

**PENGARUH KONSENTRASI KAPANG DAN LAJU ALIR VOLUMETRIK UDARA
TERHADAP PROSES FERMENTASI ASAM SITRAT DARI LIMBAH PADAT BUAH NANAS**

Widayat^{*)}, Abdullah^{*)}, D Soetrisnanto^{*)} dan M Hadi^{**)}

Astrak

Buah nanas mengandung karbohidrat kira-kira 13% yang terdiri dari; glukosa 1-3,2%, fruktosa 0,6-2,3% dan sukrosa 5,9-12%. Buah nanas dan limbah berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan asam sitrat dengan proses fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh konsentrasi jamur dan laju alir udara terhadap proses fermentasi asam sitrat. Proses pembuatan asam sitrat yang meliputi tahapan persiapan alat, persiapan kultur *Aspergillus niger*, persiapan media, proses fermentasi dan analisa hasil. Produk dianalisa konsentrasi asam sitrat, asam oksalat, asam malat dan asam suksinat dengan HPLC. Variabel tetap pada penelitian ini adalah tekanan, temperatur, konsentrasi jus kulit buah nana, pH awal 4, dan nutrien N, P dan K. Variabel berubah yang dipelajari adalah laju alir udara (skala 2, skala 4, skala 6) dan konsentrasi kapang/spora *Asergillus niger* (1×10^7 spora, 2×10^7 spora). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju alir udara akan meningkatkan produktifitas asam sitrat maupun asam oksalat dan asam malat dan konsentrasi spora juga akan meningkatkan produktifitas asam sitrat. Untuk laju alir udara volumetrik disarankan pada skala 42,4 cc/detik.

Kata kunci : konsentrasi kapang *Aspergillus niger*, konsentasi asam sitrat, konsentrasi asam oksalat dan malat, laju aerasi..

Pendahuluan

Nanas (*Ananas comosus*, L. Mer) merupakan buah tropis yang banyak di produksi hampir di seluruh pelosok nusantara dan mempunyai prospek yang cukup cerah. Tanaman nanas banyak ditanam di Indonesia, terutama di Pulau Jawa dan Sumatera. Untuk pasar luar negeri pun Indonesia merupakan negara penghasil dan pengeksport nanas terbesar ke-4 dari kawasan ASEAN setelah Thailand, Filipina, dan Malaysia. Iklim yang mendukung dan minat masyarakat yang tinggi dalam pembudidayaan nanas telah mengakibatkan produksi buah nanas setiap tahunnya pasti meningkat. Produk buah nanas yang diproduksi sekarang sudah dapat dikatakan surplus jika hanya dikonsumsi sebagai buah segar. Hal ini terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Luas panen, produksi dan produktivitas nanas di Indonesia pada tahun 1986-1990 (Anonim, 1991)

Tahun	Luas panen (hektar)	Produksi (ton)	Produktivitas /hektar (ton)
1986	194.874	809.242	4.15
1987	44.348	347.827	7.84
1988	49.374	357.675	7.24
1989	32.765	215.414	6.57
1990	49.028	390.340	7.96

banyak menghasilkan limbah padat buah nanas yang berupa kulit, mahkota dan bonggol nanas. Prosentase limbah padat buah nanas ini mencapai 40 - 50 % dari berat total. (Viswanath, 1992). Dari data diatas dengan produksi 300 ribu ton per tahun akan diperoleh limbah nanas padat sekitar 150 ribu ton per tahun. Pemanfaatan limbah nanas saat ini masih jarang dilakukan. Biasanya limbah nanas diolah menjadi pakan ternak, bahan kertas dan dari batang nanas dapat diambil tepungnya. Limbah cair nanas mengandung gula seperti sukrosa, glukosa dan fruktosa dan sedikit nitrogen dan protein terlarut. Selain itu juga mengandung unsur-unsur seperti Fe, Cu, Mn dan Mg yang dapat membantu pertumbuhan jamur (Sasaki dkk., 1991, Krueger, dkk, 1992).

Nanas saat ini banyak dimanfaatkan oleh industri dalam bentuk produk sari buah, selai, nata de phina, jelly, manisan. Industri ini

^{*)} Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang
^{**)}: Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Diponegoro

K UDARA

BUAH NANAS

osa 1-3,2%,
bagai bahan
ni bertujuan
adap proses
rsiapan alat,
malisa hasil.
sam suksinat
, konsentrasi
ng dipelajari
ra *Aspergillus*
ju alir udara
m malat dan
ju alir udara

konsentrasi

Produktivitas (ton)	Produktivitas /hektar (ton)
242	4.15
827	7.84
675	7.24
414	6.57
340	7.96

ah padat buah nanas
a dan bonggol nanas.
t buah nanas ini
o dari berat total.
data diatas dengan
tahun akan diperoleh
tar 150 ribu ton per
h nanas saat ini masih
a limbah nanas diolah
ahan kertas dan dari
bil tepungnya. Limbah
gula seperti sukrosa,
a sedikit nitrogen dan
itu juga mengandung
Cu, Mn dan Mg yang
ubuhan jamur (Sasaki
1992).

Limbah cair nanas dapat dimanfaatkan kembali dengan cara fermentasi untuk menghasilkan Protein Sel Tunggal (Sasaki dkk., 1991), dan asam laktat (Abdullah, 2002). Asam organik yang lain seperti asam sitrat dapat juga dibuat dengan bahan baku limbah nanas secara fermentasi. Asam sitrat juga telah diproduksikan dari limbah buah-buahan (Kumar, dkk 2003) dan juga dari ampas tebu (Kumar, dkk 2003).

Pembuatan asam sitrat secara kimia bisa dilakukan, namun saat ini telah ditemukan proses yang lebih efisien yaitu melalui fermentasi, menggunakan jamur. Sekitar 70% asam sitrat digunakan oleh industri makanan dan minuman sebagai pengasam minuman berkarbonasi, jamu dan selai, 12% untuk farmasi sebagai sumber zat besi (sebagai Fe-sitrat) dan 18% untuk industri kimia sebagai bahan pelunak dan anti buih. Dalam industri makanan asam sitrat digunakan sebagai pengasam karena sifatnya mudah larut, tidak beracun dan berbau sedap (Morison, 1988).

Pada penelitian ini digunakan bioreaktor bergelembung. Reaktor ini telah digunakan secara meluas. Keuntungan reaktor ini antara lain mempunyai karakter perpindahan massa dan panas yang sangat baik, biaya operasi dan perawatan yang diperlukan kecil, karena bagian yang bergerak sedikit dan lebih kompak. Selain itu, penambahan dan pengambilan mikroorganisme bisa dilakukan dengan mudah.

Variabel-variabel yang berpengaruh terhadap proses pembuatan asam sitrat antara lain kondisi medium, konsentrasi gula, pH, konsentrasi oksigen, nutrisi dan suhu. Pada fermentasi asam sitrat juga diperlukan adanya antifoam yang berfungsi untuk menghilangkan busa yang muncul. Jika tidak diatasi, pembentukan busa akan menyebabkan infeksi dengan membasahi filter udara keluar. Kehilangan volum yang sangat besar akan terjadi sebagai akibat perubahan pola agitasi pada fermentasi (Solomons, 1960).

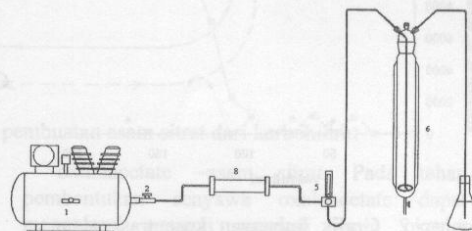
Kapang *Aspergillus niger* lebih banyak digunakan untuk proses fermentasi asam sitrat. Hal itu dikarenakan penanganannya mudah, bahan yang digunakan sebagai substrat murah, hasil yang diperoleh tinggi, dan ekonomis. Konsentrasi kapang /jamur (*Asp. niger*) sangat berpengaruh dalam proses fermentasi asam sitrat. Hal itu berkaitan dengan jumlah jamur

yang bermanfaat dalam proses pemecahan karbohidrat dan menghasilkan berbagai macam senyawa organik seperti asam piruvat, asam oksalat, asam sitrat, isositrat, dll.

Demikian juga dengan laju alir udara juga sangat penting dalam proses fermentasi asam sitrat dengan media cair. Laju alir udara aerasi sangat penting merupakan sumber udara untuk proses fermentasi aerobik. Proses fermentasi asam sitrat merupakan proses aerobik. Penghentian aerasi pada fermentasi asam sitrat akan menurunkan hasil asam sitrat dalam jumlah yang cukup besar, tetapi pertumbuhan sel atau produksi biomassa tidak terhambat. Selain itu, udara dibutuhkan untuk menekan pertumbuhan organisme anaerob. Yeast dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi aerob maupun anaerob. Oleh karena itu perlu diteliti pengaruh jumlah/konsentrasi kapang dan pengaruh laju aerasi terhadap proses pembuatan asam sitrat dengan proses fermentasi menggunakan kapang *Aspergillus niger*.

Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan adalah buangan padat buah nanas diperoleh dari pasar Banyumanik. Bahan kimia untuk analisis dan nutrisi diperoleh dari CV Jurus Maju. Peralatan untuk fermentasi terdiri dari bioreaktor bergelembung (6), kompresor (1) yang dilengkapi dengan kerangan/kran (2) dan rotameter (5), membran (8) dan tabung untuk menangkap busa (7).



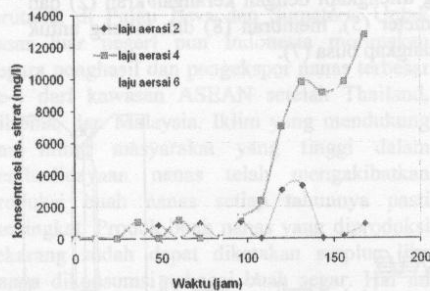
Gambar 1. Rangkaian Alat Utama Proses Fermentasi dengan sterilisasi secara fisik

Penelitian ini menggunakan variabel tetap tekanan 1 atm, Suhu 28 °C (suhu kamar), konsentrasi jus kulit buah nanas 50 % volum,

pH awal 4, nutrisi (Amonium dihidrogen fosfat 0,18 gr/L, Potasium dihidrogen fosfat 0,1 gr/L, Magnesium sulfat anhidrid 0,025 gr/L), waktu fermentasi 7 hari, antifoam 5 % Volum total. Variabel berubah yang dipelajari adalah Laju aerasi udara (skala 2, skala 4, skala 6) dan konsentrasi kapang/spora *Asp. niger* (1×10^7 spora, 2×10^7 spora).

Respon yang diamati adalah konsentrasi asam sitrat dan asam-asam lain yang dihasilkan selama fermentasi. Persiapan media yang akan difermentasi dengan mengatur pH awal 4, fermentasi dalam bioreaktor bergelembung selama 7 hari dimana tiap 12 jam sekali diambil 20ml sampel untuk dianalisa. Analisa produk utama/ asam sitrat dan produk samping seperti asam malat, asam suksinat, asam fumarat, asam oksalat dengan mesin *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) terdiri dari Liquid Chromatograph LC-10AD, Column Oven CTO-10A, UV-Vis Detector SPD-10A, Chromatopac C-R6A, kolom tipe AG120A 5 nm, ukuran 4.6 mm ϕ x 250 mm. Alat dioperasikan pada constant flow 1 ml/s, tekanan 86 psia, Column Oven dipertahankan pada suhu 30°C, UV-Vis Detector pada λ 210 nm. *Mobile phase* yang digunakan adalah larutan H₂SO₄ 0,005 M dan metanol 0,005 M dengan perbandingan 9 : 1.

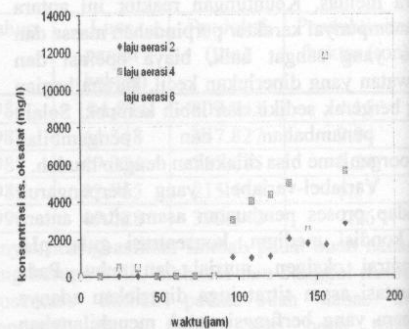
Hasil dan Pembahasan



Gambar 2. Grafik hubungan konsentrasi asam sitrat dengan waktu pada berbagai laju alir udara

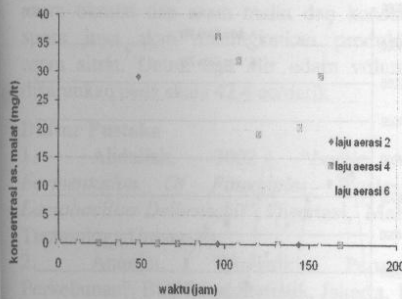
Hasil pengamatan dilakukan terhadap asam sitrat, asam oksalat dan asam malat. Hasilnya selanjutnya dibuat grafik seperti disajikan dalam Gambar 2 – 4 dan 6-8. Gambar

2 – 4 merupakan grafik pengaruh laju alir volumetrik udara terhadap produk asam sitrat dan asam oksalat dan asam malat. Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin besar laju alir produk asam yang dihasilkan semakin besar. Hal ini terlihat dari grafik diatas bahwa konsentrasi asam sitrat maksimal dicapai pada saat laju alir dibuat maksimal yaitu laju alir = 6. Proses fermentasi asam sitrat merupakan proses fermentasi yang aerobik, sehingga keberadaan oksigen dalam media cair aerasi sangat penting. Proses produksi asam sitrat dapat ditingkatkan dengan cara meningkatkan aerasi, namun tidak boleh melebihi batas maksimum, karena akan menyebabkan media etrbawa aliran udara. Jika pemberian udara dihentikan selama beberapa menit maka produksi asam sitrat akan berhenti dan tidak dapat dikembalikan lagi ke tingkat produksi semula walaupun aerasi dilanjutkan. Produksi asam yang maksimal juga tidak terlepas dari lamanya waktu fermentasi, dimana waktu fermentasi yang optimum adalah 6-7 hari. Bila kurang dari 7 hari gula belum terfermentasi secara sempurna.



Gambar 3. Grafik hubungan konsentrasi asam oksalat dengan waktu pada berbagai laju alir udara

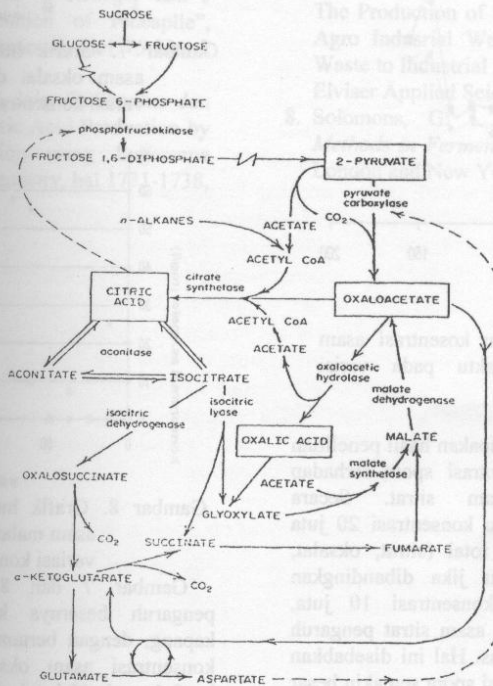
engaruh laju alir produk asam sitrat malat. Gambar 2 in besar laju alir an semakin besar. fik diatas bahwa simal dicapai pada l yaitu laju alir = 6. t merupakan proses hingga keberadaan rasi sangat penting. dapat ditingkatkan aerasi, namun tidak imum, karena akan a aliran udara. Jika n selama beberapa sitrat akan berhenti kan lagi ke tingkat aerasi dilanjutkan. ksimal juga tidak u fermentasi, dimana num adalah 6-7 hari. belum terfermentasi



Gambar 4. Grafik hubungan konsentrasi asam malat dengan waktu pada berbagai laju alir udara



konsentrasi asam ktu pada berbagai

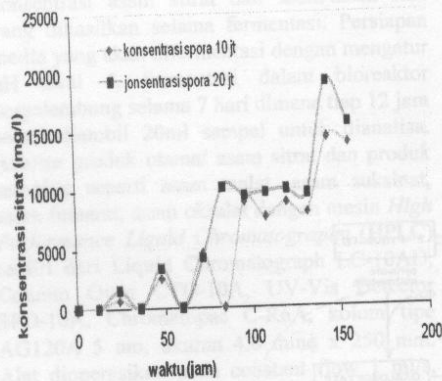


Gambar 5. Proses metabolisme sederhana pembuatan asam sitrat dari karbohidrat

Untuk produk samping asam oksalat dan asam malat bertambahnya laju alir udara juga akan mengalami peningkatan juga. Namun kedua jenis produk samping ini selalu berkebalikan. Jika konsentrasi asam oksalat mengalami peningkatan maka konsentrasi asam malat akan mengalami penurunan, begitu juga sebaliknya. Hal ini dapat dijelaskan menurut siklus Krebs. Di dalam siklus Krebs, terjadi siklus dalam proses produksi asam sitrat. Alur utama pembentuka asam sitrat adalah 2-pyruvate

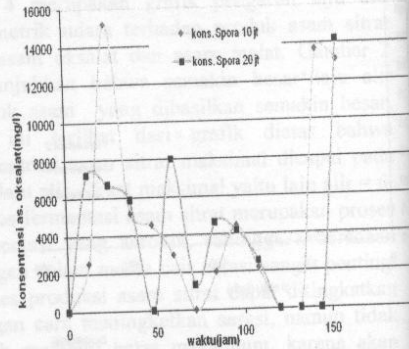
- oxaloacetate -asam sitrat. Pada tahap pembentukan senyawa oxaloacetate dapat mengalami onversi menjadi asam oksalat dengan keberadaan enzim oxaloacetic hydrolase. Asam oksalat juga dapat terkonversi menjadi glyoxylate, yang dengan adanya asam asetat dan enzim malate synthetase akan terkonversi menjadi asam malat. Asam malat terkonversi menjadi senyawa oxaloacetate oleh enzim malate dehydrogenase. Hal ini seperti disajikan dalam Gambar 5.

Pada laju alir skala 4 (42,4 cc/detik) dan skala 6 (58,1 cc/detik) pengaruhnya tidak terhadap produktifitas asam sitrat terlalu signifikan. Namun pengaruh terhadap produktifitas asam oksalat dan asam malat juga bertambah besar. Dengan demikian disarankan untuk proses fermentasi disarankan pada laju alir udara skala 4 atau 42,4 cc/detik.

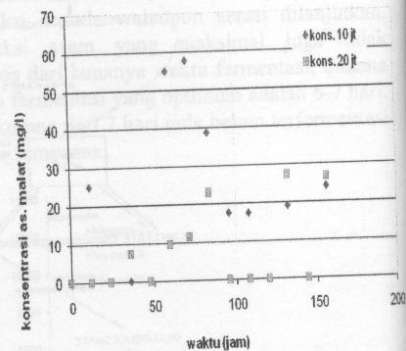


Gambar 6. Grafik hubungan konsentrasi asam sitrat dengan waktu pada variasi konsentrasi kapang

Gambar 6-8 merupakan hasil penelitian pengaruh jumlah /konsentrasi spora terhadap proses fermentasi asam sitrat. Secara keseluruhan spora dengan konsentrasi 20 juta memberikan hasil asam total (sitrat, oksalat, malat) yang lebih besar jika dibandingkan dengan spora dengan konsentrasi 10 juta, khususnya pada produksi asam sitrat pengaruh konsentrasi ini terlihat jelas. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi spora semakin besar pula senyawa karbohidrat yang dipecah glukosa. Glukosa akan diubah menjadi asam piruvat. Asam piruvat melalui siklus krebs akan diubah menjadi asam sitrat. Usaha untuk memecah karbohidrat diatas dapat terjadi dikarenakan adanya kapang *Aspergillus niger* yang mampu menghasilkan enzim untuk tugas tersebut.



Gambar 7. Grafik hubungan konsentrasi asam oksalat dengan waktu pada variasi konsentrasi kapang



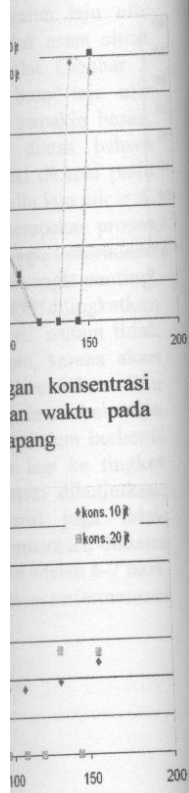
Gambar 8. Grafik hubungan konsentrasi asam malat dengan waktu pada variasi konsentrasi kapang

Gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa pengaruh besarnya konsentrasi spora dan kapang, dengan bertambahnya waktu terhadap konsentrasi asam oksalat dan malat selalu berfluktuasi. Hal ini dikarenakan kedua jenis asam ini, merupakan produk antara (siklus krebs Gambar 5), sehingga setiap terbentuk akan terkonversi menjadi produk yang lain. Kedua kondisi konsentrasi spora masih berada pada kondisi yang umum digunakan (sekitar $10^5 - 10^6$ spora/ml), sehingga pengaruhnya tidak terlalu signifikan.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah bahwa laju alir udara akan meningkatkan produktifitas asam sitrat maupun

Pengar
asam
spora
asam
disara
Dafta
1. Ferme
Lacto
Techn
2. Perkel
3. Macie
Journ
hal 28
4. A Sri
Solid
Bagas
WWW



... dengan konsentrasi kapang menunjukkan bahwa konsentrasi spora dari ... terhadap ... dan malat selalu ... kedua jenis ... antara (siklus krebs ... terbentuk akan ... yang lain. Kedua ... masih berada pada ... (sekitar $10^5 - 10^7$... tidak terlalu

... dapat diperoleh dari ... laju alir udara akan ... asam sitrat maupun

asam oksalat dan asam malat dan konsentrasi spora juga akan meningkatkan produktifitas asam sitrat. Untuk laju alir udara volumetrik disarankan pada skala 42,4 cc/detik

Daftar Pustaka

1. Abdullah, 2002 "Lactic Acid Fermentation Of Pineapples Wastes by Lactobacillus Delbrueckii", Disertasi, Malaysia Technology University
2. Anonim, "Statistik Perusahaan Perkebunan", Biro Pusat Statistik, Jakarta, 1998
3. Krueger, D.A., R. G Krueger dan J Maciel, 1992, "Composition of Pineapple", Journal of AOAC International, Vol 75 No. 2 hal 280-282.
4. Kumar, D., V.K., Jain, G. Shanker dan A Srivastava, 2003, "Citric Acid Production by Solid State Fermentation using Sugarcane Bagasse", Process Biochemistry, hal 1731-1738, www.sciencedirect.com

5. Kumar, D., V.K., Jain, G. Shanker dan A Srivastava, 2003, "Utilisation of Fruits Waste for Citric Acid Production by Solid State Fermentation", Process Biochemistry, hal 1725-1729, www.sciencedirect.com
6. Marison, I, W., 1988 "Citric Acid Production", In Biotechnology For Engineers, Biological System In Technological Processes, Edited: Scragg, A.H, John Wiley & Sons, New York
7. Sasaki, K., Noparatnaraphorn, N dan Nagoi, S (1991), "Use of Photosynthetic Bacteria for The Production of SCP dan Chemicals from Agro Industrial Waste In Bioconversion of Waste to Industrial Product. Ed. Martin, AM. Elviser Applied Science, London, 225-233
8. Solomons, G. L., 1960, "Material and Methods in Fermentation", Academic Press, London and New York.