

**PENGARUH KONSENTRASI GULA REDUKSI SARI HATI NANAS dan
INOKULUM *Saccharomyces cerevisiae* PADA FERMENTASI ETANOL**

Wignyanto^{*}, Suharjono^{**}, dan Novita^{***}

Abstrak

Penelitian bertujuan untuk mengetahui potensi limbah hati nanas sebagai bahan baku dalam proses fermentasi etanol dengan inokulum *Saccharomyces cerevisiae*. Proses fermentasi etanol dilakukan selama 4 hari. Pengamatan dilakukan setiap 24 jam. Parameter yang diamati meliputi suhu, pH, konsentrasi etanol, konsentrasi gula reduksi dan jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae*.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan 3 faktor dengan ulangan sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah konsentrasi gula reduksi awal sari hati nanas yang terdiri atas 4 level yaitu 8%, 10%, 12% dan 14% (v/v). Faktor kedua adalah konsentrasi inokulum yang terdiri atas 3 level yaitu 6%, 8% dan 10% (v/v). Faktor ketiga adalah lama fermentasi yang terdiri atas 4 level yaitu hari ke-1,2,3 dan 4. Data dianalisis dengan menggunakan analisis ragam dan perlakuan yang berbeda nyata diuji lanjut dengan uji BNJ ($\alpha= 5\%$). Bentuk hubungan antar variabel diketahui dengan analisis regresi berganda.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi gula reduksi awal dan lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap konsentrasi etanol sedangkan konsentrasi inokulum tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi etanol. Konsentrasi gula reduksi awal 10% dan lama fermentasi 4 hari menghasilkan etanol dengan konsentrasi tertinggi sebesar 30,30% sedangkan konsentrasi gula reduksi awal 14% dan lama fermentasi 4 hari menghasilkan etanol dengan konsentrasi terendah yaitu sebesar 20,6%. Hasil analisis regresi berganda menunjukkan bahwa konsentrasi gula reduksi, jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae*, dan konsentrasi etanol di dalam media saling mempengaruhi. Peningkatan jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* diikuti dengan penurunan konsentrasi gula reduksi dan peningkatan konsentrasi etanol di dalam media. Keasaman dan suhu media cenderung meningkat selama fermentasi.

Kata kunci : Hati nanas, etanol

**THE EFFECT OF REDUCTION SUGAR OF HEART PINEAPPLE EXTRACT AND
Saccharomyces cerevisiae INNOCULANT ON ETANOL FERMENTATION**

Abstract

The experiment was aimed at studying waste of heart pineapple as a source of etanol. Through fermentation process by *Saccharomyces cerevisiae* innoculant. The period of etanol fermentation process is 4 days and observation did on every 24 hours. The variable observed ware; temperature, pH, etanol concentration, reduction sugar concentration and the amount of *Saccharomyces cerevisiae* cell.

Randomized block design with three replicated employed in this experiment. Treatment carried out were 1) initial concentration of reduction sugar of heart pineapple extract, 2) culture

* Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

** Staf Pengajar Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya

*** Alumni Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya

Gula Reduksi Sari Hati Nanas (Wignyanto)

concentration and 3) fermentation period. Data analyzed with analysis variance BNJ test and regression analysis.

This result showed interaction between initial concentration of reduction sugar and fermentation period. Have significantly effect to ethanol concentration, but culture concentration did not. The highest result is 30,30% ethanol concentration from treatment, 10% initial concentration reduction sugar and 4 days fermentation period and the lowest is 20,6% from treatment 14% initial concentration reduction sugar and 4 days fermentation period. Regression analysis showed reduction sugar concentration, the amount of *Saccharomyces cerevisiae* and ethanol concentration on media is interaction. Increasing the amount of *Saccharomyces cerevisiae* followed by decreasing reduction sugar concentration and increasing ethanol concentration on media. Acidity and temperature of medium tend to increase as long as fermentation period.

Key word : Heart pineapple, ethanol

PENDAHULUAN

Keberadaan tanaman nanas hampir merata di seluruh Indonesia. Daerah - daerah di Indonesia yang dikenal sebagai daerah penghasil nanas adalah Sumatera (Palembang), Jawa Timur (Blitar, Kediri dan Tulungagung) dan Jawa Barat (Bogor). Buah nanas (*Ananas comosus* L.) dapat dipanen sepanjang tahun sehingga produksi nanas di Indonesia cukup banyak.

Total produksi nanas di Indonesia pada tahun 1995 adalah 1.177.647 kuintal (Anonymous, 1996) dan pada tahun 1996 total produksinya adalah 724.658 kuintal (Anonymous, 1997). Dibandingkan dengan buah-buahan yang lain, buah nanas mempunyai harga yang relatif murah serta mudah didapatkan di pasaran.

Bagian yang dapat dimakan dari nanas adalah 45%. Sisanya yaitu sebanyak 55% merupakan limbah kulit dan hati nanas. Angka tersebut merupakan jumlah yang cukup banyak, sehingga perlu diusahakan agar nilai ekonomisnya dapat ditingkatkan sekaligus dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan olehnya.

Bahan ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembuatan etanol secara fermentasi (Mahmud, dkk.,1990). Menurut Said (1987) etanol merupakan bahan baku pembuatan senyawa organik seperti asam asetat. Etanol juga berfungsi sebagai pelarut dalam pembuatan pernis, pelarut bahan organik seperti minyak

wangi, iodium tinctur, kamper, spiritus, dan brand spiritus. Di laboratorium, etanol digunakan untuk melarutkan senyawa-senyawa yang bersifat polar.

Guna memanfaatkan limbah nanas tersebut maka perlu dilakukan penelitian mengenai fermentasi etanol dengan menggunakan limbah hati nanas. Dua di antara beberapa faktor utama yang menentukan keberhasilan fermentasi adalah konsentrasi gula reduksi dan jumlah inokulum. Sehingga dapat diketahui konsentrasi gula reduksi dan inokulum optimalnya.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah hati nanas varitas Bali, akuades, biakan murni *Saccharomyces cerevisiae* dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Brawijaya, medium Malt Extract Agar, buffer 4 dan 7, HCl₂N, NaOH 2 M, ((NH₄)H₂PO₄), kapas, kertas saring, kain kassa, reagen Nelson A dan Nelson B, reagen Arsenomolibdat, etanol 70%, dan glukosa anhidrat.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, panci, *autoclave*, *waterbath*, labu ukur 100 mL, Erlenmeyer 50 mL, pipet volum, pipet tetes, gelas Beaker 600 mL, gelas ukur 100 mL, tabung reaksi, penyaring vakum, batang pengaduk, botol, pH meter, alkoholmeter, termometer digital, *Haemocytometer*, *hand counter*, kuvet, spektrofotometer UV-Vis, *shaker waterbath*,

pengaduk vorteks, pembakar Bunsen, oose, corong, mikroskop, inkubator, penangas air, *sentrifuge*, gelas obyek dan gelas penutup.

PROSEDUR PENELITIAN

Pembuatan medium fermentasi

Disiapkan buah nanas yang baik, masak, dan beratnya hampir sama. Bagian hati dipotong kecil-kecil, ditimbang sesuai keperluan, ditambah akuades, dan direbus. Perbandingan hati nanas dan akuades adalah 1 : 2.

Setelah direbus sari hati nanas disaring dan diencerkan dengan akuades sampai konsentrasi gula reduksinya mencapai 8%, 10%, 12% dan 14% (v/v). Keasaman medium diatur pada 4,5. Jika pH media terlalu basa maka ditambahkan HCl dan sebaliknya jika pH media terlalu asam maka ditambahkan NaOH sampai pH yang dikehendaki tercapai. Ditambahkan pula 1,25 g/L Amonium Dihidrogen Fosfat ((NH₄)H₂PO₄). Medium dipasteurisasi dengan suhu 67°C selama 30 menit. Media ini digunakan untuk pembuatan kurva pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*, untuk starter selanjutnya digunakan untuk fermentasi.

Pembuatan kurva pertumbuhan

Saccharomyces cerevisiae

Sebanyak 2 oose *Saccharomyces cerevisiae* dari biakan agar miring Malt Extract Agar yang telah berumur 24 jam diinokulasikan ke dalam masing-masing medium dengan volume 50 ml.

Media dikocok dengan *shaker waterbath* dengan kecepatan agitasi 15 rpm. Medium diinkubasi pada suhu kamar ($\pm 28^{\circ}\text{C}$).

Jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* di dalam setiap medium dihitung setiap 4 jam sekali dengan menggunakan *Haemocytometer* sampai pertumbuhan sel mencapai fase stasioner.

Pembuatan starter

Sebanyak 2 oose *Saccharomyces cerevisiae* dari biakan agar miring Malt Extract Agar yang telah berumur 24 jam diinokulasikan ke dalam masing-masing medium dengan volume 50 ml.

Media diinkubasi pada suhu kamar dalam *shaker waterbath* dengan kecepatan agitasi 15 rpm sampai pertumbuhan sel mencapai fase logaritma.

Proses fermentasi etanol

Starter sebanyak 6%, 8% dan 10% (v/v) dimasukkan ke dalam medium fermentasi dengan konsentrasi gula reduksi sari hati nanas 8% (v/v). Dilakukan hal yang sama untuk media dengan konsentrasi gula reduksi 10%, 12% dan 14% (v/v).

Semua medium fermentasi diinkubasi selama 4 hari pada suhu kamar. Setiap 24 jam dilakukan penghitungan jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae*, pengukuran konsentrasi etanol, konsentrasi gula reduksi, pH dan suhu medium.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok yang disusun secara faktorial dengan 3 faktor dan ulangan sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah konsentrasi gula reduksi awal sari hati nanas yang terdiri atas 4 level yaitu 8%, 10%, 12% dan 14% (v/v). Faktor kedua adalah konsentrasi inokulum yang terdiri atas 3 level yaitu 6%, 8% dan 10% (v/v). Faktor ketiga adalah lama fermentasi yang terdiri atas 4 level yaitu hari ke- 1, 2, 3, dan 4.

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis ragam dan jika ada beda nyata dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan faktor kesalahan 5%. Untuk mengetahui bentuk hubungan antar variabel digunakan analisis regresi berganda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Etanol

Hasil analisis ragam dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa konsentrasi gula reduksi, lama fermentasi dan interaksi kedua faktor tersebut memberikan pengaruh yang nyata terhadap konsentrasi etanol, sedangkan konsentrasi inokulum tidak memberikan pengaruh yang nyata. Konsentrasi rata-rata etanol hasil fermentasi sari hati nanas dengan inokulum khamir yaitu interaksi antara

Gula Reduksi Sari Hati Nanas
(Wignyanto)

gula reduksi dan lama fermentasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1.
Nilai Konsentrasi Etanol Rata - Rata Hasil Fermentasi Sari Hati Nanas

Gula	Konsentrasi etanol (%) pada hari ke-				
	0	1	2	3	4
8%	0 a	23,1 bcdef	27,5 defg	26,8 cdefg	28,3 efg
10%	0 a	21,2 bc	24,7 bcdefg	29,1 fg	30,3 g
12%	0 a	22,3 bcde	25,4 bcdefg	24,6 bcdefg	25,9 bcdefg
14%	0 a	22,6 bcde	22,1 bcd	21,8 bcd	20,6 b

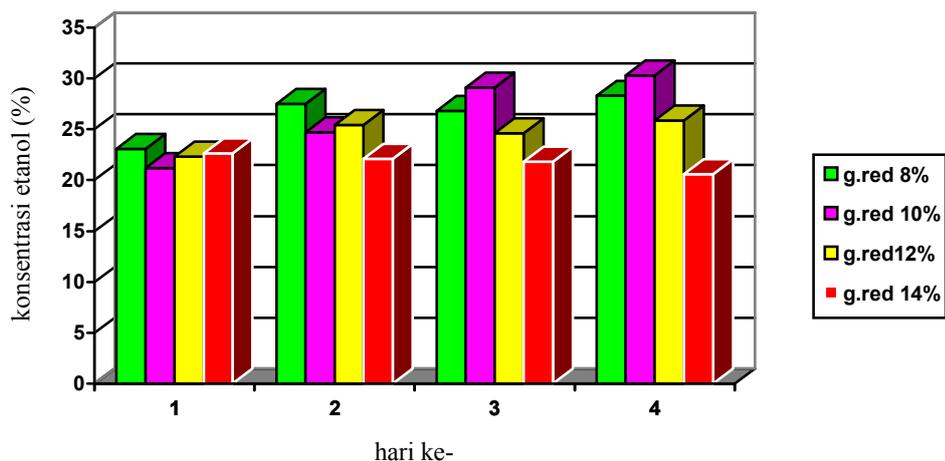
Keterangan :

- angka yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan bahwa rata - rata tersebut berbeda nyata pada uji BNJ dengan tingkat kepercayaan 95%.
- konsentrasi etanol pada hari ke-0 tidak diukur.

Dari Tabel 1 dan Gambar 1 tampak bahwa konsentrasi gula reduksi 10% dan lama fermentasi 4 hari menghasilkan konsentrasi etanol tertinggi yaitu sebesar 30,3% sedangkan konsentrasi gula reduksi 14% dan lama

fermentasi 4 hari menghasilkan konsentrasi etanol terendah yaitu sebesar 20,6 %.

Gambar 1 juga menunjukkan bahwa konsentrasi etanol yang dihasilkan di medium dengan konsentrasi gula reduksi awal 10% lebih tinggi daripada konsentrasi etanol yang dihasilkan di media dengan konsentrasi gula reduksi awal 8%, 12% dan 14%. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi gula reduksi awal yang paling sesuai bagi *Saccharomyces cerevisiae* di antara keempat konsentrasi tersebut adalah 10% sedangkan konsentrasi gula reduksi 12% dan 14% terlalu pekat atau terlalu tinggi bagi *Saccharomyces cerevisiae* sehingga aktivitas sel *Saccharomyces cerevisiae* terhambat. Menurut Judoamidjoyo, dkk (1990) jika konsentrasi gula terlalu tinggi atau jika konsentrasi media terlalu pekat berakibat mengganggu metabolisme sehingga menghambat pembelahan sel selanjutnya berpengaruh terhadap etanol yang dihasilkan. Sebagian gula reduksi yang tidak terkonversi, juga disebabkan konsentrasi gula di luar sel yang terlalu tinggi menyebabkan perbedaan konsentrasi dan tekanan osmosa yang besar antara lingkungan dan cairan sel khamir sehingga terjadi peristiwa plasmolisis.



Gambar 1. Histogram Rata-rata Konsentrasi Etanol Selama Fermentasi Sari Hati Nanas

Konsentrasi gula reduksi awal 12% dan 14% hampir tidak bertambah dari hari ke hari dan cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas sel *Saccharomyces cerevisiae* memfermentasi glukosa di media dengan konsentrasi gula reduksi awal 12% dan 14% terhambat. Konsentrasi etanol di dalam medium dengan konsentrasi gula reduksi awal 8% cukup tinggi namun cenderung menurun mulai hari ketiga. Hal ini disebabkan medium dengan konsentrasi gula reduksi awal 8% bersifat hipotonis bagi *Saccharomyces cerevisiae cerevisiae* sehingga aktivitas fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* terhambat. Jika suatu mikroba ditempatkan di larutan yang bersifat hipotonis maka sel-sel mikroba akan mengalami lisis.

Konsentrasi Sisa Gula Reduksi

Hasil analisis ragam terhadap konsentrasi sisa gula reduksi di dalam media menunjukkan bahwa interaksi lama fermentasi dan konsentrasi gula reduksi awal berpengaruh nyata terhadap konsentrasi sisa gula reduksi pada akhir fermentasi sedangkan konsentrasi inokulum awal tidak berpengaruh nyata Rata - rata konsentrasi sisa gula reduksi yang merupakan interaksi antara lama fermentasi dan konsentrasi gula reduksi awal dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Adanya variasi konsentrasi gula reduksi sisa pada akhir fermentasi kemungkinan disebabkan adanya variasi konsentrasi gula reduksi awal. Aktivitas kelompok enzim invertase selama fermentasi yang memecah disakarida menjadi gula-gula sederhana juga menyebabkan variasi konsentrasi sisa gula reduksi.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada hari terakhir fermentasi yaitu pada hari keempat gula reduksi yang tersisa paling sedikit terdapat pada medium fermentasi dengan konsentrasi gula reduksi awal 10% yaitu 0,59% sedangkan gula reduksi tersisa paling banyak terdapat pada medium fermentasi dengan konsentrasi gula reduksi awal 14% yaitu 2,32%. Gambar 2 juga menunjukkan bahwa pemakaian gula reduksi paling efektif dan cepat terjadi pada medium dengan konsentrasi gula reduksi 10%. Data ini menunjukkan bahwa medium dengan konsentrasi gula reduksi awal 10% merupakan media yang paling sesuai bagi *Saccharomyces cerevisiae*, sedangkan aktivitas sel *Saccharomyces cerevisiae* di medium dengan kadar atau konsentrasi gula reduksi awal 14% terhambat sehingga sampai hari terakhir fermentasi gula yang tidak digunakan cukup banyak. Hal ini berpengaruh terhadap kadar atau konsentrasi etanol yang dihasilkan. Makin banyak gula reduksi yang dimanfaatkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* maka makin tinggi pula konsentrasi etanol yang dapat dihasilkan dan sebaliknya makin sedikit gula reduksi yang dimanfaatkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* maka makin rendah pula konsentrasi etanol yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pendapat Winarti (1996) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi substrat atau gula reduksi yang dapat dipecah oleh sel khamir menjadi etanol maka semakin tinggi pula konsentrasi etanol yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan data pada Tabel 1.

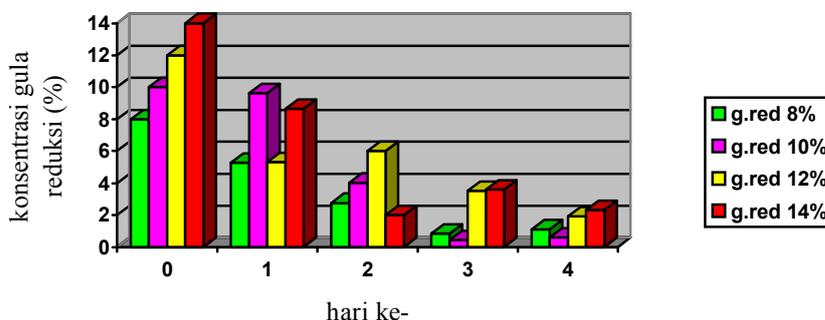
Tabel 2.
Nilai Rata - Rata Konsentrasi Sisa Gula Reduksi Selama Fermentasi

Gula	Konsentrasi gula reduksi pada hari ke -				
	0	1	2	3	4
8%	8,0 defgh	5,26 bcdefg	2,76 abcde	0,84 abc	1,12 abc
10%	10,0 fgh	9,61 fgh	4,01 abcdef	0,44 a	0,59 a
12%	12,0 gh	5,3 bcdefg	6,02 cdefgh	3,52 abcdef	1,94 abc
14%	14,0 h	8,65 efgh	1,99 abc	3,6 abcdef	2,32 abcd

Keterangan :

Angka yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan bahwa rata - rata tersebut berbeda nyata pada uji BNJ dengan tingkat kepercayaan 95%.

Gula Reduksi Sari Hati Nanas
(Wignyanto)



Gambar 2. Histogram Rata-rata Konsentrasi Gula Reduksi Selama Fermentasi Sari Hati Nanas

Jumlah Sel *Saccharomyces cerevisiae*

Analisis ragam dengan tingkat kepercayaan 95% terhadap jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* selama fermentasi menunjukkan jumlah sel khamir tidak berbeda nyata di semua media. Jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* hanya berbeda nyata berdasarkan lama atau waktu fermentasi. Jumlah rata-rata *Saccharomyces cerevisiae* rata-rata selama fermentasi dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3.

Jumlah Sel *S. cerevisiae* Rata - Rata Selama Fermentasi Sari Hati Nanas

Hari ke -	Jumlah sel/mL
0	8,8 x 10 ⁸ a
1	9,42 x 10 ⁸ b
2	9,46 x 10 ⁸ bc
3	9,50 x 10 ⁸ c
4	9,48 x 10 ⁸ bc

Keterangan : angka yang didampingi huruf yang berbeda menunjukkan bahwa rata - rata tersebut berbeda nyata menurut uji BNJ dengan tingkat kepercayaan 95%

Tabel 3 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae*

meningkat sejak diinokulasikan sampai hari ke-2 dan mulai turun setelah hari ke-3. Hal ini disebabkan karena pada awal fermentasi, gula reduksi di dalam media masih banyak sehingga proses pembelahan dan aktivitas fermentasi sel *Saccharomyces cerevisiae* berjalan dengan baik dan etanol yang dihasilkan juga banyak sedangkan pada hari ke-3, gula reduksi di dalam media sudah hampir habis sehingga proses pembelahan dan aktivitas fermentasi sel *Saccharomyces cerevisiae* terhambat yang akibatnya etanol yang dihasilkan sedikit. Selain itu penimbunan etanol berkonsentrasi tinggi hasil metabolisme *Saccharomyces cerevisiae* menghambat pertumbuhan dan menyebabkan kematian sel *Saccharomyces cerevisiae*.

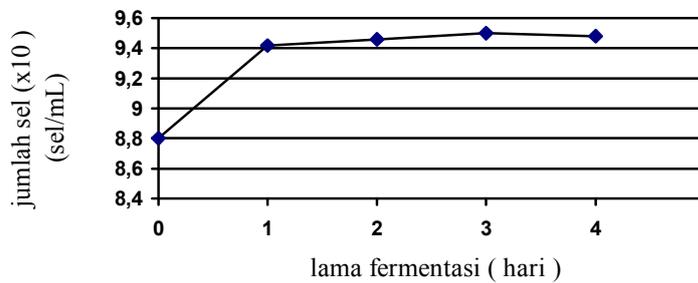
Hubungan antara Jumlah Sel *Saccharomyces cerevisiae* dengan Konsentrasi Gula Reduksi Media dan Konsentrasi Etanol

Hasil analisis regresi berganda menunjukkan bahwa jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae*, konsentrasi gula reduksi dan konsentrasi etanol dalam media saling mempengaruhi. Dari persamaan regresi berganda tersebut dapat dilihat bahwa peningkatan jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* diikuti dengan penurunan konsentrasi gula reduksi dan peningkatan konsentrasi etanol.

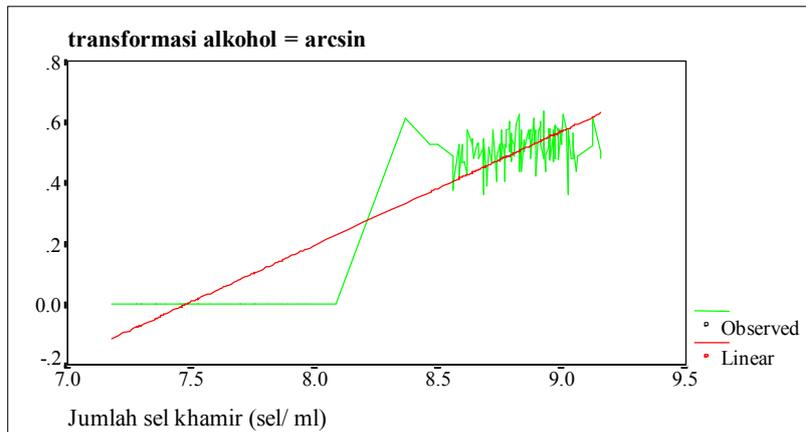
Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* terus meningkat diikuti dengan penurunan

konsentrasi gula reduksi. Peningkatan jumlah sel *Sacchromyces cerevisiae* dan penurunan konsentrasi gula reduksi ini diikuti dengan peningkatan konsentrasi etanol (Gambar 5 dan 6). Hal ini menunjukkan bahwa gula reduksi merupakan faktor penting bagi sel *Saccharomyces cerevisiae* sebagai sumber

energi untuk melakukan metabolisme yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap konsentrasi etanol yang dihasilkan. Makin banyak gula reduksi yang dapat dimanfaatkan oleh sel *Saccharomyces cerevisiae* makin tinggi pula konsentrasi etanol yang dihasilkan oleh sel *Saccharomyces cerevisiae*.

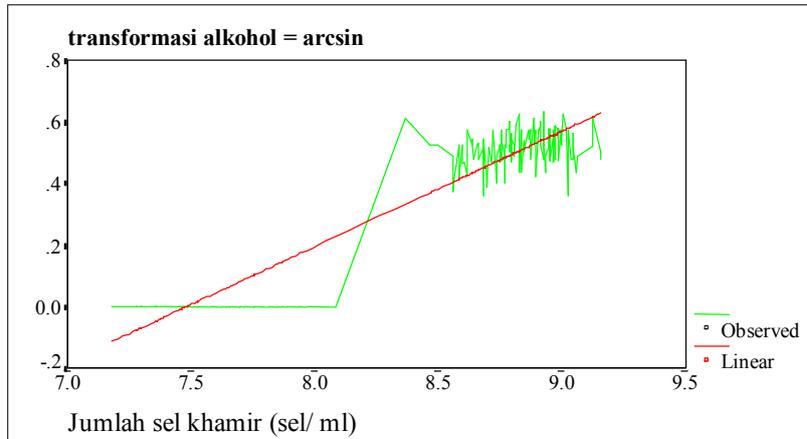


Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Lama Fermentasi dengan Jumlah Sel *Saccharomyces cerevisiae*

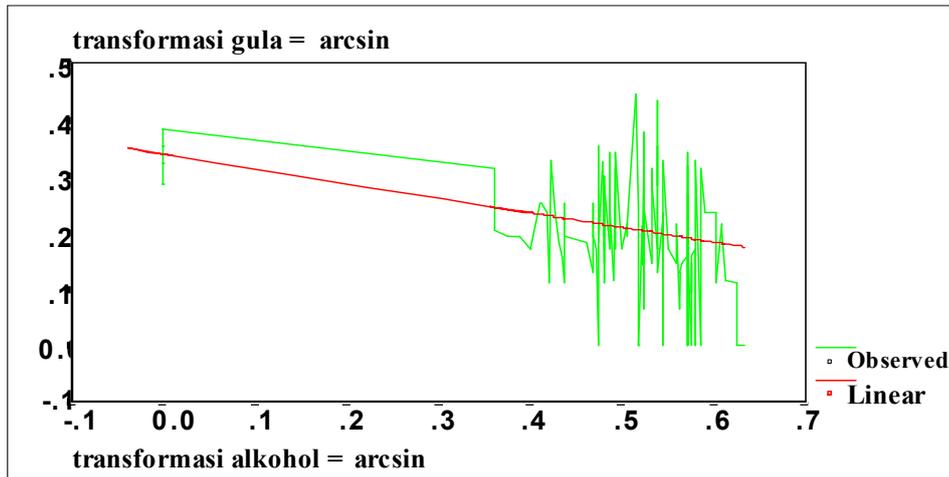


Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Jumlah Sel *Saccharomyces cerevisiae* dan Konsentrasi Gula Reduksi

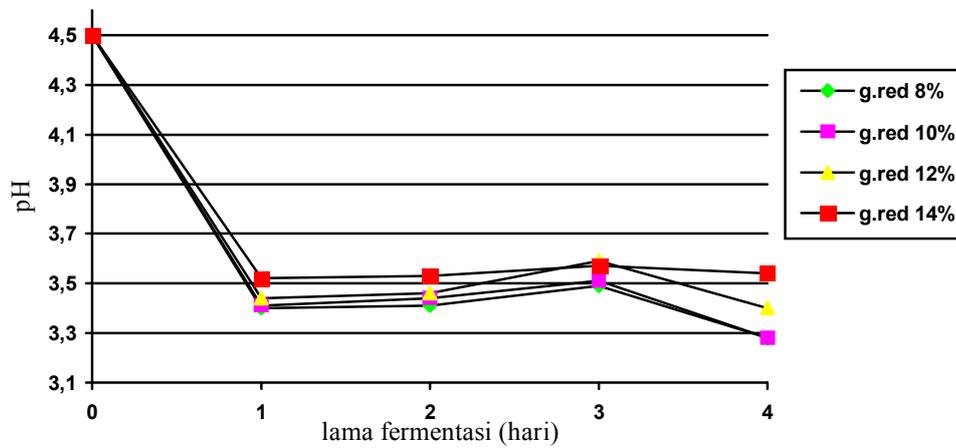
Gula Reduksi Sari Hati Nanas
(Wignyanto)



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Jumlah Sel *S. cerevisiae* dengan Konsentrasi Etanol



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Gula Reduksi Sisa dengan Konsentrasi Etanol



Gambar 7. Perubahan pH Media Selama Fermentasi

Besarnya konsentrasi etanol yang akan didapatkan dari proses fermentasi tidak dapat ditentukan hanya berdasarkan konsentrasi gula reduksi awal karena proses fermentasi dipengaruhi oleh banyak faktor. Menurut Sutiari *dalam* Sugiharto (1991) faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi adalah kultur inokulum yang digunakan, lama fermentasi, suhu, pH medium, jumlah makro dan mikro nutrien yang ada dalam media fermentasi, konsentrasi media fermentasi, gula reduksi dan sebagainya. Konsentrasi etanol yang didapatkan pada penelitian ini cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena dalam proses fermentasi terjadi proses pemecahan disakarida dan hidrolisa polisakarida menjadi monosakarida atau gula-gula reduksi yang dapat dimanfaatkan oleh sel *Saccharomyces cerevisiae* untuk aktivitas kehidupannya. Selama fermentasi terjadi penurunan konsentrasi gula reduksi karena dipakai oleh sel *Saccharomyces cerevisiae*. Dalam rangka mempertahankan hidupnya sel *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan enzim tertentu yaitu kelompok enzim invertase yang berfungsi untuk memecah disakarida menjadi glukosa atau gula reduksi sehingga kadar gula reduksi di dalam media fermentasi bertambah. Peningkatan kadar gula reduksi ini menyebabkan peningkatan konsentrasi etanol.

Perubahan pH pada Medium Selama Fermentasi

Keasaman atau pH medium merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan pembentukan produk dalam proses fermentasi karena setiap mikroorganisme mempunyai kisaran pH optimal. Dalam penelitian ini keasaman atau pH awal media diatur menjadi 4,5 karena menurut Fardiaz (1992) pH optimal khamir adalah 4,0-4,5. Namun dalam proses fermentasi terjadi penurunan pH karena di dalam proses fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* selain menghasilkan etanol juga menghasilkan CO₂ dan asam - asam organik. Amerine *dalam* Sugiaro (1991) menyatakan bahwa perubahan pH dalam fermentasi disebabkan karena dalam aktivitasnya sel khamir selain menghasilkan

etanol sebagai metabolit primer juga menghasilkan asam-asam organik seperti asam malat, asam tartarat, asam sitrat, asam laktat, asam asetat, asam butirat dan asam propionat sebagai hasil sampingan. Asam-asam ini menurunkan pH medium. Perubahan pH media selama 4 hari fermentasi dapat dilihat pada Gambar 7.

Perubahan Suhu Media Selama Fermentasi

Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam proses fermentasi. Menurut Joslyn dan Turbovsky *dalam* Panji (1989) suhu optimum untuk kebanyakan varitas khamir anggur adalah sekitar 26 - 29 °C. Pada suhu lebih dari 29°C aktivitas khamir menurun dan berhenti pada suhu sekitar 37 °C. Menurut Frazier dan Westhoff *dalam* Panji (1989) suhu optimum untuk pertumbuhan khamir pada proses fermentasi antara 25 - 30 °C sedangkan menurut Panji (1989) suhu yang baik untuk fermentasi adalah kurang dari 30°C. Di dalam proses fermentasi terjadi proses perubahan glukosa menjadi etanol dan CO₂. Reaksi terjadi secara eksoterm sehingga semakin lama suhu media fermentasi semakin tinggi seiring dengan meningkatnya aktivitas khamir memfermentasi glukosa (Reed dan Nagodawithana, 1991).

Suhu media terus meningkat sampai hari ke-3 dan mulai menurun pada hari ke-4. Menurut Rahayu dan Rahayu (1988) kenaikan suhu ini berpengaruh baik terhadap proses fermentasi karena aktivitas khamir memfermentasi substrat meningkat seiring dengan peningkatan suhu sampai batas tertentu. Kenaikan suhu sampai batas tertentu juga akan mempercepat laju reaksi karena semua reaksi enzimatik dipengaruhi suhu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Interaksi konsentrasi gula reduksi awal dan lama fermentasi berpengaruh nyata terhadap konsentrasi etanol, sedangkan konsentrasi inokulum awal tidak berpengaruh nyata.

Konsentrasi gula reduksi awal 10% dan lama fermentasi 4 hari menghasilkan konsentrasi etanol tertinggi yaitu sebesar

Gula Reduksi Sari Hati Nanas
(Wignyanto)

30,30% sedangkan konsentrasi gula reduksi awal 14% dan lama fermentasi 4 hari menghasilkan konsentrasi etanol terendah yaitu sebesar 20,60%.

Konsentrasi gula reduksi, jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* dan konsentrasi etanol di dalam medium saling mempengaruhi. Peningkatan jumlah sel *Saccharomyces cerevisiae* diikuti dengan penurunan konsentrasi gula reduksi di dalam medium dan peningkatan konsentrasi etanol.

Saran

Sebaiknya digunakan variasi konsentrasi inokulum *Saccharomyces cerevisiae* yang lain yang lebih berpengaruh terhadap konsentrasi etanol.

Untuk meningkatkan produktivitas etanol perlu diteliti juga penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* yang diamobilkan serta dioperasikan pada sistem kultur kontinu atau semi-kontinu.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous, , 1996, *Survey Pertanian Produksi Tanaman Buah-Buahan dan Sayuran di Indonesia*, Biro Pusat Statistik, Jakarta.

_____, 1997, *Survey Pertanian Produksi Tanaman Buah-Buahan dan Sayuran di Indonesia*, Biro Pusat Statistik, Jakarta.

Dwijoseputro, D., 1989, *Dasar - Dasar Mikrobiologi*, Djambatan, Jakarta.

Fardiaz., S., 1992, *Mikrobiologi Pangan*, Departemen P dan K, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB, Bogor.

Judoamidjoyo, Darwis, A.A., Said, E.G., 1990, *Teknologi Fermentasi*, PAU Bioteknologi Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Lyons, T.P., 1984, *Ethanol Production In Developed Countries*, Critical Reviews in Biotechnology, Vol. 1, Issue 3 : 189 - 206.

Mahmud, Mein, D.S., Rossi, R.A., Hermana, 1990, *Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia*, Direktorat Gizi, Depkes, RI.

Panji, C., 1989, *Industrial Mikrobial*, Dep. P dan K, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB, Bogor

Rahayu, E.S., dan Rahayu, K., 1988, *Teknologi Pengolahan Minuman Beretanol*, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Rahayu, K., dan Sudarmadji, S., 1988, *Proses-Proses Mikrobiologi Pangan*, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Gadjah Mada University Press , Yogyakarta.

Reed, G., and Nagodawithana, T.W., 1991, *Yeast Technology*, Second edition, Van Nostrand Reinhold, New York.

Said, E. G., 1987, *Bioindustri Penerapan Teknologi Fermentasi*, Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB bekerjasama dengan Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.

Sugiharto, P.E., 1991, *Analisis Kuantitatif Kadar Etanol Dari Bonggol Pisang oleh Saccharomyces cerevisiae*, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

Sutiari, 1983, *Produksi Alkohol dari Daging dan Kulit Pisang*, Universitas Brawijaya, Malang

Winarti, S., 1996, *Pengaruh Lama Fermentasi dan Kadar Substrat Terhadap Produksi Etanol Pada Fermentasi Onggok oleh Saccharomyces cerevisiae*, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.