

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guinensis Jacq*) merupakan golongan famili *Arecaceae*. Indonesia menyumbang 48% produksi CPO internasional (Nasamsir dan Romadoni, 2020). Tanaman kelapa sawit merupakan bahan baku penghasil minyak nabati yang memiliki banyak manfaat sebagai minyak makan, minyak industri dan biodiesel (bahan bakar nabati).

Pengolahan kelapa sawit di industri menghasilkan produk dan limbah, limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan jika tidak diolah. Dampak negatif limbah yang dihasilkan dari suatu industri menuntut pabrik agar dapat mengolah limbah dengan cara terpadu. Limbah padat yang dihasilkan pabrik kelapa sawit berupa tandan kosong yang jumlahnya 23-30% dari TBS yang diolah dan merupakan bahan organik yang kaya akan unsur hara (Susilawati dan Supijatno, 2015).

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padat berlignoselulosa yang memiliki kadar selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Lignoselulosa hasil dari delignifikasi merupakan bahan dasar untuk membuat surfaktan, bioenergi, *pulp* dan kertas, *furniture*, dan bahan bangunan. Limbah ini berasal dari pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi *crude palm oil* (CPO) (Mariana dkk., 2019). Jumlah tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan sebanyak 23-30% dari tandan buah segar. Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah berlignoselulosa yang belum dimanfaatkan secara optimal. Selama ini pemanfaatan tandan kosong hanya sebagai pupuk kompos juga sebagai pengeras jalan di perkebunan kelapa sawit. Dengan kandungan selulosa sebesar 45,95%, maka TKKS berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioethanol (Yoricya dkk., 2020).

Dalam proses pembuatan bioethanol, delignifikasi merupakan tahap awal yang bertujuan untuk mengurangi kadar lignin di dalam bahan berlignoselulosa. Delignifikasi akan membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih

mudah diakses. Proses delignifikasi akan melarutkan kandungan lignin di dalam bahan sehingga mempermudah proses pemisahan lignin dengan serat. Proses delignifikasi yang sering digunakan dengan penggunaan larutan basa (Kurniaty dkk., 2017).

Penggunaan larutan basa atau *alkali pretreatment* seperti penggunaan NaOH dapat digunakan untuk membantu pemisahan lignin dari serat selulosa. Larutan NaOH yang digunakan untuk mendelignifikasi merupakan larutan encer agar tidak merusak struktur lignoselulosa (Herawati and Wibawa, 2019). Penggunaan variasi suhu saat pemanasan menggunakan *autoclave* untuk mendapatkan suhu yang optimal pada proses delignifikasi tandan kosong kelapa sawit.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh konsentrasi NaOH dan suhu delignifikasi terhadap kandungan lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit.

1.3 Kerangka Pemikiran

Tanaman kelapa sawit merupakan penghasil minyak nabati yang memiliki banyak manfaat seperti minyak makan, minyak industri dan biodiesel (bahan bakar nabati). Limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan kelapa sawit akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan jika tidak diolah. Perluasan areal kelapa sawit yang makin gencar berarti semakin banyak pula jumlah tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan hingga saat ini. Jumlah tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan sebanyak 23-30 % dari tandan buah segar.

Tandan kosong kelapa sawit adalah limbah berlignoselulosa yang belum dimanfaatkan secara optimal. Selama ini pemanfaatan tandan kosong hanya sebagai bahan bakar boiler, kompos dan pula menjadi pengeras jalan pada perkebunan kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah limbah padat berlignoselulosa yang memiliki kadar selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Lignoselulosa hasil dari delignifikasi merupakan bahan dasar untuk membuat surfaktan, bioenergi, *pulp* dan kertas, *furniture*, dan bahan bangunan. Dalam proses pembuatan bioetanol, delignifikasi adalah tahap awal yang bertujuan untuk mengurangi kadar lignin di pada bahan berlignoselulosa.

Menurut Nasruddin (2012) menyatakan bahwa proses delignifikasi terhadap tandan kosong kelapa sawit menggunakan NaOH 1 %, 1,5 %, 2 %, 2,5 %, dan 3 % pada suhu 121 °C. Kadar lignoselulosa paling besar dicapai dengan delignifikasi 3 %. Novia dkk. (2017) melakukan delignifikasi tandan kosong kelapa sawit dengan larutan NaOH 5 % menggunakan *autoclave* selama 1 jam dengan variasi suhu 50 °C, 75 °C, dan 100 °C, kadar lignoselulosa paling besar dicapai dengan suhu 100 °C.

Pada pengamatan terdahulu proses delignifikasi menggunakan alkali pretreatment dengan NaOH hanya menggunakan variasi suhu dan lama waktu pemanasan dengan *autoclave*, yang menghasilkan variasi terbaik yaitu pada suhu 50 °C dengan waktu pemanasan 5 hari dengan *autoclave*. Pada penelitian ini diberikan perlakuan dengan variasi konsentrasi NaOH dan suhu pada pemanasan menggunakan *autoclave*, namun menggunakan waktu 1 jam.

Proses perusakan struktur berdasarkan materi menggunakan kandungan lignoselulosa adalah salah satu langkah untuk mengkonversi lignoselulosa sebagai senyawa gula. Proses delignifikasi akan melarutkan kandungan lignin di dalam bahan sehingga mempermudah proses pemisahan lignin dengan serat. Proses delignifikasi menyebabkan kerusakan terhadap struktur lignin dan melepaskan senyawa karbohidrat.

Penggunaan larutan basa atau *alkali pretreatment* misalnya penggunaan NaOH dapat digunakan untuk membantu pemisahan lignin berdasarkan serat selulosa. Larutan NaOH yang digunakan untuk mendelignifikasi adalah larutan encer supaya tidak merusak struktur lignoselulosa. Dengan variasi suhu pada saat pemanasan menggunakan *autoclave* dengan waktu 1 jam diharapkan mendapatkan suhu yang optimal pada proses delignifikasi tandan kosong kelapa sawit.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah adanya pengaruh konsentrasi NaOH dan suhu delignifikasi terhadap kandungan lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit.

1.5 Kontribusi

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengalaman kepada Penulis dalam merancang sebuah penelitian terapan dan diharapkan dari penelitian ini mampu menghasilkan lignoselulosa dari tandan kosong kelapa sawit dengan metode delignifikasi dengan larutan basa, serta dapat berkontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dalam bidang pertanian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah yang dihasilkan dari Tandan Buah Segar (TBS). TKKS memiliki harga yang murah, dapat terdekomposisi, tidak beracun, dan merupakan serat alami yang digunakan secara luas. TKKS adalah material alami yang mengandung filament yang tebal dan kasar (Rahmasita dkk., 2017). Volume TKKS yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit sangatlah besar, berkisar 23-30 % dari total volume TBS yang diolah. Diperkirakan potensi produksi tandan kosong secara nasional lebih dari 20 juta ton per tahun (Nugroho, 2019).

Dari satu ton TBS yang diolah akan dihasilkan minyak sawit kasar (CPO) sebanyak 0,21 ton (21 %) serta minyak inti sawit sebanyak 0,05 ton (5 %) dan sisanya limbah dalam bentuk tandan buah kosong, serat dan cangkang biji yang jumlahnya masing-masing sekitar 23 %, 13,5 % dan 5,5 % dari tandan buah segar (Fauzi dkk., 2019). Limbah TKKS dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tandan kosong kelapa sawit
Sumber: Data primer

Seperti pada kayu atau tanaman lainnya, TKKS juga mengandung unsur kimiawi seperti selulosa, lignin dan hemiselulosa, selain itu terdapat juga lemak dan protein. Dimana, dengan adanya beberapa komponen kimiawi pada TKKS memungkinkan dapat dimanfaatkan menjadi limbah yang memiliki nilai guna. Untuk komposisi kimia TKKS sebelum perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia TKKS sebelum perlakuan

No	Komponen	%
1	Lignin	24,58 (SNI 0492;2008)
2	Selulosa	37,53 (SNI 0444;2009)
3	Hemiselulosa	24,84 (SNI 0444;2009)

TKKS banyak dijumpai di sekitar pabrik kelapa sawit, merupakan limbah kelapa sawit yang memiliki kandungan kimiawi yang belum dimanfaatkan secara efektif. TKKS baru dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk organik, dan banyak dibuang di jalan-jalan di daerah perkebunan kelapa sawit. Oleh karena termasuk kedalam limbah lignoselulosa, dan memiliki kandungan bahan organik dan mineral yang cukup tinggi, TKKS dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku oleh beberapa industri dan dapat dimanfaatkan sebagai bioethanol (Desmawati, 2019).

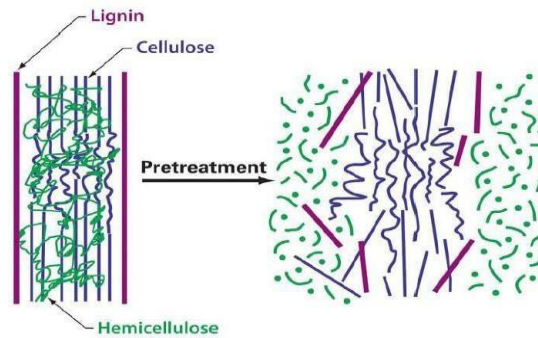
2.2 Proses Delignifikasi

Delignifikasi merupakan suatu proses pemutusan ikatan lignin dari struktur lignoselulosa. Delignifikasi bertujuan untuk mengurangi kadar lignin di dalam bahan berlignoselulosa. Delignifikasi akan membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses. Proses delignifikasi akan melarutkan kandungan lignin di dalam bahan sehingga mempermudah proses pemisahan lignin dengan serat (Ancastami dkk., 2020).

Delignifikasi adalah suatu proses mengubah struktur kimia biomasa berlignoselulosa dengan tujuan mendegradasi lignin secara selektif sehingga menguraikan ikatan kimianya baik secara ikatan kovalen, ikatan hidrogen maupun ikatan *van der Waals*, dengan komponen kimia lain pada bahan berlignoselulosa (selulosa dan hemiselulosa), dan diusahakan komponen lain tersebut tetap utuh (Agustini and Efiyanti, 2020).

Perlakuan delignifikasi menggunakan NaOH. Delignifikasi dilakukan dengan larutan NaOH, karena larutan ini dapat menyerang dan merusak struktur lignin, bagian kristalin dan amorf, memisahkan sebagian lignin dan hemiselulosaserta menyebabkan pengembangan struktur selulosa (Gunam dkk., 2020). Lignoselulosa terdiri atas selulosa (35-50 %), hemiselulosa (20-35 %), dan lignin

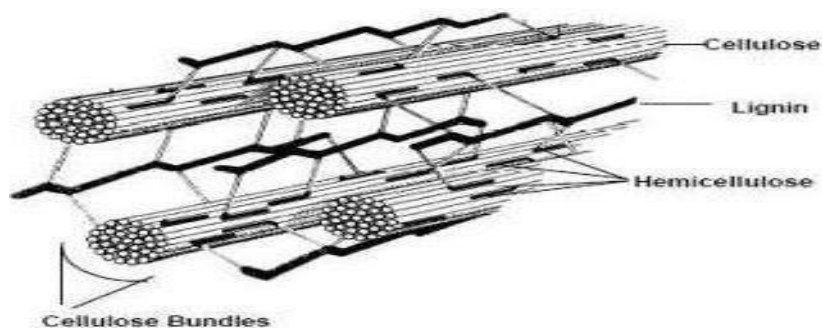
(10-25 %) (Darojati, 2017). Skema pemisahan bahan lignoselulosa dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema pemisahan bahan lignoselulosa
Sumber: Ancastami dkk. (2020)

2.3 Lignoselulosa

Lignoselulosa adalah komponen utama dari biomassa yang terdapat pada tanaman yang terbentuk dari proses fotosintesis, dengan produktivitas mencapai $50 \times 10^9 \text{ ton.tahun}^{-1}$. Komponen utama lignoselulosa adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin (Lusaningrum and Samsudin, 2019). Lignoselulosa mengandung tiga komponen penyusun utama yaitu lignin (10-25 %), hemiselulosa (20-35 %), dan selulosa (35-50 %) (Darojati, 2017). Di alam, biasanya komponen utama penyusun lignoselulosa membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan. Komponen lignoselulosa yang saling berkaitan pada dinding sel tumbuhan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Selulosa, lignin dan hemiselulosa yang saling berkaitan pada dinding sel tumbuhan
Sumber: Lusaningrum and Samsudin. (2019)

2.3.1 Lignin

Lignin merupakan zat organik yang memiliki polimer banyak dan merupakan hal yang penting dalam dunia tumbuhan. Lignin adalah polimer berkadar aromatik-fenolik yang tinggi, berwarna kecoklatan, dan relatif lebih mudah teroksidasi. Lignin tersusun atas jaringan polimer fenolik yang berfungsi merekatkan serat selulosa dan hemiselulosa sehingga menjadi sangat kuat (Sari dkk., 2019).

2.3.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah heteropolisakarida yang banyak terdapat di dalam dinding sel tanaman. Kandungan utama hemiselulosa adalah xilan, dengan komponen lainnya yaitu grub *acetyl*, *feruloyl*, *coumaroyl*, dan kelompok lain. Hemiselulosa ini berfungsi untuk melindungi tanaman, membantu mencegah infeksi, memberikan kekuatan, dan melindungi terhadap agen eksternal lainnya seperti hama tanaman. Hemiselulosa yang paling banyak dikandung dalam dinding sel sekunder hardwood adalah *glucuronoxylan*, dan sedikit kandungan *xyloglucan* dan *glucomannan* (Sari dkk., 2019).

2.3.3 Selulosa

Selulosa adalah suatu polimer glukosa berantai sangat panjang yang penting sebagai pendukung struktur tanaman. Bersamaan dengan lignin, hemiselulosa, dan pektin, selulosa adalah suatu komponen dinding sel tanaman. Di dalam tanaman, selulosa merupakan cadangan karbon primer hasil fotosintesis (Siagian, 2019). Selulosa sering kali mengandung lebih banyak daripada 50% total karbon tanaman. Proporsi selulosa paling banyak terdapat dalam bagian vegetatif atau kayu tanaman dan paling sedikit dalam bagian bijian. Sebagaimana pati, selulosa tersusun atas rantai panjang glukosa. Selulosa dapat diubah/bentuk menjadi etanol melalui fermentasi (Djafa dkk., 2018).

2.4. *Natrium Hidroksida (NaOH)*

Natrium hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Ia digunakan di

berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen (Wahyuni dkk, 2016). Sifat fisika *Natrium hidroksida* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat fisika *Natrium hidroksida* (NaOH)

Sifat Fisika	Nilai
Fase	Padat
Densitas	2,1 g.cm ⁻³
Titik didih	318 °C
Titik leleh	1390 °C

Sumber: Bagus dkk. (2018)

Pada sifat kimia larutan NaOH sangat basa dan biasanya digunakan untuk reaksi dengan asam lemah, dimana asam lemah seperti natrium karbonat tidak efektif. NaOH tidak bisa terbakar meskipun reaksinya dengan metal amfoter seperti aluminium, timah, seng menghasilkan gas nitrogen yang bisa menimbulkan ledakan. NaOH merupakan senyawa kimia yang mampu mendelignifikasi dengan hasil terbaik dibandingkan bahan kimia lainnya seperti amoniak, NaClO₂, dan H₂O₂ (Adela dkk., 2014). NaOH juga digunakan untuk mengendapkan logam berat dan dalam mengontrol keasaman air (Muis, 2015).