

PENGARUH KONSENTRASI ASAM PADA PROSES HIDROLISIS DAN WAKTU FERMENTASI PEMBUATAN BIOETANOL DARI BUAH SUKUN (*Artocarpus altilis*)

Siti Miskah *, Nisa'ul Istiqomah, Sella Malami

*)Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km. 32-Indralaya Ogan Ilir 30662
Email: sitimiskah@gmail.com

ABSTRAK

Ketersediaan energi merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia untuk saat ini maupun masa yang akan datang. Saat ini masyarakat dunia khususnya Indonesia masih bergantung pada sumber energi tidak terbarukan (fosil). Salah satu alternatif pengganti bahan bakar fosil adalah dengan bioenergi seperti bioetanol. Bioetanol ini tidak akan pernah habis selama masih adanya oksigen, air yang melimpah, dan adanya budidaya pertanian. Bioetanol merupakan bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak premium. Sukun (*Artocarpus altilis*) merupakan salah satu produk pertanian yang memiliki kandungan pati cukup tinggi yaitu sebesar 89% dan tidak termasuk sebagai sumber makanan pokok di Indonesia. Di Indonesia pemanfaatan buah sukun masih belum maksimal karena selama ini sukun dimanfaatkan sebatas makanan ringan atau dijadikan tepung. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan bioetanol dengan bahan baku buah sukun (*Artocarpus altilis*). Variabel yang dikaji adalah konsentrasi H_2SO_4 (1 %, 2%, 3%, 4%, 5%) dan waktu fermentasi (3 hari, 4 hari, 5 hari, 6 hari). Dari hasil penelitian didapatkan kadar etanol tertinggi pada konsentrasi H_2SO_4 dan waktu fermentasi tiga hari sebesar 29,0497%.

Kata kunci: Bioetanol, buah sukun, konsentrasi H_2SO_4

ABSTRACT

The availability of energy is very important in human life for current and future. Currently the world community, especially Indonesia still relies on non-renewable energy sources (fossil). One alternative is to replace fossil fuels with biofuels such as bioethanol. The bioethanol will never run out as long as there is still oxygen, abundant water and their agricultural cultivation. Bioethanol is a fuel from vegetable oils that have properties resembling a premium oil. Breadfruit (*Artocarpus altilis*) is one of the agricultural products which have a starch content is high at 89% and is not included as a source of staple food in Indonesia. In Indonesia utilization breadfruit is still not maximized because during this time breadfruit is only a snack of used as flour. In this research, the raw material for bioethanol production with breadfruit (*Artocarpus altilis*). The variables studied were concentration of H_2SO_4 (1%, 2%, 3%, 4%, 5%) and fermentation time (3 days, 4 days, 5 days, 6 days). From the results, the highest ethanol concentration in H_2SO_4 concentration and fermentation time three days of 29.0497%.

Keywords: Bioethanol, breadfruit, H_2SO_4 concentration

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan energi adalah syarat mutlak dalam upaya pembangunan nasional pada saat ini ataupun pada masa yang akan datang, karena dapat menjamin kebutuhan energi yang menjadi tantangan utama bagi negara Indonesia. Minyak bumi, gas bumi dan batu bara adalah energi fosil yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat, tetapi sumber energi ini merupakan sumber yang terbatas, sehingga kita harus mengurangi ketergantungan terhadap energi tersebut.

Bioetanol merupakan salah satu dari bioenergi yang menjadi alternatif untuk mengganti penggunaan bahan bakar fosil. Bioetanol ini tidak

akan pernah habis untuk digunakan selama masih tersedianya air, oksigen yang berlimpah dan masih adanya budidaya pertanian. Beberapa sumber bioetanol yaitu ubi jalar, jagung, singkong, padi dan lain-lain.

Tanaman yang memiliki kandungan pati dapat berpotensi sebagai bahan baku untuk pembuatan etanol, contohnya seperti buah sukun (*Artocarpus altilis*). Ketersediaan buah sukun (*Artocarpus altilis*) di Negara Indonesia cukup besar dan kandungan patinya cukup tinggi sebesar 89%. Dalam setiap musin berbuah sukun (*Artocarpus altilis*) mencapai 4-20 ton/hektar. Bagi masyarakat Indonesia, pemanfaatan buah sukun (*Artocarpus altilis*) masih belum maksimal karena selama sukun hanya dimanfaatkan sebagai

tanaman sampingan saja yang digunakan hanya sebatas makanan ringan atau dapat dijadikan sebagai tepung untuk campuran beberapa makanan. Berdasarkan pertimbangan diatas melatarbelakangi untuk memanfaatkan buah sukun (*Artocarpus artilis*) yang pada awalnya hanya sebagai bahan yang masih kurang termanfaatkan secara maksimal. Namun dapat dijadikan salah satu bahan baku energi alternatif seperti bioetanol.

Pemilihan buah sukun (*Artocarpus artilis*) sebagai bahan baku pembuatan untuk bioetanol disebabkan beberapa pertimbangan antara lain: 1) sukun (*Artocarpus artilis*) memiliki kandungan pati relative tinggi, yaitu sebesar 89% (Graham & de Bravo 1981); 2) sukun bukan (*Artocarpus artilis*) merupakan makanan pokok masyarakat Indonesia; 3) sukun (*Artocarpus artilis*) dapat tumbuh subur pada daerah tropis, baik pada dataran rendah maupun dataran tinggi; 4) tanaman ini memiliki toleransi dan daya adaptasi yang tinggi cukup, serta tahan terhadap penyakit; 5) penanaman pohon sukun dilakukan hanya satu kali tanam dan dapat dipanen pada usia 4 tahun. Lain halnya dengan umbi-umbian yang penanamannya harus dilakukan tiap kali setelah masa panen; dan 6) Produktivitas sukun tinggi.

A. Buah Sukun (*Artocarpus artilis*)

Buah sukun (*Artocarpus artilis*) tidak memiliki biji dan tumbuh di beberapa daerah yang tropis. Pohon buah sukun pada umumnya mempunyai batang yang lurus dan besar, tingginya dapat mencapai sekitar 30 meter. Tapi di daerah pedesaan tingginya hanya mencapai belasan meter saja. Buah sukun memiliki klasifikasi sebagai berikut, yaitu:

Kingdom : *Plantae*
 Subkingdom : *Tracheobionta*
 Divisio : *Spermatophyta*
 Sub Divisio : *Magnoliophyta*
 Class : *Magnoliopsida*
 Ordo : *Urticales*
 Famili : *Moraceae*
 Genus : *Artocarpus*
 Species : *Artocarpus artilis*

Buah sukun mengandung niasin, vitamin C, karbohidrat, kalium, thiamin, natrium, kalsium, dan besi. Dibanding bahan makanan lainnya seperti ubi, ketela pohon, maupun kentang, buah sukun mempunyai kandungan karbohidrat dan protein yang lebih tinggi, tetapi rendah kalori. (Puspitasari, Desi, 2015)

B. Kandungan Gizi Buah Sukun dalam 100 gr Buah Sukun

Kandungan gizi buah sukun dalam 100 gram disajikan dalam tabel dibawah ini, yaitu :

Tabel 1. Komposisi Buah Sukun dalam 100 gram bahan

No	Kandungan gizi	Keterangan
1	Karbohidrat (%)	89,5
		7
2	Kadar Air (%)	10,8
		2
3	Protein (%)	4,39
4	Lemak (%)	1,74

(Sumber : Noviarso, 2003)

C. Etanol (Etil Alkohol)

Etanol atau *etil alcohol* dapat dikenal sebagai senyawa organik yang memiliki rumus kimia yaitu C_2H_5OH . Pada suhu kamar, etanol dapat berwujud cairan, tak berwarna, dapat dengan mudah menguap, dapat dengan mudah terbakar, dapat dengan mudah larut di dalam air dan dapat tembus cahaya.

Etanol merupakan golongan dari alkohol primer. Alkohol yang dikomersilkan mengandung 95% etanol dan 5% air. Penggunaan etanol dalam kehidupan sehari-hari biasanya dapat digunakan sebagai pelarut, bahan antiseptik, bahan baku pembuatan eter serta minuman. Reaksi yang dapat terjadi pada etanol antara lain dehidrasi, dehidrogenasi, oksidasi dan esterifikasi (Rizani, 2000).

Etanol dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain:

1. Pelarut dalam industri, contoh industri plastik, kosmetik, dan farmasi.
2. Bahan baku industri, contoh industri minuman beralkohol, industri asam asetat dan asetaldehid.
3. Bahan desinfektan, contoh peralatan kedokteran, peralatan rumah tangga dan peralatan di rumah sakit.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jumlah etanol yang dihasilkan adalah mikroorganisme dan media yang digunakan, adanya komponen media yang dapat menghambat pertumbuhan serta kemampuan fermentasi mikroorganisme dan kondisi selama fermentasi (Astuty, 1991). Faktor lain juga yang dapat mempengaruhi penentuan etanol adalah pemilihan khamir, konsentrasi gula, keasaman, ada tidaknya oksigen dan suhu.

Tabel 2. Sifat fisika dan sifat kimia etanol

No.	Sifat Fisika dan Sifat Kimia	Nilai
1.	Berat molekul	46,1 (g/mol)
2.	Titik bek	- 114,1 (°C)
3.	Titik didih normal	78,32 (°C)
4.	Densitas	0,7983 (g/ml)
5.	Viskositas pada 20 °C	1,17 (mPa.s (Cp))
6.	Panas penguapan normal,	839,31 (J/g)
7.	Panas pembakaran pada 25 °C	29676,6 (J/g)
8.	Panas jenis pada 25 °C	2,42 (J (g °C))
9.	Nilai Oktan	106 – 111
10.	Wujud pada suhu kamar	cair
11.	Dicampur dengan natrium	bereaksi
12.	Kelarutan dalam air	larut sempurna
13.	Mudah terbakar	ya

(Sumber: Kirk-Orthmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Vol 9, 1967)

Etanol diperoleh dari gula hasil aktivitas dari proses fermentasi sel *khamir*. *Khamir* yang digunakan adalah dari genus *Saccharomyces*. Untuk menghasilkan etanol yang banyak diperlukan suatu *khamir* yang mempunyai laju fermentasi dan laju pertumbuhan cepat, tahan terhadap konsentrasi etanol dan glukosa tinggi, tahan konsentrasi garam tinggi, pH optimum fermentasi rendah, temperatur optimum fermentasi sekitar 25-30°C.

Menurut Fardiaz (1992), fermentasi etanol meliputi dua tahap, yaitu: pemecahan rantai karbon dari glukosa dan pelepasan paling sedikit dua pasang atom *hydrogen* melalui jalur EMP (*Embden-Meyerhoff-Parnas*), menghasilkan senyawa karbon lainnya yang lebih teroksidasi daripada glukosa. Senyawa yang teroksidasi tersebut direduksi kembali oleh atom *hydrogen* yang dilepaskan dalam tahap pertama, membentuk senyawa-senyawa hasil fermentasi yaitu etanol.

D. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan suatu tahapan proses dimana digunakan untuk mengubah suatu polimer karbohidrat (polisakarida) seperti selulosa dan hemiselulosa menjadi gula monomer. Hidrolisis dari karbohidrat dapat menghasilkan komponen gula berupa glukosa, sedangkan dari hemiselulosa dapat menghasilkan monomer gula pentosa (C₅) dan heksosa (C₆). Selulosa dapat dihidrolisis menjadi monomer gula baik secara kimia dengan

senyawa asam maupun enzimatik dengan selulase (Mosier, 2005).

Hidrolisa asam pekat menghasilkan gula yang tinggi (90% dari hasil teoritik) dibandingkan dengan hidrolisa asam encer, dan dengan demikian akan menghasilkan etanol yang lebih tinggi (Hamelinck, Hooijdonk, & Faaij, 2005). Hidrolisa asam dapat dilakukan pada suhu rendah. Namun, konsentrasi asam yang digunakan sangat tinggi (30 – 70%). Proses ini sangat korosif karena adanya pengenceran dan pemanasan asam. Proses ini membutuhkan peralatan metal yang mahal atau dibuat secara khusus dan membutuhkan energi yang besar. Di sisi lain, jika menggunakan asam sulfat, dibutuhkan proses netralisasi yang menghasilkan limbah gypsum/kapur yang sangat banyak. Dampak lingkungan yang kurang baik dari proses ini membatasi penggunaan asam perklorat dalam proses ini. Hidrolisa asam pekat juga membutuhkan biaya investasi dan pemeliharaan yang tinggi, hal ini mengurangi ketertarikan untuk komersialisasi proses ini (Tahezadeh & Karimi, 2007).

Hidrolisa asam encer juga dikenal dengan hidrolisis asam dua tahap (*two stage acid hydrolysis*). Hidrolisa asam encer pertama kali dipatenkan oleh H.K. Moore pada tahun 1919. Potongan (*chip*) kayu dimasukkan ke dalam tangki kemudian diberi uap panas pada suhu 300°F selama satu jam. Kemudian, dihidrolisis menggunakan asam fosfat. Hidrolisa dilakukan pada dua tahap. Hidrolisa yang dihasilkan kemudian difermentasi untuk menghasilkan etanol. Hidrolisis selulosa dengan menggunakan asam telah dikomersialkan pertama kali pada tahun 1898. Tahap pertama dilakukan dalam kondisi yang lebih 'lunak' dan akan menghidrolisis hemiselulosa (misal 0,7 % asam sulfat, 190°C). Tahap kedua dilakukan pada suhu yang lebih tinggi, tetapi dengan konsentrasi asam yang lebih rendah untuk dapat menghidrolisa selulosa (215°C, 0,4% asam sulfat) (Hamelinck, Hooijdonk, & Faaij, 2005).

Keuntungan utama hidrolisa dengan asam encer adalah tidak diperlukannya *recovery* asam, dan tidak adanya kehilangan asam dalam proses (Iranmahboob et al., 2002). Umumnya asam yang digunakan adalah H₂SO₄ atau HCl (Mussatto dan Roberto, 2004) pada *range* konsentrasi 2-5 % (Iranmahboob et al., 2002; Sun dan Cheng, 2002), dan suhu reaksi ± 160 °C.

Parameter konsentrasi asam, suhu dan waktu hidrolisa merupakan parameter yang sangat krusial pada proses hidrolisa selain metode detoksifikasi yang tepat sehingga dapat meminimalkan produk inhibitor yang pada akhirnya meningkatkan yield etanol di akhir proses fermentasi (Campo dkk.,

2006; Mussatto dan Roberto, 2004; Lavarack dkk., 2002).

E. Fermentasi

Proses *pretreatment* dan hidrolisis dilakukan untuk mengoptimalkan proses fermentasi. Proses ini bergantung pada kondisi bahan baku dan kehadiran mikroorganisme untuk memfermentasikan gula menjadi alkohol, asam laktat, dan lainnya. *S.cerevisiae* telah digunakan untuk bahan bakar industri berbasis jagung dan gula sebagai strain fermentasi utama (Limayem and Ricke, 2011). Fermentasi dapat dilakukan dalam empat kondisi, yaitu:

1. Fermentasi dengan Sistem *Batch*

Dalam proses ini substrat dan kultur ragi dimasukkan ke dalam suatu bioreaktor bersamaan dengan nutrien (Keim *et al.*, 1983 dalam Caylak and Sukan, 1996). Beberapa keuntungan menggunakan sistem batch ini antara lain yaitu: biaya investasi yang cukup rendah, dapat dengan mudah untuk dikontrol, dapat dilakukan oleh tenaga kerja yang tidak terampil, sterilisasi yang lengkap, pengelolaan bahan baku yang lebih mudah daripada proses lainnya, dan lebih fleksibel untuk berbagai spesifikasi produk.

2. Fermentasi dengan Sistem Kontinyu

Dalam proses ini input berupa substrat, kultur medium, dan nutrien yang dibutuhkan dipompakan secara kontinyu ke dalam tangki berpengaduk, dan mikroorganisme bekerja secara aktif. Produk berupa etanol, sel, dan gula residu diambil melalui bagian atas bioreaktor (Caylak and Sukan, 1996). Produktivitas untuk proses fermentasi secara kontinyu lebih besar dibandingkan secara batch (Chandel *et al.*, 2007).

3. Fermentasi dengan Sistem *Fed-Batch*

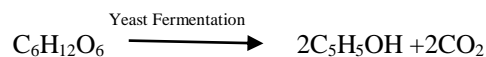
Proses ini merupakan kombinasi antara proses secara *batch* dan kontinyu. Dalam proses ini, larutan input yang berupa substrat, kultur ragi, vitamin, dan mineral yang dibutuhkan dimasukkan dalam interval yang konstan (Caylak and Sukan, 1996).

4. Fermentasi dengan Sistem Semi-Kontinyu

Dalam proses ini sebagian kultur diambil pada interval tertentu dan medium segar ditambahkan ke dalam sistem. Dalam proses kontinyu volume kultur harus dijaga konstan, hal ini berlawanan dengan sistem semi-kontinyu dimana volume kultur bervariasi. Keuntungan menggunakan proses ini adalah tidak dibutuhkan tangki inokulum terpisah, kecuali pada proses *start up*, dan mudah dikontrol. Sedangkan kelemahan dari proses ini adalah tingginya resiko kontaminasi dan mutasi karena waktu kultivasi yang lama, serta penanganan berkala.

Selain itu dibutuhkan reaktor dengan volume yang lebih besar, sehingga biaya investasi lebih tinggi.

Dalam proses fermentasi, konsentrasi glukosa sangat penting dalam meningkatkan konsentrasi etanol dan laju pertumbuhan sel pada medium fermentasi. Berikut reaksi biokimia untuk fermentasi gula :



Proses fermentasi gula menjadi alkohol terjadi karena adanya aktifitas suatu mikroba. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi etanol, yaitu (Said dkk, 1992 dalam Osvaldo dkk, 2012)

1. Jenis Mikroorganisme

Setiap jenis mikroorganisme mempunyai fungsi yang berbeda dalam proses fermentasi. Pemilihan jenis mikroorganisme dilakukan berdasarkan substrat yang akan difermentasi, misalnya untuk dapat menghasilkan etanol, maka khamir yang digunakan adalah *Saccharomyces Cerevisiae*. Hal ini berdasarkan kemampuan pertumbuhan dan toleransi tinggi terhadap konsentrasi gula yang tinggi dari suatu mikroorganisme, sehingga menghasilkan kadar etanol yang dikehendaki.

2. Lama fermentasi

Proses fermentasi berhenti dapat ditandai dengan tidak adanya lagi CO_2 yang diproduksi. Kadar etanol yang dihasilkan akan semakin tinggi sampai waktu optimal dan setelah itu kadar etanol yang dihasilkan akan semakin menurun kembali.

3. Derajat Keasaman

Pada umumnya pH untuk proses fermentasi buah-buahan dibutuhkan keasaman optimum yang berkisar antara 4-5,5, jika pH diatas 5,5 atau dibawah 4, maka pertumbuhan mikroba akan semakin terganggu.

4. Kadar Gula

Gula yang ditambahkan berfungsi sebagai nutrien untuk mikroba agar proses fermentasi dapat terjadi secara maksimal. Kadar gula yang optimum adalah sekitar 10 – 18 %.

5. Suhu

Setiap golongan memiliki suhu pertumbuhan optimum yang berbeda-beda, untuk mikroba suhu optimumnya adalah sekitar 19–32 °C.

F. Khamir *Saccharomyces Cerevisiae*

Khamir *Saccharomyces cerevisiae* memiliki daya konversi gula menjadi etanol yang sangat tinggi, sehingga sering digunakan dalam proses fermentasi alkohol. *Saccharomyces cerevisiae* memerlukan suhu untuk proses fermentasi berkisar antara 25 - 30°C dan berkisar antara pH 4,0 - 5,5

agar dapat tumbuh dengan baik, (Sassner, 2008). Menurut Gaur (2006), tingginya gula pada substrat dapat menjadi penghambat pada proses metabolisme khamir yang menyebabkan kecepatan produksi etanol terbatas. Konsentrasi optimal gula pada substrat yang digunakan adalah sebesar 16-24% brix. Apabila konsentrasi substrat lebih dari itu maka tekanan osmotik akan meningkat dan mengurangi efisiensi proses fermentasi.

Saccharomyces cerevisiae merupakan salah satu mikroorganisme yang paling sering digunakan dalam proses fermentasi. Khamir ini bersifat fermentatif kuat dan dapat hidup dalam kondisi aerob maupun anaerob, memiliki sifat yang stabil dan seragam, memiliki pertumbuhan yang cepat dalam proses fermentasi sehingga proses fermentasi dapat berlangsung dengan cepat serta dapat memproduksi alkohol dalam jumlah yang banyak. Alkohol (etanol) yang dihasilkan digunakan sebagai bahan pelarut dan bahan baku utama dalam laboratorium dan industri kimia (Buckle dkk, 1987).

G. Proses Hidrolisis dan Fermentasi

Dalam perjalanan pengembangan proses produksi bioetanol, proses hidrolisis (sakarifikasi) dan fermentasi dapat diklasifikasikan menjadi dua proses yang berbeda, yaitu proses *Separate Hydrolysis Fermentation* (SHF) dan *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF) (Neves, 2007).

Proses *Separate Hydrolysis and Fermentation* (SHF)

Dalam proses ini, langkah hidrolisis enzimatis dan fermentasi dilakukan secara terpisah. Karena hidrolisis dan fermentasi dilakukan di dalam tangki yang terpisah, setiap tahap dapat dilakukan pada kondisi optimumnya masing-masing (Tomas-Pejo *et al.*, 2008 dalam Harun *et al.*, 2011), sebagai contoh hidrolisis enzimatis dapat dilakukan pada suhu 45–50 °C dan fermentasi pada suhu sekitar 30 °C (Galbe and Zacchi, 2002). Selain itu proses ini juga dapat memungkinkan enzim untuk beraktivitas secara optimum untuk menghasilkan substrat yang lebih banyak untuk ragi fermentasi. Namun, proses ini memiliki kelemahan yaitu akumulasi produk hidrolisis yang berupa glukosa dan selobiosa dapat menghambat kegiatan selulase sehingga laju hidrolisis semakin berkurang (Balat *et al.*, 2008 dalam Harun *et al.*, 2011). Akumulasi gula ini dapat menyebabkan inhibisi enzim sehingga kinerja *a-amilase* tidak berjalan dengan optimal, walaupun kandungan *a-amilase* dalam sistem tinggi. Jika *a-amilase* terinhibisi maka proses hidrolisis akan terhambat bahkan terhenti

meskipun belum semua pati yang tersedia diubah menjadi gula sederhana (Neves, 2007). Inhibisi tersebut pada akhirnya akan mempengaruhi etanol yang dihasilkan.

Proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF)

Proses SSF merupakan suatu proses yang dikembangkan untuk mengatasi kelemahan yang terjadi pada proses SHF. SSF merupakan strategi proses yang penting dalam produksi bioetanol, dimana proses hidrolisis enzimatis dan fermentasi dilakukan di dalam satu *vessel*. Proses ini dilakukan dengan menambahkan *a-amilase*, beberapa saat setelah itu ditambahkan pula *glukoamilase* untuk mengkonversi dekstrin yang dihasilkan oleh *a-amilase* menjadi gula sederhana. Selanjutnya gula sederhana ini akan di fermentasi menjadi etanol. Ke dalam tangki juga ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae* untuk memfermentasikan gula menjadi etanol, sehingga tidak terjadi akumulasi gula yang akan menyebabkan inhibisi pada *a-amilase* (Neves, 2007).

Etanol yang dihasilkan melalui proses ini lebih tinggi dibandingkan dengan etanol yang dihasilkan pada proses SHF. Hal ini dikarenakan, ragi/bakteri yang berada bersama enzim dalam tangki yang sama dapat mengurangi akumulasi gula sehingga kinerja *a-amilasi* berjalan optimum dan pati dapat terkonversi sempurna menjadi gula sederhana (Neves, 2007).

Dalam proses ini produk akhir dari selobiosa dan glukosa dalam proses hidrolisis akan semakin berasimilasi atau menyatu dengan ragi dalam proses fermentasi. Hal ini berlawanan dengan proses SHF. Dibandingkan dengan SHF kebutuhan enzim dalam proses SSF lebih rendah (Lin and Tanaka, 2006 dalam Harun *et al.*, 2011). Selain itu, proses ini juga mengurangi kontaminasi asing (Chen and Wang, 2010 dalam Harun *et al.*, 2011). Peningkatan hasil bioetanol dari proses SSF juga dapat dilakukan dengan *pretreatment* asam fosfatseton, dimana melalui proses ini inhibitor dalam proses hidrolisis dan fermentasi dapat dikurangi (Li *et al.*, 2009 dalam Harun *et al.*, 2011).

Untuk meningkatkan bioetanol yang dihasilkan dapat pula diterapkan sistem *fed-Batch*. Dalam sistem *fed-batch*, suspensi selulosa setelah *pretreatment* dan hidrolisis diumpungkan secara kontinyu ke dalam bioreaktor untuk mempertahankan viskositas cairan. Karena proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara bersamaan dan temperatur yang sama, penentuan temperatur optimal untuk SSF menjadi masalah yang paling penting. Hal ini dikarenakan proses hidrolisis dan proses fermentasi memiliki kondisi optimum yang berbeda-beda. Selain itu dalam

kerugian lain dalam proses ini adalah sulit untuk dapat melakukan daur ulang dan menggunakan kembali ragi karena akan dicampur dengan residu lignin. (Galbe and Zacchi, 2002).

Proses *Simultaneous Saccharification and Co-fermentation* (SSCF)

Mikroorganisme yang biasa digunakan dalam produksi bioetanol tidak dapat memanfaatkan semua sumber gula dari proses hidrolisis. Sebagai contoh, mikroorganisme yang paling sering digunakan *S. cerevisiae* tidak dapat memanfaatkan pentosa, dan ini dapat menjadi limbah biomassa dan mengurangi hasil bioetanol. Untuk mengatasi masalah ini, ragi rekombinan dapat digunakan selama proses fermentasi untuk mengkonversi berbagai heksosa dan pentosa (Wyman, 1996 dalam Harun *et al.*, 2011). Oleh karena itu, SSCF dapat dipertimbangkan sebagai pengembangan proses SSF. SSCF memiliki karakteristik yang sama dengan SSF dimana hidrolisis dan fermentasi dikombinasikan dan dilakukan dalam satu tangki. Proses ini memiliki kelebihan yaitu biaya yang dibutuhkan lebih rendah, waktu proses yang singkat, mengurangi resiko kontaminan, dan memiliki efek inhibitor yang rendah (Chandel *et al.*, 2007 dalam Harun *et al.*, 2011).

Proses *Separate Hydrolysis and Co-Fermentation* (SHCF)

Bioproses serupa lainnya adalah SHCF, dimana dalam proses ini keuntungan dari SHF dan SSCF dikombinasikan. Dalam proses ini, langkah hidrolisis dan fermentasi dilakukan pada tangki yang berbeda, sehingga dapat dilakukan pada kondisi optimal masing-masing proses. Dalam proses ini bioetanol yang dihasilkan lebih tinggi dari proses SHF. Hal ini dikarenakan mikroba memanfaatkan pentosa dan heksosa pada proses *co-fermentation* dalam SHCF (Harun *et al.*, 2011).

H. Destilasi

Proses destilasi adalah salah satu metode pemurnian dengan cara memisahkan dua atau lebih komponen-komponen dalam suatu cairan berdasarkan perbedaan tekanan uap masing-masing komponen (Hidayat, 2007). Proses destilasi dimulai dengan memanaskan senyawa cair hingga terjadi penguapan, dan uap yang terbentuk akan diembunkan lalu ditampung secara terpisah untuk memperoleh distilat. Etanol yang diperoleh dari proses destilasi akan terpisah antara *solvent* dan air, dimana *solvent* akan diekstraksi kembali (Sinawang dkk, 2013). Etanol memiliki titik didih murni sebesar 78 °C dan pada keadaan standar air memiliki titik didih 100 °C. Sehingga untuk memisahkan etanol dari air dapat dilakukan dengan memanaskan

campuran pada temperatur 78-90 °C (Kristina dkk., 2012).

Menurut Walangare dkk (2013) terdapat berbagai jenis destilasi, yaitu:

1. Destilasi sederhana
Dasar pemisahan pada proses destilasi sederhana adalah metode pemisahan bahan kimia dengan memanfaatkan sifat volatilitas dari bahan. Dalam proses destilasi biasa setiap komponen yang terdapat dalam suatu larutan akan menguap pada titik didihnya masing-masing. Hal ini yang menjadi dasar bahwa komponen yang memiliki titik didih lebih rendah akan terlebih dahulu menguap, sehingga akan berpisah dengan komponen yang memiliki titik didih yang lebih tinggi. Dalam proses ini terjadi perpindahan massa, dimana komponen yang telah menguap terlebih dahulu akan didinginkan sehingga membentuk kembali cairan.
2. Destilasi Bertingkat
Prinsip dari proses destilasi bertingkat sama dengan proses destilasi sederhana dimana hasil dari proses destilasi sederhana akan kembali didestilasi (destilasi ulang). Jumlah pengulangan destilasi ini tergantung pada sifat komponen yang akan dipisahkan dan akan disesuaikan dengan panjang kolom fraksionasi yang dipakai pada proses destilasi. Biasanya proses destilasi bertingkat biasanya digunakan dalam proses pemurnian minyak bumi. Kelebihan proses destilasi bertingkat jika dibandingkan dengan proses destilasi biasa adalah dapat memisahkan lebih dari dua komponen karena didukung oleh peralatan yang lebih kompleks.
3. Destilasi *Azeotrop*
Proses destilasi ini dapat memisahkan campuran yang sulit untuk dipisahkan. Biasanya dalam proses destilasi ini digunakan senyawa lain yang dapat memecah ikatan *azeotrop* atau dengan menggunakan tekanan tinggi.
4. Destilasi Uap
Proses destilasi uap biasanya digunakan untuk memisahkan zat / cairan yang tidak larut dalam air dan memiliki titik didih tinggi. Pemisahan menggunakan proses destilasi biasa tidak dapat dilakukan karena zat cair terurai dan terjadi reaksi perubahan sebelum mencapai titik didihnya. Proses destilasi digunakan untuk memisahkan campuran air dan senyawa yang tidak larut dalam air dengan cara mengalirkan uap air yang menyebabkan zat menguap pada suhu yang rendah. Perbedaan antara titik didih campuran dengan komponennya

menyebabkan penurunan titik didih senyawa saat dialirkan uap air.

5. Destilasi Vakum

Destilasi vakum memisahkan dua komponen yang mempunyai titik didih yang sangat tinggi. Metode yang digunakan adalah dengan caramenurunkan tekanan menjadi lebih rendah dari tekanan atmosfer sehingga titik didihnya juga menjadi rendah. Hal ini menyebabkan suhu yang digunakan dalam proses destilasi tidak terlalu tinggi.

I. Kromatografi Gas

Kromatografi adalah pemisahan dalam analisis. Di kromatografi diperlukan dua fase yang tidak bercampur, yakni fase bergerak dan diam. Fase bergerak berupa gas pembawa atau cairan. Sedangkan fase yang diam berupa zat padat yang biasanya ditempatkan dalam suatu kolom atau bisa berupa cairan yang terserap (teradsorpsi).

Campuran zat yang akan dipisahkan komponennya dimasukkan ke dalam kolom yang mengandung fase yang diam. Dibantu oleh fase yang bergerak, komponen campuran itu akan dibawa bergerak melewati fase yang diam di dalam kolom. Perbedaan afinitas atau antaraksi antara komponen campuran dengan kedua fase, menyebabkan komponen itu akan bergerak dengan kecepatan yang berbeda melalui kolom. Akibatnya terdapat perbedaan kecepatan (*differential migration*), akhirnya komponen itu akan terpisah satu sama lain.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asam sulfat dan waktu fermentasi terhadap hasil etanol dari buah sukun. Penelitian dilakukan di Laboratorium Unit Proses Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Inderalaya.

A. Peralatan dan Bahan

Alat

- 1) Pisau
- 2) Termometer
- 3) Gelas Ukur
- 4) Erlenmeyer
- 5) Batang Pengaduk
- 6) Beaker Gelas
- 7) Kertas Saring
- 8) Autoklaf
- 9) Pipet tetes
- 10) Timbangan
- 11) Labu Ukur
- 12) Piknometer 5 ml
- 13) Blender
- 14) saringan

- 15) Labu Didih
- 16) Magnetic Stirer
- 17) Kondenser
- 18) Kertas PH

Bahan

- 1) Buah sukun
- 2) Ragi
- 3) NaOH 0.5 N
- 4) H₂SO₄ konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5 %
- 5) Aquadest

B. Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, buah sukun dikeringkan menggunakan panas matahari kemudian digiling hingga halus dan dihidrolisis menjadi glukosa dengan proses hidrolisis kimiawi asam encer menggunakan larutan H₂SO₄ dan dilanjutkan dengan proses fermentasi untuk menghasilkan etanol dengan bantuan ragi roti (fermipan).

Variabel – Variabel Penelitian

Pada penelitian ini akan diamati pengaruh beberapa variabel proses untuk menghasilkan produk dengan kadar bioetanol dengan kemurnian yang paling tinggi. Adapun beberapa variabel yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah:

- 1) Variabel tetap adalah berat sampel, temperature hidrolisis, jenis ragi, berat ragi dan waktu hidrolisis.
- 2) Variabel berubah adalah konsentrasi asam penghidrolisis dan waktu fermentasi.

Persiapan Bahan Baku

- 1) Biomassa buah sukun didapatkan dari daerah KM 15, Banyuasin, Sumatera Selatan.
- 2) Buah sukun dikupas dari kulitnya lalu potong tipis-tipis dengan ukuran ketebalan 0,3 – 0,5 cm.
- 3) Buah sukun dicuci sampai bersih kemudian dijemur di bawah sinar matahari langsung hingga didapatkan buah sukun yang kering dari kandungan air.
- 4) Buah sukun yang telah kering dihaluskan dengan cara dicacah dan diblender.
- 5) Buah sukun yang telah diblender kemudian diayak agar diperoleh tepung sukun yang halus.

C. Deskripsi Proses

Hidrolisis

- 1) 50 gram tepung sukun dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dicampurkan dengan larutan H₂SO₄ dengan perbandingan ratio (w/v) bahan baku : H₂SO₄ = 1 : 6 = (50 gram : 300 ml).

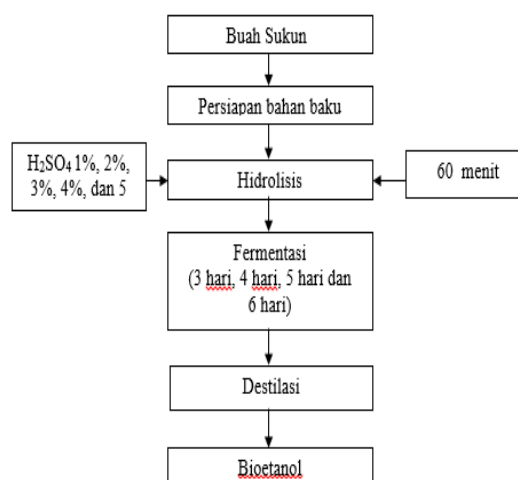
- 2) H_2SO_4 yang dicampurkan sesuai dengan variabel yang dijalankan, yaitu 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5 %
- 3) Selanjutnya dipanaskan dengan suhu konstan $90 - 95 ^\circ C$ selama 60 menit
- 4) Setelah itu masing-masing hasil hidrolisis disaring kembali dan diambil filtratnya untuk fermentasi dan analisis pengujian kadar glukosa menggunakan metode *Luff Schoorl*.

Fermentasi

- 1) Hasil larutan hidrolisis disaring hingga tidak ada ampas dalam larutan.
- 2) Larutan hasil saringan hidrolisat tepung sukun yang bersifat asam diatur pH-nya menjadi 4 yang diukur dengan pH-meter. Penambahan pH dilakukan dengan menambahkan NaOH.
- 3) Hidrolisat tersebut kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruangan.
- 4) Alat – alat yang digunakan pada proses fermentasi disterilisasi dalam autoklaf pada suhu $121^\circ C$ selama 15 menit agar tidak ada mikroba lain karena kesterilan akan mempengaruhi fermentasi.
- 5) Ragi roti (*Saccharomyces Cerevisiae*) sebanyak 12,5 gram ditambahkan ke masing-masing sampel hidrolisat.
- 6) Menutup rapat masing - masing erlenmeyer dengan alumunium foil supaya tidak ada kontaminan yang mengganggu fermentasi.
- 7) Campuran diaduk rata, kemudian ditutup dalam wadah fermentasi.
- 8) Fermentasi dilakukan pada suhu kamar selama 3 hari, 4 hari, 5 hari, dan 6 hari.

Destilasi

- 1) Menyiapkan 1 set peralatan destilasi. Lalu merangkai dan menghidupkan peralatan destilasi dengan baik.
- 2) Memasukkan hasil fermentasi yang telah disaring ke dalam labu, kemudian memasang labu tersebut pada alat destilasi.
- 3) Mengatur temperaturnya $79-80^\circ C$.
- 4) Proses destilasi dilakukan selama 3 - 4 jam sampai bioetanol tidak menetes lagi.
- 5) Destilat (bioetanol) yang dihasilkan disimpan di dalam botol yang tertutup rapat.
- 6) Bioetanol di ukur densitasnya dengan menggunakan piknometer.



Gambar 1. Diagram Alir Proses

D. Analisa Hasil Proses

Analisa Glukosa Reduksi dengan Metode Luff Schoorl

a). Alat

1. Erlenmeyer
2. Pendingin balik
3. Buret digital
4. Labu ukur 500 ml
5. Pipet Tetes
6. Neraca Analitis
7. Bunsen
8. Gelas Ukur 100 ml

b). Bahan:

1. Buah sukun
2. Larutan Luff Schoorl
3. Aquadest
4. H_2SO_4 26,5%
5. $Na_2S_2O_3$ 0,1 N
6. Larutan KI 20%
7. Indikator Amilum

c). Cara Kerja:

1. Sampel dinetralkan dengan NaOH 10% (cek dengan indikator universal).
2. Ambil sampel sebanyak 10 ml. Masukkan dalam erlemeyer 250ml.
3. Tambahkan 25 ml larutan luff schoorl, dan 15 ml aquadest.
4. Panasi larutan dengan pendingin balik sampai mendidih.
5. Dinginkan dengan cepat menggunakan air yang mengalir.
6. Setelah sampel dingin, masukan H_2SO_4 26,5% melalui dinding erlemeyer sebanyak 25 ml.
7. Masukan KI 20% sebanyak 15ml kedalam erlemeyer sampai berubah warna.

- Tambahkan larutan amilum sebanyak 3 pencet pipet tetes.
- Titration dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N. catat volume titran.

Pengujian Kadar Etanol Dengan Analisa Density

Untuk menganalisa kadar alkohol (etanol) yang didapat digunakan analisa densitas. Analisa densitas ini dilakukan dengan menggunakan alat piknometer, piknometer yang digunakan adalah piknometer 5 ml pada suhu kamar. Prosedur perhitungan densitas dengan menggunakan piknometer yaitu :

- Menimbang berat piknometer kosong pada suhu kamar diperoleh a gram
- Menimbang berat piknometer yang telah berisi aquadest penuh pada suhu kamar diperoleh b gram.
- Menghitung volume piknometer dengan menggunakan rumus

$$\text{Volume Piknometer} = \frac{b-a}{0.995797} = C \text{ mL}$$

- Menimbang berat piknometer yang telah diisi penuh dengan zat (etanol) yang akan ditentukan densitynya pada suhu kamar diperoleh d gr.

$$\text{Density} = \frac{d-a}{c}$$

Dari densitas yang diperoleh, dapat ditentukan kadar alkohol (etanol) yang terkandung, dengan melihat tabel densitas standar etanol pada suhu kamar. Analisa ini dilakukan terhadap hasil fermentasi yang telah didestilasi, gunanya untuk mengetahui kadar alkohol (etanol) yang terdapat dalam hasil fermentasi.

Pengujian Kadar Etanol Dengan Analisa Gas Kromatografi

Untuk melihat kadar bioetanol yang dihasilkan dengan lebih akurat makadilakukan analisa dengan menggunakan *Gas Chromatography* dengan tahapan analisa sebagai berikut :

- Sampel disiapkan dengan komposisi belum diketahui dan larutan baku dengan komposisi diketahui.
- Running alat, dengan kondisi suhu maksimum 200°C dan jenis detektor FID (*Flame Ionisation Detector*).
- Mengatur tekanan manometer pada tabung sebesar 3,5 kg/cm.
- Mengatur kecepatan gas pembawa (Helium) ke kanan atau ke kiri sebesar 300ml/min.
- Menyuntikan larutan baku minimal 1µL etanol.

- Puncak etanol tampak pada kromatogram (alat perekam).
- Hasil analisa akan tertulis oleh integrator dalam bentuk laporan RT (waktu retensi), AREA (luas puncak), TYPE (tipe puncak), AREA%.
- Menyuntikan larutan cuplikan minimal 1µL etanol dan membuat kromatogramnya.
- Membandingkan antara kromatogram larutan baku dan larutan cuplikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

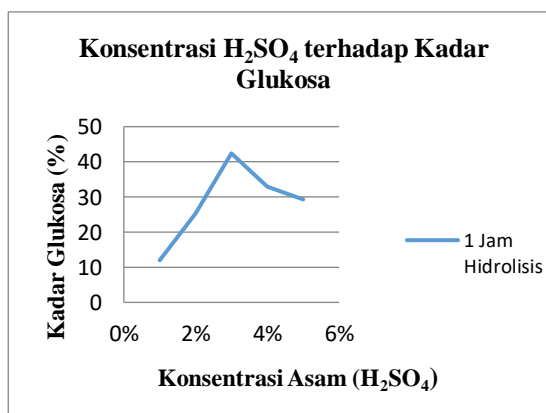
Penelitian pengaruh konsentrasi asam pada proses hidrolisis dan waktu fermentasi pembuatan bioetanol dari buah sukun (*Artocarpus altilis*) yang dilakukan selama variasi waktu proses fermentasi (3 hari, 4 hari, 5 hari dan 6 hari) pada variasi konsentrasi H_2SO_4 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% dengan massa ragi (*S.cerevisiae*) 25% dari berat sampel, dilakukan proses hidrolisis selama 1 jam.

A. Hasil Penelitian dan Pembahasan Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 Pada Proses Hidrolisis terhadap Peningkatan Kadar Glukosa

Kadar glukosa pada buah sukun dapat ditentukan dengan metode analisa menggunakan larutan *Luff Scroll*. Setelah dilakukan proses hidrolisis, dilakukan analisa kadar glukosa terhadap sampel larutan tepung sukun. Didapatkan kandungan glukosa pada buah sukun setelah di hidrolisis adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Analisa Kadar Glukosa dengan Metode *Luff Scroll*

No.	Konsentrasi H_2SO_4	Waktu Hidrolisi (Jam)	Kadar Glukosa
1.	1%	1	11,98%
2.	2%	1	25,21%
3.	3%	1	42,41%
4.	4%	1	32,86%
5.	5%	1	29,25%



Gambar 2. Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Glukosa saat 1 jam hidrolisis

Pada penelitian ini buah sukun yang telah diolah menjadi tepung sukun dihidrolisis pada beberapa konsentrasi H_2SO_4 (1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%) dengan waktu fermentasi selama 1 jam pada temperatur konstan, yaitu $90^\circ C - 95^\circ C$.

Dari data Tabel 3. menunjukkan gambar bahwakadar glukosa setelah dihidrolisis mengalami peningkatan terus menerus dari konsentrasi H_2SO_4 1% kadar glukosa yang terbentuk sebesar 11,98%, konsentrasi H_2SO_4 2% kadar glukosa yang terbentuk sebesar 25,21%, dan konsentrasi H_2SO_4 3% kadar glukosa yang terbentuk sebesar 42,41%. Pada proses hidrolisis, gugus H^+ dan H_2SO_4 mengubah molekul pati menjadi gugus radikal bebas. Kemudian gugus radikal bebas membentuk ikatan dengan gugus OH^- dari air dan menghasilkan glukosa (Idral, 2012). Ketika konsentrasi H_2SO_4 1% dan 2% jumlah H^+ dari H_2SO_4 belum mencukupi untuk dapat mengubah molekul pati sehingga gugus radikal bebas belum banyak terbentuk dan glukosa yang dihasilkan masih sedikit.

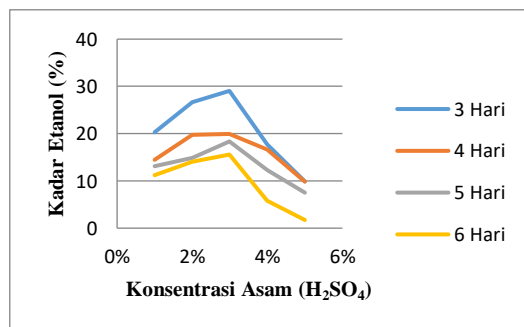
Pada gambar ini juga, dapat dilihat bahwa titik optimum dari konsentrasi H_2SO_4 yang menghasilkan kadar glukosa yang paling besar adalah pada konsentrasi H_2SO_4 3%. Untuk konsentrasi H_2SO_4 4% dan 5% kadar glukosa yang dihasilkan cenderung menurun. Penurunan kadar glukosa ini disebabkan penambahan konsentrasi larutan asam membentuk lebih banyak gugus radikal bebas, tetapi dapat menyebabkan semakin sedikitnya jumlah air dalam larutan hidrolisis. Selain itu, peningkatan konsentrasi asam ini juga dapat mengakibatkan terdegradasinya glukosa yang sudah terbentuk menjadi produk samping yang dapat menjadi inhibitor dalam pembentukan etanol selama proses fermentasi, seperti furfural, 5-hydroxymethylfurfural (HMF), asam levulinat, asam asetat, asam formiat, formaldehid, dan lain-lain (Taherzadeh dan Karimi, 2007).

B. Hasil Penelitian dan Pembahasan Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Etanol

Hasil analisa kadar etanol pada penelitian ini diperoleh setelah dilakukan variasi waktu proses fermentasi selama (3 hari, 4 hari, 5 hari dan 6 hari) dengan massa ragi (*S.cerevisiae*) 25% dari berat sampel. Kadar etanol dianalisa dengan menggunakan metode analisa densitas menggunakan piknometer. Hasil analisa kadar etanol tersebut ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Analisa Kadar Etanol dengan Metode Berat Jenis (Piknometer)

No	Konsentrasi H_2SO_4 (%)	Waktu Fermentasi (Hari)	Berat Jenis	Kadar Etanol
1		3	0,9632	20,256
2		4	0,9721	14,455
3	1	5	0,9740	13,116
4		6	0,9769	11,16
5		3	0,9532	26,676
6	2	4	0,9643	19,710
7		5	0,9714	14,927
8		6	0,9727	14,055
9		3	0,9491	29,049
10	3	4	0,9640	19,936
11		5	0,9663	18,350
12		6	0,9834	15,573
13		3	0,9673	17,761
14	4	4	0,9690	16,575
15		5	0,9752	12,322
16		6	0,9900	3,0687
17		3	0,9789	9,8910
18	5	4	0,9789	9,852
19		5	0,9854	5,7975
20		6	0,9924	1,7297



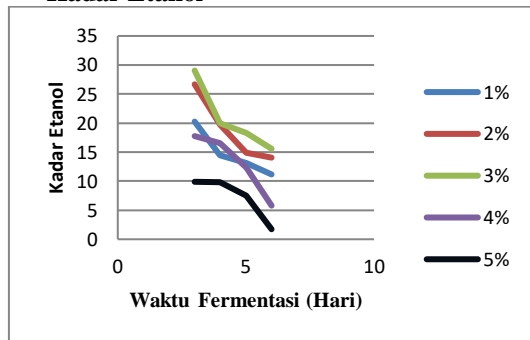
Gambar 3. Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Etanol pada Berbagai Waktu Fermentasi

Berdasarkan data dari tabel 4. menampilkan gambar bahwa kadar etanol yang diperoleh terus meningkat pada konsentrasi H_2SO_4 1%, 2%, dan 3% selama waktu fermentasi 3 hari, 4 hari, dan 5 hari dan 6 hari, ini dikarenakan kecepatan reaksi membesar karena meningkatnya konsentrasi asam yang digunakan. Jadi semakin banyak konsentrasi H_2SO_4 yang digunakan maka semakin cepat reaksi hidrolisis dan molekul pati yang terdekomposisi menjadi glukosa semakin meningkat. Ketika meningkatnya kadar glukosa maka akan meningkat pula kadar etanol yang dihasilkan.

Pada konsentrasi H_2SO_4 4% dan 5% selama variasi waktu fermentasi (3 hari, 4 hari, 5 hari, dan 6 hari) mengalami penurunan kadar etanol. Hal ini dikarenakan kadar etanol telah mencapai titik optimumnya pada konsentrasi 3% selama waktu fermentasi 3 hari, sehingga akan mengalami penurunan ketika sudah lebih dari titik

optimumnya. Banyaknya kandungan air dalam etanol juga menyebabkan penurunan kadar kemurnian dari etanol.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol



Gambar 4. Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol

Dapat dilihat dari tabel 4. menunjukkan gambar bahwa kadar etanol terus mengalami penurunan selama waktu fermentasi 3 hari, 4 hari, 5 hari dan 6 hari pada variasi konsentrasi H₂SO₄ 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Misalnya dari data yang didapatkan pada konsentrasi H₂SO₄ 1% menunjukkan bahwa pada hari ketiga fermentasi berat jenisnya sebesar 20,2564%, pada hari keempat fermentasi berat jenisnya sebesar 14,4551, pada hari kelima fermentasi berat jenisnya sebesar 13,1164, dan pada hari keenam fermentasi berat jenisnya sebesar 11,16. Jadi semakin lama waktu fermentasi yang dilakukan maka kadar etanol akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan pada waktu lebih dari 3 hari dan seterusnya bakteri (*Saccharomyces cerevisiae*) mengalami fase pertumbuhan diperlambat dan mengalami fase kematian sehingga aktivitas bakteri (*Saccharomyces cerevisiae*) untuk mengubah glukosa akan semakin menurun. (Lieke Iadi, 2007)

Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. bahwa waktu yang paling optimum untuk hasil kadar etanol yang paling besar terjadi pada fermentasi hari ketiga pada konsentrasi 3 % H₂SO₄ sebesar 29,0497 dan hasil kadar etanol terkecil ditunjukkan pada fermentasi hari keenam pada konsentrasi 5% H₂SO₄ sebesar 1,7297. Seiring berjalannya waktu fermentasi, produksi gas CO₂ juga semakin bertambah. Peningkatan produksi gas CO₂ seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi alkohol menghambat aktivitas dari bakteri (*Saccharomyces cerevisiae*) sehingga pembentukan alkohol menurun. (Jaksen M. Amin, 2014)

D. Hasil Penelitian dan Pembahasan Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kadar Etanol dengan Metode Gas Chromatography(GC)

Dari data analisa kadar bioetanol menggunakan metode berat jenis, diambil 2 sample untuk dianalisa menggunakan metode *Gas chromatography* (GC). data hasil analisa *Gas chromatography* (GC) dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 5. Hasil Analisa Kadar Etanol dengan Metode *Gas Chromatography* (GC) Variasi Waktu Fermentasi

Sampel ke -	Waktu Fermentasi (hari)	Konsentrasi H ₂ SO ₄ (%)	Kadar Etanol (% v/v) dengan GC
1	3	2	25,439
2	6	5	18,659

Sumber: Laboratorium Analisa Instrumen Teknik Kimia Politeknik Universitas Sriwijaya

Berdasarkan dari data yang di dapatkan terkait analisa kadar etanol dengan metode berat jenis, diambil dua hasil etanol yang dianalisa dngan metode *Gas Chromatography* (GC). Sebelum dianalisa menggunakan metode *Gas Chromatography* (GC), dilakukan preparasi sampel terlebih dahulu untuk mengurangi impuritis yang terikut dalam sampel

Hasil analisa GC didapatkan nilai kadar etanol pada sampel 1 yaitu pada waktu fermentasi selama 3 hari yaitu sebesar 25,439. Hasil ini tidak jauh dari perhitungan menggunakan metode berat jenis (piknometer) yaitu sebesar 26,6764. Penurunan kadar etanol ini dapat disebabkan karena saat melakukan proses penyimpanan sampel, tutup wadah sampel tidak tertutup secara sempurna atau kurang kedap sehingga ada uap air yang dapat terikut dalam sampel saat penyimpanan. Bertambahnya kandungan air dalam sampel dapat menurunkan kadar etanol yang terkandung dalam sampel.

Sedangkan hasil analisa GC untuk kadar etanol pada sampel 2 yaitu pada fermentasi selama 6 hari dengan konsentrasi H₂SO₄ 5% sebesar 18,659. Nilai ini lebih tinggi dari analisa kadar etanol menggunakan metode berat jenis (piknometer) sebesar 1,7297. Hal ini dapat disebabkan karena pada analisa menggunakan metode *Gas Chromatography* (GC) sampel yang digunakan lebih murni dan tidak terlalu banyak mengandung impuritis. Sehingga kadar etanolnya meningkat.

Pada metode *Gas Chromatography* (GC) juga menunjukkan bahwa semakin lama waktu

fermentasi maka kadar etanol akan semakin menurun sesuai dengan data yang didapatkan pada fermentasi 2 hari dengan konsentrasi H₂SO₄ 3% sebesar 25,439%, sedangkan kadar etanol pada fermentasi 6 hari dengan konsentrasi H₂SO₄ 5% mengalami penurunan yaitu 18,659%.

4. KESIMPULAN

- 1) Untuk konsentrasi H₂SO₄ 1-3 % mengalami kenaikan kadar etanol dan tertinggi pada konsentrasi H₂SO₄ 3% sebesar 29,0497% kemudian terjadi penurunan pada konsentrasi 4-5 % dan nilai terendah pada konsentrasi 5% sebesar 1,7297%.
- 2) Semakin lama waktu fermentasi menunjukkan penurunan kadar etanol. Berdasarkan data hasil penelitian, kadar etanol tertinggi didapatkan pada fermentasi hari ke-3 untuk konsentrasi 3% sebesar 29,0497 %, dan terendah pada fermentasi hari ke-6 untuk konsentrasi 5% sebesar 1,7297.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugraha, Hamdan Adma dan Noor Khomsah Kartikawati. 2012. *Variasi Morfologi dan Kandungan Gizi Buah Sukun*. Jurnal Wana Benih Vol 13 No. 2, September 2012, 99- 106. Yogyakarta.
- Afrianti, H. L., 2004. *Fermentasi*, <http://www.forumsains.com/index.php/topic,783.msg2697.html> diakses 30 Februari 2015.
- Astuti1, Theresia Yuli Indri, dkk.. 2013. *Substitusi Tepung Sukun dalam Pembuatan Non Flaky Crackers Bayam Hijau (Amaranthus tricolor)*. Jurnal Teknobiologi: Yogyakarta.
- Chandel. A. K., Es. C., Rudravaram. R., Narasu. M. L., Rao. L. V., Ravindra. P. 2007. *Economics and Environmental Impact of Bioethanol Production Technologies : An Appraisal*. *Biotechnology and Molecular Biology Review* : 2 (1) : 14-02.
- Dwi, Retnowati, dan Rini Sutanti. 2009. *Pemanfaatan Limbah Padat Ampas Singkong dan Lindur Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol*. Semarang.
- Farida, Iftachul. 2015. *Produksi Bioetanol dari Pati Sukun (Artocarpus communis Forst) Secara Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan (SSF) Terekayasa Menggunakan Ragi Tape*. Tesis Program Studi Bioteknologi Sekolah pascasarjana IPB. Bogor.
- Galbe. M., Zacchi. G. 2002. *A Review of The Production of Ethanol From Softwood*. *Appl Microbiol Biotechnol*. 59: 618 – 628.
- Gaur. 2006. *Process Optimization for the Production of Ethanol Via Fermentation*. Dissertation. Department of Biotechnology and Environment Sciences Thapar Institute of engineering and Technology (Deemed University). Patiala 147004. Patiala Punjab India.
- Graham, H. D. dan De Bravo, E. N. 1981. *Composition of the Bread Fruit*. *Journal Food Sci*46 : 535-539
- Hamelinck, Van Hooijdonk, dan Faaij. 2005. *Ethanol from lignocellulosic biomass: Techno-economic performance in short-, middle- and long-term*. *Biomass and Bioenergy* 28: 384–410
- Hanum, Farida, dkk. 2013. *Pengaruh Massa Ragi dan Waktu Fermentasi terhadap Bioetanol dari Biji Durian*. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 2, No. 4. Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Harun. R., Liu. B., Danquah. M. K. 2011. *Analysis of Process Configurations for Bioethanol Production from Microalgal Biomass*. In *:Progress in Biomass and Bioenergy Production*. (Ed.) Shaukat S. S. Chapter 20. Intech Science & Technology, Croatia. ISBN: 978-953-307-491-7. pp. 395-409.
- H.S, Jhonprimen, dkk. 2012. *Pengaruh Massa Ragi, Jenis Ragi dan Waktu Fermentasi pada Bioetanol dari Biji Durian*. *Jurnal Teknik Kimia No. 2*, Vol. 18. Universitas Sriwijaya : Indralaya.
- Judoamidjojo, R.M., darwis, dan E.G. Sa'id. 1992. *Teknologi Fermentasi*. Bogor. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Penelitian Bogor.
- Komarayati, Sri dan Gusmailina. 2010. *Prospek Bioetanol sebagai Pengganti Minyak*

- Tanah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Kristina, E.R. Sari, Novia. 2012. *Alkaline Pretreatment dan Proses Simultan Sakarifikasi-Fermentasi untuk Produksi Etanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Jurnal Teknik Kimia. 18 (3) : 34-43.
- Limayem, A. and Ricke, S.C. 2012. Lignocellulosic Biomass For Bioethanol Production: Current Perspectives, Potential Issues, and Future Prospects. *Progress in Energy and Combustion Sciences*. 38: 449-467.
- Mosier, N., C. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y. Lee, M. Holtzapple, and M. Ladish. 2005. *Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass*. *Bioresource Technology*. 96: 673-686.
- Mussatto, S.I., and Teixeira, J.A. 2010. Lignocellulose as Raw Material in Fermentation Processes. IBB - Institute for Biotechnology and Bioengineering, Centre of Biological Engineering, University of Minho, Campus de Gualtar, Braga, Portugal.
- Neves. M. A., Kimura. T., Shimizu. N., Nakajima. M. 2007. *State of The Art and Future Trends of Bioethanol Production. Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology and Molecular Biology*. 1 (1) : 1-14.
- Noviarso, C. 2003. *Pengaruh umur panen dan masa simpan buah sukun terhadap kualitas tepung sukun yang dihasilkan*. Skripsi Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Osvaldo, Z.S., Panca, P.S., Faizal, M. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu Pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-alang*. Jurnal Teknik Kimia. 2(18):52-62.
- Sassner P, CG Martensson, M Galbe, G Zacchi. 2008. *Steam Pretreatment of H2SO4-impregnated Salix for Production of Bioetanol*. *J. Bioresource Technol.*
- Sinawang, G., Lutfia, T. Widjaja. 2013. *Pemisahan Campuran Etanol-Amil Alkohol-Air dengan Proses Distilasi dalam Structured Packing dan Dehidrasi Menggunakan Adsorbent*.
- Srikandi Fardiaz. 1992. *Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Syah, Nazaruddin (1994) *Sukun dan Kluwih*. Penerbit Swadaya. Jakarta.
- Taherzadeh, Mohammad J. and Kamiri, Keikhorso. 2007. *Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Material*, *BioResources*, Vol.2, no. 3, pp 472-499.
- Usmana, Akhmad Sofyan, Saptia Rianda, dan Novia. 2012. *Pengaruh Volume Enzim dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Etanol (Bahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Pretreatment Alkali)*. Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya No. 2. Inderalaya Ogan Ilir (OI).
- Walangare, K.B.A., Lumenta, A.S.M., Wuwung, J.O., Sugiarto, B.A. 2013. *Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum dengan Proses Destilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik*. Jurnal Tekni Elektro dan Komputer FT Unsrat.
- Winarno F.G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.