

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Penipisan cadangan minyak bumi, pemanasan global dan tingginya angka penggunaan minyak bumi, menjadi dorongan dalam upaya pengembangan bahan bakar alternatif dari sumber yang terbarukan. Penggunaan bahan bakar terbarukan menawarkan beberapa keuntungan yaitu adanya potensi pengembangan produk baru (misalnya bahan kimia), emisi polusi yang lebih rendah, dan ketersediaan bahan baku yang berlimpah di alam. Salah satu sumber biomassa yang terdapat dalam jumlah melimpah dan berpotensi sebagai bahan baku untuk bahan bakar adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Indonesia adalah salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Dengan meningkatnya penggunaan kelapa sawit sebagai bahan baku untuk produksi berbagai bahan kimia, limbah TKKS juga meningkat. Berdasarkan data yang diperoleh dari Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (Gapki), jumlah produksi kelapa sawit meningkat setiap tahunnya. Produksi minyak sawit mentah (*crude palm oil / CPO*) di Indonesia sepanjang tahun 2019 mencapai 51,8 juta ton CPO. Jumlah ini meningkat sekitar 9 % dari produksi pada tahun 2018 yaitu sebesar 47 juta ton CPO. Peningkatan produksi CPO ini tentunya akan diiringi dengan peningkatan jumlah limbah TKKS. Hingga saat ini pemanfaatan TKKS belum optimal, dimana umumnya TKKS dibiarkan membusuk menjadi kompos atau dijadikan arang. Pemanfaatan TKKS sebagai bahan baku 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF) dapat memberikan nilai tambah yang sangat signifikan bagi limbah ini. Dalam Prarencana Pabrik ini, limbah TKKS dimanfaatkan sebagai sumber biomassa lignoselulosa yang akan dikonversi menjadi 5-HMF.

TKKS memiliki kandungan selulosa yang tinggi dan dapat dikonversi menjadi 5-HMF. Proses pembuatan 5-HMF dengan bahan baku TKKS menawarkan beberapa keuntungan yaitu: proses yang ramah lingkungan dan biaya bahan baku yang rendah. Produk 5-HMF sendiri dapat dikatakan memiliki banyak kelebihan karena produk ini dapat dikonversi lebih lanjut menjadi berbagai bahan kimia bernilai tinggi misalnya

aldehida aromatik, alkohol aromatik furan. Di Amerika Serikat, 5-HMF termasuk di antara 10 bahan kimia paling penting yang merupakan senyawa prekursor untuk bahan bakar diesel dan plastik, yang biasanya berbasis minyak bumi. Beberapa senyawa kimia yang dapat dibuat dari 5-HMF antara lain: 2,5-diformilfuran (DFF), asam 2,5-furandikarboksilik (FDCA), asam adipat, dan asam karboksilat 5-hidroksimetil-2-furan. Selain itu, reduksi 5-HMF dapat menghasilkan diol, termasuk 2,5-bis(hidroksimetil)furan (BHMF), 2,5-bishidroksimetil-tetrahidrofuran (BHMTF), dan 1,6-hexanediol (1,6-HD), yang dapat digunakan sebagai blok pembangun untuk biobased poliester.

Dalam Prarencana Pabrik ini dijabarkan peluang pendirian pabrik 5-HMF di Indonesia. Selain itu, dijelaskan juga analisa proses yang paling efisien dalam pembuatan produk 5-HMF yang selanjutnya diadaptasi sebagai proses dalam pabrik yang direncanakan. Adanya rencana pengembangan berupa perluasan area produksi dan peningkatan kapasitas produksi dalam memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat setiap tahunnya menjadi salah satu langkah positif menuju pembangunan berkelanjutan. Pabrik yang direncanakan ini memiliki keunggulan antara lain proses yang ramah lingkungan, penggunaan bahan baku yang ekonomis (TKKS), produk 5-HMF dengan harga yang bersaing dan biaya produksi yang rendah.

I.2. Sifat-sifat Bahan Baku Utama dan Produk

1.2.1. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah produk sampingan (limbah) dari industri pengolahan kelapa sawit. Rata-rata berat TKKS adalah 22% - 24% dari berat buah segar. (Darnoko, 2002). TKKS memiliki struktur yang keras dan sifat fisik seperti panjang serat, diameter serat, diameter lumen, tebal dinding, bilangan runkel, kelangsingan, kelemasan, kadar serat, kadar non-serat dan rapat massa tumpukan serpih yang ditunjukkan dalam Tabel.1.

Tabel I.1. Sifat Fisika TKKS (Eka, 2000)

Parameter	TKKS (bagian pangkal)	TKKS (bagian ujung)
Panjang serat		
- Minimum (mm)	0,63	0,46
- Maksimum (mm)	0,81	0,27
- Rata-rata (mm)	1,20	0,76
Diameter serat (μm)	15,01	14,34
Diameter lumen (μm)	8,04	6,99
Tebal dinding (μm)	3,49	3,68
Bilangan Runkel	0,87	1,05
Kelangsingan	79,95	53,00
Kelelasan	0,54	0,49
Kadar serat (%)	72,67	62,47
Kadar non-serat (%)	27,33	37,53
Rapat massa tumpukan serpih (campuran) (kg/m^3)		177,98

Pemanfaatan TKKS sebagai bahan baku 5-HMF terutama adalah karena kandungan senyawa lignoselulosanya yang tinggi. Dimana, kandungan selulosa TKKS adalah sekitar 29,37% dari berat keringnya. Kandungan senyawa lignoselulosa lainnya seperti hemiselulosa dan lignin ditunjukkan dalam Tabel I.2.

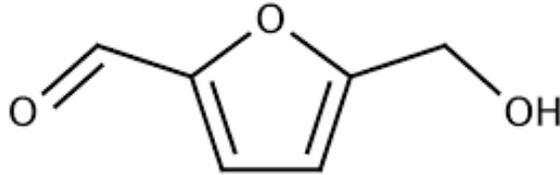
Tabel I.2. Komposisi Kimia TKKS (Richana et al, 2011).

Komposisi	Persen massa
Selulosa	29,37%
Hemiselulosa	14,4%
Lignin	22,66%
Abu	6,59%
Air	26,98%

I.2.2. 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF)

5- Hidroksimetilfurfural (5-HMF) adalah senyawa organik yang diperoleh dari proses dehidrasi fruktosa. Molekul 5-HMF terdiri dari cincin furan yang memiliki gugus aldehida dan alkohol, seperti yang ditampilkan di Gambar I.1. 5-HMF memiliki nama IUPAC 5 (hidroksimetil)-2-furaldehida. Nama lain 5-HMF adalah hidroksimetilfurfural,

hidroksimetilfurfuralaldehida, 5-hidroksimetilfurfuralaldehida, 5-hidroksimetil-2-furankarbaldehida, fur-*hydyl-hydyl*, fur-*hydyl*, *hydrum* dan 5- (hidroksimetil)furan-2-aldehid. Bentuk fisik senyawa ini adalah padatan kuning, dan senyawa ini memiliki kelarutan yang sangat tinggi dalam air (Andreia et al., 2011).



Gambar I.1. Struktur kimia 5-HMF

Sifat fisik dan kimia dari senyawa 5-HMF ditampilkan pada Tabel I.3.

Tabel I.3. Sifat Fisika dan Kimia 5-HMF (Andreia, dkk., 2011)

Karakteristik	Keterangan
Bentuk	Cairan kuning bening
Warna	Kuning
Rumus molekul	$C_6H_6O_3$
Berat molekul	126,11 g/mol
Densitas	1,243 g/ml pada 25 °C (liter)
Titik didih	114-116 °C
Titik nyala	79 °C
Solubilitas	Larut dalam air, alkohol, eter dan kloroform

I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk

I.3.1. Kegunaan Produk 5-HMF

Produk yang dipasarkan adalah dalam bentuk 5-HMF. Dimana 5-HMF ini dapat digunakan sebagai bahan baku dalam proses produksi senyawa lain, antara lain:

1. 2-metil tetrahidrafuran, 2,5-dimetilfuran, dan 2-metilfuran yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif atau senyawa aditif untuk bahan bakar
2. Tetrahidrofurfuril alkohol, 2,5 dimetil tetrahidrofuran, dan furan yang dapat digunakan sebagai *solvent*
3. 2-hidrometil-5-vinylfuran dan furfuryl alkohol yang dapat digunakan sebagai resin
4. 2,5-di(aminometil)furan, 2,5furandikarboksialdehida (FDC), 2,5 *furandikarboxylic acid* (FDCA), dan 2,5di(hidroksimetil) tetrahidrofuran (DHM-

TFF) yang dapat digunakan sebagai *solvent* polimer dan bahan untuk pembuatan polimer (polyester, termoplastik polyester, poliamida)

5. *Levulinic acid* yang dapat digunakan sebagai prekursor bahan-bahan farmasi, plastik, dan bahan bakar.

I.3.2. Keunggulan Produk

Keunggulan yang ditawarkan dalam prarencana pabrik ini adalah lebih kearah proses dan bahan baku yang digunakan, yaitu:

1. Menggunakan bahan baku dari limbah TKKS yang ekonomis dan melimpah di Indonesia, sehingga menghasilkan produk 5-HMF dengan harga yang lebih rendah.
2. Membantu memberikan alternatif solusi penggunaan minyak bumi sebagai bahan baku plastik ataupun bahan bakar.
3. Penggunaan limbah TKKS dapat membantu mengurangi jumlah limbah TKKS yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal.

I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisa Pasar

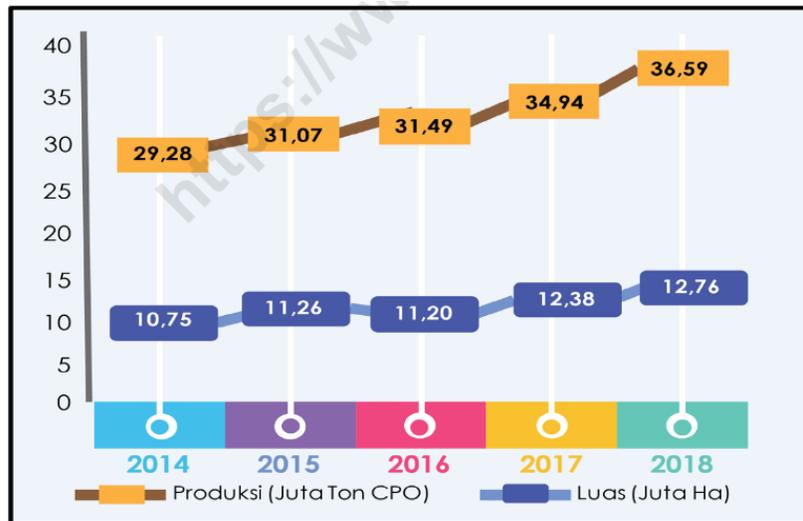
I.4.1. Ketersediaan Bahan Baku

Minyak kelapa sawit (*crude palm oil / CPO*) adalah salah satu komoditas yang tinggi dan populer di Indonesia, hal ini ditunjukkan dari tingginya produksi CPO di Indonesia. Data Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia dan Direktorat Jenderal Perkebunan menunjukkan bahwa produksi kelapa sawit dan CPO mengalami peningkatan sejak tahun 2014 hingga 2018. Total produksi CPO paling banyak terdapat di provinsi Riau, dengan total produksi mencapai 7.591.447 ton. Dimana, hal ini juga nanti menjadi dasar pertimbangan bahwa pabrik yang direncanakan ini akan berlokasi di Riau. Selain di provinsi Riau, minyak kelapa sawit juga diproduksi di provinsi-provinsi lain seperti Kalimantan Tengah dan Sumatera Utara yang menjadi provinsi kedua dan ketiga terbanyak dalam produksi CPO. Total produksi CPO di provinsi-provinsi lain di Indonesia ditunjukkan pada Tabel I.4

Tabel I.4. Data produksi minyak kelapa sawit (CPO) untuk setiap provinsi di Indonesia tahun 2017 (SKSI, 2018)

Provinsi	Total produksi (ton)	Provinsi	Total produksi (ton)
Aceh	867.261	Kalimantan Tengah	5.209.835
Sumatera Utara	4.851.963	Kalimantan Selatan	1.560.054
Sumatera Barat	1.209.170	Kalimantan Timur	2.538.705
Riau	7.591.447	Kalimantan Utara	205.229
Jambi	1.783.033	Sulawesi Tengah	417.131
Sumatera Selatan	2.986.952	Sulawesi Selatan	113.068
Bengkulu	849.658	Sulawesi Tenggara	86.855
Lampung	455.999	Gorontalo	1.488
Bangka Belitung	756.064	Sulawesi Barat	527.274
Kepulauan Riau	25.095	Maluku	10.419
Jawa Barat	42.416	Papua Barat	131.247
Banten	32.065	Papua	158.884
Kalimantan Barat	2.528.997		

Tingginya angka produksi CPO juga diiringi dengan tingginya limbah TKKS yang dihasilkan, mengingat TKKS menyusun 22-24% berat kelapa sawit. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan TKKS sangat melimpah di semua provinsi yang ada di Indonesia. Selain itu, keterlimpahan jumlah limbah TKKS juga dapat diamati dari peningkatan jumlah perkebunan kelapa sawit di Indonesia setiap tahunnya. Data perkembangan luas areal dan produksi perkebunan kelapa sawit Indonesia dapat dilihat pada Gambar I.2, dimana peningkatan luas area perkebunan kelapa sawit terjadi dengan pesat pada tahun 2014-2018. Produksi CPO pada tahun 2014 mencapai 29,28 juta ton, tahun 2015 sebanyak 31,07 juta ton, tahun 2016 sebanyak 31,49 juta ton, tahun 2017 sebanyak 34,94 juta ton dan pada tahun 2018 diperkirakan sebanyak 36,59 juta ton CPO. Sehingga dapat diperkirakan limbah TKKS per tahunnya dapat berkisar antara 7,52 juta ton.



Gambar I.2. Perkembangan Luas Areal dan Produksi Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia, 2014-2018* (SKSI, 2018)

* : angka sementara

I.4.2. Analisa Pasar dan Penentuan Kapasitas Produksi

Sejauh pengamatan yang telah dilakukan, masih belum ada pabrik yang bergerak dalam produksi 5-Hidroksimetilfurfural (5-HMF). Hal ini nampak dari nihilnya data produksi dan ekspor yang tercatat di Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. Penggunaan 5-HMF di Indonesia juga masih sangat minim, sehingga sangat sulit dilakukan pelacakan pada data konsumsi dan impor 5-HMF di Indonesia. Kapasitas produksi pabrik pembuatan 5-HMF di Indonesia berpedoman pada AVA Biochem BSL AG Muttenz, Swiss yang merupakan pabrik pertama di dunia dalam memproduksi 5-HMF, dengan kapasitas produksi 20 ton/tahun pada 2014 kemudian meningkat hingga 40 ton/tahun pada akhir 2014 dan tahun 2019 AVA Biochem mengumumkan sedang merencanakan skala berikutnya hingga 5.000 - 10.000 ton/tahun.

Dengan berpedoman pada AVA Biochem BSL AG Muttenz, Swiss maka kapasitas produksi prarencana pabrik 5-HMF di Indonesia sebesar 20 ton/tahun dengan rencana pengembangan berupa perluasan area produksi dan peningkatan kapasitas produksi dalam memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat setiap tahunnya. Dengan berdirinya pabrik 5-HMF di Indonesia diharapkan dapat memenuhi kebutuhan 5-HMF terutama bagi

industri-industri (bahan kimia, makanan, farmasi) dan laboratorium yang menggunakan 5-HMF sebagai bahan baku setengah jadi dalam pembuatan senyawa kimia ataupun *solvent*. Produksi 5-HMF berkualitas tinggi yang berasal dari biomassa TKKS sebagai alternatif untuk bahan kimia berbasis minyak bumi menjadi langkah positif menuju pembangunan berkelanjutan.