

Optimalisasi Pemberian Ammonium Sulfat terhadap Produksi *Nata De Banana Skin*

EVY ROSSI*, USMAN PATO dan S. R. DAMANIK

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Riau

ABSTRACT

The effects of ammonium sulphate on physical properties of bacterial cellulose-*Nata de banana skin* produced by *Acetobacter xylinum* had been studied. The purpose of this study was to find out the optimum concentration of ammonium sulphate that can be used to produce maximum *Nata de banana skin*. A completely randomized design was used in this research and the treatments were concentrations of ammonium sulphate; A1 (0,4% per vol), A2 (0,8% per vol) and A3 (1,2% per vol). The results showed that various concentrations of ammonium sulphate significantly affected the total bacteria population, but did not provide different results for thickness, weight, moisture and yield.

Keywords : *Nata de banana skin, Acetobacter xylinum, ammonium sulphate*

PENDAHULUAN

Tanaman Pisang (*Musa Paradisiaca L.*) merupakan buah tropis yang sangat populer di dunia. Hal ini disebabkan rasanya yang lezat, gizi yang tinggi dan harga yang relatif murah. Buah ini biasa dikonsumsi sebagai buah segar dan aneka bahan makanan olahan seperti goreng, keripik, tepung dan sale pisang serta berbagai olahan lainnya. Tiap industri pengolahan pisang baik skala besar maupun kecil dalam mengolah pisang menjadi aneka ragam makanan olahan akan menghasilkan limbah yang jumlahnya tidak sedikit seperti kulit pisang. Sebagian besar limbah tersebut dibuang begitu saja sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu cara untuk mengatasi pencemaran lingkungan yaitu dengan menggunakan limbah tersebut sebagai bahan baku pembuatan *Nata* melalui biofermentasi bakteri *Acetobacter xylinum*.

Nata merupakan makanan penyegar atau pencuci mulut yang dihidangkan dalam bentuk campuran dengan buah-buahan (*coctail*). Dalam pembuatan *Nata* faktor-faktor yang perlu

diperhatikan antara lain sumber nitrogen. Sumber nitrogen yang diberikan dalam pembuatan *Nata* bertujuan untuk merangsang pertumbuhan, perkembangan dan aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum*. Peningkatan konsentrasi nitrogen dalam substrat dapat meningkatkan jumlah polisakarida *Nata* yang terbentuk. Sumber nitrogen yang umum digunakan adalah pupuk urea, ZA, NPK, ammonium sulfat $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ dan ammonium fosfat $[(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4]$. Ammonium sulfat adalah sumber nitrogen yang mudah diperoleh dan harganya relatif murah dibanding sumber nitrogen lainnya. Selain itu penggunaan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ akan memberikan tekstur yang lembut pada *Nata de coco* dan juga cukup efektif digunakan dalam pembuatan *Nata de pinna*. Konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ optimum pada pembuatan *Nata de pinna* adalah 0,8% (Setyawan, 2003), namun konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yang optimum dalam pembuatan *Nata de banana skin* belum pernah dilaporkan.

Berdasarkan permasalahan di atas maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk

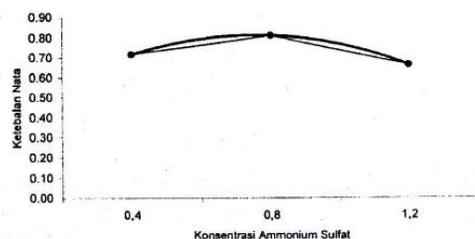
* Korespondensi: Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Riau, Jl. Bina Widya No.30 Simpang Baru Panam, Pekanbaru. Telp. (0761)63270/6327.

mendapatkan konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yang optimum yang dapat digunakan untuk pembuatan *Nata de banana skin*.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan adalah kulit pisang kepek yang masak (kulit berwarna kuning semua), starter *Acetobacter xylinum*, gula pasir, aquades, ammonium sulfat $\{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\}$, medium *Nutrient Agar* (NA), garam fisiologis 0.85% dan alkohol 96%.

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan tiga ulangan. Adapun perlakuan tersebut adalah A1 (Pemberian $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,4% dari volume medium), A2 (Pemberian $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,8% dari volume medium), dan A3 (Pemberian $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1,24% dari volume medium). Data yang diperoleh dianalisis dengan uji Ortogonal Polinomial pada taraf 5% untuk mengetahui konsentrasi optimal. Peubah yang diamati adalah ketebalan, berat, kadar air, rendemen *Nata*, dan jumlah bakteri pada akhir fermentasi serta warna *Nata*.



Gambar 1. Grafik hubungan antara konsentrasi terhadap amonium sulfat (%) terhadap ketebalan *Nata*.

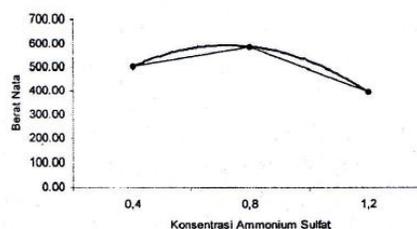
Tidak berbeda nyatanya ketebalan dan berat *Nata* yang dihasilkan akibat perlakuan konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ disebabkan peningkatan penggunaan sumber nitrogen tidak diikuti dengan peningkatan ketersediaan senyawa-senyawa lain yang dibutuhkan untuk biosintesis makromolekul seperti protein dalam sel bakteri. Senyawa-

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Ketebalan dan Berat *Nata*

Berdasarkan dari hasil analisis ortogonal polinomial terhadap ketebalan dan berat *Nata* menunjukkan bahwa pemberian beberapa konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tidak memberikan pengaruh yang nyata. Hal ini disebabkan pemberian $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,4% sudah dapat memenuhi kebutuhan nitrogen bakteri *Acetobacter xylinum* untuk tumbuh dan berkembang, sehingga bakteri *Acetobacter xylinum* dapat melakukan aktivitas dalam merombak gula menjadi selulosa pada saat proses fermentasi berlangsung. Jika aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* semakin meningkat maka *Nata* yang dihasilkan juga semakin tebal dan berat.

Berdasarkan Gambar 1. dan 2. diketahui bahwa dengan pemberian konsentrasi ammonium sulfat sebesar 0,4%(A1); 0,8% (A2); dan 1,2% (A3) dihasilkan ketebalan *Nata* berturut-turut sebesar 0,72 cm; 0,81 cm; dan 0,66 cm dan berat *Nata* berturut-turut adalah 502,70 gr; 590,01 gr dan 394,61 gr.



Gambar 2. Grafik hubungan antara konsentrasi terhadap amonium sulfat (%) berat *Nata*

senyawa selain nitrogen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan bakteri antara lain adalah karbohidrat dan lemak sebagai sumber energi dan rangka karbon serta zat-zat pengatur seperti vitamin dan mineral. Bakteri merupakan sel tunggal dan protein adalah makro molekul yang terbanyak ditemukan di dalam sel. Menurut

Nelson and Cox (2008) zat-zat atau senyawa yang dibutuhkan dalam biosintesis protein selain nitrogen adalah rangka karbon, energi, vitamin dan mineral.

Penambahan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,4% sudah cukup memenuhi kebutuhan nitrogen bakteri *Acetobacter xylinum* untuk biosintesis protein selnya sehingga bakteri tersebut dapat tumbuh dan berkembang. Terjadinya pertumbuhan dan perkembangan bakteri *Acetobacter xylinum* bukan hanya karena ketersediaan nitrogen yang cukup dari $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tetapi juga disebabkan karena ketersediaan nutrisi-nutrisi lain yang terkandung dalam kulit pisang seperti karbohidrat, protein dan lemak. Ketersediaan nutrisi-nutrisi ini pada media sudah dapat memenuhi kebutuhan bakteri *Acetobacter xylinum* untuk tumbuh dan berkembang. Hal ini menyebabkan pemberian $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ pada konsentrasi yang lebih tinggi tidak memperlihatkan kenaikan berat *Nata* yang cukup signifikan. Berat *Nata* yang dihasilkan berbanding lurus dengan ketebalan *Nata* dimana semakin tebal *Nata* maka semakin berat pula *Nata* yang dihasilkan.

Pertumbuhan dan perkembangan yang optimal dari *Acetobacter xylinum* akan meningkatkan produksi enzim selulosa sintetase yang berperan sebagai biokatalisator reaksi pembentukan selulosa. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Brown and Saxena (2000) bahwa selulosa disintesis oleh enzim selulosa sintetase yang merupakan protein membrane yang mengkatalis polimerisasi glukosa dari substrat UDP-glukosa menjadi selulosa.

Rulianah (2002) menyimpulkan bahwa *Acetobacter xylinum* tumbuh baik pada kondisi media yang mengandung ammonium sulfat sebagai sumber nitrogen dengan penambahan yang optimum sebesar 0,5% ammonium sulfat merupakan sumber nitrogen yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan *Acetobacter xylinum* dalam memproduksi *Nata*. Jika konstertasi ammonium sulfat diberikan pada jumlah yang

yang cukup dalam medium maka *Acetobacter xylinum* akan tumbuh dengan baik sehingga *Acetobacter xylinum* dapat memetabolisir gula menjadi polisakarida (selulosa). Hal ini sesuai dengan pendapat Hubeis dkk (1996), bahwa untuk merangsang pertumbuhan *Acetobacter xylinum* diperlukan sumber nitrogen yang cukup baik yang berasal dari bahan organik maupun bahan anorganik.

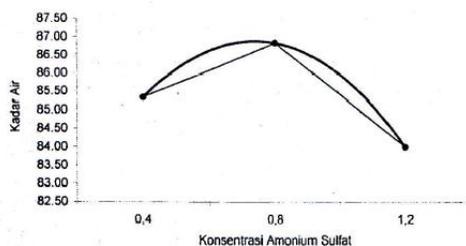
2. Kadar Air *Nata*

Hasil analisis ortogonal polinomial terhadap kadar air *Nata* menunjukkan bahwa konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ memberikan pengaruh tidak nyata terhadap kadar air. Hal ini disebabkan komponen penyusun *Nata* selain air adalah polisakarida dimana kemampuan polisakarida untuk mengikat air sama sehingga diduga kandungan air yang ada pada *Nata* juga relatif sama dan menyebabkan kadar air *Nata* yang dihasilkan berbeda tidak nyata. Sulandra dkk. (2000) menyatakan bahwa *Nata* sebagian besar tersusun dari polisakarida (selulosa) dimana gugus hidraksil dari polisakarida dapat berikatan dengan gugus hidrogen dari air.

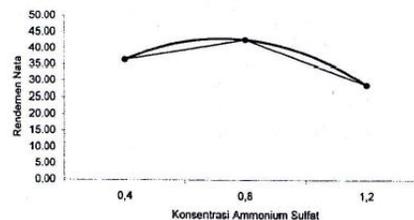
Berdasarkan Gambar 3. diketahui bahwa dengan pemberian konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sebesar 0,4% (A1), 0,8% (A2), dan 1,2% (A3) dihasilkan kadar air *Nata* berturut turut sebesar 85,33%; 86,83% dan 84%. Kadar air yang diperoleh berkisar antara 84%-86,83% angka ini tidak jauh berbeda dari hasil penelitian pada *Nata de pinna* yang menghasilkan kadar air *Nata* sebesar 87% (Ramona, 1998). Kadar air yang terdapat pada *Nata* selain air bebas juga air yang terikat secara fisik dalam jaringan matriks tersebut akan mempengaruhi kadar air *Nata*.

3. Rendemen *Nata*

Hasil analisis ortogonal polinomial terhadap rendemen *Nata* menunjukkan bahwa konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ memberikan pengaruh tidak nyata terhadap rendemen *Nata*



Gambar 3. Grafik hubungan antara konsentrasi ammonium sulfat (%) terhadap kadar air *Nata*



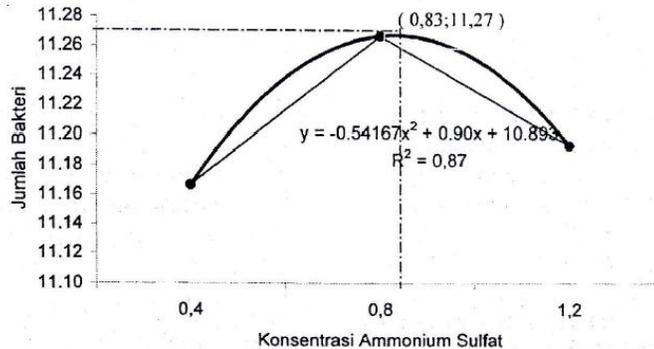
Gambar 4. Grafik hubungan antara konsentrasi ammonium sulfat (%) terhadap rendemen *Nata*

Pemberian konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sebesar 0,4% (A1), 0,8% (A2), dan 1,2% (A3) dihasilkan rendemen *Nata* berturut-turut 36,43%; 42,75% dan 29,47% (Gambar 4). Pemberian $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ pada konsentrasi rendah (0,4%) menghasilkan rendemen yang tidak jauh berbeda dengan pemberian pada konsentrasi yang lebih tinggi (0,8 dan 0,12%). Hal ini disebabkan pada konsentrasi 0,4%, asimilasi dari senyawa-senyawa $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dengan kandungan nitrogen 20-21% dan senyawa-senyawa lain yang terdapat dalam medium yang diberikan untuk kebutuhan nutrisi *Acetobacter xylinum* telah terpenuhi, sehingga pada kondisi fermentasi yang baik ini (sumber karbon, nitrogen dan mineral dalam jumlah cukup) aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* dalam merombak glukosa menjadi selulosa akan lebih baik. Hal ini tidak jauh berbeda dengan pendapat Brock dan Madigan (1998) dan Fardiaz (1992) yang menyimpulkan bahwa pada kondisi fermentasi yang kurang baik seperti sumber nitrogen, karbon dan mineral dalam jumlah yang terlalu sedikit, serta pH yang sangat rendah mengakibatkan pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* terhambat.

Penelitian ini menghasilkan rendemen antara 21,93%-47,22%. Rendemen ini cukup tinggi dibandingkan dengan rendemen yang diperoleh Sulandra dkk. (2000) yaitu berkisar 10,69%-26,73% pada pembuatan *Nata* de coco. Rendemen yang dihasilkan berbanding lurus dengan berat *Nata* yang dihasilkan dimana jika berat *Nata* yang dihasilkan tinggi maka rendemen yang dihasilkan juga tinggi.

4. Jumlah Bakteri pada Akhir Fermentasi

Populasi bakteri pada akhir fermentasi terlihat pada Gambar 5, dimana populasi bakteri tertinggi didapat pada perlakuan pemberian konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,8% (A2), yaitu 11,26 log cfu/ml dan hasil ini berbeda nyata dengan populasi bakteri pada pemberian konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,4% (A1) dan 0,12% (A2), yaitu berturut-turut 11,17 log cfu/ml dan 11,19 log cfu/ml. Hal ini disebabkan karena masing-masing konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ diberikan pada jumlah substrat yang sama dan penambahan glukosa dengan konsentrasi yang sama. Kondisi ini menyebabkan terjadinya ketidak seimbangan nutrisi di dalam medium, yang mana peningkatan konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ tidak diikuti dengan peningkatan konsentrasi zat-zat lainnya, sehingga pada perlakuan A2 dan A3 kemungkinan banyak nitrogen yang tidak dapat dimanfaatkan untuk biosintesis protein sel bakteri *Acetobacter xylinum* akibat kekurangan zat nutrisi lain seperti glukosa yang merupakan sumber utama rangka karbon dan energi. Biosintesis protein pada bakteri *Acetobacter xylinum* sangat penting, karena enzim selulase sintetase merupakan senyawa protein yang sangat berperan dalam biosintesis selulosa oleh bakteri *Acetobacter xylinum*. Hal ini sesuai dengan pendapat Ito, et al., (2004) bahwa terdapat hubungan antara aktivitas enzim selulase sintetase dengan produksi selulosa, dimana peningkatan produksi enzim selulase akan diikuti dengan peningkatan pembentukan selulosa.



Gambar 5. Grafik hubungan antara konsentrasi ammonium sulfat (%) terhadap Jumlah Bakteri *Nata*.

Berdasarkan Gambar 5. pada konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yang optimal telah dianalisis ortogonal polinomial yaitu 0,83% dengan jumlah bakteri 11,27 log cfu/ml. Berdasarkan data tersebut, bahwa terjadi kenaikan jumlah bakteri sampai pada pemberian $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,8%, selanjutnya mengalami penurunan pada konsentrasi yang lebih tinggi. Hal ini ada kaitannya dengan jumlah optimum nitrogen yang diperlukan untuk aktivitas bakteri dalam mensintesis selulosa. Penambahan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ pada konsentrasi 0,8% diduga sesuai dengan kebutuhan bakteri untuk tumbuh dan berkembang dalam medium fermentasi sehingga jumlah bakteri yang diperoleh lebih banyak.

Pemberian $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yang lebih tinggi yaitu 1,2% menghasilkan jumlah bakteri yang semakin menurun. Hal ini disebabkan karena sumber nitrogen yang diberikan terlalu tinggi sedangkan gula yang diberikan pada setiap perlakuan sama (10%). Ini menyebabkan nitrogen yang diberikan tidak dapat dimanfaatkan secara optimal untuk pembentukan sel bakteri akibat tidak seimbangnya ketersediaan energi dan rantai karbon yang berasal dari gula dengan nitrogen yang berasal dari $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. maka pemberian $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ pada konsentrasi 0,8% dalam medium telah cukup untuk pertumbuhan dan perkembangan bakteri *Acetobacter xylinum*. Menurut Brock dan Madigan (1988) keseimbangan nutrisi pada medium akan mempengaruhi pertumbuhan sel. Hal ini sejalan

dengan pendapat Rohati (1985) yang menyatakan bahwa sumber nitrogen yang berasal dari $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dapat merangsang pertumbuhan dan aktivitas bakteri pembentuk *Nata* untuk melakukan sintesis *Nata* pada permukaan medium. Berbeda nyatanya jumlah bakteri pada penelitian ini tidak diikuti dengan perbedaan produksi *Nata* baik berat, ketebalan maupun jumlah rendemen yang dihasilkan. Hal ini disebabkan keterbatasan bahan baku berupa glukosa atau oligosakarida untuk diubah menjadi selulosa, meskipun pada perlakuan A2 (0,8%) jumlah bakteri yang tertinggi (11,26 log cfu/ml). Menurut Surtiningsih (1998) jumlah bakteri yang banyak akan mempengaruhi pembentukan *Nata* karena jumlah bakteri yang banyak akan mempercepat laju biofermentasi sehingga pembentukan *Nata* juga akan semakin baik. Tetapi dalam penelitian ini tidak demikian. Hal ini diduga karena kurangnya aktivitas *Acetobacter xylinum* dalam pembentukan *Nata*. Pertumbuhan *Acetobacter xylinum* akan berjalan dengan cepat pada awal fermentasi karena jumlah nutrisi yang terkandung masih mencukupi kebutuhan bakteri *Acetobacter xylinum*. Namun, aktivitas bakteri semakin berkurang di akhir fermentasi walaupun jumlah bakteri tetap banyak. Hal ini disebabkan karena pada permukaan medium terbentuk lapisan polisakarida sehingga jumlah oksigen dalam medium menjadi terbatas. Kondisi ini menyebabkan aktivitas bakteri *Acetobacter*

xylinum menjadi terhambat. Kondisi ini menyebabkan aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* menjadi terhambat. Hal ini didukung oleh Surtiningsih (1998) yang menyatakan bahwa selama proses fermentasi berjalan bakteri *Acetobacter xylinum* memerlukan oksigen selama hidupnya, dengan terbentuknya lapisan *Nata* dipermukaan medium fermentasi akan menghambat aliran oksigen sedangkan CO₂ yang dikeluarkan oleh mikroba semakin banyak sehingga aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* terhambat. Kisaran jumlah bakteri yang diperoleh pada akhir fermentasi adalah 11,17-11,27 log cfu/ml, cukup tinggi dibandingkan dengan hasil yang diperoleh Setyawan (2003) pada pembuatan *Nata* de pina yaitu 6,68-6,94 log cfu/ml.

Amonium sulfat sebagai sumber nitrogen merupakan faktor yang dapat merangsang pertumbuhan *Acetobacter xylinum* dalam bentuk *Nata* sehingga jumlah bakteri juga mempengaruhi pembentukan *Nata*. *Nata* adalah selulosa, dimana selulosa tersusun dari pita-pita selulosa dihasilkan dari dinding sel bakteri (Ross, et al. 1991). Lebih lanjut dijelaskan oleh Nisa dkk. (2001), bahwa lapisan selulosa *Nata* tidak lain adalah kapsul yang terdapat diluar dinding sel yang juga merupakan hasil sekresi sel bakteri *Acetobacter xylinum*. Lapisan selulosa tersebut sebagian besar terdiri dari cairan yang mengandung sel-sel bakteri yang dirangkaikan oleh serabut halus selulosa yang berkaitan.

5. Warna *Nata*

Warna *Nata* diamati secara visual dengan mata, *Nata* de banana skin yang dihasilkan menunjukkan warna yang berbeda dengan *Nata* yang dihasilkan pada pembuatan *Nata* de coco atau *Nata* de pina. Warna *Nata* de banana skin yang dihasilkan dalam penelitian ini berwarna coklat muda-coklat tua. Hal ini disebabkan kulit pisang mengandung senyawa tannin dimana jika terjadi oksidasi tannin maka akan dihasilkan senyawa berwarna coklat. Selain itu adanya jarak waktu antara pengupasan dan pengolahan kulit pisang maka akan menyebabkan terjadinya reaksi browning. Pengupasan dan pemotongan kulit pisang menstimulasi terjadinya reaksi browning khususnya reaksi browning

enzimatik dan enzim yang berperan adalah enzim fenolase. Pada reaksi browning ini terjadi konversi senyawa fenol menjadi melanin berwarna coklat. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya reaksi browning adalah pecahnya sel, adanya oksigen, dan adanya logam sebagai katalisator (Tranggono dan Sutuardi, 1990).

Menurut Kisman dkk (1998) pemberian konsentrasi (NH₄)₂SO₄ yang semakin tinggi akan menghasilkan warna *Nata* yang semakin coklat. Hal ini disebabkan karena selama pemanasan dalam persiapan pada medium fermentasi terjadi reaksi Maillard antara hasil hidrolisis sukrosa dengan senyawa atau NH₂ yang dihasilkan dari hidrolisis (NH₄)₂SO₄.

KESIMPULAN

Peningkatan pemberian konsentrasi (NH₄)₂SO₄ sampai 1,2 % memberikan pengaruh yang sama pada ketebalan, berat, kadar air dan rendemen *Nata*, namun terjadi peningkatan jumlah bakteri pada akhir fermentasi sampai penggunaan konsentrasi (NH₄)₂SO₄ optimal yaitu 0,83% dengan jumlah bakteri 11,27 log cfu/ml, selanjutnya peningkatan konsentrasi (NH₄)₂SO₄ akan menurunkan jumlah bakteri. Pemberian (NH₄)₂SO₄ pada konsentrasi 0,4% telah mencukupi dalam pembuatan *Nata* de banana skin.

DAFTAR PUSTAKA

- Brock, T. D. dan Madigan, M. T. 1998. Biology of Microorganisms. Prentice Hall. Englewood Cliff. New Jersey.
- Brown Jr, R. M and Saxena, M. 2000. Cellulose biosynthesis: A model for understanding the assembly of biopolymers. Plant Physiol. Biochem. 2000, 38(1/2):57-67.
- Fardiaz, S. 1992. Teknologi pengawetan starter kultur nata untuk pengembangan industri nata dari berbagai limbah pertanian. Laporan Penelitian. IPB, Bogor.
- Hubeis, M., E. Arsatmojo dan Suliantari. 1996. Formulasi pembuatan *Nata* de pina. Buletin teknologi dan Industri Pangan. Vol. VII no 2. Bogor.
- Ito, F., Amano, Y., Nozaki, Y. O., Saxena, I. M, Brown Jr., M. R., dan Kanda, T. 2004. The relationship

- between cellulose activity and oligosaccharides and cellulose productions by *Acetobacter xylinum*. J Bio. Macromol. 4(3),83-90.
- Nelson, D. L. and Cox, M. M. 2008. Lehninger Principles of Biochemistry. Fourth Edition. Web site at: www.whfreeman.com/lehninger4e.
- Nisa, F.C., Hani, T., Wastono, Baskoro dan Moestijanto. 2001. Produksi *Nata* dari limbah cair tahu (whey): kajian penambahan sukrosa dan ekstrak kecambah. Jurnal Teknologi Pertanian, Vol. 2(2):74-78.
- Ramona, Y. 1998. Pengaruh penambahan gula terhadap aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* dalam proses pembuatan *Nata de coco*. Laporan Penelitian Jurusan Biologi. Universitas Udayana. Bali.
- Ross, P., Mayer, R., and Benzimen, M. 1991. Cellulose biosynthesis and function an bacteria. Microbiol. Rev. 55, 35-58.
- Rulianah, S. 2002. Studi pemanfaatan kulit buah nenas sebagai *Nata de pina*. Jurnal Bisnis dan Tekhnologi, Vol. 10(1):20-25.
- Setyawan, O. 2003. Pengaruh jumlah starter *Acetobacter xylinum* dan konsentrasi ammonium sulfat terhadap produksi nata de pina. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Riau.
- Sulandra, K., Nada, M., Sarjana, P. dan Ekawati. 2000. Pengaruh berbagai pupuk ZA dan NPK terhadap produksi serta karakteristik nata de coco. Laporan Penelitian Uneversitas Udayana. Denpasar.
- Surtiningsih, T. 1998. Pengaruh biofermentasi bakteri *Acetobacter xylinum* dan kadar sukrosa terhadap pembentukan nata de soya dan nata de coco dari limbah industri dan air kelapa. Laporan. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga. Surabaya.
- Tranggono dan Sutardi. 1990. Biokimia dan Teknologi Pasca Panen. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.