

## Tinjauan Literatur : Analisis Hubungan Kandungan Hemiselulosa dan Rendemen Furfural

Dewi Arziyah<sup>1)</sup>, Anwar Kasim<sup>2)\*</sup>, Alfi Asben<sup>3)</sup>, Munzir Busniah<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Doktorat Ilmu Pertanian, Universitas Andalas Padang, Indonesia

<sup>2,3)</sup> Departemen Teknologi Industri Pertanian, Universitas Andalas Padang, Indonesia

<sup>4)</sup> Fakultas Pertanian, Universitas Andalas Padang, Indonesia

\*)anwar.ks@yahoo.com

### Abstrak

Biomassa lignoselulosa merupakan limbah hasil pertanian, perkebunan yang mempunyai kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa. Biomassa lignoselulosa yang jumlahnya sangat melimpah dapat dimanfaatkan menjadi salah satu produk biokimia yaitu furfural karena memiliki kandungan hemiselulosa yang merupakan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan furfural. Furfural adalah pelarut yang dihasilkan dari hemiselulosa/pentosan tumbuhan (*xylan, arabinan dan polyuronids*). Furfural diperoleh dari hidrolisis bahan hemiselulosa menggunakan larutan asam. Furfural merupakan cairan tidak berwarna yang memiliki aroma khas yang berguna sebagai bahan perantara dalam industri. Proses komersial pertama untuk produksi furfural adalah dimulai oleh Quaker Oats pada tahun 1921. Saat ini, produksi furfural terkonsentrasi di China, lebih kurang 70% dari produksi furfural global. Kebutuhan (*demand*) furfural dan turunannya di dalam negeri meski tidak terlalu besar namun jumlahnya terus meningkat. Hingga saat ini seluruh kebutuhan furfural untuk dalam negeri diperoleh melalui impor. Review ini bertujuan untuk melihat potensi kandungan limbah biomassa dari komoditi unggulan di Sumatera Barat, diantaranya limbah tanaman jagung, limbah tanaman kelapa, limbah tanaman kelapa sawit, limbah tanaman tebu, dan limbah tanaman padi. Review yang dilakukan juga untuk melihat hubungan kandungan hemiselulosa dengan rendemen furfural dari limbah-limbah tersebut.

**Kata Kunci:** *Biomassa, Lignoselulosa, Furfural, Hemiselulosa*

### Abstract

Lignocellulosic biomass is waste from agriculture, plantations that contain lignin, cellulose and hemicellulose. Lignocellulosic biomass, which is very abundant, can be utilised into one of the biochemical products, namely furfural, because it contains hemicellulose, which is the material needed in making furfural. Furfural is a solvent produced from plant hemicellulose/pentosan (*xylan, arabinan and polyuronids*). Furfural is obtained from the hydrolysis of hemicellulose material using an acid solution. Furfural is a colourless liquid with a characteristic aroma that is useful as an intermediate in industry. The first commercial process for furfural production was started by Quaker Oats in 1921. Currently, furfural production is concentrated in China, accounting for approximately 70% of global furfural production. The demand for furfural and its derivatives in the country, although not too large, is increasing. Until now, all furfural needs for the country are obtained through imports. This review aims to see the potential content of biomass waste from leading commodities in West Sumatra, including corn plant waste, coconut plant waste, palm plant waste, sugarcane plant waste, and rice plant waste. And to review the relationship between haemicellulose content and furfural yield from these wastes.

**Keywords:** *Biomass, Lignocellulose, Furfural, Hemicellulose*

## PENDAHULUAN

Biomassa lignoselulosa adalah sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk produksi bioenergi, biokimia dan biofuel (Eseyin & Steele, 2015). Biomassa lignoselulosa merupakan limbah hasil pertanian, perkebunan yang mempunyai kandungan lignoselulosa yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin (Isikgor & Becer, 2015). Banyak limbah biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan furfural. Pemanfaatan tentang biomassa lignoselulosa banyak dikaji karena ketersediaannya yang melimpah (Win, 2005; L. Zhang dkk., 2017).

Salah satu keuntungan utama biomassa lignoselulosa sebagai bahan baku dalam produksi furfural adalah fakta bahwa sumber bahan baku tersebut dapat diperbarui. Biomassa ini, seperti tongkol jagung, ampas tebu, sekam padi yang merupakan komoditas unggulan di Sumatera Barat adalah sumber utama yang digunakan untuk mendapatkan furfural, mengingat mereka kaya akan hemiselulosa dan secara teratur tersedia dalam jumlah besar. Ampas tebu dan tongkol jagung adalah dua bahan yang paling banyak digunakan untuk produksi furfural yang bertanggung jawab atas lebih dari 98% dari semua furfural yang diproduksi. Bahan baku ini merupakan bagian dari proses produktif yang berkelanjutan, memiliki ketersediaan yang besar di alam, dan penggunaannya tidak merusak lingkungan.

Hemiselulosa, yang merupakan bahan baku utama untuk produksi furfural, adalah polisakarida kedua yang paling melimpah di alam, yang terdiri dari sekitar 20% - 35% biomassa lignoselulosa. Hemiselulosa merupakan senyawa matriks yang berada diantara mikrofibril selulosa. Hemiselulosa adalah heteropolisakarida kompleks yang tersusun dari D-glukosa, D-galaktosa, D-mannosa, D-xilosa, L-arabinosa, asam glukuronat, dan asam 4-O-metil-glukuronat. Polimer ini berbentuk amorf, sangat tersubstitusi dengan asam asetat dan memiliki cabang-cabang yang mudah berinteraksi dengan selulosa, memberikan stabilitas dan fleksibilitas pada agregat (Machado dkk., 2016).

Furfural merupakan senyawa organik turunan dari furan (Luo dkk., 2019). Hasil turunan dari furfural adalah bahan-bahan kimia yang sangat dibutuhkan dalam dunia industri misalnya furfural alkohol, furanon (Machado dkk., 2016). Produksi global furfural di seluruh dunia sekitar 300 kiloton/tahun. Furfural alkohol yang diturunkan dari furfural menyumbang sekitar 62% dari pasar furfural global (Z. Jiang dkk., 2021). Selain itu, lebih dari 80 bahan kimia bernilai tambah, sebagai alternatif bahan bakar fosil, dapat disintesis menggunakan furfural sebagai bahan baku melalui reaksi yang berbeda untuk aldehida kelompok dan cincin aromatik di furfural (Ambalkar & Talib, 2012).

Furfural dapat dihasilkan dari biomassa yang mengandung hemiselulosa ataupun pentosa yang diistilahkan pada beberapa literature (Fengel, 1995). Hemiselulosa merupakan polisakarida yang dapat diurai menjadi monosakarida yang selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan bahan kimia, bahan bakar, biopolymer, bahan pakan, dan produksi enzim. Proses pembuatan furfural adalah melalui hidrolisis dengan katalis asam dan dehidrasi. Proses hidrolisis akan mengubah hemiselulosa / pentosa menjadi pentosan, selanjutnya dilakukan proses dehidrasi hingga menghasilkan furfural. Rendemen furfural yang dihasilkan dari limbah biomassa dipengaruhi oleh kandungan hemiselulosa dari limbah biomassa tersebut. Review ini bertujuan untuk melihat potensi limbah biomassa lignoselulosa dari tanaman komoditi unggulan Sumatera Barat.

Review ini bertujuan untuk melihat potensi kandungan limbah biomassa dari komoditi unggulan di Sumatera Barat, diantaranya limbah tanaman jagung, limbah tanaman kelapa, limbah tanaman kelapa sawit, limbah tanaman tebu, dan limbah tanaman padi. Review yang dilakukan juga untuk melihat hubungan kandungan hemiselulosa dengan rendemen furfural dari limbah-limbah tersebut.

## METODE PENELITIAN

Analisis terhadap beberapa artikel dilakukan dengan mereview lebih dari 50 (lima puluh) artikel ilmiah yang melaporkan isu-isu terkait pemanfaatan bahan lignoselulosa sebagai bahan baku pembuatan furfural. Dengan menggunakan bantuan mesin pencari dan database bereputasi, yakni Science Direct, Scopus dan Google Scholar, scan pencarian artikel meliputi laporan hasil penelitian, artikel jurnal, buku teks, serta publikasi dari pemerintah maupun swasta yang diterbitkan antara tahun 2005 hingga 2020, dan untuk memudahkan dalam melakukan elaborasi isu-isu terkini mengenai furfural. Panjangnya rentang waktu publikasi yang dijadikan acuan tidak bisa dihindari karena beberapa hal, di antaranya karena publikasi tersebut diterbitkan oleh pemerintah.

### Koleksi dan Analisis Data

Mengadopsi pendekatan analitik interpretatif yang dititikberatkan pada isu-isu furfural yang hanya terbatas kepada beberapa faktor, seperti yang telah diuraikan pada bagian awal (pendahuluan) artikel ini. Analisis data kuantitatif dan kualitatif yang sangat menarik perhatian adalah meta-analisis yang kemudian diperdalam dari berbagai sudut pandang dengan menggunakan metode deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Potensi Limbah Biomassa di Sumatera Barat

Potensi limbah biomassa di Sumatera Barat cukup besar diantaranya berasal dari jerami padi, limbah tanaman kelapa, tongkol jagung, ampas tebu, limbah kelapa sawit, limbah rerumputan (*hemp*). Umumnya tanaman perkebunan banyak diusahakan dari perkebunan rakyat. Hasil pertanian digunakan sebagai bahan baku pada agroindustri dan menyisakan banyak hasil samping menjadi limbah.

#### 1.1 Limbah Tongkol Jagung

Produksi jagung di Sumatera Barat mencapai 939.465,95 ton pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2022). Limbah tongkol jagung khususnya belum terolah secara maksimal. Limbah tongkol jagung tersebut oleh masyarakat hanya dibuang dan dibakar. Tongkol jagung merupakan limbah tanaman yang setelah diambil bijinya. Tongkol jagung tersebut umumnya dibuang begitu saja. Dari setiap panen jagung diperkirakan jagung (rendemen) yang dihasilkan sekitar 65%, sementara 35% dalam bentuk limbah berupa batang, daun, kulit, dan tongkol jagung (Fachry dkk., 2013). Tongkol jagung digunakan oleh penduduk di pedesaan sebagai bahan bakar setelah dikeringkan terlebih dahulu.

Dari tongkol jagung tersebut masih dapat dimanfaatkan untuk diolah menjadi furfural, karena di dalam tongkol jagung terkandung pentosan/hemiselulosa., tingginya produksi jagung tiap tahunnya berdampak pada tingginya limbah yang dihasilkan terutama limbah tongkol jagung. Data hasil rendemen furfural dari limbah tongkol jagung ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen Furfural dari limbah tongkol jagung

Referensi	Komposisi			Rendemen Furfural
	Hemicellulosa	Sellulosa	Lignin	
(Y.-Y. Li dkk., 2021)	35%	45%	21%	52,3%
(Liu dkk., 2020)	33,18%	39,03%	17,23%	29,7%
(Sun dkk., 2019)	42%	27,1%	25,5%	50%
(Zhao dkk., 2019)	31,8 %	44,9%	23,3 %	51 %
(X. Li dkk., 2018)	31,6%	29,9%	13%	55,6 %

(Oh dkk., 2013) 33,6% 27,5% 19,6% 49,2%

Hasil tinjauan literatur, dilaporkan kandungan hemiselulosa dari tongkol jagung mulai dari 31,6%-38% (X. Li dkk., 2018; Y.-Y. Li dkk., 2021; Liu dkk., 2020; Oh dkk., 2013; Sun dkk., 2019; Zhao dkk., 2019). Pembuatan furfural berbahan baku tongkol jagung telah banyak dilakukan. Kondisi produksi umumnya pada industri menggunakan suhu 160–180 °C, tekanan 0,8–1,0 MPa, dan 10% asam sulfat untuk produksi furfural dapat memecah struktur padat lignoselulosa yang kompleks, menguraikan hemiselulosa yang tidak stabil menjadi pentosan, dan selanjutnya menghasilkan furfural (Sun dkk., 2019)

Proses pembuatan furfural dengan menggunakan katalis lainnya diantaranya zeolite tersulfonasi (Sn-Zeolit) menghasilkan rendemen furfural 52,3% pada suhu 170°C, dan katalis Sn-Bentonit menghasilkan furfural 53,3% (Y.-Y. Li dkk., 2021) (R.-Q. Zhang dkk., 2020). Bahkan, proses pembuatan furfural dari tongkol jagung dengan katalis AlCl<sub>3</sub> dalam sistem bifasik air diperoleh hasil furfural 85% (Liu dkk., 2020).

Hoang (Hoang dkk., 2021), melakukan konversi bio-polimer hemiselulosa yang berasal dari tongkol jagung sehingga mengalami proses kombinasi hidrolisis dan dehidrasi menggunakan katalis zeolit dan pretreatment ultrasonik, dengan suhu 160°C dan waktu reaksi 120 menit, dihasilkan rendemen furfural 89,4%. Hasil penelitian lainnya Wang (Q. Wang dkk., 2019), Jiang (C.-X. Jiang dkk., 2018), Xu [21], dan Li (H. Li, 2016) dapat menghasilkan rendemen furfural diatas 60%. Hal ini karena proses pembuatan furfural menggunakan penggabungan penggunaan katalis HCl dan ion sulfat SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

## 1.2. Limbah Ampas Tebu

Tanaman tebu merupakan bahan baku utama pengolahan pada industri gula. Ampas tebu (*bagasse*) merupakan hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu. Jumlah ampas tebu dari tiap industri pengolahan tebu mencapai 90%, sementara kandungan gula yang dapat dimanfaatkan hanya 5% (Coniwanti dkk., 2016).

Dari satu pabrik pembuatan gula biasanya dihasilkan ampas tebu sekitar 35–40% dari berat tebu yang digiling. Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Namun, sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik pembuatan gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur, dan lain-lain. Oleh karena itu diperkirakan sebanyak 45% dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan (Coniwanti dkk., 2016) (Husin, 2007).

Tabel 2. Rendemen Furfural dari Limbah Ampas Tebu

Referensi	Komposisi			Rendemen Furfural
	Hemicellulosa	Sellulosa	Lignin	
(Adhiksana dkk., 2022)	29,97%	37,65%	22,09%	30,52%
(Liu dkk., 2020)	33,18%	39,03%	23,9%	29,7%
(Q. Wang dkk., 2019)	23,32%	42,46%	13,78%	70%
(Zhao dkk., 2019)	44,9%	31,8%	23,3%	56%
(X. Li dkk., 2018)	31,06%	29,9%	13,0%	52,3%
(Coniwanti dkk., 2016)	20,51%	-	-	5,07%
(Mesa dkk., 2014)	28,24 %	40,46%	18,93 %	45%
(Atilio de Frias & Feng, 2014)	22,8%	37,2%	26,9%	33%
(Gallo dkk., 2013)	45%	-	-	62,44%
(Andaka, 2011)	22%	25%	-	5,67 %

Limbah ampas tebu masih mengandung lignoselulosa, sehingga sangat berpotensi sekali untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan furfural. Ampas tebu mengandung polisakarida yang dapat dikonversi menjadi produk atau senyawa kimia untuk mendukung proses produksi sektor industri lainnya. Salah satu polisakarida yang ada dalam ampas tebu ialah pentosan dengan persentase kandungan sebesar 20-27%. Data rendemen furfural dari limbah ampas tebu ditunjukkan pada Tabel 2.

### 1.3 Kelapa

Luas area perkebunan kelapa di Sumatera Barat mencapai 87.572 Ha dengan jumlah produksi 78.348 ton (Badan Pusat Statistik, 2021). Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen yaitu sabut kelapa, tempurung kelapa, daging buah kelapa dan air kelapa. Daging buah adalah komponen utama yang dapat diolah menjadi berbagai produk bernilai ekonomi tinggi. Air, tempurung, dan sabut sebagai hasil samping (*byproduct*) dari buah kelapa juga dapat diolah menjadi berbagai produk yang nilai ekonominya tidak kalah dengan daging buah (Lay dan Pasang, 2003; Maurits, 2003; Nur et al., 2003).

Subiyanto (2000) menerangkan bahwa, limbah kelapa terdiri dari sabut yang merupakan komponen berat terbesar (38-44%) dari buah kelapa, dibanding dengan komponen lainnya seperti tempurung (21-28%) dan air kelapa (29-35%). Menurut United Coconut Association of the Philippines (UCAP), dari setiap butir kelapa dapat diperoleh sekitar 0,4 kg sabut yang mengandung sekitar 30% serat.

Tabel 3. Rendemen Furfural dari Limbah Tanaman Kelapa

Referensi	Komponen			Rendemen
	Hemiselulosa	Selulosa	Lignin	Furfural
(Nuswantara et al., 2020)	8,5%	15,9%	14,28%	-
(Guerero, et.al., 2019)	-	-	-	25,71%
(Kondo, et.al., 2018)	15,5%	37,9%	33,5%	-
(Mulyana M et.al., 2015)	18%	27%	41%	-
(Guerero, et.al., 2014)	-	-	-	42,72%
(Tsuji et.al., 2014)	23%	21,6%	40%	-

### 1.4 Jerami Padi

Batang padi/jerami merupakan salah satu limbah pertanian yang cukup banyak jumlahnya. Setiap hektar sawah menghasilkan berton-ton jerami, dan baru sebagian kecil saja yang sudah dimanfaatkan. Sisanya menggunung berupa sampah atau dibakar menjadi abu. Jerami dihasilkan sebanyak 55,6% dari total hasil padi. Selama ini limbah jerami/batang padi masih belum dimanfaatkan secara efektif. Manfaatnya pun masih hanya terbatas pada bahan makanan ternak dan pembuatan kertas. Padahal, jerami mengandung kadar pentosa sekitar 27% - 32% (Muharrisa dan Karolina, 2011).

Tabel 4. Rendemen Furfural dari Limbah Jerami Padi

Referensi	Komposisi			Rendemen Furfural
	Hemicelulosa	Selulosa	Lignin	
(Kumar dkk., 2021)	25,5%	31%	18,2%	38%
(X. Wang dkk., 2020)	24,5%	30,2%	20,23%	10%
(Sinha A.S.K, 2019)	18,72%	30,02%	9,7%	16,97%
(Peng dkk., 2019)	29,2%	-	13,6%	42,7%
(Chen dkk., 2017)	18,88%	32,11%	24%	57,04%
(Mardina dkk., 2016)	20,93%	27,20%	6,37%	5,5%

(Chen dkk., 2015)	-	-	-	23%
(Lin dkk., 2013)	15,09%	48,61%	12,37%	35,19%

### 1.5. Kelapa Sawit

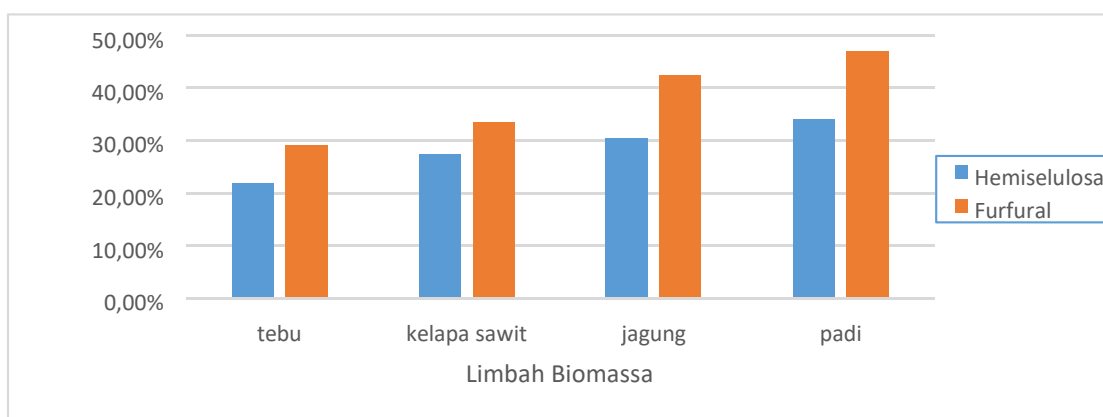
Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan dari produksi kelapa sawit menjadi crude palm oil (CPO) yang kurang dimanfaatkan secara maksimal. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) saat ini hanya digunakan sebagai pupuk/mulsa, sebagai bahan bakar boiler, dan terkadang dibuang begitu saja. Padahal tandan kosong kelapa sawit (TKKS) mempunyai kandungan hemiselulosa yang cukup tinggi (Tabel 5). Dengan kandungan hemiselulosa yang cukup tinggi, tandan kosong kelapa sawit (TKKS) berpotensi untuk diolah sebagai bahan baku pembuatan furfural dengan melalui proses hidrolisis.

Tabel 5. Rendemen Furfural dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit

Referensi	Komposisi			Rendemen Furfural
	Hemicellulosa	Sellulosa	Lignin	
(Lee dkk., 2021)	19,79%	39,84%	18,07%	22,6%
(Pino dkk., 2020)	28,1%	47,6%	13,1%	55%
(Majesty & Herdiansyah, 2019)	25,3%	41,3%	27,6%	26,58%
(Gozan dkk., 2018)	29,8%	39,3%	22,8%	27,94%
(Mohamad dkk., 2017)	30,4%	40,4%	-	32,70%
(Yong dkk., 2016)	30,4%	40,4%	21,7%	35,8%
(Rahim & Nadir, 2015)	25,90%	45,80%	22,60%	13,4%
(Riansa-ngawong & Prasertsan, 2011)	26%	35%	17,28%	17,34%

## 2. Analisis Hubungan Hemiselulosa Dengan Rendemen Furfural

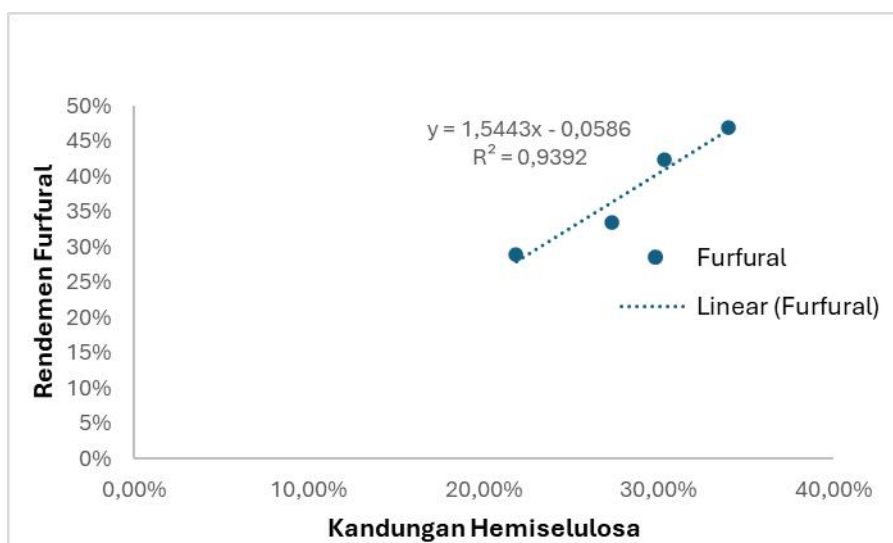
Polisakarida yang dapat dikonversi menjadi produk atau senyawa kimia untuk mendukung proses produksi furfural adalah kandungan hemiselulosa. Dari hasil kajian literatur di atas dapat dilihat kandungan hemiselulosa pada limbah biomassa berkisar antara 15%-34%. Jumlah kandungan hemiselulosa berpengaruh terhadap hasil rendemen furfural dari limbah biomassa tersebut, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Furfural dapat dihasilkan dengan memanaskan xilan dengan 12% asam klorida atau asam sulfat (Holtzapple, 2003).



Gambar 1. Grafik kandungan hemiselulosa dan rendemen furfural dari berbagai limbah biomassa (literatur review)

Pada Gambar 1 menunjukkan data kandungan hemiselulosa dan kaitannya dengan rendemen furfural. Data pada Gambar 4 merupakan hasil rata-rata kandungan hemiselulosa dan rendemen furfural dari Tabel 4,5,7, dan 8. Data yang diambil adalah hasil penelitian yang lengkap meneliti kandungan hemiselulosa dan furfural. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa kandungan furfural tertinggi terdapat pada limbah biomassa jerami padi 46,29% dan kandungan hemiselulosa tertinggi yaitu sebanyak 34%. Kandungan hemiselulosa pada ampas tebu merupakan yang terendah yaitu 21,38% dengan perolehan furfural sebesar 29%. Untuk meningkatkan hasil furfural, penambahan pelarut fase kedua sebagai ekstraktan furfural adalah strategi yang layak. Pada penelitian Zhao (Zhao dkk., 2019) mengembangkan sistem pelarut untuk secara efisien mengubah biomassa menjadi furfural. Hasil furfural yang lebih tinggi (56%) diperoleh dari xilosa pada suhu 140°C.

Data kadar hemiselulosa dan rendemen pengolahan kemudian diolah dengan regresi linear dan ternyata diketahui adanya hubungan kandungan hemiselulosa dengan perolehan rendemen furfural dari beberapa limbah biomassa seperti yang ditampilkan pada Gambar 2. Dari gambar tersebut dapat dilihat semakin tinggi jumlah kandungan hemiselulosa yang diperoleh dari limbah biomassa semakin tinggi pula rendemen furfuralnya.



Gambar 2. Hubungan persamaan linear kandungan hemiselulosa dan furfural dari limbah biomassa

Dari Gambar 2 dapat dilihat hubungan kandungan hemiselulosa dan furfural dari beberapa limbah biomassa melalui persamaan linear. Secara grafik dapat ditarik garis regresi, sehingga didapatkan persamaan  $y = 1,544x - 0,058$  dengan  $r^2 = 0,939$ . Kenaikan kandungan furfural yang dihasilkan dari limbah biomassa seiring dengan kenaikan hemiselulosa. Besarnya kandungan furfural tergantung dengan perlakuan awal pada limbah biomassa dan proses pengolahan pada biomassa tersebut. Tahap pertama dalam biokonversi bahan lignoselulosa adalah pengurangan ukuran dan pretreatment. Tujuan dari semua teknologi pretreatment adalah untuk mengurangi atau menghilangkan berbagai bahan/senyawa yang dapat menghambat laju hidrolisis dan meningkatkan produksifurfural dari hemiselulosa (Balat et al.,2008).

Pemilihan metode pretreatment yang tepat sangat penting dilakukan karena tahap ini menentukan metode hidrolisis apa yang akan dipakai nantinya. Pemilihan teknologi pretreatment tergantung juga pada bahan baku lignoselulosa yang digunakan. Karena tiap

bahan baku memiliki komposisi selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berbeda. Metode pretreatment berdasarkan prinsip eknologinya dapat digolongkan menjadi perlakuan fisika, perlakuan kimia, perlakuan fisika-kimia, dan perlakuan biologis. Proses Quaker Oats pada tahun 1921 berhasil memanfaatkan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) untuk menghasilkan 40-50% hasil furfural (Jiang et.al., 2021). Asam Lewis homogen dan asam Bronsted diterapkan untuk pembentukan furfural dari bahan baku berbasis biomassa. Namun, asam mineral (misalnya  $H_2SO_4$ , HCl) sering digunakan dalam sistem fase tunggal selama proses komersial, menyebabkan beberapa kesulitan dalam pemulihan furfural dari sistem reaksi dan pengoperasian atau penyerahan asam mineral korosif. Sistem katalitik ini juga baik untuk konversi biomassa batang jagung, jerami padi, dan kayu pinus asli menjadi furfural (Jiang et al., 2021).

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Riset Teknologi dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Teknologi Pendidikan Tinggi, Kebudayaan Ristik Kementerian Pendidikan sesuai dengan Kontrak Penelitian Nomor 115/E5/PG.02.00.PL/2023 Tahun Anggaran 2023

### KESIMPULAN

Dari hasil tinjauan literatur di atas dapat disimpulkan bahwa beberapa limbah biomassa dari komoditi unggulan di Sumatera Barat memiliki kandungan hemiselulosa yang cukup besar yaitu berkisar antara 15%-45%. Semakin tinggi kandungan hemiselulosa biomassa semakin meningkat pula kandungan furfural yang dihasilkan biomassa tersebut. Limbah tersebut dapat menghasilkan furfural dengan rendemen sebesar 30%-45%. Hubungan kandungan hemiselulosa dan furfural sesuai dengan persamaan  $y = 1,544x - 0,058$  dengan  $r^2 = 0,939$ .

### DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Adhiksana, A., Wulan, C. N., & Islamiyah, N. H. (2022). Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural Dengan Katalisator Asam Sulfat Berbantuan Gelombang Mikro. *Jurnal Teknik Kimia Vokasional*, 2(1), 15–21.
- Ambalkar, V. U., & Talib, M. I. (2012). Synthesis of Furfural from Lignocellulosic Biomass as Agricultural Residues: A Review. *The International Journal of Engineering And Science (IJES)*, 1(1), 30–36.
- Andaka, G. (2011). Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural Dengan Katalisator Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi*, 4, 9.
- Atilio de Frias, J., & Feng, H. (2014). Pretreatment of furfural residues with switchable butadiene sulfone in the sugarcane bagasse biorefinery. *Green Chemistry*, 16(5), 2779–2787. <https://doi.org/10.1039/c3gc42632g>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Propinsi Sumatera Barat dalam Angka 2023* (1 ed., Vol. 1). Badan Pusat Statistik Prov. Sumatera Barat.
- Chen, H., Qin, L., & Yu, B. (2015). Furfural production from steam explosion liquor of rice straw by solid acid catalysts (HZSM-5). *Biomass and Bioenergy*, 73, 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.12.013>
- Chen, H., Zhang, C., Rao, Y., Jing, Y., Luo, G., & Zhang, S. (2017). Methane potentials of wastewater generated from hydrothermal liquefaction of rice straw: Focusing on the wastewater characteristics and microbial community compositions. *Biotechnology for Biofuels*, 10(1), 140. <https://doi.org/10.1186/s13068-017-0830-0>



- Coniwanti, P., Gusti Siska H., & Eni Handayani. (2016). Pembuatan Furfural Dari Campuran Biomassa Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Dan Tempurung Kelapa (*Cocos Nucifera* L.). *Jurnal Teknik Kimia*, *22*(2), 37–45.
- Eseyin, A., E., & Steele, P., H. (2015). An overview of the applications of furfural and its derivatives. *International Journal of Advanced Chemistry*, *3*(2), 42. <https://doi.org/10.14419/ijac.v3i2.5048>
- Fachry, A. R., Astuti, P., & Puspitasari, T. G. (2013). Pembuatan Bietanol Dari Limbah Tongkol Jagung Dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida Dan Waktu Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*, *19*(1), 10.
- Gallo, J. M. R., Alonso, D. M., Mellmer, M. A., Yeap, J. A., Wong, H. C., & Dumesic, J. A. (2013). Production of Furfural from Lignocellulosic Biomass Using Beta Zeolite and Biomass-Derived Solvent. *Top Catal*, *56*, 1775–1781. <https://doi.org/10.1007/s11244-013-0113-3>
- Gozan, M., Panjaitan, J. R. H., Tristantini, D., Alamsyah, R., & Yoo, Y. J. (2018). Evaluation of Separate and Simultaneous Kinetic Parameters for Levulinic Acid and Furfural Production from Pretreated Palm Oil Empty Fruit Bunches. *International Journal of Chemical Engineering*, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2018/1920180>
- Hoang, P. H., Cuong, T. D., & Dien, L. Q. (2021). Ultrasound Assisted Conversion of Corncob-Derived Xylan to Furfural Under HSO<sub>3</sub>-ZSM-5 Zeolite Catalyst. *Waste and Biomass Valorization*, *12*(4), 1955–1962. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01152-9>
- Isikgor, F. H., & Becer, C. R. (2015). Lignocellulosic biomass: A sustainable platform for the production of bio-based chemicals and polymers. *Polymer Chemistry*, *6*(25), 4497–4559. <https://doi.org/10.1039/C5PY00263J>
- Jiang, C.-X., Di, J.-H., Su, C., Yang, S.-Y., Ma, C.-L., & He, Y.-C. (2018). One-pot co-catalysis of corncob with dilute hydrochloric acid and tin-based solid acid for the enhancement of furfural production. *Bioresource Technology*, *268*, 315–322. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.07.147>
- Jiang, Z., Hu, D., Zhao, Z., Yi, Z., Chen, Z., & Yan, K. (2021). Mini-Review on the Synthesis of Furfural and Levulinic Acid from Lignocellulosic Biomass. *Processes*, *9*(7), 1234. <https://doi.org/10.3390/pr9071234>
- Kumar, A., Chauhan, A. S., Bains, R., & Das, P. (2021). Rice straw (*Oryza sativa* L.) biomass conversion to furfural, 5-hydroxymethylfurfural, lignin and bio-char: A comprehensive solution. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, *104*, 286–294. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.08.025>
- Lee, C. B. T. L., Wu, T. Y., Cheng, C. K., Siow, L. F., & Chew, I. M. L. (2021). Nonsevere furfural production using ultrasonicated oil palm fronds and aqueous choline chloride-oxalic acid. *Industrial Crops and Products*, *166*, 113397. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113397>
- Li, H. (2016). Effect of structural characteristics of corncob hemicelluloses fractionated by graded ethanol precipitation on furfural production. *Carbohydrate Polymers*, *7*.
- Li, X., Liu, Q., Si, C., Lu, L., Luo, C., Gu, X., Liu, W., & Lu, X. (2018). Green and efficient production of furfural from corn cob over H-ZSM-5 using  $\gamma$ -valerolactone as solvent. *Industrial Crops and Products*, *120*, 343–350. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.065>
- Li, Y.-Y., Li, Q., Zhang, P.-Q., Ma, C.-L., Xu, J.-H., & He, Y.-C. (2021). Catalytic conversion of corncob to furfuryl alcohol in tandem reaction with tin-loaded sulfonated zeolite

- and NADPH-dependent reductase biocatalyst. *Bioresource Technology*, *320*, 124267. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124267>
- Lin, K.-H., Huang, M.-H., & Chang, A. C.-C. (2013). Liquid phase reforming of rice straw for furfural production. *International Journal of Hydrogen Energy*, *38*(35), 15794–15800. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2013.06.088>
- Liu, C., Wei, L., Yin, X., Wei, M., Xu, J., Jiang, J., & Wang, K. (2020). Selective conversion of hemicellulose into furfural over low-cost metal salts in a  $\gamma$ -valerolactone/water solution. *Industrial Crops and Products*, *147*, 112248. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112248>
- Luo, Y., Li, Z., Li, X., Liu, X., Fan, J., Clark, J. H., & Hu, C. (2019). The production of furfural directly from hemicellulose in lignocellulosic biomass: A review. *Catalysis Today*, *319*, 14–24. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.06.042>
- Machado, G., Leon, S., Santos, F., Lourega, R., Dullius, J., Mollmann, M. E., & Eichler, P. (2016). Literature Review on Furfural Production from Lignocellulosic Biomass. *Natural Resources*, *07*(03), 115–129. <https://doi.org/10.4236/nr.2016.73012>
- Majesty, K. I., & Herdiansyah, H. (2019). The Empty Palm Oil Fruit Bunch as the Potential Source of Biomass in Furfural Production in Indonesia: Preliminary Process Design and Environmental Perspective. *Journal of Physics: Conference Series*, *1363*(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1363/1/012096>
- Mardina, P., Prathama, H. A., & Hayati, D. M. (2016). Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Katalisator Asam Sulfat Terhadap Sintesis Furfural dari Jerami Padi. *Konversi*, *3*(2), 1. <https://doi.org/10.20527/k.v3i2.158>
- Mesa, L., Morales, M., González, E., Cara, C., Romero, I., Castro, E., & Mussatto, S. I. (2014). Restructuring the processes for furfural and xylose production from sugarcane bagasse in a biorefinery concept for ethanol production. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, *85*, 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2014.07.012>
- Mohamad, N., Mohamad Yusof, N. N., & Yong, T. L.-K. (2017). Furfural Production Under Subcritical Alcohol Conditions: Effect of Reaction Temperature, Time, and Types of Alcohol. *Journal of the Japan Institute of Energy*, *96*(8), 279–284. <https://doi.org/10.3775/jie.96.279>
- Oh, S.-J., Jung, S.-H., & Kim, J.-S. (2013). Co-production of furfural and acetic acid from corncob using ZnCl<sub>2</sub> through fast pyrolysis in a fluidized bed reactor. *Bioresource Technology*, *144*, 172–178. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.06.077>
- Peng, B., Ma, C.-L., Zhang, P.-Q., Wu, C.-Q., Wang, Z.-W., Li, A.-T., He, Y.-C., & Yang, B. (2019). An effective hybrid strategy for converting rice straw to furoic acid by tandem catalysis *via* Sn-sepiolite combined with recombinant *E. coli* whole cells harboring horse liver alcohol dehydrogenase. *Green Chemistry*, *21*(21), 5914–5923. <https://doi.org/10.1039/C9GC02499A>
- Pino, N., Buitrago-Sierra, R., & López, D. (2020). Conversion of Biomass-Derived Furanics to Fuel-Range Hydrocarbons: Use of Palm Oil Empty Fruit Bunches. *Waste and Biomass Valorization*, *11*(2), 565–577. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00599-9>
- Rahim, M., & Nadir, M. (2015). Optimasi Waktu Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Furfural Berbantuan Gelombang Mikro. *Konversi*, *4*(2), 12. <https://doi.org/10.20527/k.v4i2.265>
- Riansa-ngawong, W., & Prasertsan, P. (2011). Optimization of furfural production from hemicellulose extracted from delignified palm pressed fiber using a two-stage

- process. *Carbohydrate Research*, 346(1), 103–110.  
<https://doi.org/10.1016/j.carres.2010.10.009>
- Sinha A.S.K. (2019). Furfural Production From Rice Straw Using Oxalic Acid Hydrolysis & Sulphuric Acid Dehydration Pretreatment. *Pramana Research Journal*, 9(4), 467–477.
- Subiyanto. (2000). Prospek Industri Pengolahan Limbah Sabut Kelapa. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(1), 1–9.
- Sun, Y., Wang, Z., Liu, Y., Meng, X., Qu, J., Liu, C., & Qu, B. (2019). A Review on the Transformation of Furfural Residue for Value-Added Products. *Energies*, 13(1), 1–19.  
<https://doi.org/10.3390/en13010021>
- Wang, Q., Qi, W., Wang, W., Zhang, Y., Leksawasdi, N., Zhuang, X., Yu, Q., & Yuan, Z. (2019). Production of furfural with high yields from corncob under extremely low water/solid ratios. *Renewable Energy*, 144, 139–146.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.095>
- Wang, X., Liu, Y., Cui, X., Xiao, J., Lin, G., Chen, Y., Yang, H., & Chen, H. (2020). Production of furfural and levoglucosan from typical agricultural wastes via pyrolysis coupled with hydrothermal conversion: Influence of temperature and raw materials. *Waste Management*, 114, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.045>
- Win, D. T. (2005). Furfural – Gold from Garbage. *Faculty of Science and Technology, Assumption University Bangkok, Thailand.*, 8(4), 185–190.
- Xu, W., Zhang, S., Lu, J., & Cai, Q. (2017). Furfural production from corncobs using thiourea as additive. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 36(3), 690–695.  
<https://doi.org/10.1002/ep.12489>
- Yong, T. L.-K., Mohamad, N., & Yusof, N. N. M. (2016). Furfural Production from Oil Palm Biomass Using a Biomass-derived Supercritical Ethanol Solvent and Formic Acid Catalyst. *Procedia Engineering*, 148, 392–400.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.495>
- Zhang, L., Xi, G., Yu, K., Yu, H., & Wang, X. (2017). Furfural production from biomass-derived carbohydrates and lignocellulosic residues via heterogeneous acid catalysts. *Industrial Crops and Products*, 98, 68–75.  
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.01.014>
- Zhang, R.-Q., Ma, C.-L., Shen, Y.-F., Sun, J.-F., Jiang, K., Jiang, Z.-B., Dai, Y.-J., & He, Y.-C. (2020). Enhanced Biosynthesis of Furoic Acid via the Effective Pretreatment of Corncob into Furfural in the Biphasic Media. *Catalysis Letters*, 150(8), 2220–2227.  
<https://doi.org/10.1007/s10562-020-03152-9>
- Zhao, Y., Xu, H., Wang, K., Lu, K., Qu, Y., & Zhu, L. (2019). Enhanced furfural production from biomass and its derived carbohydrates in the renewable butanone–water solvent system. *Sustain. Energy Fuel*, 3, 3208–3218.