

PEMBUATAN NATA DE PINA DARI LIMBAH BUAH NANAS DENGAN BAKTERI *Acetobacter Xylinum*

K Haryani, Abdullah dan Widayat^{*)}

Abstrak

Pada industri pengalengan buah nanas, bonggol dan kulit nanas biasanya dibuang. Bonggol dan kulit nanas dapat dimanfaatkan untuk pembuatan nata de pina yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Pemanfaatan filtrat hasil perasan bonggol dan kulit nanas sebagai pertumbuhan bakteri *Acetobacter Xylinum* untuk membentuk polisakarida ekstraseluler (nata) sebagai makanan non energi yang dikenal dengan nata de pina. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemanasan awal dan tanpa pemanasan awal, penambahan asam sitrat dan asam asetat serta konsentrasi inokulum. Pengamatan dilakukan terhadap glukosa, fruktosa, sukrosa, asam asetat dan asam sitrat serta kandungan kalium dan berat nata de pina yang terbentuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fruktosa merupakan komponen penting dalam penyusunan selulosa (nata de pina), asam sitrat sebagai unsur organik dan unsur kalium sebagai sumber mineral. Asam asetat merupakan senyawa penghambat dalam pembentukan nata de pina jika konsentrasi awal terlalu besar atau tidak ada asam organik yang lain dan terbentuk selama proses fermentasi. Pertambahan konsentrasi inokulum akan menyebabkan nata de pina yang terbentuk bertambah secara parabolik dan nilai terbaik dicapai pada konsentrasi 7 %. Nilai ini ditunjukkan oleh berat nata de pina yang terbentuk paling besar (basis kering atau basah) dan konsentrasi sisa glukosa dan fruktosa paling kecil.

Kata kunci : asam sitrat, asam asetat, fruktosa, glukosa, inokulum, nata de pina, sukrosa

Pendahuluan

Prospek agrobisnis buah-buahan, khususnya nenas sangat baik di pasar dalam negeri (domestik) maupun sasaran pasar luar negeri (ekspor). Permintaan pasar dalam negeri terhadap buah nenas cenderung terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk, makin tingginya kesadaran penduduk akan nilai gizi dari buah-buahan, dan makin bertambahnya permintaan bahan baku industri pengolahan buah-buahan. Pada tahun 1986 produktivitas nenas mencapai 4,15 ton/hektar dan mengalami peningkatan pada tahun 1990 dengan produktivitas mencapai 7,96 ton/hektar (Hendro, 1991).

Nenas (*Ananas Comosus (L) Merr*) termasuk familia bromoliaceae, ordo farinoceae (bromoliases). Tanaman ini berasal dari Amerika Tengah. Sekarang ini sudah umum dijumpai di daerah-daerah tropika dan subtropika lainnya. Di Indonesia, tanaman nenas telah berkembang luas di seluruh pelosok, hingga pada tahun 1985 luas areal mencapai 28.000 ha dengan produksi 119.400 ton (Hendro, 1991).

Buah nanas di Indonesia biasanya dimakan langsung sebagai hidangan pencuci mulut sesudah makan, dibuat sirup dan buah kalengan supaya tahan lama. Buah nenas juga bermanfaat bagi kesehatan tubuh dan berkhasiat sebagai obat penyembuh beberapa penyakit. Kandungan serat dan kalium dalam buah nenas dapat digunakan sebagai obat sembelit dan gangguan pada saluran kencing. Sari nenas yang dicampur dengan sedikit lada, dan garam, berkhasiat menyembuhkan mual-mual dipagi hari, salesma (flu),

wasir, dan kurang darah. Penyakit kulit seperti gatal-gatal, eksim, dan kudis dapat diobati dengan diolesi sari buah nenas. Buah nenas juga dapat diolah menjadi alkohol dan asam sitrat. Komposisi buah nanas seperti disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi buah nanas

Komponen	Per 100 gram
Protein	0,4 gram
Lemak	0,2 gram
Hidrat arang	13,7 gram
Kalsium	16,0 miligram
Fosfor	11,0 miligram
Besi	0,3 miligram
Vitamin A	130,0 SI
Vitamin B1	0,08 miligram
Vitamin C	24,0 miligram
Air	85,0 miligram

Sumber: Direktorat Gizi Depkes R.I (1981)

Buah nanas biasanya yang dimanfaatkan hanya daging buahnya saja, sementara kulit, batang dan bonggolnya dibuang menghasilkan limbah padat. Hasil analisa yang telah dilakukan pada kulit atau limbah nanas, disajikan dalam Tabel 2 (Sasaki, 1992, Abdullah, 1998, Aprilitasari, 2003). Limbah padat ini masih mengandung karbohidrat seperti glukosa, fruktosa maupun sukrosa, sehingga dapat

^{*)} Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik – Universitas Diponegoro
Jl. Prof Sudarto SH Tembalang Semarang 50239 Telp. (024) 7460058

dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat dalam proses fermentasi untuk pembentukan nata. Kandungan mineral-mineral seperti Fe, Ca, Mn, Mg, Cu, Cd, Na, K dapat membantu metabolisme karbohidrat pada proses fermentasi.

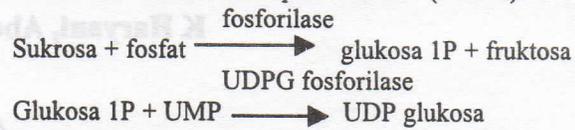
Tabel 2. Karakteristik Filtrat Limbah Kulit dan Bonggol Nanas sebelum sterilisasi

Parameter			
COD (gr / lt)	57	100,8	62,1
pH	4	4	4
Gula Reduksi (gr / lt)	23,7	39,2	-
Sukrosa (gr / lt)	6,54	40,1	46,85
Glukosa (gr / lt)	9	23,6	17,92
Fruktosa (gr / lt)	9,88	14,0	10,7
Protein yang terlarut	1,05	0,9	0,927
Jml Nitrogen (gr / lt)	0,86	0,2	-
Derajat keasaman (gr/lt)	0,48	-	-
Asam sitrat (gr / lt)	0,32	-	13,17
Asam malic (gr / lt)	0,096	-	0
Asam asetat (gr/lt)	-	-	-
Fe	18,9	5,43	3,325
Ca	89	3,31	-
Mn	1,7	13,97	-
Mg	53	62,50	-
Cu	1	2,02	-
Cd	0	0,03	-
Na	382	8,61	-
K	425	-	-
SO ₄ ⁻²	5,643	169,7	340,7
PO ₄ ⁻³	0	223,8	1
NO ₃ ³	12,4	-	-
Cl ⁻¹	105	-	-
P	12	-	-

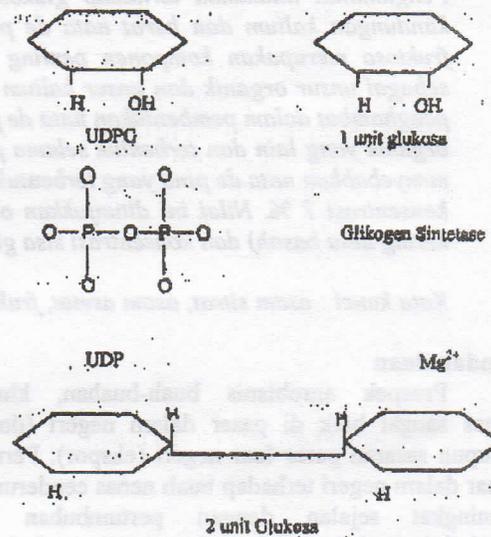
Nata berasal dari Philipina untuk menyebut suatu pertumbuhan yang menyerupai gel terapung pada permukaan media yang mengandung gula dan asam yang dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter Xylinum*. Kata nata berasal dari bahasa Spanyol yang berarti krim. Jadi nata de pinna adalah krim yang berasal dari nanas, produk ini mempunyai keistimewaan pada nilai kalornya yang rendah. Kandungan terbesar adalah air (98 %). Produk ini dapat dipakai sebagai sumber makanan rendah kalori (Kies, Sanckez dan Fox, 1984).

Pembentukan nata (polisakarida ekstraseluler) diperlukan senyawa antara yaitu heksosa fosfat. Heksosa fosfat mengalami oksidasi melalui lintasan pentosa fosfat menghasilkan senyawa Natrium Adenosin DiPhosphat Heksosa (NADPH, senyawa penyimpan tenaga pereduksi) dan melepaskan gas karbon dioksida, CO₂. Gas CO₂ yang dilepas akan tertambat dan menempel pada mikrofibril selulosa, sehingga mikrofibril selulosa naik kepermukaan cairan (Meyer, 1960). Fosfat anorganik perlu ditambahkan

kedalam medium, karena bahan tersebut sangat diperlukan untuk memecah sukrosa menjadi glukosa 1 phosphat dan fruktosa, glukosa 1 phosphat bergabung dengan unit mono phosphat (UMP) membentuk Unit DiPhosphat Glukosa (UDPG)



Selulosa disintesis melalui reaksi bertahap Unit DiPhosphat Glukosa (UDPG) dan selodekstrin. Selodekstrin dapat dihasilkan dari penggabungan UDP glukosa dengan unit glukosa (Meyer, 1960). Gugus yang berperan dalam pembuatan nata de Pina disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Pembentukan 2 unit glukosa

Reaksi pembentukan selodekstrin berlangsung terus sampai terbentuk senyawa yang terdiri dari 30 unit glukosa dengan ikatan β-1,4. Selodekstrin bergabung dengan lemak dan protein. Proses tersebut merupakan proses antara dari UDP glukosa dan selulosa yang melibatkan enzim selulosa sintase (Moat, 1988). Pembentukan polisakarida ekstraseluler (nata) dapat terjadi 24 jam setelah inkubasi dan meningkat dengan cepat 4 hari setelah inkubasi, kemudian cenderung lambat pada hari berikutnya. Hal ini dikarenakan keasaman medium bertambah, serta gula dalam substrat berkurang (Alaban, 1962).

Bakteri *Acetobacter Xylinum* tergolong famili *Pseudomonadaceae* dan termasuk genus *Acetobacter*. berbentuk koloni bulat, warna putih mengkilap dengan permukaan rata dan elevasi cembung dengan diameter koloni 1-4 mm, sel berbenuk batang pendek (panjang ± 3 μm dan lebar ± 1,25 μm), mempunyai gram negatif, biasanya terdapat sebagai sel tunggal atau kadang-kadang mempunyai rantai dengan sel yang lain. Bakteri ini membentuk asam dari glukosa,

etil alkohol, propil alkohol dan glikol, serta mengoksidasi asam asetat menjadi CO₂ dan air. Sifat spesifik dari bakteri ini adalah kemampuan untuk membentuk selaput tebal pada permukaan cairan fermentasi, merupakan komponen yang menyerupai selulosa, komponen inilah lebih lanjut disebut nata.

Menurut Thimann (1962), permukaan nata de coco terjadi karena proses pengambilan glukosa dari larutan gula atau gula dalam air kelapa oleh sel-sel *Acetobacter Xylinum*, kemudian glukosa tersebut digabungkan dengan asam lemak membentuk prekursor (penciri nata) pada membran sel. Prekursor ini selanjutnya dikeluarkan dalam bentuk ekskresi dan bersama enzyme mempolimerisasikan glukosa menjadi sellulosic material diluar sel. Komponen ini akan membentuk jaringan mikrofibril yang panjang dalam cairan fermentasi. Gelembung-gelembung CO₂ yang dihasilkan selama fermentasi mempunyai kecenderungan melekat pada jaringan ini, sehingga menyebabkan jaringan ini terangkat ke permukaan cairan (Alaban, 1962).

Penelitian pendahuluan telah dilakukan, meliputi analisa kandungan awal bonggol nanas. Kandungan perasan bonggol nanas dan kulit nanas seperti disajikan dalam Tabel 2 (Aprilitasari, 2003).

Metodologi Penelitian

Nata de Pina dalam penelitian ini diproduksi dalam skala laboratorium, dengan menggunakan gelas volume 250 ml. Bahan baku yang digunakan adalah kulit dan bonggol nanas, inokulum *Acetobacter Xylinum* diperoleh dari Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Semarang. Bahan-bahan kimia seperti; asam sitrat, asam asetat, Ca(OH)₂, ZA [(NH₄)₂SO₄], dan DAP [(NH₄)H₂PO₄] diperoleh dari Toko Kimia. Kondisi operasi yang dipelajari adalah pengaruh pemanasan awal dan tanpa pemanasan awal terhadap filtrat kulit dan bonggol nanas, penambahan asam sitrat dan asam asetat serta konsentrasi inokulum. Selama penelitian diamati konsentrasi karbohidrat yang meliputi glukosa, fruktosa dan sukrosa, konsentrasi asam asetat, asam sitrat dan kalium serta berat nata de pina (berat basah dan kering).

Analisa karbohidrat seperti sukrosa, glukosa dan fructosa diukur kepekatannya dengan menggunakan HPLC (Waters TM 600) dengan kolom μ Bondapak / Karbohidrat berdimensi 300 mm x 4 mm ID dan detektor jenis indeks bias. Analisa konsentrasi asam sitrat, asam isositrat dan asam malic dengan menggunakan HPLC (Waters TM 600), dengan kolom *Sperisob Octil (Watres)* berdimensi 250 mm x 4,6 mm ID dan detektor ultra ungu pada panjang gelombang 210 nm. Kalium ditentukan dengan HPLC dengan kolom *Water IC - Pak _ Cation M/D 5 μ m* berdimensi 3,9 x150 mm, dan detektor *Conductivity 430 Waters*.

Dalam pembuatan nata de pina digunakan kondisi operasi seperti disajikan dalam Tabel 3. Kondisi operasi yang divariasi meliputi pemanasan awal dan tanpa pemanasan awal, penambahan asam sitrat dan

asam asetat, penambahan konsentasi inokulum ke dalam larutan induk yaitu dalam variasi: 5%, 7%, 9%, 11%, 13%, 15% v/v, dan waktu fermentasi 1, 3, 5, 7, 9, 11 hari.

Tabel 3. Variabel tetap yang digunakan

Variabel/Kondisi	Jumlah
Volume perasan limbah nanas,	200 cc
Suhu fermentasi	± 30 °C
Penambahan ZA [(NH ₄) ₂ SO ₄],	0,25 % b/p
Penambahan DAP [(NH ₄)H ₂ PO ₄],	0,5 % b/v
pH fermentasi	4

Proses pembuatan nata de pina adalah sebagai berikut; Filtrat hasil perasan kulit dan bonggol nanas yang masih segar disaring, kemudian dipanaskan sampai mendidih selama 10 menit, busa yang terbentuk selama pendidihan dibuang. Selanjutnya filtrat dimasukkan dalam bejana gelas dan ditambahkan DAP, ZA yang kemudian tutup dengan kertas koran dan dinginkan. Asam sitrat dan cairan inokulum, ditambahkan dan diaduk hingga tercampur rata, kemudian ditutup kembali dengan kertas koran dan diletakan diatas meja yang terhindar dari goncangan selama 11 hari..

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh pemanasan awal dan tanpa pemanasan

Percobaan tanpa pemanasan awal filtrat ternyata tidak menghasilkan nata karena enzim yang terdapat dalam filtrat hasil perasan kulit dan bonggol nanas menghambat pertumbuhan *Acetobacter Xylinum* dan tumbuhnya mikro organisme lain (jamur) pada permukaan filtrat sehingga bakteri *Acetobacter Xylinum* tidak dapat hidup dan berkembang biak. Hasil ini seperti disajikan dalam Gambar 2.c.

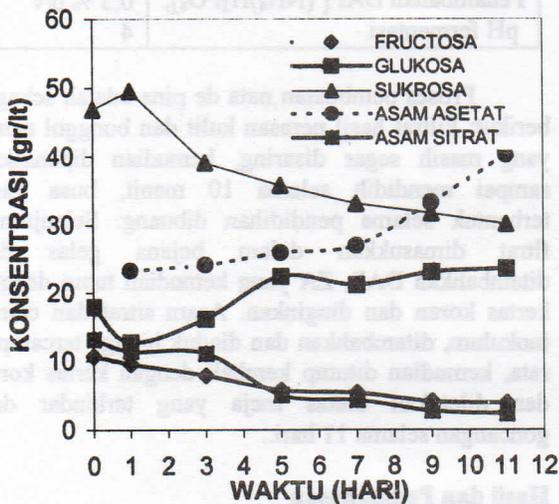
Pengamatan selama penelitian dilakukan terhadap konsentrasi karbohidrat, asam asetat, asam sitrat dan kalium disajikan dalam Gambar 2. Konsentrasi fruktosa mengalami penurunan, hal ini menunjukkan bahwa fruktosa mempunyai peranan penting sebagai sumber karbon dalam pembentukan nata. Konsentrasi glukosa selama pembentukan nata mengalami kenaikan. Glukosa akan membentuk nata melalui reaksi polimerisasi, dan selama proses fermentasi juga terjadi pembentukan glukosa dari pemecahan sukrosa. Pembentukan glukosa dari hari pertama sampai hari ke-5 lebih besar jika dibandingkan glukosa yang berperan dalam reaksi pembentukan nata. Pada hari ke-5 kadar glukosa turun karena kecepatan pembentukan nata/sellulosa lebih cepat daripada proses pemecahan sukrosa. Konsentrasi sukrosa mengalami penurunan karena ada sebagian sukrosa yang dipecah menjadi glukosa dan fruktosa

Gambar 2 a. juga memperlihatkan adanya peningkatan konsentrasi asam asetat dan penurunan konsentrasi asam sitrat. Peningkatan konsentrasi asam

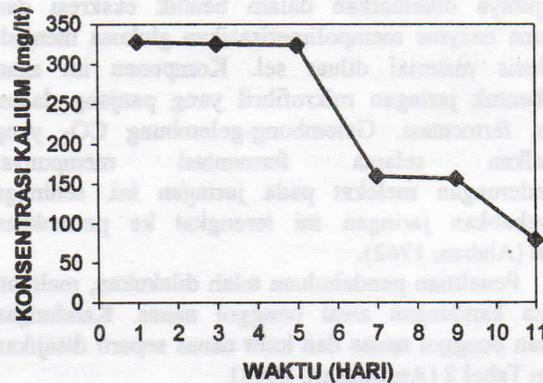
asetat disebabkan adanya hasil proses metabolisme *acetobacter* yang merupakan racun dan dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Penurunan kadar asam sitrat karena terjadi biosintesa oleh *A.Xylinum* (Geyer, Klemm, dan Schmauder,1994). Gambar 2.b menunjukkan penggunaan unsur mineral kalium yang dibutuhkan dalam proses metabolisme karbohidrat dan proses transport sehingga konsentrasinya terus menurun.

Grafik hubungan berat nata de pina yang terbentuk dengan waktu untuk perlakuan awal dengan

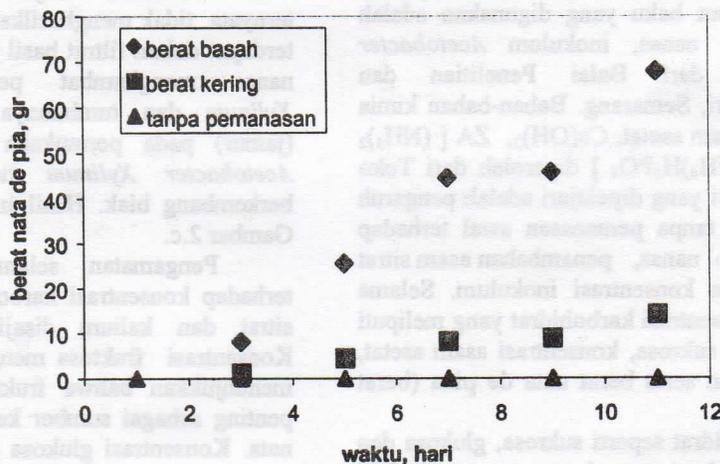
pemanasan dan tanpa pemanasan disajikan di gambar 2.c. Gambar 2c. menunjukkan bahwa pada hari 1 belum terbentuk nata . Nata de pina mulai terbentuk pada hari ke-2 dan bertambah dengan bertambahnya waktu fermentasi. Proses pembentukan nata de pina sampai hari ke-7, bertambah secara linier, selanjutnya pertumbuhan nata menjadi lambat. Hal ini sesuai dengan pertumbuhan *A.xylinum*, dari log fase ke fase stasioner. Untuk variabel tanpa pemanasan sampai hari ke-11, tidak diperoleh nata.



(a)



(b).



(c).

Gambar 2. Grafik hubungan konsentrasi karbohidrat, asam sitrat, asam asetat, kalium, berat basah dan kering nata de pina dengan waktu untuk perlakuan awal dengan pemanasan

Pengaruh penambahan asam

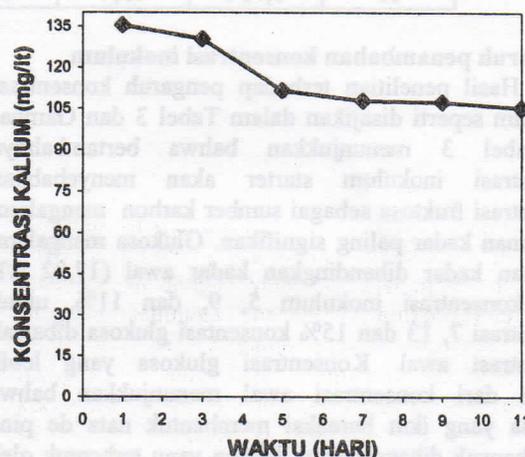
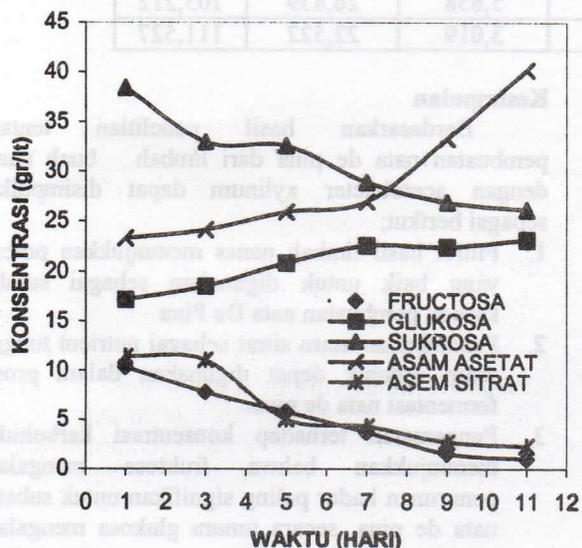
Jenis asam yang ditambahkan pada pembuatan nata de pina adalah asam sitrat dan asam asetat. Untuk mempelajari pengaruh penambahan asam ini, dilakukan perlakuan awal terhadap media dengan menambahkan kapur. Perlakuan awal ini bertujuan untuk mengendapkan semua asam organik yang terdapat pada limbah cair nanas. Selanjutnya media ditambahkan dengan asam sitrat (media I) dan asam asetat (media II).

Hasil pengamatan terhadap media I menunjukkan terbentuknya nata de pina, sedangkan media II tidak terbentuk nata de pina. Hal ini menunjukkan bahwa asam asetat yang terkandung di dalam media akan menghambat pada pertumbuhan bakteri *Acetobacter Xylinum*, sedangkan asam sitrat dapat digunakan sebagai sumber carbon dalam proses fermentasi (Geyer, Klemm, dan Schmauder,1994). Keberadaan asam asetat dapat

berperan apabila ada asam organik yang lain seperti asam sitrat atau konsentrasi tidak terlalu besar (Alaban, 1962).

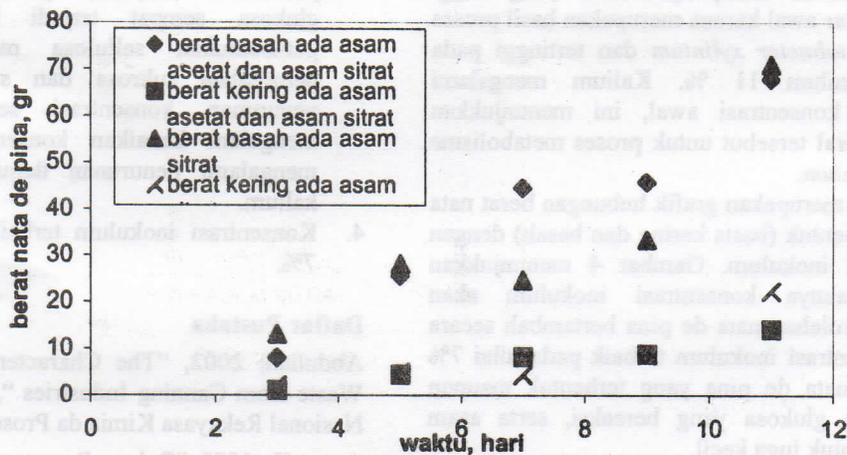
Gambar 3 merupakan grafik hubungan konsentrasi karbohidrat, asam sitrat, asam asetat, kalium dengan waktu untuk media II. Gambar 3 a menunjukkan bahwa konsentrasi fruktosa menurun karena digunakan sebagai sumber karbon pada pembentukan nata.

Konsentrasi glukosa meningkat karena glukosa yang terbentuk oleh pemecahan sukrosa lebih besar dibandingkan dengan yang bereaksi membentuk nata de pina, sehingga konsentrasi glukosa meningkat. Pada hari ke -7 kadar glukosa turun kemudian mengalami peningkatan kembali, ini disebabkan kecepatan pembentukan selulosa lebih cepat dari kecepatan pemecahan sukrosa.



(a).

(b).



(c).

Gambar 3. Grafik hubungan konsentrasi karbohidrat, asam sitrat, asam asetat, kalium , berat nata de pina dengan waktu untuk media II

Asam sitrat sebagai substrat organik dibutuhkan dalam proses pembentukan nata sehingga konsentrasinya menurun. Peningkatan konsentrasi asam asetat karena terjadi proses pembentukan asam asetat hasil metabolisme *Acetobacter Xylinium*. Gambar 3 b. menunjukkan penurunan konsentrasi kalium selama pembentukan nata de pina. Hal ini menunjukkan bahwa kalium sebagai penyuplai mineral selama proses metabolisme *Acetobacter Xylinium*.

Gambar 3 c. merupakan grafik hubungan berat nata de pina yang terbentuk dengan waktu untuk media yang ada asam sitrat dan asetat serta media yang ada asam sitrat saja. Pada hari ke-11, dengan adanya asam sitrat saja berat nata de pina yang terbentuk lebih banyak hal ini menggambarkan bahwa asam asetat menghambat biosintesa nata de pina.

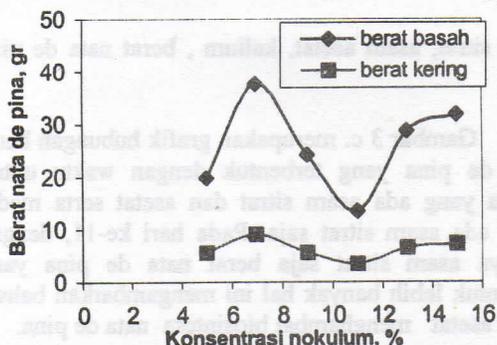
Tabel 3. Pengaruh variasi konsentrasi larutan induk pada filtrat hari ke -11

Inokulum %	Fructose g/l	Glukosa g/l	Sukrosa g/l	As. Acetat g/l	As. Citrat g/l	Kalium mg/l
5	3,834	19,18	39,6	6,623	25,888	157,741
7	4,051	12,79	33,7	3,597	22,295	158,454
9	5,725	21,17	33,6	9,439	33,282	79,247
11	5,348	22,25	35,8	11,753	40,146	324,206
13	1,775	16,427	32	5,658	26,839	105,212
15	1,754	15,4	35,1	3,019	22,522	111,527

Pengaruh penambahan konsentrasi inokulum

Hasil penelitian terhadap pengaruh konsentrasi inokulum seperti disajikan dalam Tabel 3 dan Gambar 4. Tabel 3 menunjukkan bahwa bertambahnya konsentrasi inokulum starter akan menyebabkan konsentrasi fruktosa sebagai sumber karbon mengalami penurunan kadar paling signifikan. Glukosa mengalami kenaikan kadar dibandingkan kadar awal (17,92 g/l) pada konsentrasi inokulum 5, 9, dan 11%, untuk konsentrasi 7, 13 dan 15% konsentasi glukosa dibawah konsentrasi awal. Konsentrasi glukosa yang lebih rendah dari konsentrasi awal menunjukkan bahwa glukosa yang ikut bereaksi membentuk nata de pina lebih banyak dibandingkan dengan yang terbentuk oleh proses hidrolisis sukrosa. Sukrosa mengalami penurunan kadar karena dipecah menjadi glukosa dan fruktosa. Asam asetat mempunyai kadar yang tinggi dibandingkan kadar awal karena merupakan hasil proses metabolisme *Acetobacter xylinium* dan tertinggi pada konsentrasi inokulum 11 %. Kalium mengalami penurunan dari konsentrasi awal, ini menunjukkan penggunaan mineral tersebut untuk proses metabolisme *Acetobacter Xylinium*.

Gambar 4 merupakan grafik hubungan berat nata de pina yang terbentuk (basis kering dan basah) dengan konsentrasi awal inokulum. Gambar 4 menunjukkan bahwa bertambahnya konsentrasi inokulum akan menyebabkan perolehan nata de pina bertambah secara parabolik. Konsentrasi inokulum terbaik pada nilai 7% baik dari berat nata de pina yang terbentuk maupun fruktosa maupun glukosa yang bereaksi, serta asam asetat yang terbentuk juga kecil.



Gambar 4. grafik hubungan berat nata de pina dengan konsentrasi awal inokulum

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pembuatan nata de pina dari limbah buah nanas dengan *acetobacter xylinum* dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Filtrat hasil limbah nanas menunjukkan potensi yang baik untuk digunakan sebagai sumber karbon pembuatan nata De Pina
2. Penambahan asam sitrat sebagai nutrient tunggal asam organik dapat digunakan dalam proses fermentasi nata de pina.
3. Pengamatan terhadap konsentrasi karbohidrat menunjukkan bahwa fruktosa mengalami penurunan kadar paling signifikan untuk substrat nata de pina, secara umum glukosa mengalami kenaikan kadar akibat penambahan hasil pemecahan sukrosa, penurunan konsentrasi glukosa sempat terjadi karena kecepatan pembentukan sellulosa melebihi kecepatan pemecahan sukrosa dan sukrosa mengalami penurunan konsentrasi serta asam asetat mengalami kenaikan konsentrasi, asam sitrat mengalami penurunan demikian juga dengan kalium.
4. Konsentrasi inokulum terbaik pada konsentrasi 7%.

Daftar Pustaka

Abdullah, 2002, "The Characteristics of Pineapple Waste from Canning Industries ", Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia da Proses

Agra, K, 1993, "Bahan Pangan Hasil Fermentasi", Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta

Albert, G. M, and Faste, J. W, 1985, "Mikrobiologi Phisiologi", 2nd Edition, John Willey and Sons, New York.

Alaban, C. A., 1962, *Studies on The Optimum Conditions for Nata de Coco Bacterium or nata formation in Coconut Water*, The Philippine Agriculturist, Vol. 45.

Aprilitasari, R., 2003, "Studi Kinetika Konversi Berbagai Macam Substrat Pada Pembuatan Nata de Pina", Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

Geyer, U., D., Klemm, dan H.D., Schmauder, 1994, Kinetics of the Utilization of Different C Sources and the Cellulose Formation by *Acetobacter xylinum*, Acta Biotechnol. vol..14

Haryanto, 1991, *Studi Mengenai Pembentukan Polisakarida Ekstraseluler Oleh Acetobacter xylinum Pada Medium Air Kelapa*, Jurusan Teknologi Mikrobiologi, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Hendro, S, 1991, "Pengenalan Jenis-jenis Tanaman Buah dan Bercocok Tanaman Buah-Buahan Penting di Indonesia", Sinar Buana, Bandung.

James, C.S. 1995, "Analytical Chemistry of Food" Blackie Academic & Professional, London, 84 - 125.

Kies, C., V.E., Sanchez dan H.M, Fox, 1984, *Cellulosa Supplementation of A Nutritionally Complete, Liquid Formula Diet*, A Publication of Institute of Food Technologist, Chicago.

Meyer, L. H., 1960, *Food Chemistry*, Reinhold Publishing Co. New York.

Moat, A. G., 1979, *Microbial Physiology*, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Sasaki, K, Noparatnaraphorn. N and Nagoi. S (1991), "Use of Photosynthetic Bacteria for The Production of SCP and Chemicals from Agro Industrial Waste In Bioconversion of Waste to Industrial Product. Ed. Martin, AM. Elviser Applied Science, London, 225-233

dan mengoptimalkan pencocokan logam berat. Proses pengolahan limbah dengan menggunakan sistem lumpur aktif pada air limbah industri pertambangan dapat meningkatkan produktivitas pengolahan lumpur (Wastay, 2002). Meningkatkan produktivitas sistem ini menyebabkan meningkatnya jumlah lumpur yang harus diolah. Hal tersebut menimbulkan beban ekonomi bagi industri yang menggunakan sistem pengolahan limbah secara lumpur aktif. Formulasi lumpur aktif sebagai adsorben tentunya merupakan beban ekonomi pengolahan lumpur. Dengan demikian, industri harus mencari alternatif nilai tambah bagi industri karena dapat dijual dan digunakan pada proses pengolahan

Industri merupakan vital untuk pertumbuhan ekonomi sebagai negara maju pada tahun 2020, hal ini ditunjukkan dengan pertumbuhan yang sangat cepat di bidang industri sejak tahun 1980-an yang mengakibatkan pertumbuhan volume limbah industri termasuk air limbah yang mengandung logam berat. Tanpa pengolahan dan recode disposal yang tepat terhadap limbah tersebut, mengakibatkan logam berat terakumulasi dan masuk dalam rantai makanan. Industriisasi yang berkembang secara cepat di Indonesia harus diimbangi dengan modernisasi yang berorientasi pada pengolahan lingkungan hidup. Kebijakan manajemen yang efektif untuk menciptakan inovasi-inovasi proses pengolahan air limbah harus