,2
Kadar denaturan	%-v,min	2	sub 11,2
	%-v,max	5	sub 11,3
Kadar CU	mg/Kg, max	0,1	Sub 11,4
Keasaman CH ₃ COOH	mg/L,max	30	Sub 11,5
Tampakan		Jernih dan tidak ada endapan	peng. Visual
Ion Klorida	mg/L,max	20	Sub 11,6
Kandungan Sulfur	mg/L,max	50	Sub 11,7
Getah	mg/100Ml,max	5	Sub 11,8
Ph		6,5-9,0	Sub 11,9

Sumber: BSN,2012

2.7 Jenis Metode Pembuatan Bioetanol

Secara umum sintesis bioetanol yang berasal dari biomassa terdiri dari 2 tahap primer, yaitu hidrolisis serta fermentasi. Pada metode terdahulu proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara terpisah atau *Separated Hydrolysis and Fermentation* (SHF) dan baru-baru ini merupakan proses *Simultaneous*

Saccharification and Fermentation (SSF). Keuntungan dari SHF adalah hidrolisis oleh enzim selulase serta fermentasi oleh mikroorganisme bisa dilakukan pada masing-masing kondisi optimum (Taherzadeh, 2007). Namun, bioetanol serta CO₂ yg terbentuk dapat menghambat proses fermentasi/*endproduct inhibition* (Samsuri *et al.*, 2007). Penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan bioetanol dengan bahan baku dari limbah industri *Crude Palm Oil* (CPO) yaitu dari tandan kosong kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif untuk menghasilkan bioetanol dengan menggunakan metode *Separated Hydrolysis and Fermentation* (SHF).

2.8 Proses Pembuatan Bioetanol

2.8.1 Proses *Pretreatment* (Delignifikasi)

Perlakuan awal atau *pretreatment* dari TKKS bertujuan untuk mendapatkan selulosa dan menghilangkan lignin dari TKKS. *Pretreatment* ini dilakukan agar lignoselulosa lebih mudah untuk dibuka sehingga polimer polisakarida bisa dipecah menjadi monomer gula (Sindhuwati *et al.*, 2021). Proses pemisahan atau penghilangan lignin berasal serat-serat selulosa dengan delignifikasi atau pulping. Perlakuan pendahuluan dapat dilakukan secara fisika, fisika-kimia, kimia, biologis juga kombinasi dari cara-cara tersebut (Sun, 2002).

- 1) *Pretreatment* secara fisika diantaranya berupa pencacahan secara mekanik, penggilingan,serta penepungan untuk memperkecil ukuran bahan dan mengurangi kristalinitas selulosa.
- 2) *Pretreatment* secara fisika-kimia diantaranya merupakan *steam explosion*, *ammonia fiber explosion* (AFEX), dan *CO₂ explosion*. Metode ini, partikel biomassa dipaparkan pada suhu dan tekanan tinggi, lalu tekanannya diturunkan secara cepat sehingga bahan mengalami dekompresi eksplosif.
- 3) *Pretreatment* secara kimia, diantaranya adalah bioetanol, hidrolisis asam, hidrolisis alkali, delignifikasi oksidatif, serta proses organosolv.
- 4) *Pretreatment* secara biologis menggunakan mikroorganisme fungi pelapuk coklat, jamur pelapuk putih, serta jamur pelunak untuk mendegradasi lignin dan hemiselulosa yang terdapat dalam bahan lignoselulosa, diantara ketiga jamur yang paling efektif untuk bahan lignoselulosa yaitu jamur pelapuk putih (*white-rot fungi*).

Proses *pretreatment* dan hidrolisis merupakan tahapan proses yang sangat penting yang bisa mempengaruhi perolehan etanol. Proses *pretreatment* dilakukan untuk mengkondisikan bahan-bahan lignoselulosa baik dari segi struktur dan ukuran. Proses perlakuan awal dilakukan karena beberapa faktor seperti kandungan lignin, berukuran partikel serta kemampuan hidrolisis dari selulosa serta hemiselulosa (Hendriks & Zeeman, 2009). *Pretreatment* bertujuan untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polimer sakarida menjadi monomer gula. *Pretreatment* akan mempermudah enzim untuk memecah polimer sakarida sehingga akan mengalami peningkatan hasil glukosa serta xilosa. Selama beberapa tahun terakhir banyak sekali teknik *pretreatment* telah dipelajari melalui pendekatan hayati, fisika, kimia. Berdasarkan (Sun, 2002), *pretreatment* seharusnya memenuhi kebutuhan berikut ini:

- 1) meningkatkan pembentukan gula atau kemampuan menghasilkan gula di proses berikutnya melalui hidrolisis enzimatik
- 2) Menghindari degradasi atau kehilangan karbohidrat
- 3) Menghindari pembentukan produk samping yang bisa menghambat proses hidrolisis dan fermentasi
- 4) Biaya yang diperlukan hemat

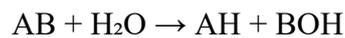
2.8.2 Proses Hidrolisis

Proses selanjutnya adalah Hidrolisis. Hidrolisis merupakan reaksi kimia antara air dengan suatu zat lain yang menghasilkan suatu zat baru atau lebih dan dapat menyebabkan suatu larutan terdekomposisi dengan menggunakan air. Hidrolisis TKKS untuk memisahkan ikatan dan mengurangi ikatan lignin dan hemiselulosa serta memecah struktur ikatan selulosa menjadi gula sederhana (Praputri *et al.*, 2018).. Rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa ikut terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa, galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Senyawa gula sederhana tadi yang akan difermentasi oleh mikroorganisme membentuk etanol (Osvaldo *et al.*, 2012).

Berbagai macam metode hidrolisis untuk bahan lignoselulosa, hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatik merupakan 2 metode utama yang banyak digunakan khususnya untuk bahan-bahan lignoselulosa dari limbah pertanian dan potongan-

potongan kayu. Hidrolisis selulosa secara enzimatik memberi *yield* etanol sedikit lebih tinggi dibandingkan metode hidrolisis asam, tetapi proses enzimatik tadi merupakan proses yang paling mahal. Suhu yg lebih tinggi akan mempermudah dekomposisi gula sederhana serta senyawa lignin. Pada suhu dan tekanan tinggi, glukosa dan xylosa akan terdegradasi menjadi furfural serta hidroksimetilfurfural (Osvaldo *et al*, 2012).

Hidrolisis adalah reaksi kimia yang memecah molekul menjadi dua bagian dengan penambahan molekul air (H₂O), dengan tujuan untuk mengkonversi polisakarida menjadi monomer-monomer sederhana. Satu bagian dari molekul memiliki ion hidrogen (H⁺) serta bagian lain memiliki ion hidroksil (OH⁻). Umumnya hidrolisis ini terjadi saat garam dari asam lemah atau basa lemah (atau keduanya) terlarut pada dalam air. Reaksi umumnya yakni menjadi berikut :



2.8.3 Fermentasi

Fermentasi merupakan proses bioetanol yang membuat energi dari gula serta molekul organik lain serta tidak memerlukan oksigen atau sistem transfer elektron. Glukosa diubah menjadi asam piruvat melalui proses glikolisis, di beberapa makhluk hidup seperti bakteri, asam piruvat dapat diubah sebagai produk fermentasi seperti etanol. Glukosa akan difermentasikan menggunakan mikroba untuk merubah glukosa menjadi etanol (R. A. Pratiwi *et al.*, 2013).

Proses fermentasi merupakan suatu proses pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa yang sederhana. Pada proses mikrobiologi, fermentasi dilakukan oleh mikrobia yang menghasilkan enzim yang sesuai menggunakan proses tadi. Berdasarkan produk yang dihasilkan, fermentasi digolongkan sebagai dua macam, yaitu sebagai berikut:

1. Fermentasi alkoholisis, yaitu fermentasi yang membentuk alkohol menjadi produk akhir di samping produk samping lainnya. Misalnya di pembuatan wine, cider, serta tape.
2. Fermentasi non-alkoholisis, yaitu fermentasi yang tidak menghasilkan alkohol menjadi produk akhir selain bahan lainnya. Misalnya di pembuatan tempe, antibiotika serta lain-lain.

2.8.4 Destilasi

Destilasi merupakan suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan titik didih atau kemudahan menguap (volatilitas). Faktor yang berpengaruh pada proses destilasi adalah jenis bahan yang didestilasi, temperatur, volume bahan serta ketika destilasi. Faktor yang paling berpengaruh adalah temperatur dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini lalu didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini adalah termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya. Proses perpindahan massa ialah salah satu proses yang cukup penting (Lestari, 2010).

Destilasi dilakukan untuk memisahkan etanol dari beer (sebagian besar adalah air serta etanol). Titik didih etanol murni ialah 78°C sedangkan air merupakan 100°C (kondisi standar), dengan memanaskan larutan pada suhu rentang 78°-100°C akan mengakibatkan sebagian besar etanol menguap, serta melalui unit kondensasi, akan bisa didapatkan etanol menggunakan konsentrasi 95% volume (LIPI, 2019).

2.8.5 Adsorpsi (Dehidrasi)

Adsorpsi adalah salah satu proses pengeringan etanol melalui suatu proses pemisahan bahan dari campuran gas atau campuran cairan, bahan harus dipisahkan ditarik oleh permukaan adsorben padat dan diikat oleh gaya-gaya yang bekerja pada permukaan tersebut. Adsorben adalah bahan padat dengan luas permukaan yang besar. Permukaan luas ini terbentuk karena banyaknya pori-pori yang halus pada permukaan tersebut. Pemilihan adsorben yang baik didasarkan pada luas permukaannya yang besar (Dyartanti, *et.al.*, 2013).

2.9 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Bioetanol

Faktor yang mempengaruhi dalam pembuatan bioetanol terdiri dari kandungan dan jenis bahan yang digunakan dan faktor dalam pembuatan bioetanol. Fermentasi merupakan salah satu proses yang terjadi dalam pembuatan bioetanol. Fermentasi adalah suatu kegiatan penguraian bahan-bahan karbohidrat yang tidak menimbulkan bau busuk dan menghasilkan fuel karbondioksida. Suatu fermentasi yang busuk merupakan fermentasi yang mengalami kontaminasi. Fermentasi

pembentukan alkohol dari gula dilakukan oleh mikroba. Mikroba yang biasa digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* (W. N. I. Putra *et al.*, 2011).

Fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

a) Mikroorganisme

Mikroorganisme mampu menguraikan karbohidrat dan glukosa menjadi alkohol. Mikroorganisme yang digunakan dalam fermentasi bioetanol ini adalah *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh optimum pada suhu 27°C, dan pada Ph 4,5- 5 (Mahreni & Suhenri, 2011).

b) Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae*

Secara umum, proses pembuatan bioetanol diperlukan konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae*. Konsentrasi *S. cerevisiae* mulai dari 1% (b/v). (Setiawati *et al.*, 2013).

c) Media

Media yang digunakan dalam proses fermentasi harus steril dan mengandung nutrisi seperti unsur C (faktor karbohidrat), unsur N dan P (terdapat dalam pupuk) serta mineral-mineral dan vitamin lainnya. Nutrisi digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya (Restuti, 2014).

d) Ph

Kondisi Ph optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme tergantung pada mikroorganisme yang dipilih. Bakteri umumnya tumbuh pada rentang Ph 4 hingga 8. *S. cerevisiae* tumbuh pada rentang Ph 3 hingga 8 dan jamur (fungi) tumbuh pada rentang Ph 3 hingga 7 dan sel-sel eukariot mampu tumbuh pada rentang Ph 6,5 hingga 7,5 .

e) Suhu

Pertumbuhan mikroorganisme yang maksimum berdasarkan suhu proses fermentasi. Suhu optimum bagi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah berkisar antara 25-35°C.