

PENGARUH JENIS DAN KONSENTRASI KATALISATOR ASAM TERHADAP SINTESIS FURFURAL DARI SEKAM PADI

Rinna Juwita^{1)*}, Lailan Rizki Syarif^{1)}, Abubakar Tuhuloula^{2)***}**

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

²⁾ Staf pengajar Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Email : *dear_rinna@yahoo.co.id, **elan_haibara@yahoo.co.id, ***Abubakarkulur@yahoo.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 30-08-2012 Received in revised form: 25-09-2012 Accepted: 10-10-2012 Published: 12-10-2012</p> <hr/> <p><i>Keywords:</i> Hydrolysis Distillation Acid catalyst Furfural</p>	<p>Abstract-<i>Indonesia is an agrarian country with a large rice production, where rice production is often high, the potential of rice waste will be higher, one of the wastes is rice hull that can be used as raw material for the manufacture of furfural. This research aims to determine the type and concentration of acid catalyst in the manufacture of furfural, and analyze the effect of acid catalyst type and concentration to furfural obtained. This research was done by three stages, namely preparation of raw materials, hydrolysis and distillation process. Preparation of raw materials was started by reducing the rice hull's size up to 80 mesh and then drying. Acid catalyst hydrolysis carried out for four hours with the operating temperature of 85 °C, then filtered hydrolyzate was purified by distillation. Research was done by varying the acid catalyst in the form of sulfuric acid and hydrochloric acid with the concentration of 1%, 3%, 5%, 7% and 9%. The results showed that the synthesis of furfural from rice hull obtained the highest furfural concentration on the sulfuric acid catalyst at 1% concentration. The furfural obtained with concentration of 1%, 3%, 5%, 7% and 9% on a sulfuric acid catalyst respectively at 1.815%; 1.256%; 0.933%; 0.733% and 0.730%, while the furfural obtained on the hydrochloric acid catalyst respectively at 1.659%; 1.126%; 0.848%; 0.737% and 0.726%.</i></p>

Abstrak-Indonesia merupakan negara agraris dengan produksi padi yang besar, dimana seiring tingginya produksi padi maka semakin tinggi pula potensi limbah padi yang dihasilkan, salah satunya berupa sekam padi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan furfural. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh jenis dan konsentrasi katalisator asam terhadap perolehan furfural, menentukan kadar furfural yang diperoleh dengan menggunakan kedua jenis katalisator asam dalam berbagai variasi konsentrasi serta menentukan jenis dan konsentrasi katalisator asam yang dapat menghasilkan kadar furfural terbesar. Penelitian ini berlangsung dalam tiga tahapan, yaitu tahap persiapan bahan baku, proses hidrolisa dan distilasi. Persiapan bahan baku dilakukan dengan menghaluskan sekam padi hingga 80 mesh kemudian dikeringkan menggunakan oven. Proses hidrolisa menggunakan katalisator asam dilakukan selama 4 jam dengan suhu 85°C, hidrolisat disaring untuk selanjutnya dilakukan pemurnian dengan distilasi. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan katalisator asam berupa asam sulfat dan asam klorida dengan konsentrasi 1%, 3%, 5%, 7% dan 9%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sintesis furfural dari sekam padi dapat menghasilkan furfural tertinggi pada katalisator asam sulfat dengan konsentrasi 1%. Adapun kadar furfural yang diperoleh pada katalisator asam sulfat dengan konsentrasi 1%, 3%, 5%, 7% dan 9% berturut-turut sebesar 1,815%; 1,256%; 0,933%; 0,733% dan 0,730%, sedangkan kadar furfural yang diperoleh pada katalisator asam klorida sebesar 1,659%; 1,126%; 0,848%; 0,737% dan 0,726%.

Keywords: hidrolisa, distilasi, katalisator asam, furfural

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Limbah sering diartikan sebagai bahan buangan/bahan sisa dari proses pengolahan hasil pertanian. Pada setiap penggilingan padi akan selalu kita lihat tumpukan bahkan gunung sekam yang semakin lama semakin tinggi. Saat ini alternatif pengolahan sekam sangatlah terbatas karena massa jenisnya rendah, kandungan mineral yang tinggi serta dekomposisi secara alaminya berlangsung sangat lambat, sehingga limbah sekam padi tidak saja mengganggu lingkungan sekitarnya tetapi juga mengganggu kesehatan manusia (BPPP, 2011). Hal yang paling sering dilakukan untuk mengatasi limbah sekam padi adalah dengan pembakaran, akan tetapi aktivitas ini dapat meningkatkan jumlah polutan di udara dan mengganggu kesehatan masyarakat.

Sekam padi yang selama ini dipandang sebagai polutan sebenarnya adalah salah satu sumber energi biomasa yang mengandung pentosan. Dengan komposisi tersebut, sekam dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri kimia (Fang, 2004 dalam Paramita, 2010). Pemanfaatan limbah sekam padi sebagai bahan baku pembuatan furfural sangat menguntungkan, sekam padi merupakan limbah pertanian yang nilai ekonomisnya tidak tinggi, tersedia dalam jumlah besar serta memiliki kandungan pentosan yang besar. Furfural memiliki banyak kegunaan, diantaranya sebagai pelarut dalam proses pemurnian minyak pelumas, industri nitroselulosa, selulosa asetat, pewarna sepatu, bahan baku insektisida, herbisida, dan fungisida serta sintesis senyawa turunan seperti tetrahydro furan, furfural alkohol, dan asam furoic (Saputri, 2009).

Proses yang terjadi pada pembuatan furfural adalah proses hidrolisa dan dehidrasi. Penggunaan katalisator asam menjadi salah satu faktor penting hidrolisa yang akan mempengaruhi kadar furfural yang diperoleh. Akan tetapi pembahasan mengenai ini, jarang sekali ditemukan. Berdasarkan hal itu, maka penelitian yang akan kami lakukan, mengangkat topik mengenai katalisator asam pada proses sintesis furfural dari limbah sekam padi, khususnya mengenai pengaruh jenis dan konsentrasi katalisator asam yang digunakan terhadap kadar furfural yang diperoleh.

Landasan Teori

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi *kariopsis* yang terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan

baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar. Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30% dari bobot gabah. Sekam padi memiliki komponen utama seperti selulosa (31,4 – 36,3 %), hemiselulosa (2,9 – 11,8 %), dan lignin (9,5 – 18,4 %) (Champagne, 2004 dalam Paramita, 2010).

Ditinjau data komposisi kimiawi, sekam mengandung beberapa unsur kimia penting yaitu kadar air sebesar 9,02%, protein kasar 3,03%, lemak 1,18%, serat kasar 35,68%, abu : 17,17% dan karbohidrat dasar 33,71% (Suharno, 1979 dalam Paramita, 2010). Dengan komposisi kandungan kimia seperti di atas, sekam dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan:

- sebagai bahan baku pada industri kimia, terutama kandungan zat kimia furfural yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai industri kimia.
- sebagai bahan baku pada industri bahan bangunan, terutama kandungan silika (SiO_2) yang dapat digunakan untuk campuran pada pembuatan semen portland, bahan isolasi, *husk-board* dan campuran pada industri bata merah.

(Paramita, 2010).

Hidrolisa merupakan reaksi pengikatan gugus OH oleh suatu senyawa. Gugus OH dapat diperoleh dari senyawa air. Variabel yang berpengaruh dalam hidrolisa:

1. Katalisator

Hampir semua reaksi hidrolisa memerlukan katalisator untuk mempercepat jalannya reaksi. Katalisator yang dipakai dapat berupa enzim atau asam sebagai katalisator, karena kerjanya lebih cepat. Asam yang dipakai beraneka ragam mulai dari asam klorida, asam sulfat sampai asam nitrat.

2. Suhu dan tekanan

Pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius, semakin tinggi suhu, semakin cepat jalannya reaksi.

3. Pencampuran (pengadukan)

Supaya zat pereaksi dapat saling bertumbukan dengan sebaik-baiknya, maka perlu adanya pencampuran. Untuk proses *batch*, hal ini dapat dicapai dengan bantuan pengaduk atau alat pengocok.

4. Perbandingan zat pereaksi

Kalau salah satu zat pereaksi berlebihan jumlahnya maka keseimbangan dapat menggeser ke sebelah kanan dengan baik.

(Agra dkk, 1973; Stout & Rydberg Jr., 1939 dalam Prasetyo, 2011)

Hidrolisa adalah suatu proses antara reaktan dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Reaksi ini merupakan reaksi orde satu, karena air yang digunakan berlebih, sehingga perubahan

reaktan dapat diabaikan (Cooney, 1979 dalam Retno, 2009). Asam yang biasa digunakan adalah asam asetat, asam fosfat, asam klorida dan asam sulfat. Asam sulfat banyak digunakan di Eropa dan asam klorida banyak digunakan di Amerika (Radley, 1954 dalam Retno, 2009). Laju proses hidrolisa akan bertambah oleh konsentrasi asam yang tinggi (Matz, 1970 dalam Retno, 2009).

Hidrolisa dengan penambahan asam dapat mempercepat reaksi, dimana asam yang ditambahkan berfungsi sebagai katalis. Penggunaan katalis asam tersebut mampu mendorong aktivitas penguraian molekul air dengan adanya kandungan ion hidrogen pada asam. Katalis asam yang sering digunakan adalah asam klorida (HCl) dan asam sulfat (H₂SO₄), asam lainnya masih dalam tahap penelitian diantaranya asam formiat dan asam trichloroacetat. Asam sulfat paling umum digunakan sebagai katalisator, karena dapat dipisahkan dari campurannya dengan penambahan alkali seperti kalsium, sehingga dapat diendapkan dalam bentuk kalsium sulfat (Arief Widjaja, 1969 dalam Perwitasari, 2004).

Furfural merupakan senyawa turunan dari monosakarida, yang berbentuk senyawa heterosiklik yang mengandung satu gugus aldehid pada atom C yang terdekat dengan atom hetero (Othmer, 2005). Furfural dapat dihasilkan dari residu yang mengandung lignoselulosa, seperti tongkol jagung, tandan kosong kelapa sawit, gandum, sekam padi, kayu, cangkang dan lainnya (Novrizal, 2005 dalam Mulyati, 2008). Furfural dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung pentosan seperti limbah hasil pertanian antara lain : sekam padi, gergajian kayu, kulit gandum, tongkol jagung, ampas tebu, dan lain-lain. Furfural merupakan zat cair tak berwarna yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan senyawa-senyawa furan, tetrahidro furan, pural, pembuatan plastik, sebagai bahan pembantu dalam industri karet sintetik dan lain-lain (Hidajati, 2006).

Furfural digunakan sebagai suatu bahan pelarut dalam proses penyulingan petrokimia, juga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan karet sintesis dari hidrokarbon lainnya. Seperti *furfuryl alcohol* yang merupakan turunan dari furfural, dapat digunakan sebagai bahan pembuat kaca, beberapa komponen pesawat terbang dan rem kendaraan bermotor, dimana dapat dimanfaatkan sendiri atau direaksikan dengan aseton, urea, maupun zat asam karbol (Othmer, 2005).

Penelitian tentang pembuatan furfural dari limbah pertanian telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. UPT Olahan Bahan Kimia, LIPI Bandung telah memproduksi furfural dari tongkol jagung. Hasil yang diperoleh furfural maksimum yang didapat sebesar 6,04% dengan konsentrasi asam sulfat 7% pada waktu hidrolisa 3 jam

(Kismurtono, 1999 dalam Mulyati, 2008). Selain dari tongkol jagung furfural juga dapat dihasilkan dari limbah sekam padi, dimana selama ini pemanfaatan sekam padi saat ini hanya sebagai penggembur tanah, abu gosok dan campuran untuk pembuatan bara tahan api (Mulyati, 2008).

Furfural (C₅H₄O₂) merupakan senyawa organik turunan dari furan. Furfural merupakan cairan berwarna kuning tua hingga coklat dan memiliki aroma yang kuat. Furfural dengan titik didih 161,7°C (1 atm) merupakan senyawa yang kurang larut dalam air namun larut dalam alkohol, eter, dan benzena (Krick, 1995 dan Ramirez, 2002 dalam Witono, 2005). Furfural dihasilkan dari biomassa yang mengandung pentosan melalui dua tahap reaksi, yaitu hidrolisa dan dehidrasi dengan bantuan katalis asam. Pentosan merupakan hemiselulosa dengan lima karbon gula yang apabila dihidrolisa dengan asam akan membentuk pentosa. Pada kondisi asam pentosa akan melepaskan tiga molekul air dan membentuk furfural.

Reaksi yang terjadi sebagai berikut:

1. Hidrolisa pentosan menjadi pentosa:

$$\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{asam}} \text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5 \dots (1)$$

pentosan pentosa
2. Dehidrasi pentosa membentuk furfural:

$$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5 \xrightarrow{\text{asam}} \text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2 + 3 \text{H}_2\text{O} \dots (2)$$

pentosa furfural

(Triyanto, 2006)

Hidrolisa dalam suasana asam, akhirnya menghasilkan pemecahan ikatan glikosida, berlangsung dalam tiga tahap. Dalam tahap pertama proton yang berkelakuan sebagai katalisator asam berinteraksi cepat dengan oksigen glikosida yang menghubungkan dua unit gula (I), membentuk yang disebut asam konjugat (II). Langkah ini diikuti dengan pemecahan yang lambat dari ikatan C-O, menghasilkan zat antara kation karbonium siklis (III). Protonasi dapat juga terjadi pada oksigen cincin (II*), menghasilkan pembukaan cincin dan kation karbonium non siklis (III*). Kation karbonium mulai mengadisi molekul air dengan cepat, membentuk hasil akhir yang stabil dan melepaskan proton (Shafizadeh 1963; Timell 1964a; Harris 1975; Szejth 1976; Philip *et al* 1979 dalam Fengel, Dietrich dan Gerd Wegener, 1995).

Produk degradasi yang paling penting dari segi hasil dan kemungkinan penggunaannya adalah senyawa siklis furfural yang dibentuk dari pentosa dan asam uronat, dan hidroksimetilfurfural (HMF) dari gula heksosa, terutama glukosa. Hasil-hasil yang tinggi dari senyawa-senyawa ini hanya diperoleh dalam asam pekat pada suhu tinggi (Fengel, Dietrich dan Gerd Wegener, 1995).

Konsentrasi katalisator asam yang besar menyebabkan furfural yang terbentuk segera

terdegradasi menjadi senyawa organik lain, dimana furfural berperan sebagai produk antara. Furfural sebagai *intermediate product* merupakan reaksi seri: Pentosan \rightarrow C_5 -sugars \rightarrow furfural \rightarrow senyawa-senyawa organik lain (Suharto, 2006).

Penelitian mengenai furfural telah dilakukan oleh Sri Mulyati dan Umi Fathanah dengan hasil konsentrasi furfural tertinggi diperoleh sebesar 2,13 g/L sebesar 7,53 % pada waktu hidrolisa 6 jam dan konsentrasi asam sulfat 5,4 M, serta sifat fisik dari furfural yaitu densitas, indeks bias dan titik didih yang diperoleh memenuhi persyaratan untuk furfural menurut ASTM. Penelitian Amri Hidayat memberikan hasil kandungan furfural tertinggi hasil hidrolisa sebesar 5,5625 mmol yang terjadi pada suhu hidrolisa 100 °C dengan konsentrasi asam sulfat 8%. Penelitian Aguilar J. A dkk memberikan hasil kondisi optimal hidrolisa adalah 2% H_2SO_4 pada 122°C selama 24 menit, yang menghasilkan larutan dengan 21,6 g xylose / l, 3 g glukosa / l, 0,5 g furfural / l dan 3,65 g asam asetat / l.

Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh jenis katalisator asam terhadap perolehan furfural?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi katalisator asam terhadap perolehan furfural?

Tujuan Penelitian

1. Menganalisa pengaruh jenis dan konsentrasi katalisator asam terhadap perolehan furfural.
2. Menentukan kadar furfural yang diperoleh dengan menggunakan kedua jenis katalisator asam dalam berbagai variasi konsentrasi.
3. Menentukan jenis dan konsentrasi katalisator asam yang dapat menghasilkan kadar furfural terbesar.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan bertempat di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Fakultas Teknik UNLAM dan Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Banjarbaru.

Penelitian ini menggunakan alat utama berupa serangkaian alat hidrolisa dan distilasi. Selain itu menggunakan alat pendukung berupa labu ukur 250 mL; 500 mL dan 1000 mL; gelas ukur 100 mL; gelas kimia 500 mL; erlenmeyer 1000 mL; pipet volume 25 mL; corong kaca; neraca analitik dan buret 50 mL. Bahan-bahan yang digunakan berupa sekam padi, H_2SO_4 96-97 %, HCl 37 %, dan *aquadest*.

Persiapan bahan baku

Sekam padi dihaluskan dan diayak (80 mesh), kemudian dikeringkan dalam oven selama 1 jam dengan suhu 100 °C.

Hidrolisa

Sekam padi sebanyak 50 gram dan 500 mL larutan asam (H_2SO_4 dan HCl dengan konsentrasi 1%, 3%, 5%, 7% dan 9%) dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan dilanjutkan dengan proses hidrolisa selama 4 jam dengan suhu 85 °C. Larutan hasil hidrolisa disaring dan dilanjutkan dengan proses distilasi menghasilkan furfural.

Distilasi

Proses distilasi dilakukan dalam suhu 100 °C – 107 °C hingga diperoleh distilat sebanyak 360 mL. Distilat yang diperoleh kemudian ditambahkan HCl 12% hingga 500 mL untuk selanjutnya dilakukan analisa terhadap furfural yang diperoleh.

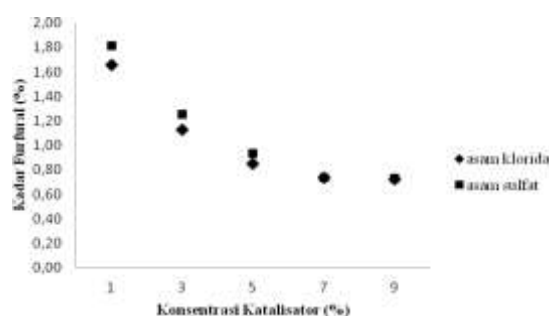
Analisa

Analisa kadar furfural dilakukan secara volumetrik dengan menggunakan *excess bromine method*. Sebanyak 200 mL distilat diambil ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 25 mL bromat-bromida kemudian diletakkan di dalam ruang gelap selama 1 jam. Kalium iodida 10% sebanyak 10 mL ditambahkan dalam larutan kemudian dititrasi dengan sodium thiosulphate ($Na_2S_2O_3$) 0,1 N. Volume titran sample dikurangi dengan volume titran blanko merupakan volume furfural yang diperoleh (1 mL = 0,0024 gram furfural).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, hidrolisa sekam padi dengan katalisator asam menghasilkan larutan berwarna coklat, hal ini mengidentifikasi furfural telah terbentuk.

Gambar 4.1 memperlihatkan pengaruh jenis dan konsentrasi katalisator asam terhadap perolehan furfural.



Gambar 4. Hubungan jenis dan konsentrasi katalisator asam terhadap kadar furfural

Terjadi penurunan kadar furfural pada tiap kenaikan konsentrasi katalisator asam. Penurunan kadar furfural ini dikarenakan terjadinya penurunan kadar gula pentosa yang diperoleh

dalam proses hidrolisa seiring dengan kenaikan konsentrasi katalisator asam. Hal ini disebabkan konsentrasi larutan asam yang tinggi menyebabkan jumlah air dalam komposisi larutan hidrolisa semakin sedikit, sehingga kebutuhan OH^- sebagai pengikat radikal bebas berkurang. Selain itu, konsentrasi katalisator asam yang besar dapat menyebabkan furfural yang telah terbentuk segera terdegradasi menjadi senyawa-senyawa organik lain, dimana furfural berperan sebagai produk antara.

Proses hidrolisa menggunakan katalisator asam sulfat memberikan perolehan kadar furfural yang lebih besar daripada penggunaan katalisator asam klorida. Hal ini dapat terjadi karena asam sulfat memiliki jumlah ion H^+ yang lebih banyak daripada asam klorida sehingga pemutusan ikatan menjadi monomer-monomer berlangsung lebih baik. Kecepatan reaksi hidrolisa dipengaruhi oleh keberadaan ion H^+ dalam larutan, sehingga semakin besar jumlah ion H^+ maka kecepatan reaksi semakin meningkat dan memberikan produk hasil hidrolisa yang semakin besar. Dengan konsentrasi yang sama pada katalisator yang berbeda, baik asam sulfat maupun asam klorida memiliki jumlah air yang sama, tetapi asam sulfat memiliki ion H^+ yang lebih banyak daripada asam klorida yang mengakibatkan pemutusan ikatan berlangsung lebih baik, sehingga gugus radikal bebas yang diikat air menjadi lebih banyak pula.

Penggunaan asam sulfat dan asam klorida sebagai katalisator dalam hidrolisa asam menghasilkan gula sederhana yang berbeda, dimana pada konsentrasi dan waktu yang hidrolisa yang sama asam sulfat memberikan hasil lebih tinggi dibandingkan dengan asam klorida. Asam sulfat menghasilkan total gula sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan asam klorida pada konsentrasi, waktu dan suhu yang sama karena sifat asam sulfat lebih kuat dengan reaktivitas yang lebih tinggi daripada asam klorida. Rendahnya kadar furfural yang diperoleh dapat disebabkan adanya kandungan lignin serta selulosa dalam sekam padi yang seringkali menjadi senyawa inhibitor dalam proses hidrolisa yang menyebabkan furfural yang terbentuk dari pentosa menjadi lebih sedikit.

Hidrolisa sebaiknya dilaksanakan pada suhu dan tekanan yang tinggi agar pentosa dapat segera terdegradasi menjadi furfural dan hidriksimetil furfuraldehid. Untuk mendapatkan kadar furfural yang besar dapat dilakukan ekstraksi lignin sebelum proses hidrolisa dan sebaiknya hidrolisa dilaksanakan pada temperatur yang tinggi dengan konsentrasi katalis yang optimal, tetapi waktu yang singkat agar furfural yang terbentuk segera terpisah dari suasana hidrolisa.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Katalisator asam sulfat menghasilkan kadar furfural yang lebih besar daripada asam klorida, dimana untuk kedua jenis katalisator semakin besar konsentrasi asam maka semakin kecil kadar furfural yang diperoleh.
2. Kadar furfural yang diperoleh pada katalisator asam dengan konsentrasi 1%, 3%, 5%, 7% dan 9%, untuk asam sulfat masing-masing sebesar 1,815%; 1,256%, 0,933%, 0,733% dan 0,730%, sedangkan untuk asam klorida sebesar 1,659%; 1,126%, 0,848%, 0,737% dan 0,726%.
3. Kadar furfural tertinggi diperoleh pada katalisator asam sulfat dengan konsentrasi 1%, yaitu sebesar 1,815%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada kepala Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Banjarbaru dan Laboratorium Operasi Teknik Kimia UNLAM atas terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BURCESS, GEORGE K, 1932, "Volumetric Determination of Pentoses and Pentosans", *Bureau of Standards Journal of Research*, Vol. 8, hal. 27-30.
- FENGEL, DIETRICH DAN GERD WEGENER, 1995, "Kayu Kimia Ultrastruktur Reaksi-reaksi", hal. 318-325, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- HIDAJATI, NURUL, 2006, "Pengolahan Tongkol Jagung sebagai Bahan Pembuatan Furfural", *Jurnal Ilmu Dasar*, Vol. 8(1).
- OTHMER, KIRK, 2005. "Encyclopedia of Chemical Technology", vol. 12, 5th ed, hal. 259 – 269, Interscience Publisher, John Willey and Sons Inc., Toronto.
- MULYATI, SRI DAN UMI FATHANAH, 2008, "Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Sebagai Bahan Baku Furfural", *Hasil Penelitian Industri*, hal. 1 – 6.
- PARAMITA, ANNISA, 2010, "Sekam Padi, Sumber Energi yang Mulai Dilirik", <http://chapuccino.wordpress.com/2010/01/27/sekam-padi-sumber-energi-yang-mulai-dilirik/>, diakses tanggal 3 November 2011.
- PERWITASARI, DYAH SUCI, 2004, "Production Of Liquid Glucose from Bamboo Shots", *Jurnal Kimia dan Teknologi*.
- PRASETYO, JAYA LINGGA, 2011, "Hidrolisa Pati", <http://jaya-uns.com/2011/02/hidrolisa-pati.html>, diakses tanggal 5 November 2011.
- RETNO, ENDAH dkk, 2009. "Kinetika Reaksi Hidrolisa Tepung Sorgum dengan Katalis

- Asam Klorida (HCl)”, *Jurnal Penelitian Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret*.
- TRIYANTO, SUGENG DAN ERWIN TRI WAHYUDI, 2006, “Prarancangan Pabrik Furfural dari Sekam Padi dengan Kapasitas 3000 ton/tahun”, Universitas Sebelas Maret.
- WITONO, JOHANES ANTON, 2005, “Produksi Furfural dan Turunannya: Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia”, http://chem-is-try.org/artikel-ilmiah-kimia/teknologi_tepat_guna/produksi_furfural_dan_turunannya_alternatif_peningkatan_nilai_tambah_ampas_tebu_indonesia, diakses tanggal 2 November 2011.