

ANALISIS VARIASI NUTRISI AMMONIUM SULFAT DAN UREA DALAM PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca. L*) DENGAN HIDROLISIS ENZIMATIK DAN FERMENTASI MENGGUNAKAN *Saccharomyces Cerevisiae*

Andi Sahriani, Rudi Kartika, Bohari Yusuf
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Mulawarman

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian analisis variasi nutrisi ammonium sulfat dan urea dalam pembuatan bioetanol dari kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca. L*) dengan fermentasi menggunakan *saccharomyces cerevisiae*. Pada penelitian ini hasil menunjukkan konsentrasi ammonium sulfat 0,5 %, 1 % dan 1,5 % yang optimum masing-masing konsentrasi menghasilkan kadar etanol yaitu sebesar 7,799 %, 5,195 % dan 3,121 % sedangkan pada konsentrasi urea yang optimum masing-masing konsentrasi menghasilkan kadar etanol yaitu sebesar 21,409 %, 16,809 % dan 22,439 %. Waktu fermentasi optimum pada ammonium sulfat adalah 7 hari sedangkan waktu fermentasi pada urea yang optimum adalah 5 hari. Berdasarkan uji statistik koefisien determinasi R^2 dan dilanjutkan dengan koefisien korelasi terdapat hubungan waktu fermentasi dan penambahan nutrisi ammonium sulfat terhadap kadar etanol dan waktu fermentasi dan penambahan nutrisi urea terhadap kadar etanol.

Kata kunci : *Bioetanol, Pisang Kepok (Musa paradisiaca. L), Ammonium Sulfat, Urea.*

PENDAHULUAN

Pada saat ini Indonesia mengalami masalah keterbatasan Bahan Bakar Minyak (BBM), semakin berkurangnya sumber bahan bakar minyak di Indonesia sedangkan laju penggunaannya semakin meningkat disebabkan oleh terjadinya penurunan secara ilmiah terhadap cadangan minyak yang terdapat di sumur-sumur produksi minyak yang telah ada. Fakta yang berkembang saat ini dari tahun ke tahun terjadi peningkatan pertumbuhan jumlah penduduk yang diiringi dengan peningkatan kebutuhan dan konsumsi bahan bakar fosil. Selain pemangkasan subsidi BBM, pemerintah juga melakukan langkah-langkah penghematan energi dan mencari sumber-sumber energi baru untuk menggantikan minyak bumi. Melihat kondisi tersebut pemerintah mengeluarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, di mana pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BBN) ditargetkan 2 % pada tahun 2010 dan 5 % pada tahun 2025 (BPS, 2006). Untuk itu ketergantungan terhadap energi fosil harus dikurangi dengan upaya mengoptimalkan pemanfaatan sumber energi lainnya, khususnya energi baru terbarukan, serta dengan meningkatkan kemampuan untuk penggunaan teknologi energi yang efisien. Salah satu alternatif sumber energi baru dan terbarukan yang potensial adalah bioetanol.

Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati)

menggunakan bantuan mikroorganisme. Produksi bioetanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula atau glukosa dengan beberapa metode diantaranya dengan hidrolisis asam dan enzimatis. Metode hidrolisis secara enzimatis lebih sering digunakan karena lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan katalis asam. Glukosa yang diperoleh selanjutnya dilakukan proses fermentasi atau peragian dengan menambahkan yeast atau ragi sehingga diperoleh bioetanol. Bahan-bahan yang dapat diubah menjadi bioetanol yaitu bahan-bahan yang mengandung serat kasar dengan karbohidrat yang tinggi misalnya umbi kayu, ubi jalar, pisang, kulit pisang, dan lain-lain. Bioetanol dapat dihasilkan dari tanaman yang banyak mengandung senyawa selulosa dengan menggunakan bantuan dari aktivitas mikroba. Mikroorganisme yang banyak digunakan untuk mengkonversi glukosa menjadi etanol adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Schlegel, 1994).

Kulit buah pisang merupakan bahan buangan yang cukup banyak jumlahnya yaitu kira-kira 1/3 buah pisang yang belum dikupas (Munadjim, 1983). Tingginya produksi pisang di Indonesia juga menghasilkan limbah kulit buah pisang yang banyak pula. Kulit buah pisang yang merupakan bahan organik dan bersifat semi basah dan banyak ditemukan pada limbah rumah tangga (Murtadho dan Sa'id, 1988). Secara sederhana limbah kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai makanan ternak dan

bahan baku pembuatan etanol (Munadjim, 1983). Kulit pisang yang banyak mengandung karbohidrat tersebut akan terfermentasikan menghasilkan asam organik yang dapat meningkatkan keasaman tanah. Selain itu kulit pisang dalam jumlah banyak yang dibuang ke perairan akan mengakibatkan terganggunya kehidupan organisme perairan. Dengan demikian perlu diupayakan penanganan limbah kulit pisang tersebut, bahkan bila memungkinkan dapat dimanfaatkan dalam rangka memberikan nilai tambah. Salah satu upaya dalam pemanfaatan limbah kulit pisang adalah memfermentasikan limbah kulit pisang menjadi etanol.

Berdasarkan uraian di atas perlunya dilakukan penelitian ini sebab limbah kulit pisang dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan bioetanol secara hidrolisis menggunakan enzim alfa-amilase dan glukamilase dan fermentasi menggunakan jamur *Saccharomyces Cereviceae* dengan harapan dapat membantu memecahkan permasalahan penggunaan Bahan Bakar Fosil (BBF) menjadi Bahan Bakar Nabati (BBN).

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental untuk mengetahui kadar etanol yang dihasilkan dari bahan tepung kulit pisang kepok. Penelitian ini diawali dengan mensortir kulit pisang kepok hingga dihasilkan tepung kulit pisang yang sudah halus selanjutnya dilakukan proses hidrolisis dengan enzim alfa-amilase dan enzim glukosa-amilase yang kemudian difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dengan nutrisi ammonium sulfat dan nutrisi urea pada lama waktu fermentasi. Kemudian dilanjutkan dengan analisis laboratorium yaitu hasil dari fermentasi didestilasi untuk menghasilkan etanol murni kemudian dilakukan identifikasi etanol yang dihasilkan dari kulit pisang kepok dengan menggunakan Kromatografi Gas (KG).

Alat-alat

Peralatan yang digunakan berupa alat : blender, oven, gelas kimia, gelas ukur, labu Erlenmeyer, neraca analitik, ose, pipet tetes, labu takar, corong kaca, cawan petri, hotplate, thermometer, pisau, gunting, spatula, tiang statif, rangkaian alat destilasi, wadah fermentasi, panci, pH universal, autoclave, pipet mikro, pipet volume dan Kromatografi Gas (KG).

Bahan-bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: limbah kulit pisang kepok, *saccaromyces*

cerevisiae, aquades, enzim alfa-amilase, enzim glukosa-amilase, HCl 0,1 N, aquadest, *Potato dextrose agar* (PDA), aluminium foil, plastik, tissu, kertas saring, kertas saring, ammonium sulfat, urea dan etanol PA.

Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca*. L).

Teknik Pengambilan Sampel

Sampel berupa kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca*. L) yang dikumpulkan dari penjual gorengan yang ada di jalan Pramuka, Samarinda. Selanjutnya dibersihkan dan dipisahkan dari kulitnya.

Prosedur Penelitian

Persiapan Mikroba *Saccharomyces cerevisiae*

Pembuatan Media Agar

Sebanyak 9,75 gr *Potato dextrose agar* (PDA) dilarutkan kedalam 250 mL akuades. Campuran dipanaskan dan diaduk hingga larut. Kemudian dimasukkan ke dalam *autoclave* selama 15 menit pada suhu 121 °C. Setelah itu didinginkan pada suhu kamar dan disimpan di lemari pendingin sampai diperlukan.

Regenerasi Mikroba

Jamur *Saccharomyces cerevisiae* induk dibiakkan pada media agar dalam cawan petri yang telah disterilkan, selama kurang lebih 24 jam pada suhu 30 °C.

Persiapan Sampel

Kulit pisang kepok dibersihkan dan dipotong kecil-kecil kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 4 – 5 hari hingga kering selanjutnya dihaluskan dengan blender hingga menjadi tepung.

Hidrolisis :

Proses Liquifikasi

Tepung kulit pisang kepok dimasukkan sebanyak 900 gram ke dalam panci besar, lalu ditambah 4,5 L akuades kemudian diatur pH antara 4 – 5 menggunakan HCl 0,1 N. Selanjutnya ditambahkan enzim alfa-amilase sebanyak 3 mL dan diaduk hingga rata. Kemudian dipanaskan dengan hot plate pada suhu 80 – 90 °C sambil diaduk selama 60 menit kemudian didinginkan hingga suhu 55 °C untuk dilanjutkan pada proses sakarifikasi.

Proses Sakarifikasi

Sampel hasil proses liquifikasi ditambahkan enzim glukosa-amilase sebanyak 3 mL, selanjutnya sampel tadi dipanaskan dengan pada suhu 50 – 60 °C sambil diaduk selama 60 menit kemudian didinginkan hingga mencapai suhu 34 °C.

Fermentasi

Sampel hasil proses sakarifikasi dimasukkan ke dalam 3 wadah fermentasi kemudian ditambahkan *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 2 ose dan ditambahkan juga nutrisi ammonium sulfat dan juga nutrisi masing-masing pada wadah sebanyak 0,5 % ; 1 % ; 1,5 % sambil diaduk. Kemudian dipisahkan setiap wadah menjadi tiga wadah untuk difermentasi dengan variasi waktu fermentasi berlangsung selama 3, 5 dan 7 hari. Selanjutnya dijaga suhu maksimum 36 °C dan kemudian ditutup wadah fermentasi.

Destilasi

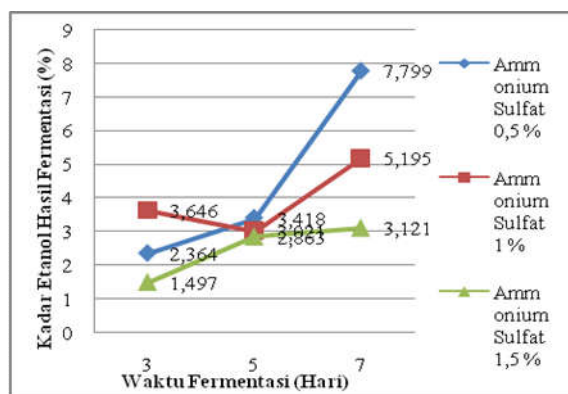
Disiapkan seperangkat alat destilasi kemudian dimasukkan hasil fermentasi ke dalam labu destilasi. Selama proses destilasi diatur suhu destilasi pada 78 °C dan dihentikan proses destilasi ketika semua etanol telah terpisah.

Analisis Data

Analisis kadar etanol menggunakan instrumen Kromatografi Gas, Tipe 17A 2010, merek Shimadzu. Adapun tahapan analisis kadar etanol dengan menggunakan Kromatografi Gas yaitu diambil 1 µl dari masing-masing destilat dan disuntikkan ke dalam kolom melalui tempat injeksi. Luas puncak etanol dari kromatogram dihitung. Kadar etanol dalam destilat ditentukan dengan membaca hasil kromatogram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk melihat konsentrasi etanol hasil fermentasi dengan penambahan nutrisi ammonium sulfat dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Kurva Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi dengan Penambahan Ammonium Sulfat Terhadap Konsentrasi Etanol dalam Bioetanol Hasil Fermentasi.

Pengaruh penambahan ammonium sulfat terhadap kadar etanol dapat diketahui dengan menggunakan variasi konsentrasi 0,5 % (b/v), 1 % (b/v) dan 1,5 % (b/v) pada media fermentasi. Hal ini dapat ditunjukkan berdasarkan gambar 1 hasil analisa

menunjukkan pada penambahan ammonium sulfat 0,5 % (b/v) mengalami peningkatan kadar etanol dari hari ke-3 sampai hari ke-7 yaitu dari 2,364 % menjadi 7,799 % (v/v), lalu pada penambahan ammonium sulfat 1 % (b/v) mengalami peningkatan kadar etanol pada hari ke-3 sampai hari ke-7 yaitu dari 3.646 % menjadi 5,195 % (v/v). Sedangkan pada penambahan ammonium sulfat 1,5 % (b/v) terjadi peningkatan kadar etanol yang dihasilkan mulai dari hari ke-3, hari ke-5 sampai hari ke-7 masing-masing menghasilkan kadar etanol sebesar 1,497 %; 2,863 % dan 3,21 % (v/v).

Pengaruh penambahan ammonium sulfat terhadap kadar etanol dapat diketahui dengan menggunakan variasi konsentrasi 0,5 % (b/v), 1 % (b/v) dan 1,5 % (b/v) pada media fermentasi. Hal ini dapat ditunjukkan berdasarkan gambar 1 hasil analisa menunjukkan pada penambahan ammonium sulfat 0,5 % (b/v) mengalami peningkatan kadar etanol dari hari ke-3 sampai hari ke-7 yaitu dari 2,364 % menjadi 7,799 % (v/v), lalu pada penambahan ammonium sulfat 1 % (b/v) mengalami peningkatan kadar etanol pada hari ke-3 sampai hari ke-7 yaitu dari 3.646 % menjadi 5,195 % (v/v). Sedangkan pada penambahan ammonium sulfat 1,5 % (b/v) terjadi peningkatan kadar etanol yang dihasilkan mulai dari hari ke-3, hari ke-5 sampai hari ke-7 masing-masing menghasilkan kadar etanol sebesar 1,497 %; 2,863 % dan 3,21 % (v/v).

Fermentasi pada media dengan konsentrasi ammonium sulfat 0,5 % (b/v) menghasilkan kadar etanol sebesar 7,799 % (v/v) dengan kadar yang paling optimum pada hari ke-7, diduga pertumbuhan dan aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* berada pada fase logaritmik. Nutrien yang tersedia pada media dikonsumsi secara baik serta dihasilkan zat-zat metabolik secara maksimal pada fase ini. Kecepatan pertumbuhan pada fase tersebut dipengaruhi oleh ketersediaan nutrien dalam media (Fardiaz, S., 1989).

Kadar etanol yang sangat rendah dihasilkan pada hari ke-3, yaitu pada media dengan konsentrasi ammonium sulfat 1,5 % (b/v) menghasilkan kadar etanol sebesar 1,497 % (v/v). Hal ini diduga pertumbuhan dan aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* berada pada fase lag, dimana pada saat ini posisi pertumbuhan lambat dan cenderung mikroba beradaptasi menyesuaikan lingkungan yang baru.

Kadar etanol yang dihasilkan secara keseluruhan masih kecil. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah jumlah kulit pisang yang digunakan sedikit yaitu 100 gram dalam 500 mL media fermentasi. Jumlah glukosa yang digunakan sebagai sumber C dalam fermentasi sangat berpengaruh terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Karta (2012)

menunjukkan bahwa fermentasi dengan media yang berbahan alga *Codium geppiorum* 25 gram tanpa penambahan ammonium sulfat menghasilkan etanol rata-rata 3,03 %. Semakin banyak jumlah rumput laut yang digunakan, maka ketersediaan sumber C akan semakin banyak sehingga mampu memenuhi kebutuhan mikroba untuk tumbuh dan beraktivitas.

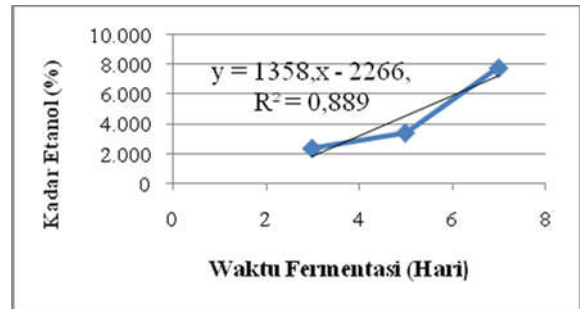
Berdasarkan kurva variasi penambahan ammonium sulfat dengan waktu fermentasi terhadap konsentrasi etanol dalam bioetanol hasil fermentasi maka dapat diketahui ammonium sulfat berpengaruh terhadap proses fermentasi. Hal ini terlihat dari kadar etanol tertinggi yang diperoleh pada konsentrasi 0,5 % (b/v). Ammonium sulfat berperan sebagai sumber nitrogen bagi mikroba. Sumber nitrogen ini digunakan untuk pembentukan asam nukleat dan asam-asam amino.

Semakin lama waktu fermentasi maka kadar etanol akan semakin tinggi. Pada gambar 4.1 hasil analisa menunjukkan kadar etanol terendah berada pada lama fermentasi 3 hari dimana *Saccharomyces cerevisiae* berada di fase lag yang merupakan fase adaptasi, dimana pada saat itu posisi pertumbuhan lambat dan cenderung *Saccharomyces cerevisiae* masih beradaptasi menyesuaikan lingkungan yang baru. Pada lama fermentasi 5 hari kadar etanol meningkat dimana pada lama fermentasi ini masuk kedalam fase logaritmik yaitu fase pertumbuhan yang dialami oleh *Saccharomyces cerevisiae*. Pada waktu fermentasi 7 hari kadar etanol meningkat (tertinggi) dikarenakan pada waktu berada pada fase stasioner yaitu fase dimana kematian *Saccharomyces cerevisiae* seimbang dengan pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* yang merubah glukosa menjadi etanol (Fardiaz, S.,1987).

Semakin besar konsentrasi nutrisi ammonium sulfat yang diberikan pada media fermentasi maka kadar etanol akan semakin rendah. Pada gambar 4.1 hasil analisa menunjukkan kadar etanol terendah berada pada konsentrasi ammonium sulfat 1,5 % dan kadar etanol tertinggi pada konsentrasi ammonium sulfat 0,5 % hal ini diduga disebabkan kecenderungan pH media fermentasi semakin menurun kemungkinan disebabkan ammonium sulfat yang digunakan sel khamir sebagai sumber nitrogen diubah menjadi NH_4^+ . Molekul NH_4^+ akan berikatan dengan sel sebagai $R-NH_3$. Dalam proses ini, H^+ ditinggalkan dalam media, sehingga pH media semakin rendah (Judoamidjojo, R.M, 1989).

Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi dan Penambahan Ammonium Sulfat 0,5 % Terhadap Kadar Etanol

Untuk melihat pengaruh waktu fermentasi dan penambahan ammonium sulfat 0,5 % terhadap kadar etanol. Dapat dilihat pada kurva pada gambar 2.

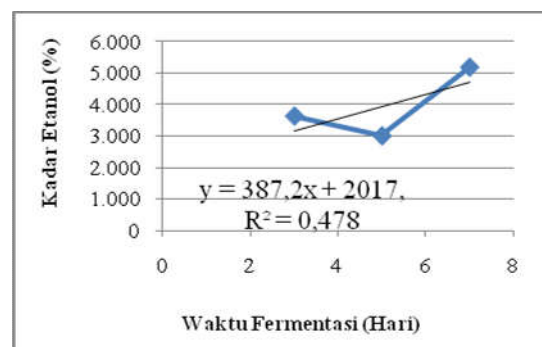


Gambar 2. Kurva Pengaruh Waktu Fermentasi dan Penambahan Ammonium Sulfat 0,5 % Terhadap Kadar Etanol

Dari kurva pada gambar 2 didapat nilai dari koefisien determinasi $R^2 = 0,889$ atau sebesar 88,9 % menjelaskan bahwa adanya hubungan waktu fermentasi pada kulit pisang kepok dengan penambahan nutrisi ammonium sulfat 0,5 % terhadap kadar etanol. Kemudian dilanjutkan dengan uji koefisien korelasi dimana didapatkan nilai $(r) = 0,943$ yang dapat disimpulkan bahwa didapatkan hubungan yang sangat kuat dimana semakin lama waktu fermentasi maka akan semakin besar pula kadar etanol yang dihasilkan, besar hubungannya ditentukan oleh koefisien korelasi.

Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi dan Penambahan Ammonium Sulfat 1 % Terhadap Kadar Etanol

Untuk melihat pengaruh waktu fermentasi dan penambahan ammonium sulfat 1 % terhadap kadar etanol. Dapat dilihat pada kurva pada gambar 3.



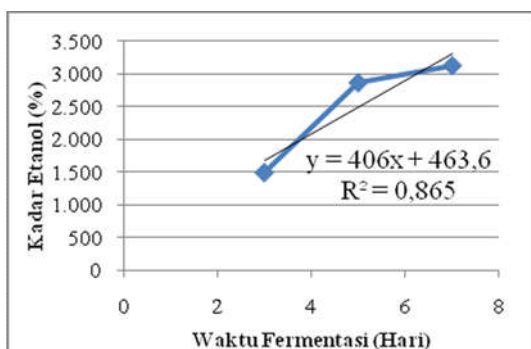
Gambar 3. Kurva Pengaruh Waktu Fermentasi dan Penambahan Ammonium Sulfat 1 % terhadap Kadar Etanol

Dari kurva pada gambar 3 didapat nilai dari koefisien determinasi $R^2 = 0,478$ atau sebesar 47,8 % menjelaskan bahwa adanya hubungan waktu fermentasi pada kulit pisang kepok dengan penambahan nutrisi ammonium sulfat 1 % terhadap kadar etanol. Kemudian dilanjutkan dengan uji koefisien korelasi dimana didapatkan nilai $(r) = 0,692$

yang dapat disimpulkan bahwa didapatkan hubungan yang kuat dimana semakin lama waktu fermentasi maka akan semakin besar pula kadar etanol yang dihasilkan, besar hubungannya ditentukan oleh koefisien korelasi

Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi dan Penambahan Ammonium Sulfat 1,5 % Terhadap Kadar Etanol

Untuk melihat pengaruh waktu fermentasi dan penambahan ammonium sulfat 1,5 % terhadap kadar etanol. Dapat dilihat pada kurva pada gambar 4.



Gambar 4. Kurva Pengaruh Waktu Fermentasi dan Penambahan Ammonium Sulfat 1,5 % terhadap Kadar Etanol

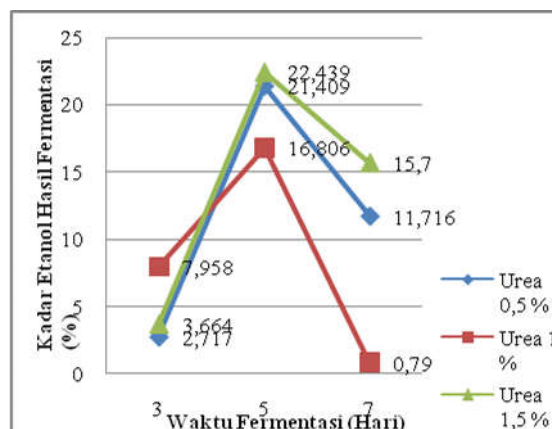
Dari kurva pada gambar 4 didapat nilai dari koefisien determinasi $R^2 = 0,865$ atau sebesar 86,5 % menjelaskan bahwa adanya hubungan waktu fermentasi pada kulit pisang kepok dengan penambahan nutrisi ammonium sulfat 1,5 % terhadap kadar etanol. Kemudian dilanjutkan dengan uji koefisien korelasi dimana didapatkan nilai $(r) = 0,930$ yang dapat disimpulkan bahwa didapatkan hubungan yang sangat kuat dimana semakin lama waktu fermentasi maka akan semakin besar pula kadar etanol yang dihasilkan, besar hubungannya ditentukan oleh koefisien korelasi.

Analisa Kadar Etanol Hasil Fermentasi dengan Penambahan Nutrisi Urea

Untuk melihat konsentrasi etanol hasil fermentasi dengan penambahan nutrisi ammonium sulfat dapat dilihat pada gambar 5.

Pengaruh penambahan urea terhadap kadar etanol dapat diketahui dengan menggunakan variasi konsentrasi 0,5 % (b/v), 1 % (b/v) dan 1,5 % (b/v) pada media fermentasi. Berdasarkan gambar 5 menunjukkan pada penambahan urea 0,5 % (b/v) mengalami peningkatan kadar etanol dari hari ke-3 sampai hari ke-5 yaitu dari 2,717 % menjadi 21,409 % (v/v), lalu mengalami penurunan kadar etanol pada hari ke-7 yaitu 11,716 %. Pada penambahan urea 1 % (b/v) mengalami peningkatan kadar etanol dari hari ke-3 sampai hari ke-5 yaitu dari 7,958 % menjadi

16,806 % (v/v), lalu mengalami penurunan pada hari ke-7 kadar etanol mencapai 0,790 % (v/v). Sedangkan pada penambahan ammonium sulfat 1,5 % (b/v) mengalami peningkatan kadar etanol yang dihasilkan mulai dari hari ke-3 sampai hari ke-5 yaitu dari 3,664 % menjadi 22,439 % (v/v), kadar etanol mulai menurun pada hari ke-7 yaitu mencapai 15,747 % (v/v). Hal ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor yaitu proses fermentasi sudah berjalan lambat karena kandungan gula dan nutrisi didalam media semakin sedikit. Keadaan ini juga diduga disebabkan karena etanol sudah mengalami oksidasi berubah menjadi asam asetat. Faktor lain yang dapat mempengaruhi adalah adanya kontaminan seperti bakteri asam laktat dan bakteri asam asetat yang mampu menjadi inhibitor dalam proses fermentasi sehingga etanol yang dihasilkan sangat rendah.



Gambar 5. Kurva Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi Dengan Penambahan Urea Terhadap Konsentrasi Etanol dalam Bioetanol Hasil Fermentasi

Fermentasi pada media dengan konsentrasi urea 1,5 % (b/v) menghasilkan kadar etanol sebesar 22,439 % dengan kadar yang paling optimum pada hari ke-5, diduga pertumbuhan dan aktivitas *Saccharomyces cerevisiae* berada pada fase logaritmik. Nutrien yang tersedia pada media dikonsumsi secara baik serta dihasilkan zat-zat metabolik secara maksimal pada fase ini.

Kadar etanol yang sangat rendah dihasilkan pada media dengan konsentrasi urea 1% (b/v) menghasilkan kadar etanol sebesar 0,790 % dengan kadar yang paling optimum pada hari ke-7. Hal ini diduga di sebabkan pada waktu fermentasi 7 hari kadar etanol perlahan menurun dikarenakan pada lama fermentasi ini *Saccharomyces cerevisiae* ini dimungkinkan berada pada fase kematian dimana *Saccharomyces cerevisiae* itu mengalami kematian lebih besar daripada pertumbuhan sehingga kerja mikroba terhambat dan bioetanol yang dihasilkan telah teroksidasi menjadi asam karboksilat (Ariyani,

E., 2012). Hal ini diduga adanya faktor lain yang juga berpengaruh terhadap jumlah etanol yang dihasilkan dalam fermentasi adalah ketersediaan oksigen. Berdasarkan kurva pada Gambar 4.5 fase logaritmik berlangsung dengan cepat yang ditandai dengan peningkatan jumlah etanol yang diikuti dengan penurunan jumlah etanol yang tidak teratur. Hal ini diduga disebabkan oleh ketersediaan oksigen untuk mikroba yang belum mencukupi karena ketiadaan oksigen menyebabkan jumlah sel khamir menjadi terbatas sehingga kemampuan mikroba untuk melakukan pertumbuhan menjadi kurang maksimal. Faktor lain yang menyebabkan kadar etanol yang dihasilkan tidak maksimal diduga karena terganggunya kondisi pH pada media fermentasi proses terjadinya penurunan pH diakibatkan terbentuknya metabolit-metabolit selama proses fermentasi berlangsung. Selama proses fermentasi terjadi pembentukan asam seperti asam asetat, asam piruvat dan asam laktat yang dapat menurunkan pH cairan. Terbentuknya asam-asam ini akibat adanya oksigen (Fardiaz, S., 1989).

Pada gambar 4.5 hasil analisa menunjukkan semakin besar konsentrasi nutrisi urea yang diberikan pada media fermentasi maka kadar etanol akan semakin tinggi. Kadar etanol terendah berada pada konsentrasi urea 1 % dan kadar etanol tertinggi pada konsentrasi urea 1,5 %. Menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi nutrisi yang ditambahkan, maka semakin besar pula konsentrasi etanol yang dihasilkan, karena semakin tercukupi pula nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme. Namun, menurut Bartley (1976), jika urea dikonsumsi dalam jumlah yang besar dan dalam waktu yang singkat akan membentuk $\text{NH}_3\text{-N}$ yang bersifat racun dan dapat menghambat pertumbuhan suatu organisme. Hasil ini berbeda dengan penelitian oleh Hermawan, D.R. (2000), bahwa penambahan urea sampai 0,8 g/L mampu meningkatkan produksi sel *Saccharomyces cerevisiae*.

KESIMPULAN

Penambahan nutrisi ammonium sulfat 0,5 % ; 1 % dan 1,5 % (b/v) masing-masing konsentrasi menghasilkan kadar etanol dengan kuantitas yang tertinggi yaitu sebesar 7,799 %; 5,195 % dan 3,121 % sedangkan penambahan nutrisi pada urea 0,5 %, 1 % dan 1,5 % (b/v) masing-masing konsentrasi menghasilkan kadar etanol kuantitas yang tertinggi yaitu sebesar 21,409 %, 16,809 % dan 22,439 %.

Waktu fermentasi optimum untuk menghasilkan etanol dengan kuantitas tertinggi

adalah 7 hari dengan kadar etanol sebesar 7,799 % pada penambahan ammonium sulfat 0,5 % sedangkan pada penambahan nutrisi urea 1,5 % dengan waktu fermentasi 5 hari dihasilkan kadar etanol sebesar 22,439 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Laboratorium Biokimia dan Organik Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman Samarinda, Beasiswa Gerbang Raja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aryani, E. 2012. *Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi*. Semarang : FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- [2] Badan Pusat Statistik. 2006. *Statistik Pendidikan 2006*. Jakarta: Pusat Statistik.
- [3] Fardiaz, S. 1987. *Mikrobiologi Pangan I*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- [4] Judoamidjojo, R.M. Sa'id, E.G dan Hartoto, L. 1989. *Biokonversi*. Bogor: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Dirjen Dikti, Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- [5] Munadjim. 1983. *Teknologi pengolahan pisang* . Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.
- [6] Murtadho, D dan Sa'id, E. G. 1988. *Penanganan Pemanfaatan Limbah Padat*. Jakarta: Sarana Perkasan.
- [7] Schlegel, H. G. 1994. *Mikrobiologi Umum, 202, Edisi ke-6*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.