

Optimasi Proses Ekstraksi Furfural Bagasse Dan Trash Serta Potensinya untuk Material Coating

Lestari Hetalesi Saputri^{1, *}, Rika Wulandari² dan Ahmad Fauzi³

^{1,3} Politeknik LPP, Yogyakarta

² IST AKPRIND, Yogyakarta

* Corresponding author: eta@polteklpp.ac.id

Abstract

Furfural is a type of intermediate product that is widely needed by the chemical industry for the manufacture of the finished products, such as resins, waxes, disinfectants, lubricating oils, synthetic rubbers and so on. This product can be produced from materials that contain high pentosan, including bagasse and trash. This research aims to synthesize furfural products from bagasse and trash (daduk and siwilan). In addition, to determine the potential of the furfural for coating application, observed from the chemical bonds formed. The coating product in the form of a polymer resin can be formed through a polycondensation process, which is a process that combines several functional groups such as a hydroxyl group with a carboxyl, a carbonyl with an amine or a combination thereof. Furfural from bagasse and trash can be obtained through the process of acid hydrolysis. The mixture of bagasse and trash is reacted in a three neck flask and stirred using a magnetic stirrer. The hydrolysis reaction was carried out using acetic acid catalyst at various concentrations. Besides that, hydrolysis is also carried out with variations in temperature and time. Then, the hydrolyzate was analyzed through a color test and titrated to determine the furfural yield, while the residual hydrolysis is analyzed by Fourier Transform Infra Red (FTIR). The FTIR is conducted to determine the remaining furfural that is not extracted during the hydrolysis. From the results of the research, the optimal furfural yield was 12.88% at 90 °C with 14% acetic acid content and 2: 1: 1 ratio of bagasse: daduk: siwilan.

Abstrak

Furfural merupakan salah satu produk intermediate yang banyak dibutuhkan oleh industri kimia untuk pembuatan produk jadi, seperti resin, wax, desinfektan, minyak pelumas, karet sintetis dan sebagainya. Produk ini dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung pentosan tinggi, termasuk dari bagasse dan trash. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis produk furfural dari bagasse dan trash (daduk dan siwilan). Selain itu, untuk mengetahui potensi furfural yang dihasilkan untuk aplikasi produk coating material, ditinjau dari ikatan kimia yang terbentuk. Produk coating material yang berupa resin polimer dapat dibentuk melalui proses polikondensasi, yaitu proses yang menggabungkan beberapa gugus fungsi seperti gugus hidroksil dengan karboksil, karbonil dengan amina atau gabungannya. Furfural dari bagasse dan trash dapat diperoleh melalui proses hidrolisis asam. Campuran *bagasse* dan *trash* direaksikan di dalam labu leher tiga dan diaduk menggunakan magnetik stirer. Reaksi hidrolisis dilakukan dengan bantuan katalis asam asetat pada berbagai variasi konsentrasi. Selain itu juga dilakukan variasi suhu dan waktu hidrolisis. Kemudian, hidrolisat dianalisis melalui uji warna dan dititrasi untuk mengetahui yield furfural, sementara ampas sisa hidrolisis dianalisis dengan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Uji FTIR dilakukan untuk mengetahui sisa furfural yang belum terambil selama proses hidrolisis. Dari hasil penelitian, didapatkan yield furfural optimal sebesar 12,88% pada suhu 90°C dengan kadar asam asetat 14% dan perbandingan bagasse:daduk:siwilan sebesar 2:1:1.

Keywords: *bagasse, furfural, hydrolysis, polymer resin, trash*

PENDAHULUAN

Polimer menjadi material yang aplikasinya semakin berkembang dari tahun ke tahun. Dengan kemajuan teknologi, material ini dapat dimodifikasi dari berbagai sumber bahan baku. Indonesia dengan kekayaan sumber alamnya, memiliki potensi untuk menciptakan berbagai material polimer yang dapat menggantikan material-material yang sukar terdegradasi yang umumnya berasal dari bahan sintetis [1]. Melalui penciptaan bahan tersebut, diharapkan dapat membantu mengatasi permasalahan lingkungan melalui munculnya produk material baru dari alam (*renewable resources*) yang bersifat *degradable* dan *eco-green product*. Bahan-bahan alam tersebut bisa saja bukan langsung bersumber dari alam, namun juga dapat berasal dari limbah hasil agroindustri [2].

Salah satu jenis polimer adalah resin. Resin polimer bisa berasal dari alam maupun sintetis. Umumnya resin banyak digunakan untuk *coating material*, seperti *coating furniture*, *circuit boards* maupun *coating* logam. Ada perbedaaan diantara kedua jenis resin tersebut. Resin sintetis yang sudah ada di pasaran seperti *phenolic resin*, *alkyd resin*, *epoxy resin* ataupun resin perpaduan dari *phenolic-epoxy resin*, bersifat tahan lama (terutama ketahanan terhadap air dan zat kimia) sehingga sukar terdegradasi [3]. Sifat ini bertolak belakang dengan sifat resin polimer alami. Untuk menutupi kelemahan di antara kedua resin tersebut, maka para peneliti hingga saat ini masih berusaha menciptakan dan mengembangkan resin-resin polimer yang lebih ramah lingkungan namun tetap memiliki sifat fisis dan sifat mekanis yang baik. Untuk membuat resin polimer, bisa dilakukan dengan menggabungkan gugus fungsi pada berbagai bahan baku melalui reaksi kimia tertentu. Salah satu contoh yaitu resin polimer urea-formaldehida yang menggabungkan antara gugus amina pada urea dengan gugus aldehid pada formaldehid [4].

Penelitian ini merupakan langkah awal untuk mendapatkan bahan baku resin polimer yang ditujukan untuk produksi material *coating* yaitu furfural, yang kemudian dari furfural yang dihasilkan akan dikaji banyaknya gugus fungsi yang kemungkinan berpotensi untuk direaksikan dengan bahan kimia lainnya, baik alami ataupun sintetis, untuk membentuk *coating material*. Furfural merupakan senyawa yang memiliki banyak manfaat di dunia industri, misalnya sebagai bahan baku untuk sintesis pelarut furfural alkohol dan tetrahidrofuran serta produksi resin untuk material *coating* [5]. Penelitian yang berkaitan dengan furfural sebagai resin *coating*, salah satunya pernah dilakukan oleh Liu Gang et al. (2005) [6]. Pada penelitiannya, Gang et al membuat resin dari paduan furfural dengan nanopartikel Fe_2O_3 untuk *coating* solar. Banyaknya manfaat dari furfural membuat bahan ini banyak dicari oleh produsen seluruh dunia, termasuk Indonesia. Bahkan Indonesia hingga saat ini masih impor furfural dari negara-negara lain seperti: Amerika, Argentina, Finlandia, Perancis, Italia, Spanyol, Hongaria, China dan Jepang [7]. Di Indonesia masih belum ada satupun produsen furfural. Hal ini yang menyebabkan Indonesia masih mengimpor furfural dari luar negeri, khususnya dari China yang saat ini masih menjadi penguasa pasar furfural dunia [8]. Bahkan Andaka (2011) [9] dalam artikelnya menyebutkan bahwa pada tahun 2016, 72% perdagangan furfural telah dikuasai oleh China. Padahal sumber bahan baku produksi furfural melimpah di Indonesia. Bahan baku tersebut antara lain: tongkol jagung, padi, kayu, rami, dan berbagai sumber lainnya yang mengandung pentosan [10], seperti bagasse dan trash.

Ketertarikan para peneliti dengan senyawa furfural disebabkan karena furfural memiliki kandungan aldehid dengan rantai siklis yang memiliki reaktivitas yang tinggi. Sifat reaktifnya ini karena adanya gugus karbonil dengan ikatan rangkap terkonjugasi yang memungkinkan adanya pembukaan cincin pada struktur kimianya [11]. Sifat tersebut yang menjadi penentu bahwa furfural dapat membentuk material polimer dengan berat molekul tinggi dan tahan

terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. Pada penelitian ini, furfural akan dibuat dari *bagasse* (ampas tebu) dan *trash* (daduk dan siwilan). Kedua bahan ini ialah limbah dari hasil perkebunan dan pengolahan tebu di Pabrik Gula (PG) [12]. *Trash* kebanyakan hanya dijadikan sebagai bahan makanan ternak yang selama ini masih belum banyak dimanfaatkan untuk kegunaan lainnya. Sementara ampas tebu biasanya hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler di Pabrik gula dan itupun penggunaannya hanya sekitar 55-60% nya saja. Diperkirakan sebanyak 40-45% dari ampas tebu belum dimanfaatkan [13]. Untuk meningkatkan pemanfaatan keduanya, maka dapat dilakukan dengan mengolahnya menjadi produk lain yang mempunyai nilai tambah tinggi, misalnya produk furfural. Selain itu, dengan pemanfaatan limbah ini juga dapat mendukung program Pemerintah yang berkaitan dengan *zero waste industry*.

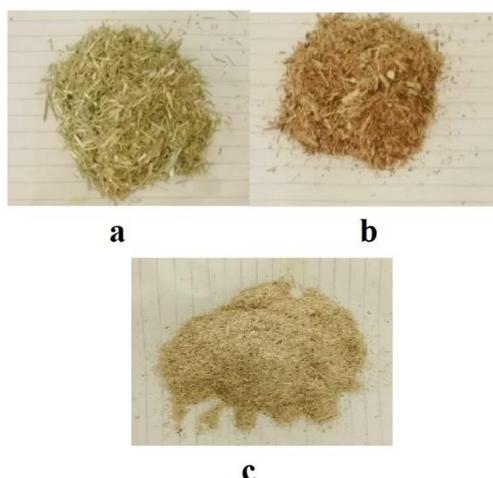
Sintesis furfural dapat dilakukan melalui proses hidrolisis dengan bantuan asam. Asam yang sering digunakan antara lain asam anorganik seperti asam sulfat dan asam klorida [14]. Proses hidrolisis dengan bantuan asam-asam tersebut berlangsung cukup cepat. Akan tetapi, karena sifat asamnya yang terlalu kuat, sehingga menyebabkan hemiselulosa dan bahkan selulosa mudah terdegradasi menjadi senyawa-senyawa dengan berat molekul yang lebih kecil dan bahkan juga terjadi pada produk furfural. Dampaknya kemurnian furfural menjadi lebih rendah dari yang diharapkan [14]. Untuk mengatasi hal tersebut, lalu Rossa et al. (2015) [15] mencoba untuk mensintesis furfural dari asam organik, seperti asam asetat. Dari hasil penelitiannya, asam asetat memiliki pengaruh yang besar terhadap kecepatan sintesis furfural. Ini karena asam organik bukanlah asam kuat yang memiliki kemampuan yang besar untuk menguraikan suatu senyawa. Namun tetap konsentrasi pemakaian untuk mensintesis furfural harus diteliti lebih lanjut. Berlandaskan pada penelitian-penelitian tersebut, maka pada penelitian ini, katalis yang digunakan ialah asam asetat. Asam asetat diperkirakan dapat meningkatkan sifat reaktif dari reaktan sehingga akan mempercepat kenaikan laju reaksi [16]. Selain itu, dipilihnya asam organik dalam proses penelitian ini karena asam asetat bersifat lebih ramah lingkungan dan relatif tidak mengkorosi alat terutama bila nantinya akan diaplikasikan untuk skala produksi yang lebih besar. Diharapkan, dari penelitian ini akan didapatkan *yield* furfural optimal yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan material *coating*.

METODE PENELITIAN

Total waktu penelitian berlangsung selama 6 bulan dan dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan, Program Studi Teknik Kimia, Politeknik LPP Yogyakarta. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: gelas arloji, timbangan digital, oven, eksikator, grinder, alat screening, serangkaian alat distilasi, labu leher tiga (*trineck*), erlenmeyer, pengaduk mekanik, rangkaian alat refluks, gelas kimia, termometer, saringan hisap dan pompa vakum. Sementara bahan-bahan yang digunakan yaitu limbah ampas tebu dan *trash* (sogolan, momol, daduk) yang diperoleh dari kebun dan Pabrik Gula (PG) Madukismo, kertas saring whatman 42, larutan asam asetat pekat, anilin, NaCl, kloroform, phloroglucinol, HCl 3,85N, larutan KIO₃ 0,1 N, larutan H₂SO₄ 4 N, KI 0,1 N, larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N dan asam klorida 12%.

Trash dikeringkan menggunakan oven hingga kering. *Trash* kering dan *bagasse* lalu dihaluskan dengan menggunakan alat *Grinder*. Setelah halus, dilakukan pengayakan untuk memperoleh ampas dengan ukuran tertentu. Kemudian sebanyak 5 gram campuran *bagasse* dan *trash* (dengan perbandingan dan ukuran tertentu) dan HCl 3,85N dengan volume 100 mL, serta NaCl sebanyak 20 gram dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Campuran bahan-

bahan ini kemudian didistilasi selama ± 3 jam. Pada setiap 10 menit, ditambahkan HCl dengan konsentrasi yang sama. Volume distilat diambil 50 mL untuk diuji kadar pentosannya dengan terlebih dahulu ditambahkan phloroglucinol sebanyak 0,06 gram, dikocok dan didiamkan selama 5 menit. Selanjutnya diberi tambahan indikator amilum dan dititrasi sebanyak 3 kali dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N.



Gambar 1. Siwilan (a), Daduk (b) dan Bagasse (c)

Proses hidrolisis dilakukan dengan cara: campuran *bagasse* dan *trash* dengan kadar pentosan tinggi sebanyak 10 gram dimasukkan ke dalam labu *trineck* dan ditambahkan 150 mL asam asetat dengan berbagai konsentrasi dari 12% hingga 18% (interval 2%). Kemudian campuran diaduk hingga homogen dengan kecepatan putar 235 rpm. Waktu hidrolisis yaitu 2,5 jam dengan variasi suhu 85°C, 90°C, 95°C, dan 100°C. Setelah hidrolisis selesai, hasil hidrolisis didinginkan kemudian disaring menggunakan saringan hisap. Hasil saringan yang berupa campuran furfural dan air dipisahkan dengan penambahan kloroform. Lapisan atas yang merupakan campuran furfural dan kloroform ditambahkan Na_2SO_4 anhidrat sebanyak 0,5 gram untuk mengikat sisa air dan kemudian didistilasi untuk memisahkan kloroform dari campurannya. Setelah semua tahapan proses di atas selesai, furfural yang diperoleh kemudian dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif melalui uji warna dan uji gugus fungsi. Uji warna dilakukan pada hidrolisat yang berupa larutan, sedangkan uji gugus fungsi dengan menggunakan alat spektrofotometer *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR) Shimadzu yang dilakukan di Laboratorium Kimia Organik, FMIPA UGM untuk ampas hasil penyaringan. Sementara analisis kuantitatif (perhitungan yield furfural) dilakukan dengan metode titrasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum dilakukan hidrolisis untuk mendapatkan furfural dari bahan *bagasse* dan *trash*, maka perlu dilakukan analisis kadar pentosan. Analisa kadar pentosan pada penelitian ini dilakukan untuk menentukan banyaknya pentosan (dinyatakan dalam persen) yang terkandung dari campuran ampas, daduk dan siwilan pada berbagai ukuran serat tertentu. Banyaknya pentosan akan memberikan gambaran secara tidak langsung mengenai jumlah furfural pada ketiga bahan. Furfural dihasilkan melalui serangkaian tahapan hidrolisis dari pentosan. Sementara pentosan diperoleh dari hasil pemutusan ikatan pada selulosa dan hemiselulosa yang terkandung dalam bahan-bahan organik [14]. Semakin tinggi kandungan hemiselulosa, maka kadar pentosan juga akan semakin tinggi, sehingga dampaknya

telah dipisahkan kemudian didistilasi. Tujuan distilasi ialah untuk meningkatkan kemurnian furfural yang dihasilkan yang kemungkinan masih ada kandungan airnya yang masih terikut meski telah melalui proses ekstraksi cair-cair. Kesempurnaan pemisahan pada tahapan distilasi dibantu melalui penggunaan Na₂SO₄ anhidrat yang mampu mengikat sisa air pada ekstrak furfural.

Hasil distilat yang berupa furfural kemudian dilakukan uji warna untuk memastikan senyawa yang terkandung didalamnya. Uji warna menggunakan campuran larutan anilin dan asetat dengan perbandingan komposisi yang sama. Campuran larutan ini kemudian ditetaskan pada cairan distilat dan bila terjadi perubahan dari kuning menjadi merah tua, maka membuktikan bahwa senyawa furfural telah terbentuk. Penyebab terjadinya perubahan warna ialah karena adanya proses kondensasi furfural dengan anilin membentuk dianil hidroksiglukoat dialdehida yang didahului oleh pemecahan cincin furfural sebelum membentuk dialdehida [18].

Sementara itu, penentuan kandungan furfural secara kuantitatif ditentukan melalui proses titrasi pada hasil distilat. Titrasi pada sampel distilat menggunakan pentiter Natrium Tiosulfat dengan bantuan KI, KIO₃, H₂SO₄ dan indikator amilum. Jenis titrasi tersebut menggunakan konsep titrasi redoks pada suasana asam karena melibatkan asam dalam prosesnya. Ekstrak furfural yang tadinya berwarna putih bening setelah ditambahkan reduktor dan oksidator KI dan KIO₃ berubah menjadi kehitaman, namun setelah proses titrasi berubah menjadi orange dengan sedikit endapan. Untuk perhitungan kandungan furfural mengikuti rumus dari Dunlop (1948) [19], yaitu:

$$m_{\text{furfural}} = \frac{(V_b - V_s) \cdot 0,1 \cdot \left(\frac{BM_{\text{furfural}}}{4}\right) \cdot 2,5 \cdot F_p}{10} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{yield furfural} = \frac{m_{\text{furfural}}}{m_{\text{pentosan}}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

V_s = volume sampel (mL)

V_b = volume blanko (mL)

F_p = faktor pengenceran

m_{furfural} = massa furfural dalam distilat (mg)

m_{pentosan} = massa pentosan pada bahan baku (mg)

Hasil furfural yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 1. Yield Furfural Berdasarkan % Kadar Asam Asetat

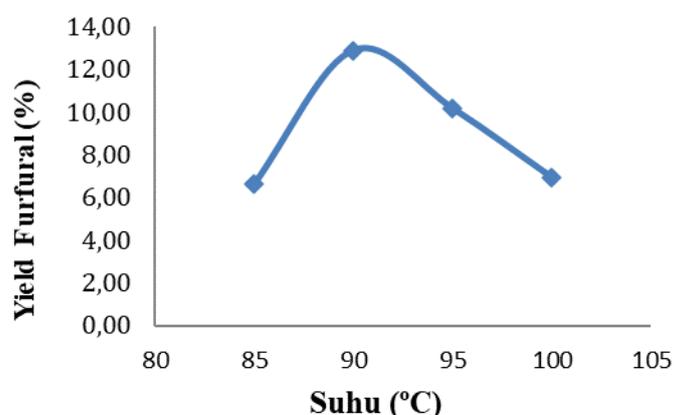
% Kadar Asetat	Yield Furfural (%)
12	0,23
14	1,49
16	0,44
18	0,22

Tabel di atas menunjukkan bahwa hemiselulosa pada campuran serat *bagasse* dan *trash* dapat terhidrolisis optimal pada penggunaan kadar asam asetat sebesar 14%. Ini berarti pula bahwa yield furfural yang didapatkan jauh lebih tinggi dari penggunaan % kadar asam asetat lainnya. Hal ini berarti bahwa pada kadar 14%, ion H⁺ pada asam asetat (CH₃COOH) dapat memecah ikatan pentosan menjadi monomer-monomer pentosa secara maksimal. Sebagaimana ion H⁺ pada H₂SO₄ yang dahulu sering digunakan untuk proses pembuatan furfural. Angelina et al. (2017) [20] menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi H₂SO₄ memiliki pengaruh terhadap hasil furfural. Menurutnya pentosa akan semakin banyak yang terbentuk pada konsentrasi asam yang tinggi dan kemudian akan mengalami proses dehidrasi secara cepat oleh molekul air sehingga terbentuk furfural. Kejadian ini juga bisa

menggambarkan proses hidrolisis yang terjadi dalam pembentukan furfural dengan bantuan asam asetat, meskipun tidak berlaku pada konsentrasi di atas 14%.

Pada penggunaan asam asetat 12%, pemutusan rantai atau pemisahan kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin belum mencapai maksimal, sehingga otomatis penguraian lanjut dari polisakarida-polisakarida tersebut juga belum mencapai optimumnya. Lain halnya dengan jumlah total furfural yang dihasilkan dari penggunaan asam asetat 16% dan 18%. Diduga pada % kadar tersebut, furfural yang dihasilkan terdekomposisi lebih lanjut menjadi molekul-molekul lain yang lebih sederhana, misalnya asam-asam organik dan senyawa alkohol dengan berat molekul yang lebih kecil. Ini sesuai dengan teori yang ada bahwa asam dapat mempercepat proses hidrolisis pada berbagai polisakarida. Kadar asam yang terlalu tinggi cenderung akan menyebabkan penguraian berlangsung secara terus menerus dan hingga pada akhirnya tidak terkontrol. Hal inilah yang terjadi pada jumlah total furfural pada penggunaan %kadar asam asetat 16% dan 18%, jumlah furfural yang dihasilkan terus mengalami penurunan secara signifikan. Adanya batasan jumlah asam asetat termasuk dalam kadar yang digunakan, kemungkinan besar juga disebabkan karena adanya peningkatan kadar asam asetat dari kadar awalnya selama proses hidrolisis. Sebagaimana yang diketahui bahwa asam asetat adalah asam karboksilat yang dapat terbentuk dari pemutusan ikatan pada senyawa gula, termasuk hemiselulosa. Asam asetat dapat dihasilkan dari heksosan yang terdapat pada ampas tebu, siwilan dan daduk. Bahkan menurut Angelina *et al* (2017) [20], kenaikan konsentrasi asam asetat dapat menjadi 2 kali lipat dari konsentrasi awal ketika proses hidrolisis berlangsung

Setelah didapatkan % kadar asetat yang tepat yaitu 14%, maka dilakukan proses ekstraksi pada berbagai kondisi variasi suhu proses. Dari hasil analisa kuantitatif, ternyata didapatkan yield furfural terbanyak terdapat pada suhu operasi 90°C yaitu 12,88%. Lengkapnya dapat dilihat pada grafik berikut:

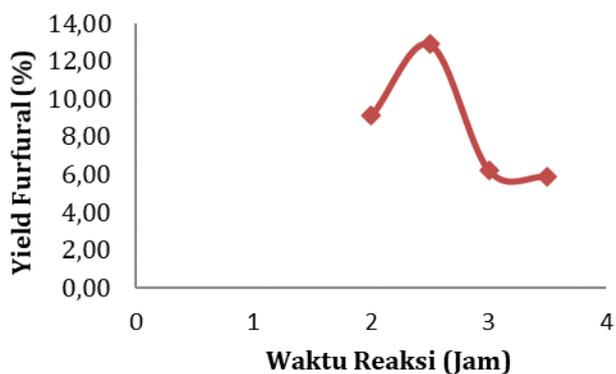


Gambar 2. Yield Furfural pada Berbagai Variasi Suhu

Berdasarkan teori kinetika reaksi hidrolisis, suhu dapat mempercepat terjadinya reaksi hidrolisis pada suatu zat (9)]. Semakin tinggi suhu, maka energi kinetik zat akan semakin tinggi. Energi ini menyebabkan terjadinya pergerakan molekul yang cepat dari berbagai zat yang direaksikan, dalam penelitian ini yaitu reaksi penguraian oleh air dengan bantuan katalis asam, atau yang sering dikenal dengan istilah hidrolisis. Pada suhu 85°C dapat dikatakan bahwa pergerakan molekul belum mencapai maksimalnya, sehingga furfural yang dihasilkan masih sedikit. Namun beda halnya dengan suhu di atas 90°C. Titik optimal untuk menghasilkan furfural terbanyak terdapat pada suhu ini, sehingga dapat dikatakan bahwa energi kinetik maksimal terjadi pada suhu ini. Pergerakan molekul yang cepat menyebabkan kecepatan reaksi juga semakin besar, ini akibat kontak yang lama antara zat-zat yang bereaksi [21]. Dalam hal ini yaitu kontak antara senyawa pentosan dengan asam asetat, sehingga

waktu penguraian pentosan menjadi pentosa dan lalu dilanjutkan dengan terbentuknya furfural akan semakin optimum. Akan tetapi, beda lagi dengan suhu reaksi di atasnya. Pada suhu tersebut ternyata jumlah total furfural yang dihasilkan kembali mengalami penurunan. Ini diduga bahwa telah terjadi proses penguraian lanjutan pada campuran serat yang bukan hanya penguraian dari selulosa, hemiselulosa dan lignin, namun juga pada senyawa-senyawa dari hasil penguraian ketiga kandungan kimia tersebut, termasuk pada furfural yang dihasilkan. Penguraian lanjutan ini menyebabkan semakin berkurangnya jumlah total furfural yang dihasilkan, terutama pada suhu 100°C. Penurunan ini kemungkinan disebabkan karena adanya suatu kondisi dimana hemiselulosa yang telah terdekomposisi menjadi furfural akan ikut terdekomposisi menjadi produk lain yaitu hidroksimetil furfural [22]. Pada suhu hidrolisis dan konsentrasi asam yang tinggi, struktur furfural dapat mengalami kerusakan karena gugus aldehid, eter dan ikatan rangkap dua pada senyawa furfural mudah bereaksi dengan senyawa lain. Selain itu, faktor lain yang kemungkinan menyebabkan terjadinya penurunan yield furfural mulai dari suhu 100°C ke atas karena pada suhu di atas 90°C, furfural lebih mudah menguap bersama dengan air karena sifatnya yang azeotrope [23].

Variasi waktu reaksi dilakukan pada rentang waktu 30 menit mulai dari 2 jam sampai 3,5 jam. Sementara kondisi proses lainnya termasuk perbandingan komposisi bahan dan kadar asetat yang digunakan dibuat tetap, yaitu suhu 90°C, kecepatan pengadukan 235 rpm, perbandingan komposisi serat ampas : daduk : siwilan yaitu 2:1:1 dan kadar asetat 14%. Semakin lama waktu reaksi juga ternyata tidak menjamin nilai yang optimal pada hasil yield furfural. Suatu reaksi akan optimal pada waktu reaksi tertentu, di penelitian ini yaitu pada waktu reaksi 2,5 jam. Waktu reaksi ini ternyata sama dengan waktu reaksi yang optimal untuk ekstraksi furfural yang berbahan baku hanya berupa ampas tebu. Keoptimalan hasil membuktikan bahwa reaksi dekomposisi hemiselulosa optimal terjadi pada variasi waktu reaksi 2,5 jam. Yield furfural yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar berikut:

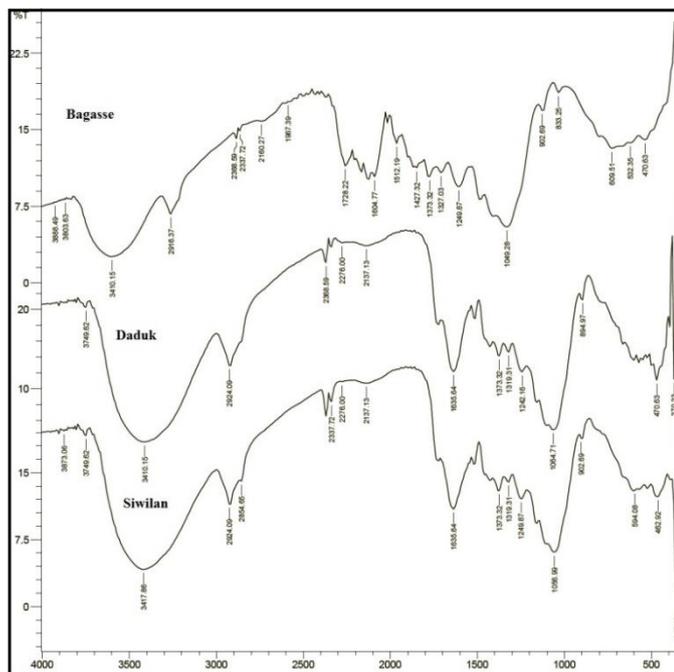


Gambar 3. Yield Furfural Pada Berbagai Waktu Reaksi

Gambar 3 di atas menunjukkan bahwa proses hidrolisis di atas 2,5 jam menyebabkan yield furfural semakin menurun. Hal ini disebabkan karena waktu yang lebih lama akan merusak struktur kimia furfural secara terus menerus dan akibatnya furfural akan terpecah menjadi furan [24]. Senyawa ini adalah senyawa turunan dari furfural yang hanya mengandung gugus eter dan memiliki sifat mudah terbakar, mudah menguap, beracun, namun tidak berwarna.

Analisis FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi dari suatu bahan organik [25], dalam hal ini ampas, daduk dan siwilan. Penentuan gugus fungsi ditunjukkan melalui ikatan-ikatan kimia yang terdapat pada ketiga bahan, sehingga lebih mempermudah dalam mendeteksi konsentrasi furfural yang tidak ikut terambil saat proses hidrolisis. Dari ketiga bahan ini dilakukan analisis pendahuluan mengenai kandungan ikatan C=C, C=O, C-O dan C-H yang merupakan pembentuk selulosa, hemiselulosa dan lignin. Pada penelitian ini,

spektra ketiga bahan yang menunjukkan keempat gugus tersebut terlihat hampir sama, hanya berbeda dari nilai absorbansi dan indeksinya. Spektra ampas, daduk dan siwilan dapat dilihat pada Gambar 4.

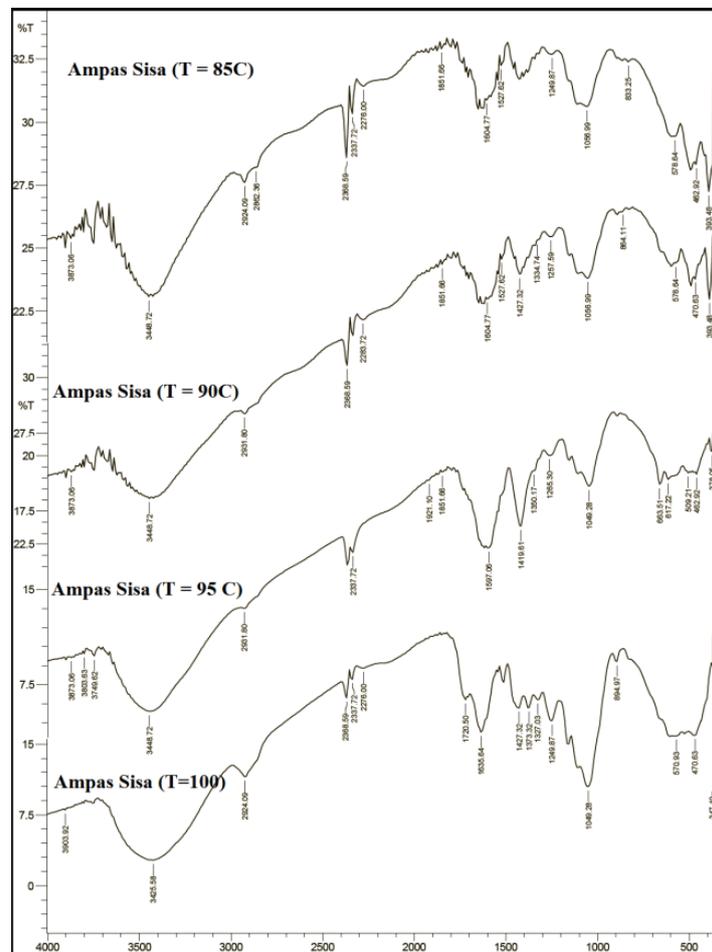


Gambar 4. FTIR Ampas, Daduk dan Siwilan

Dari ketiga bahan baku furfural yang akan digunakan tersebut terlihat adanya gugus karbonil ester pada angka gelombang $1728,22 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus karbonil khas milik hemiselulosa, seperti yang disampaikan Pangau *et al.* (2017) [26] bahwa adanya serapan karbonil pada bahan berserat memperlihatkan adanya hemiselulosa. Gugus karbonil ini terlihat lebih banyak terdapat pada *bagasse*, sehingga besar kemungkinan bahwa *bagasse* akan dapat menghasilkan furfural yang lebih banyak daripada siwilan dan daduk. Meskipun demikian, dari hasil FTIR tersebut juga terlihat bahwa daduk dan siwilan juga mengandung hemiselulosa sehingga juga berpotensi dalam produksi furfural sebagaimana halnya *bagasse*. Tujuan dipadukannya beberapa bahan baku ini yakni untuk mengoptimalkan produksi furfural dari limbah hasil perkebunan tebu.

Untuk bisa menghasilkan furfural yang tinggi, diperlukan kandungan hemiselulosa yang juga tinggi karena furfural merupakan hasil dekomposisi dari hemiselulosa. Sebagaimana juga yang pernah dikemukakan oleh Juwita *et al.* (2012) [27] bahwa hemiselulosa tersusun dari berbagai pentosan yang dapat menjadi bahan baku utama furfural. Hasil FTIR menunjukkan bahwa gugus C=O pada ampas, daduk dan siwilan tidak terlalu signifikan bedanya. Hal ini bisa diartikan bahwa kandungan hemiselulosa pada ketiga bahan konsentrasinya hampir sama, meski sedikit lebih banyak pada siwilan dengan indeks 0,8308. Hasil analisa ini mendukung hasil uji pentosan. Ketika massa siwilan dinaikkan, maka hasil pentosan yang didapatkan juga bertambah. Setelah dilakukan analisa awal dan uji pentosan pada ketiga bahan, maka dilakukan proses pembuatan furfural dengan memvariasikan kadar asetat. Di dalam furfural, terdapat beberapa ikatan, antara lain: C=C, C=O, C-O dan C-H. Ikatan-ikatan ini di hasil FTIR ditunjukkan pada panjang gelombang masing-masing sekitar $1600-1650 \text{ cm}^{-1}$, $1700-1800 \text{ cm}^{-1}$, $1050-1150 \text{ cm}^{-1}$ dan $1360-1380 \text{ cm}^{-1}$. Keempat *range* panjang gelombang tersebut mewakili keberadaan furfural pada sisa ampas yang telah dihidrolisis.

Pada hasil analisa ini, untuk gugus C=O, indeks terkecil terdapat pada sisa ampas 14% dibandingkan dengan sisa ampas dengan kadar lainnya. Nilainya yaitu sebesar 0,8996. Sementara kandungan furfural tertinggi setelah dihidrolisis terdapat pada konsentrasi asam asetat 18% yaitu sebesar 1,0349. Ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi asam asetat 18%, masih banyak furfural yang belum terambil dibandingkan dengan konsentrasi 12%, 14% dan 16%. Namun peningkatan ini tidak signifikan diikuti oleh ikatan C=C, C-O dan C-H. Diduga tingginya kandungan ketiga ikatan ini berasal dari selulosa dan lignin yang terdapat pada pencampuran ketiga bahan baku. Hasil FTIR tersebut telah sesuai dengan teori yang ada yang menyebutkan bahwa konsentrasi asam asetat tertentu dapat menyebabkan ikatan gugus fungsi hemiselulosa terdegradasi menjadi monomer gula sederhana. Monomer gula tersebut melarut ke dalam air dan terdekomposisi menjadi senyawa lain seperti furfural, asam organik, dan senyawa lain; atau dengan kata lain bahwa setelah proses hidrolisis, ikatan C=O dari hemiselulosa akan semakin melemah dan akhirnya terbentuk senyawa furfural dalam jumlah yang banyak. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa metode ini sudah cukup berhasil untuk mengambil furfural dari *bagasse*, meskipun hasilnya belum maksimal karena masih banyak furfural yang tersisa di *bagasse*. Sementara itu, untuk hasil analisa FTIR berbagai variasi suhu reaksi dapat ditunjukkan pada spektra di bawah ini:



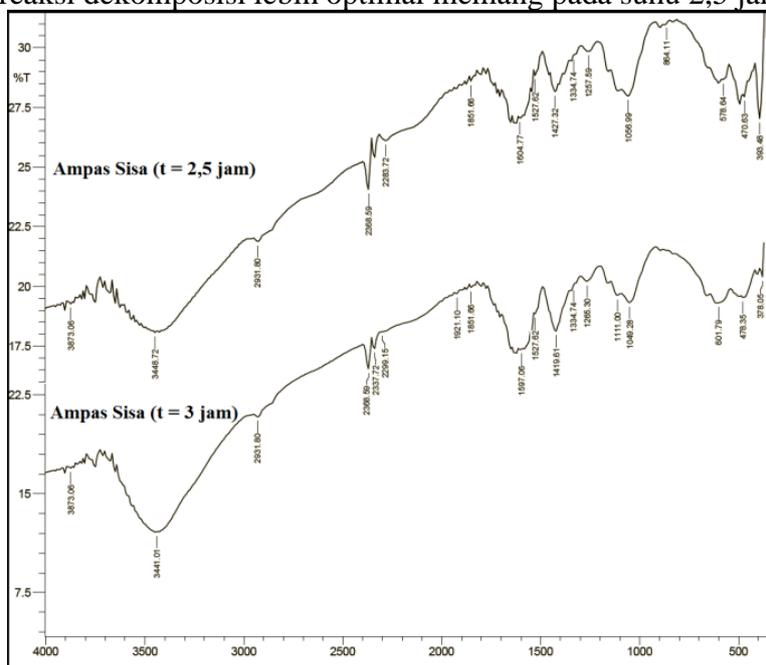
Gambar 5. Spektra FTIR Ampas Sisa Hasil Ekstraksi Berbagai Suhu

Dari spektra di atas ada sedikit perbedaan antara ampas sisa hasil proses reaksi antara suhu 85, 90, 95 dan 100 $^{\circ}\text{C}$, terutama pada puncak 1600 dan 1700 cm^{-1} . Bila diamati pada spektra ampas dengan suhu reaksi 90 $^{\circ}\text{C}$, puncak 1600 cm^{-1} tidak terlalu curam seperti pada

suhu 95°C dan 100°C dan bahkan puncak 1700 tidak terlihat sebagaimana pada 100°C. Hilangnya puncak dan kekurangcuraman memperlihatkan bahwa furfural di ampas sisa tidak sebanyak furfural pada suhu lainnya, sehingga dapat dikatakan bahwa pada suhu ini, dekomposisi banyak terjadi. Hasil ini mendukung jumlah total furfural yang dihasilkan berdasarkan perhitungan analisa kuantitatifnya. Bila ditinjau dari indeks karbonilnya, jumlah furfural yang tersisa di ampas lebih sedikit terdapat pada suhu 90 dan 95°C.

Penurunan nilai indeks pada suhu 90 dan 95°C terutama pada panjang gelombang sekitar 1600, 1300 dan 1000^oC mengindikasikan jumlah furfural yang terambil saat ekstraksi lebih banyak dibandingkan pada suhu reaksi lainnya. Ini mendukung hasil analisa kuantitatif yang dilakukan sebelumnya pada furfural hasil ekstraksi. Namun demikian, bila hanya meninjau dari indeks ikatan kimianya, seharusnya furfural bisa dihasilkan lebih banyak pada suhu 95°C. Ada kemungkinan pada suhu 95°C ini bukan hanya furfural yang terbentuk, tetapi juga senyawa lainnya seperti hidroksi metil furfural. Apalagi mengingat puncak O-H pada panjang gelombang sekitar 3400 cm^{-1} di spektra suhu 95°C yang lebih melebar dibandingkan spektra suhu 90°C.

Pada penelitian ini, analisa FTIR untuk variabel waktu tidak dilakukan pada semua variasi, hanya dilakukan untuk waktu reaksi 2,5 jam dan 3 jam. Beberapa jurnal dan berdasarkan dari hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa waktu reaksi yang optimum untuk hidrolisis furfural yaitu 2,5 jam. Penambahan waktu reaksi belum pernah dilakukan sebelumnya, sehingga untuk membuktikan optimalisasi proses ekstraksi furfural terbaik pada waktu 2,5 jam, maka perlu dilakukan analisa FTIR pula pada salah satu variasi waktu yang lamanya lebih dari 2,5 jam, di penelitian ini dipilih waktu reaksi 3 jam. Pada gambar di atas terlihat adanya pelebaran dan peningkatan nilai absorpsi pada beberapa panjang gelombang, terutama pada puncak sekitar 1600 dan 3400 cm^{-1} . Gambar tersebut memperlihatkan dengan jelas bahwa nilai absorpsi untuk panjang gelombang di atas, pada waktu reaksi 3 jam bernilai lebih besar daripada waktu reaksi 2,5 jam. Ini yang menunjukkan bahwa pada ampas sisa untuk waktu reaksi 3 jam masih banyak mengandung furfural atau dapat dikatakan reaksi dekomposisi lebih optimal memang pada suhu 2,5 jam.



Gambar 6. Spektra FTIR Pada Berbagai Variasi Waktu

Untuk proses pembuatan coating material dari bahan-bahan alam umumnya melibatkan beberapa penyatuan gugus fungsi dari beberapa senyawa. Furfural memiliki gugus aldehyd yang dibutuhkan untuk proses pembuatan *coating material*, termasuk *coating* logam. Sebagaimana formaldehyd yang juga memiliki gugus aldehyd, furfural dapat direaksikan dengan senyawa reaktif lainnya yang memiliki gugus amina dan gugus alkohol melalui proses polikondensasi untuk membentuk suatu ikatan =NH dan -OH atau CH=N dan -OH (28)]. Hasil sintesis polikondensasi antara senyawa furfural dengan senyawa amina terkenal dengan istilah basa *Schiff* yang pernah pula diteliti sebagai inhibitor untuk mencegah korosi pada logam [29]. Yield furfural yang cukup tinggi dari campuran bagasse dan trash terutama pada kondisi optimumnya, memiliki potensi untuk diaplikasikan ke arah sintesis *coating material* dari furfural melalui pemanfaatan kelebihan gugus aldehyd yang terdapat pada furfural dan gugus alkohol dari furfural alkohol yang merupakan senyawa turunan dari furfural. Potensi penyatuan ketiga gugus ini berpotensi besar karena pernah dibuktikan oleh Zolghadr *et al* (2019) [30] yang telah epoxy resin termodifikasi dari senyawa-senyawa yang mengandung ketiga gugus tersebut. Salah satu penggunaan epoxy resin adalah untuk coating material. Keberhasilan produk diperkirakan akibat munculnya struktur rantai jaring pada material *coating* yang dihasilkan. Hasil penelitian ini sudah dapat ditemukan bahwa daduk dan siwilan dapat dijadikan alternatif bahan baku untuk pembuatan furfural, seperti *bagasse* dan serat-serat tanaman lainnya. Oleh karena yield furfural cukup tinggi dan gugus fungsi yang terkandung cukup kompleks dari hasil spectra FTIR, maka potensi ke arah pembuatan coating material semakin besar.

KESIMPULAN

Limbah ampas dari hasil pengolahan PG dan limbah *trash* hasil budidaya perkebunan tebu dapat diolah lebih lanjut untuk dijadikan bahan baku produksi furfural. Hasil uji pendahuluan didapatkan kadar pentosan tertinggi terdapat pada komposisi ampas : daduk : siwilan dengan perbandingan 2 : 1 : 1. Kadar pentosan akan menentukan banyaknya furfural yang dihasilkan. Konsentrasi asam, waktu dan temperatur hidrolisis berpengaruh terhadap perolehan furfural. Namun akan ada titik optimal untuk perolehan furfural yang maksimal. Dalam penelitian ini, hasil maksimal terdapat pada konsentrasi asam asetat 14%, waktu reaksi 2,5 jam dan suhu reaksi 90°C, dengan nilai yield furfural sebanyak 12,88%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih diucapkan kepada LLDIKTI Wilayah V yang melalui Program Penelitian Hibah penelitian Dosen Pemula (PDP) telah mendanai penelitian ini dan juga kepada Politeknik LPP atas semua fasilitas yang diberikan hingga penelitian ini bisa terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. W. Arnata and B. A. Harsojuwono, *Teknologi Polimer Industri Pertanian*, Denpasar: Teknologi Polimer, 2015.
- [2] S. Sophia , "Mengatasi Limbah dengan Teknologi Hijau _ Republika Online," *Republika*, 17 3 2017. [Online]. Available: <https://republika.co.id/berita/pendidikan/dunia-kampus/17/03/15/omulcu284-mengatasi-limbah-dengan-teknologi-hijau>.

- [3] W. Sujana and I. Widi , "Pemanfaatan Silicon Rubber Untuk Meningkatkan Ketangguhan Produk Otomotif Buatan Lokal," *J Energi Dan Manufaktur*, vol. 6, no. 1, pp. 37-42, 2014.
- [4] K. Liu , C. Su , W. Ma , H. Li , Z. Zeng and L. Li , "Free formaldehyde reduction in urea-formaldehyde resin adhesive: Modifier addition effect and physicochemical property characterization," *BioResources*, 2020.
- [5] H. Ong and M. Sashikala , "Identification of furfural synthesized from pentosan in rice husk," *J Trop Agric food Sci*, vol. 35, no. 2, p. 305–12, 2007.
- [6] G. Liu , Y. F. Li , L. C. Zhou, B. Li , X. Men and X. Li , "Photo-heat transition of coatings derived from furfural resin and Fe 2O₃ nanoparticles," *High Perform Polym*, vol. 17, no. 4, p. 469–81, 2005.
- [7] A. Pratama and S. Amraini , "Prarancangan Pabrik Furfural dari Tandan Kosong Sawit Kapasitas 6000 Ton/Tahun dengan Desain Alat Utama Reaktor Fluidized Bed," *JOMFTEKNIK*, vol. 8, no. 1, p. 1–10, 2021.
- [8] Y. Hendrawan, Yosua and S. B. Ulfa, "Pengolahan Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) sebagai Bahan Baku Furfural melalui Pretreatment Pemanasan Resistive," *TEKNOTAN*, vol. 12, no. 2, p. 23–8, 2018.
- [9] G. Andaka , "Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Furfural dengan Katalisator Asam Sulfat," *J Teknol*, vol. 4, no. 2, p. 180–8, 2011.
- [10] W. D. Faust, Enamels, Porcelain Or Vitreous, Kirk-Othmer Encycl Chem Technol, 2009.
- [11] A. M. Orlova , "Furfural-Binder for Composite Construction Materials," 2016. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.178>, 153:527–30.
- [12] E. Ariningsih , Menuju Industri Tebu Bebas Limbah. Pus Sos Ekon dan Kebijakan Pertanian, 2014.
- [13] Sukarman and Darmono, "Pengaruh Penambahan Serat Ampas Tebu Giling Man Dan Giling Pabrik Terhadap Kualitas Eternit," *INERSIA*, vol. 7, no. 1, p. 19–37., 2011.
- [14] P. Mardina , H. A. Prathama and D. M. Hayati , "Pengaruh Waktu Hidrolisis Dan Konsentrasi Katalisator Asam Sulfat Terhadap Sintesis Furfural Dari Jerami Padi," *J Konversi UNLAM*, vol. 3, no. 2, pp. 1-8, 2014.
- [15] N. T. Rossa , D. A. Iryani and S. D. Yuwono , "Sintesis Furfural dari Bagas Tebu Via Reaksi Hidrolisa dengan Menggunakan Katalis Asam Asetat pada Kondisi Atmosferik," *J Rekayasa Kim Lingkungan*, vol. 10, no. 4, p. 157, 2015.
- [16] N. Listiani , D. A. Iryani and H. Rustamaji , "Hidrolisis Ampas Tebu dengan Katalisator Asam Asetat untuk Memproduksi Furfural menggunakan Metode Steam Stripping," *J Rekayasa Kim Lingkungan*, vol. 11, no. 2, p. 53, 2016.
- [17] D. . I. A. Ari, . Z. Helwani, Zulfansyah and H. Rionaldo , "Hidrolisis Hemiselulosa Batang Jagung dengan Proses Organosolv Menggunakan Pelarut Asam Formiat," 2010. [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/202372-hidrolisis-hemiselulosa-batang-jagung-de.pdf>.

- [18] P. Coniwanti P, G. S. H and E. Handayani , "Pembuatan Furfural Dari Campuran Biomassa Ampas Tebu (Saccharum Officinarum).," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 2, no. 37-45, p. 22, 2016.
- [19] A. P. Dunlop , "Furfural Formation and Behavior," *Ind Eng Chem*, vol. 40, no. 2, p. 204–9., 1948.
- [20] M. Angelina and R. I. Lerrick , "Optimasi Pembuatan Furfural dari Tempurung Kemiri (Aleurites moluccana) melalui Hidrolisis Asam Furfuric," *J Kimia*, vol. 17, no. 2, p. 77–86, 2017.
- [21] M. Setyadji , "Hidrolisis pentosan menjadi furfural dengan katalisator asam sulfat untuk meningkatkan kualitas bahan bakar mesin diesel," *J Konversi*, vol. 3, no. 2, p. 159–65, 2007.
- [22] J. C. Parajó , J. L. Alonso and D. Vázquez , "On the behaviour of lignin and hemicelluloses during the acetosolv processing of wood.," *Bioresour Technol*, vol. 43, no. 3, p. 233–40., 1993.
- [23] Mitarlis, Ismono and Tukiran, "Pengembangan Metode Sintesis Furfural Berbahan Dasar Prinsip Green Chemistry (Development Of Synthesis Method Of Furfural From Compost Heap Mixture To Reach Out Green Chemistry Principles) Mitarlis," *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, vol. 18, no. 3, 2011.
- [24] C. Amborowati , U. Adriani , I. L. Aditya and H. H. Feviasari , "Pengaruh Waktu Dan Temperatur Hidrolisis Dalam Proses Sintesis Furfural Dari Sekam Padi Dengan Menggunakan Metode Hidrolisis Dan Dehidrasi," *J Res Technol*, vol. 2, no. 2, p. 2460–5972., 2016.
- [25] Dachriyanus, Analisis Struktur Senyawa Organik secara Spektroskopi, Padang: Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK), 2004.
- [26] J. Pangau , H. F. Sangian and B. M. Lumi, "Karakterisasi Bahan Selulosa Dengan Iradiasi Pretreatment Gelombang Mikro Terhadap Serbuk Kayu Cempaka Wasian (Elmerillia Ovalis) Di Sulawesi Utara," *Jurnal Mipa*, vol. 6, no. 1, 2017.
- [27] R. Juwita , L. R. Syarif and A. Tuhuloula , "Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Katalisator Asam terhadap Sintesis Furfural dari Sekam Padi. Konversi," *J Konversi*, vol. 1, no. 1, p. 34–8., 2012.
- [28] Y. Zhang Y, N. Li , Z. Chen , C. Ding , Q. Zheng and J. Xu J, "Synthesis of high-water-resistance lignin-phenol resin adhesive with furfural as a crosslinking agent," *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 12, pp. 1-14, 2020.
- [29] W. A. Zoubi, A. A. S. Al-Hamdani, S. D. Ahmed and Y. . G. Ko, "Synthesis, characterization, and biological activity of Schiff bases metal complexes," *J Phys Org Chem*, vol. 31, no. 2, 2018.
- [30] M. Zolghadr , M. J. Zohuriaan-Mehr, A. Shakeri and A. Salimi, "Epoxy resin modification by reactive bio-based furan derivatives: Curing kinetics and mechanical properties.," *Thermochimica Acta*, vol. 673, pp. 147-157, 2019.