

## Kajian Kualitas Nata de Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dengan Variasi Macam Gula dalam Beberapa Konsentrasi sebagai Materi Handout Biologi Kelas XII MAN Pamekasan

### Study of the Quality of Nata de Nira Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) with Sugar Variation in Some Kinds of Concentration as Handout Materials in Biology of XII Class MAN Pamekasan

Chandra Kirana<sup>1,\*</sup>, Utami Sri Hastuti<sup>2</sup>, Endang Suarsini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MAN Pamekasan, Jl. Wahid Hasyim No. 28 Pamekasan, Madura, Indonesia

<sup>2</sup> Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No., Malang, Indonesia

\*Corresponding author: qirana0344@yahoo.com

**Abstract:** The purpose of this study include: (1) analyze the quality of nata de sap of palm with a wide variety and concentration of sugar in terms of weight and fiber content nata; (2) develop a handout materials for students of class XII Biotechnology MAN Pamekasan based on research results; and (3) analyze the quality of handouts developed as the implementation of research results. The research method there are two stages of experiment and development. Research conducted at the Laboratory of Microbiology Faculty UM Malang in January-March 2013. The results showed that: (1) there is a wide influence on the quality of sugar palm sap nata de nata either by weight or fiber content; (2) No effect of sugar concentration on the quality of nata de sap siwalan both based on the weight of nata and fiber content; (3) handout Biotechnology has been eligible for use in helping Biology teaching and learning activities in MAN Pamekasan with excellent qualifications based on an assessment by experts validator Microbiology and excellent materials based on an assessment by experts validator teaching materials.

**Keywords:** nata de nira siwalan, quality, research based handout

## 1. PENDAHULUAN

Pohon siwalan atau lontar (*Borassus flabellifer* L.) merupakan tanaman multiguna yang banyak tumbuh dan tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia (Nuroniah, 2010). Pohon siwalan memiliki banyak manfaat mulai dari daun, batang, buah, serta tongkol bunganya. Tongkol bunga siwalan jika disadap dapat menghasilkan nira. Pohon siwalan tersebar luas di Kabupaten Pamekasan salah satunya di desa Kertagenah Laok Kecamatan Kadur. Masyarakat sekitar lokasi tersebut selama ini memanfaatkan nira untuk dijual sebagai minuman segar dan diawetkan sebagai bahan baku pembuatan gula siwalan. Daun siwalan biasanya dimanfaatkan menjadi atap kandang sapi atau bahan bakar. Buah siwalan dikemas dalam kantong plastik sedangkan lidi daun siwalan dijadikan kerajinan tangan dan dijual. Potensi pemanfaatan siwalan yang cukup besar di Kabupaten Pamekasan tersebut masih bisa dikembangkan menjadi produk yang memiliki nilai guna yang tinggi. pengembangan produk dan pengolahan siwalan memerlukan teknologi yang tepat guna. Salah satu produk yang dapat dikembangkan dari nira siwalan adalah nata de nira siwalan.

Nata berasal dari bahasa Spanyol yang dalam bahasa Inggris berarti *cream*, sehingga nata de coco kemudian diartikan sebagai krim dari air kelapa (Sutarminingsih, 2004). Nata dibentuk oleh spesies

bakteri asam asetat pada permukaan cairan yang mengandung gula, sari buah, atau ekstrak tanaman lain. Beberapa spesies yang termasuk bakteri asam asetat dapat membentuk selulosa, namun selama ini yang paling banyak di pelajari adalah *Acetobacter xylinum*.

Bakteri *Acetobacter xylinum* merupakan spesies bakteri yang termasuk genus *Acetobacter*. Bakteri ini bersifat Gram negatif, tidak membentuk endospora, hidup bersifat aerob obligat, tidak melakukan fermentasi alkohol, berbentuk bulat lonjong sampai batang pendek, tumbuh baik pada pH 3,5-4,3 dan suhu 25-30°C serta memiliki kemampuan mengoksidasi etanol menghasilkan asam asetat. Metabolisme bakteri ini menghasilkan enzim katalase *5-ketoglukonic acid* dari D-glukosa, yaitu hasil ketogenesis dari gliserol (Nainggolan, 2009).

Bakteri *Acetobacter xylinum* dapat membentuk lapisan nata jika ditumbuhkan pada medium air kelapa yang sudah diperkaya dengan Karbon (C) dan Nitrogen (N), melalui proses yang terkontrol. Pada kondisi demikian, bakteri tersebut akan menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat menyusun zat gula menjadi ribuan rantai serat selulosa, dari jutaan renik yang tumbuh pada air kelapa tersebut akan dihasilkan jutaan lembar benang-benang selulosa yang akhirnya nampak padat berwarna putih hingga transparan, yang disebut sebagai nata (Wahyudi, 2007).



Kualitas nata sangat ditentukan oleh aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* dalam membentuk lapisan nata. Aktivitas bakteri ini dipengaruhi salah satunya oleh sumber karbon (gula) dan sumber nitrogen yang tersedia di dalam substrat. Gula yang ditambahkan pada konsentrasi tertentu akan digunakan untuk kegiatan metabolisme *Acetobacter xylinum* dan sisanya akan dibentuk menjadi lapisan nata (Yusmarini, 2004).

Penelitian mengenai kajian pembuatan nata de nira siwalan dapat digunakan sebagai bahan ajar siswa SMA khususnya pada materi Bioteknologi. Hasil penelitian ini dapat dikembangkan sebagai materi bahan ajar bagi siswa. Penyusunan bahan ajar penting dilakukan guru untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi pembelajaran. Bahan ajar dapat diartikan sebagai bahan-bahan atau materi pelajaran yang disusun secara lengkap dan sistematis berdasarkan prinsip-prinsip pembelajaran yang digunakan guru dan pesertanya dalam proses pembelajaran (Sungkono, 2009). Salah satu bentuk bahan ajar yang dapat disusun guru berdasarkan hasil penelitian adalah *handout*.

*Handout* menurut Prastowo (2011) merupakan bahan pembelajaran yang sangat ringkas. *Handout* dapat bersumber dari beberapa literatur yang relevan terhadap kompetensi dasar dan materi pokok yang diajarkan kepada peserta didik. Literatur disini salah satunya dapat berupa hasil penelitian seperti yang dilakukan pada penelitian ini.

Madrasah Aliyah Negeri (MAN) Pamekasan merupakan salah satu sekolah negeri setingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) yang terdapat di Kabupaten Pamekasan. Siswa MAN Pamekasan telah mengenal nira siwalan, namun siswa belum mengetahui pemanfaatan nira siwalan untuk pembuatan nata serta peranan gula dalam proses fermentasi nata. Hal ini dapat disebabkan belum adanya bahan ajar mengenai pemanfaatan air siwalan untuk memproduksi nata. Hal ini perlu mendapatkan perhatian, karena diharapkan pengajaran yang bersifat kontekstual akan lebih mudah dipahami oleh siswa. Tanaman siwalan banyak terdapat di lingkungan tempat tinggal siswa, sehingga para siswa telah mengenal seluk beluk tanaman siwalan dan nira siwalan mudah diperoleh.

Tujuan penelitian ini antara lain: (1) menganalisis pengaruh macam gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan berat nata; (2) menganalisis pengaruh konsentrasi gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan berat nata; (3) menganalisis pengaruh interaksi macam dan konsentrasi gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan berat nata; (4) menganalisis pengaruh macam gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan kadar serat nata; (5) menganalisis pengaruh konsentrasi gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan kadar serat nata; (6) menganalisis pengaruh interaksi macam dan konsentrasi gula, terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan kadar serat nata; (7) menyusun *handout* untuk materi Bioteknologi kelas XII di MAN Pamekasan berdasarkan hasil penelitian

mengenai pembuatan nata de nira siwalan; serta (8) mengetahui validitas *handout* yang dikembangkan sebagai implementasi hasil penelitian.

## 2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua macam yaitu: (1) penelitian eksperimen dan (2) penelitian pengembangan untuk penyusunan *handout* berdasarkan hasil penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen bertujuan untuk menguji pengaruh variasi macam dan konsentrasi gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan berat dan kadar serat nata. Penelitian eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Desain faktorial yang digunakan dalam penelitian eksperimen adalah desain dua faktor yang terdiri dari faktor pertama adalah macam gula meliputi gula pasir dan gula siwalan sedangkan faktor kedua adalah konsentrasi gula meliputi 5%, 10%, dan 15%. Penelitian eksperimen menggunakan lima kali ulangan.

Penelitian pengembangan berupa penyusunan *handout* sebagai bahan ajar untuk siswa kelas XII MAN Pamekasan pada materi Bioteknologi. Penyusunan *handout* mengikuti model Dick and Carey (1978) yang dimodifikasi sehingga dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu: (1) mengidentifikasi tujuan umum pembelajaran; (2) melaksanakan analisis pembelajaran; (3) menganalisis karakteristik siswa; (4) merumuskan tujuan khusus pembelajaran; (5) menyusun bahan ajar dalam bentuk *handout* tentang nata de nira siwalan; (6) merancang dan melaksanakan evaluasi formatif terhadap bahan ajar; serta (7) merevisi bahan ajar dalam bentuk *handout* yang telah disusun. Obyek penelitian ini adalah nira siwalan yang diambil dari penghasil nira siwalan di desa Kertagenah Laok Kecamatan Kadur Kabupaten Pamekasan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret 2013 di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang dan Laboratorium Kimia Universitas Muhammadiyah Malang. Prosedur penelitian eksperimen terdiri atas perbanyakan starter, pembuatan nata de nira siwalan, serta pengujian kadar serat nata de nira siwalan.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi instrumen penelitian eksperimen dan instrumen validasi penyusunan *handout*. Instrumen penelitian eksperimen meliputi lembar pengamatan berat dan kadar serat nata sedangkan instrumen penelitian pengembangan berupa instrumen validasi ahli Mikrobiologi dan oleh ahli bahan ajar. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis kuantitatif dan analisis deskriptif. Analisis kuantitatif dilakukan untuk menganalisis hasil penelitian eksperimen sedangkan analisis deskriptif digunakan untuk menganalisis hasil validasi penyusunan *handout*. Hasil penelitian eksperimen dilakukan dengan Analisis Varians (ANOVA) ganda untuk menguji hipotesis mengenai kajian pembuatan nata de nira siwalan. Analisis

statistik dibantu dengan program statistik SPSS 16 for Windows dengan taraf signifikansi 5%. Jika hasil yang diperoleh menunjukkan perbedaan yang signifikan maka analisis dilanjutkan dengan uji DMRT 5% (*Duncaris Multiple Range Test*) Teknik analisis deskriptif yang dilakukan untuk menganalisis data yang dihimpun dari validasi ahli materi dan ahli bahan ajar.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

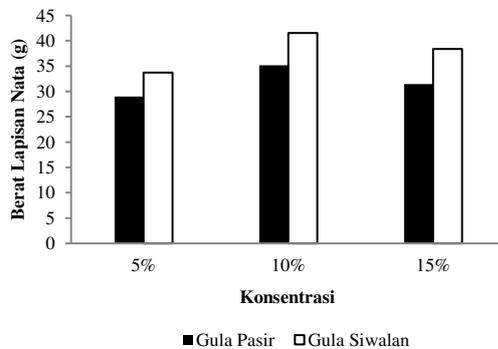
#### 3.1. Hasil Penelitian Eksperimen

Rerata berat lapisan nata de nira siwalan dengan variasi macam dan konsentrasi gula dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Rerata Hasil Pengukuran Berat Lapisan Nata de Nira Siwalan dengan Variasi Macam dan Konsentrasi Gula

| Perlakuan    |             | Berat Lapisan Nata dari Nira Siwalan (g) pada Ulangan ke- |      |      |      |      | $\Sigma$<br>(g) | Rerata<br>(g) |
|--------------|-------------|---|------|------|------|------|-----------------|---------------|
| Macam gula   | Konsentrasi | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    |                 |               |
| Gula pasir   | 5%          | 27,9  | 28,0 | 29,2 | 29,7 | 30,3 | 145,1           | 29,02         |
|              | 10%         | 29,4  | 31,8 | 32,6 | 36,5 | 45,5 | 175,8           | 35,16         |
|              | 15%         | 25,8  | 28,7 | 30,6 | 35,6 | 36,5 | 157,2           | 31,44         |
| Gula siwalan | 5%          | 28,9  | 29,3 | 35,8 | 36,9 | 37,8 | 168,7           | 33,74         |
|              | 10%         | 37,6  | 39,2 | 41,7 | 44,2 | 45,1 | 207,8           | 41,56         |
|              | 15%         | 32,3  | 34,8 | 35,9 | 41,9 | 47,1 | 192,0           | 38,40         |

Tabel 1 menunjukkan bahwa nata de nira siwalan dengan konsentrasi 10% menunjukkan rerata berat lapisan nata yang paling tinggi yaitu 41,56 gram, sedangkan rerata berat yang paling rendah ditunjukkan pada nata yang terbuat dari nira siwalan dengan penambahan gula pasir dengan konsentrasi 5% yaitu 29,02 gram. Data pada Tabel 1 dapat disajikan dalam bentuk diagram batang seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Berat Lapisan Nata dengan Variasi Perlakuan Macam dan Konsentrasi Gula

Hasil analisis varians dari sumber macam gula diperoleh nilai p-level lebih kecil dari alpha 0,05 dengan sig 0,001. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka hipotesis penelitian diterima artinya terdapat pengaruh yang signifikan macam gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan berat lapisan nata. Analisis kemudian dilanjutkan dengan uji DMRT<sub>0,05</sub>. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa

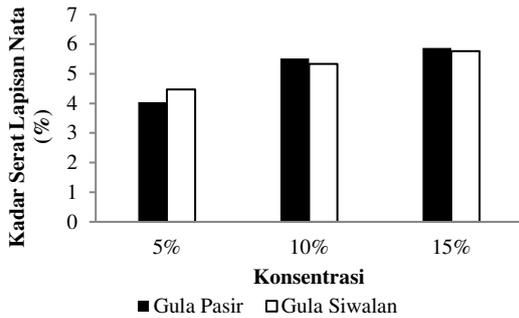
untuk pengaruh jenis gula terhadap kualitas nata berdasarkan berat lapisan nata menunjukkan bahwa perlakuan dengan gula siwalan (notasi b) memberikan pengaruh paling tinggi terhadap rerata berat lapisan nata yang terbuat dari siwalan dan berbeda nyata dengan perlakuan gula pasir (notasi a). Pada sumber konsentrasi gula diperoleh nilai p-level lebih kecil dari alpha 0,05 ( $p < 0,05$ ) dengan sig 0,001. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka hipotesis penelitian diterima yang artinya ada pengaruh yang signifikan konsentrasi gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan berat lapisan nata. Hasil analisis DMRT menunjukkan bahwa untuk pengaruh konsentrasi gula terhadap berat lapisan nata de nira siwalan memperoleh hasil perlakuan dengan konsentrasi gula 10% (notasi c) memberikan pengaruh paling tinggi terhadap rerata berat lapisan nata yang kemudian disusul perlakuan dengan konsentrasi gula 15% (notasi b) dan 5% (notasi a). Pada sumber interaksi macam dan konsentrasi gula diperoleh p-level lebih besar dari alpha 0,05 dengan sig 0,852. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh interaksi antara macam dan konsentrasi gula terhadap berat lapisan nata.

Rerata kadar serat lapisan nata dengan variasi macam dan konsentrasi gula disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa nata de nira siwalan dengan penambahan gula pasir 15% mempunyai rerata kadar serat paling tinggi yaitu 5,87%, sedangkan rerata kadar serat yang paling rendah ditunjukkan oleh nata de nira siwalan dengan penambahan gula pasir 5% yaitu 4,04%. Data pada Tabel 2 dapat disajikan dalam bentuk diagram batang seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2 Rerata Hasil Pengukuran Kadar Serat Nata de Nira Siwalan dengan Variasi Macam dan Konsentrasi Gula

| Perlakuan    |             | Kadar Serat Lapisan Nata dari Nira Siwalan (%) pada Ulangan ke- |      |      |      |      | Σ     | Rerata |
|--------------|-------------|---|------|------|------|------|-------|--------|
| Macam gula   | Konsentrasi | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    |       |        |
| Gula pasir   | 5%          | 3,98  | 4,08 | 4,12 | 4,07 | 3,39 | 20,20 | 4,04   |
|              | 10%         | 5,63  | 5,54 | 5,40 | 5,59 | 5,38 | 27,56 | 5,51   |
|              | 15%         | 6,02  | 5,91 | 5,64 | 5,92 | 5,84 | 29,35 | 5,87   |
| Gula siwalan | 5%          | 4,56  | 4,29 | 4,35 | 4,55 | 4,58 | 22,35 | 4,47   |
|              | 10%         | 5,32  | 5,22 | 5,40 | 5,64 | 5,05 | 26,65 | 5,33   |
|              | 15%         | 5,75  | 5,81 | 5,64 | 5,87 | 5,72 | 28,82 | 5,76   |



Gambar 2. Rerata Kadar Serat Nata dengan Variasi Macam dan Konsentrasi Gula

Hasil analisis data menunjukkan bahwa pada sumber jenis gula diperoleh nilai p-level lebih kecil dari alpha 0,05 dengan sig 0,003. Berdasarkan analisis tersebut, maka hipotesis penelitian diterima artinya terdapat pengaruh yang signifikan macam gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan kadar serat nata. Analisis kemudian dilanjutkan dengan uji DMRT. Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa untuk pengaruh macam gula terhadap kualitas nata berdasarkan kadar serat nata menunjukkan bahwa perlakuan dengan gula siwalan (notasi b) memberikan pengaruh paling tinggi terhadap rerata kadar serat nata yang terbuat dari siwalan dan berbeda nyata dengan gula pasir (notasi a). Pada sumber konsentrasi gula diperoleh nilai p-level lebih kecil dari alpha 0,05 ( $p < 0,05$ ) dengan sig 0,000. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka hipotesis penelitian diterima artinya ada pengaruh yang signifikan konsentrasi gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan kadar serat nata. Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa untuk pengaruh konsentrasi gula terhadap kualitas nata berdasarkan kadar serat nata dari nira siwalan memperoleh hasil perlakuan dengan konsentrasi gula 15% (notasi c) memberikan pengaruh paling tinggi terhadap rerata kadar serat nata yang kemudian disusul perlakuan dengan konsentrasi gula 10% (notasi b) dan 5% (notasi a). Pada sumber interaksi jenis gula dan konsentrasi diperoleh p-level lebih kecil dari alpha 0,05 ( $p > 0,05$ ) dengan sig 0,000. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka hipotesis penelitian diterima artinya ada pengaruh yang signifikan interaksi macam gula dan konsentrasi terhadap kadar serat nata. Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan gula pasir konsentrasi 15% (notasi d) dan

penambahan gula siwalan konsentrasi 15% (notasi cd) memberikan pengaruh yang paling tinggi terhadap rerata kadar serat nata de nira siwalan dan berbeda nyata dengan perlakuan penambahan gula siwalan dengan konsentrasi 5% (notasi ab), dan 10% (notasi b), serta perlakuan dengan penambahan gula pasir dengan konsentrasi 5% (notasi a) dan 10% (notasi c).

### 3.2. Hasil Pengembangan *Handout* Bioteknologi sebagai Implementasi Hasil Penelitian

Hasil penelitian tentang kajian kualitas nata de nira siwalan dengan variasi macam gula dalam beberapa konsentrasi selanjutnya dijadikan dasar dalam pengembangan *handout* Bioteknologi untuk siswa kelas XII MA/SMA.

Hasil penelitian tentang kajian tentang kualitas nata de nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.) dengan variasi macam gula dalam beberapa macam konsentrasi sebagai bahan ajar Biologi kelas XII di MAN Pamekasan, selanjutnya dapat disusun menjadi bahan ajar dalam bentuk *handout* pada matapelajaran Biologi Standar Kompetensi (SK) 5 yaitu “Memahami prinsip-prinsip dasar Bioteknologi serta implikasinya pada Salingtemas (Sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat)”. Kompetensi Dasar (KD) 5.1 yaitu “Menjelaskan arti, prinsip dasar, dan jenis-jenis Bioteknologi” dan Kompetensi Dasar (KD) 5.2 yaitu “Menjelaskan dan menganalisis peran Bioteknologi serta implikasi hasil-hasil Bioteknologi pada Salingtemas”.

Bagian-bagian *handout* terdiri dari pendahuluan, informasi pendukung, petunjuk praktikum pembuatan nata dari nira siwalan, serta pelengkap. Bagian pendahuluan berisi: (a) materi yang diajarkan; (b) kompetensi yang akan dicapai; (c) tujuan pembelajaran; (d) petunjuk penggunaan *handout*; serta (e) kegunaan mempelajari *handout*.

Informasi pendukung berisi paparan materi mengenai: (a) prinsip dasar Bioteknologi; (b) macam Bioteknologi; (c) pemanfaatan Bioteknologi; (d) pemanfaatan mikroorganisme dalam Bioteknologi; (e) mengenal nata de coco; (f) prospek pemanfaatan nira siwalan sebagai bahan dasar nata dari nira siwalan; (g) peranan bakteri *Acetobacter xylinum* dalam proses fermentasi nata de nira siwalan; serta (h) beberapa faktor yang mempengaruhi proses fermentasi nata de nira siwalan. Semua informasi pendukung ini disajikan untuk memberikan

pemahaman materi Bioteknologi. Pada petunjuk praktikum pembuatan nata de nira siwalan disampaikan: (a) teori dasar; (b) tujuan kegiatan; (c) alat-alat; (d) bahan; serta (e) langkah kerja. Pada bagian pelengkap berisi evaluasi dan pengembangan.

*Handout* yang telah disusun kemudian divalidasi oleh validator ahli materi Mikrobiologi dan validator ahli bahan ajar dengan instrumen yang telah dikembangkan dari Perangkat Pembelajaran KTSP SMA Panduan Umum Pengembangan bahan ajar yang dikeluarkan oleh Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas Depdiknas (2008) dan dimodifikasi sesuai dengan tujuan penelitian dan format *handout* menurut Andi Prastowo (2011). Validasi *handout* dilakukan oleh ahli materi Mikrobiologi dan ahli bahan ajar. Validator ahli materi pada penelitian ini adalah Prof. Dr. Dra. Utami Sri Hastuti, M.Pd dan Dr. Endang Suarsini, M.Ked sedangkan ahli bahan ajar adalah Dr. Anselmus JE. Toenlio, M.Pd.

Validasi oleh ahli materi dilakukan dua tahap. Pada validasi tahap pertama, menunjukkan bahwa hasil penilaian oleh validator sebesar 97,06% untuk aspek format *handout*, 100% untuk aspek kelayakan isi, 87,5% untuk aspek kebahasaan, 93,75% untuk aspek penyajian, 87,5% untuk aspek kegrafisan, serta 100% untuk aspek manfaat. Hasil validasi tahap kedua oleh validator ahli materi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Ringkasan Hasil Validasi Awal *Handout* Bioteknologi oleh Validator Ahli Mikrobiologi setelah Perbaikan/Revisi

| Komponen Penilaian    | Hasil penilaian oleh validator (%) |       | Rata-rata (%) |
|-----------------------|------------------------------------|-------|---------------|
|                       | I                                  | II    |               |
| Format <i>handout</i> | 98,53                              | 97,06 | 97,79         |
| Kelayakan isi         | 100,0                              | 90,00 | 95,00         |
| Kebahasaan            | 87,50                              | 75,00 | 81,25         |
| Penyajian             | 100,0                              | 87,50 | 93,75         |
| Kegrafisan            | 100,0                              | 87,50 | 93,75         |
| Manfaat               | 100,0                              | 100,0 | 100,0         |
| Rata-rata             | 97,67                              | 89,51 | 93,59         |

Hasil validasi oleh ahli bahan ajar disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Ringkasan Hasil Validasi Awal *Handout* Bioteknologi oleh Validator Ahli Bahan Ajar

| Komponen Penilaian | Hasil Penilaian oleh Validator (%) |
|--------------------|------------------------------------|
| Kelayakan isi      | 100,0                              |
| Kebahasan          | 83,30                              |
| Penyajian          | 100,0                              |
| Kegrafisan         | 93,75                              |
| Manfaat            | 100,0                              |
| Rata-rata          | 95,45                              |

### 3.3 Pembahasan

#### 3.3.1 Pengaruh Macam dan Konsentrasi Gula terhadap Kualitas Nata de Nira Siwalan Berdasarkan Berat Lapisan Nata

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa untuk perlakuan macam gula terhadap berat lapisan nata yang terbuat dari nira siwalan terdapat pengaruh yang signifikan macam gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan berat lapisan nata. Hal ini ditunjukkan dengan rerata berat nata yang diperlakukan dengan penambahan gula siwalan menghasilkan berat lapisan nata yang lebih tinggi daripada nata de nira siwalan yang diperlakukan dengan penambahan gula pasir. Hasil penelitian didukung dengan hasil uji lanjut yang menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan gula siwalan memberikan pengaruh yang paling tinggi terhadap rerata berat lapisan nata yang terbuat dari nira siwalan dan berbeda nyata dengan perlakuan dengan penambahan gula pasir.

Nata de nira siwalan dengan penambahan gula siwalan memiliki berat yang lebih tinggi dari pada nata de nira siwalan dengan penambahan gula pasir. Hal ini disebabkan nata de nira siwalan dengan penambahan gula siwalan dan gula pasir memiliki kepadatan yang berbeda. Nata de nira siwalan dengan penambahan gula siwalan memiliki tekstur yang kenyal dan kompak sehingga memiliki berat yang lebih tinggi. Nata de nira siwalan yang ditambah dengan gula pasir memiliki tekstur yang kurang kenyal dan kurang kompak sehingga beratnya lebih rendah daripada nata de nira siwalan yang ditambah dengan gula siwalan.

Adanya perbedaan berat lapisan nata de nira siwalan dengan penambahan gula pasir dan gula siwalan disebabkan oleh adanya perbedaan kandungan glukosa pada kedua jenis gula tersebut. Gula siwalan rasanya lebih manis daripada gula pasir. Hal ini didukung hasil penelitian Burhanuddin (2005) yang menyatakan bahwa kandungan glukosa pada gula siwalan lebih tinggi daripada gula pasir. Gula siwalan memiliki kandungan glukosa 76,85% sedangkan gula pasir memiliki kandungan glukosa 71,89%. Glukosa merupakan sumber karbon yang dibutuhkan dalam proses fermentasi nata de nira siwalan yaitu sebagai sumber nutrisi bakteri *Acetobacter xylinum*. Oleh karena itu, dengan penambahan gula siwalan yang memiliki kadar glukosa lebih tinggi mengakibatkan aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* dalam membentuk lapisan nata, sehingga berat lapisan nata yang dihasilkan juga lebih maksimal.

Bakteri *Acetobacter xylinum* menurut Suparti dkk (2007) dapat hidup dan membentuk nata dengan memanfaatkan glukosa dalam kondisi asam. Pembentukan nata dapat terjadi karena proses pengambilan glukosa dari larutan gula atau gula yang terdapat dalam substrat atau bahan dasar oleh sel-sel *Acetobacter xylinum*. Glukosa tersebut kemudian



digabungkan dengan asam lemak membentuk prekursor (penciri nata) pada membran sel, dan keluar bersama-sama enzim yang mempolimerisasikan glukosa menjadi polisakarida yang disebut selulosa di luar sel (Nainggolan, 2009). Selulosa tersebut disebut dengan lapisan nata.

Pada proses fermentasi, gula akan diubah menjadi selulosa. Pada akhir fermentasi cairan fermentasi mengandung selulosa yang membentuk jaringan mikrofibril yang panjang (Suparti dkk, 2007). Ketebalan yang semakin bertambah akan mengakibatkan berat lapisan nata juga semakin meningkat.

Nurhayati (2006) mengemukakan bahwa gula merupakan sumber karbon yang penting pada pertumbuhan mikroba, sehingga gula merupakan salah satu media yang penting untuk pembentukan nata. Bakteri *Acetobacter xylinum* mampu mensintesis nata dari glukosa. Macam dan kadar gula yang ditambahkan akan mempengaruhi ketebalan dan sifat nata yang terbentuk.

### 3.3.2 Pengaruh Macam dan Konsentrasi Gula terhadap Kualitas Nata de Nira Siwalan Berdasarkan Kadar Serat Nata

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk perlakuan macam gula terhadap kadar serat lapisan nata yang terbuat dari nira siwalan terdapat pengaruh yang signifikan macam gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan kadar serat lapisan nata. Hal ini ditunjukkan dengan rerata kadar serat nata dari nira siwalan dengan penambahan gula siwalan menghasilkan kadar serat dalam lapisan nata yang lebih tinggi daripada nata de nira siwalan yang diberikan dengan penambahan gula pasir. Hasil penelitian didukung dengan hasil uji lanjut yang menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan gula siwalan memberikan pengaruh yang paling tinggi terhadap rerata kadar serat lapisan nata de nira siwalan dan berbeda nyata dengan perlakuan dengan penambahan gula pasir. Hasil penelitian ini didukung oleh hasil penelitian Suparti dkk (2007) yang menunjukkan bahwa jenis gula mempengaruhi kadar serat selulosa yang dihasilkan pada lapisan nata.

Serat menurut Nurhayati (2006) merupakan salah satu golongan jenis zat gizi yang sangat diperlukan bagi kesehatan manusia. Serat dalam nata menurut Kristiawan (2013) merupakan golongan serat yang tidak larut dalam air, yang berbentuk selulosa. Selulosa atau serat nata merupakan serat yang dihasilkan dari proses metabolisme bakteri *Acetobacter xylinum*. Sintesis selulosa terjadi sebagai rangkaian reaksi kimia yang dimulai dengan bahan glukosa yang disintesis dengan bantuan enzim. Faktor yang menentukan pembentukan selulosa atau serat nata oleh bakteri *Acetobacter xylinum* ialah macam gula.

Hasil penelitian yang telah membuktikan bahwa perlakuan dengan penambahan gula siwalan menghasilkan nata dengan kadar serat yang lebih

tinggi disebabkan oleh kandungan gula dalam gula siwalan juga lebih tinggi daripada gula pasir. Kandungan sukrosa dalam gula siwalan ialah 76,85%, sedangkan dalam gula pasir hanya 71,89%.

Menurut Kristiawan (2013), kandungan gula yang tinggi akan berakibat pada tingginya hasil metabolisme bakteri *Acetobacter xylinum* yang tumbuh pada media yang digunakan dalam pembuatan nata. Oleh karena itu nira siwalan dengan penambahan gula siwalan lebih mendukung peningkatan hasil metabolisme oleh bakteri *Acetobacter xylinum* dibandingkan dengan yang terjadi dalam nira siwalan yang ditambah gula pasir.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi gula berpengaruh signifikan terhadap kualitas nata yang terbuat dari nira siwalan berdasarkan kadar serat nata. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gula semakin tinggi kadar serat yang dihasilkan. Hal ini terbukti dengan rerata kadar serat lapisan nata meningkat dengan bertambahnya konsentrasi gula. Hal ini didukung hasil penelitian Nurhayati (2006) dan Sridjajati (2007) yang menunjukkan bahwa konsentrasi gula berpengaruh terhadap kadar serat yang dihasilkan pada lapisan nata.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gula maka semakin tinggi kadar serat nata dari nira siwalan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena gula merupakan nutrien atau sumber karbon yang dibutuhkan *Acetobacter xylinum* yang akan mengubah glukosa menjadi selulosa sebagai hasil metabolisme bakteri tersebut. Gula baik dalam bentuk sukrosa atau glukosa merupakan sumber karbon yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum*. Pada media dengan sumber karbon yang cukup, bakteri *Acetobacter xylinum* akan tumbuh dan berkembang dalam medium gula dan akan mengubah gula menjadi selulosa. Jika dilihat dari hasil uji lanjut maka, dapat diketahui bahwa dengan konsentrasi gula 15% telah dapat menghasilkan kadar serat yang tinggi.

Hasil penelitian ini juga membuktikan bahwa gula siwalan menghasilkan nata de nira siwalan yang berkualitas lebih baik dibandingkan dengan gula pasir, ditinjau dari berat lapisan nata yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian ini, maka gula siwalan dengan konsentrasi 10% dapat disarankan untuk dimanfaatkan dalam pembuatan nata de nira siwalan untuk menghasilkan nata dengan berat yang maksimal. Untuk pembuatan nata de nira siwalan dengan penambahan gula pasir 15% dan penambahan gula siwalan 15% menghasilkan nata yang memiliki kadar serat yang paling tinggi, sehingga dapat disarankan kepada masyarakat yang akan membuat nata de nira siwalan agar memperoleh nata dengan kadar serat yang optimal. Nata de nira siwalan dengan penambahan gula pasir 10% juga dapat disarankan sebagai pilihan untuk memperoleh kadar serat yang tinggi dengan pertimbangan lebih ekonomis. Hal ini sesuai dengan manfaat nata

sebagai makanan kesehatan yang berfungsi untuk memperlancar gerak peristaltik usus besar. Adanya kadar serat yang tertinggi dalam nata de nira siwalan yang ditambah dengan gula pasir 15% dan gula siwalan 15% akan menunjang kemanfaatan nata sebagai makanan kesehatan.

### 3.3.3 Pengembangan *Handout* Bioteknologi sebagai Implementasi Hasil Penelitian

Panduan penyusunan KTSP yang dikeluarkan oleh BSNP (2006) menyatakan bahwa kurikulum untuk semua tingkat satuan pendidikan dapat memasukkan pendidikan berbasis keunggulan lokal dan global. Pendidikan berbasis keunggulan lokal dan global adalah pendidikan yang memanfaatkan keunggulan lokal dan kebutuhan daya saing global dalam aspek ekonomi, budaya, bahasa, teknologi informasi dan komunikasi, ekologi dan lain-lain, yang semuanya bermanfaat bagi pengembangan kompetensi peserta didik. Materi yang berbasis keunggulan dan potensi lokal ini tercermin dalam pendahuluan *handout* yang telah disusun yang mengungkapkan potensi siwalan yang besar di Kabupaten Pamekasan khususnya di desa Kertagenah Laok Kecamatan Kadur.

Panduan penyusunan KTSP yang dikeluarkan oleh BSNP (2006) menyatakan bahwa kurikulum untuk semua tingkat satuan pendidikan dapat memasukkan pendidikan berbasis keunggulan lokal dan global. Pendidikan berbasis keunggulan lokal dan global adalah pendidikan yang memanfaatkan keunggulan lokal dan kebutuhan daya saing global dalam aspek ekonomi, budaya, bahasa, teknologi informasi dan komunikasi, ekologi dan lain-lain, yang semuanya bermanfaat bagi pengembangan kompetensi peserta didik. Materi yang berbasis keunggulan dan potensi lokal ini tercermin dalam pendahuluan *handout* yang telah disusun yang mengungkapkan potensi siwalan yang besar di Kabupaten Pamekasan khususnya di desa Kertagenah Laok Kecamatan Kadur.

Materi tentang pembuatan nata de nira siwalan dapat digunakan sebagai sumber informasi tentang potensi pemanfaatan nira siwalan dalam pembuatan nata sebagai salah satu usaha untuk meningkatkan nilai guna nira siwalan yang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Materi dalam *handout* ini juga mengembangkan kecakapan siswa dalam melakukan pembuatan nata de nira siwalan, meningkatkan kreatifitas dan kemandirian siswa sebagaimana ditunjukkan pada bagian pengembangan.

Pengembangan *handout* berdasarkan pendekatan kontekstual dan potensi lokal menurut Amir (2012) pada dasarnya sama dengan pengembangan materi untuk *handout* pada umumnya. Perbedaannya adalah pada bentuk penyajian materinya. Penyajian materi untuk *handout* berbasis kontekstual menggunakan pendekatan kontekstual artinya, penyajian materi untuk *handout*

yang berbasis kontekstual dikaitkan dengan situasi dunia nyata siswa.

Materi *handout* Bioteknologi yang disusun mempunyai keterkaitan dengan konteks lingkungan dimana siswa berada. Hal ini ditunjukkan dengan bahan praktikum dan produk yang dihasilkan setelah praktikum dibuat dari nira siwalan yang merupakan potensi lokal di Kabupaten Pamekasan. Melalui pengembangan materi berdasarkan potensi lokal ini diharapkan dapat memberikan banyak informasi tentang potensi pemanfaatan nira siwalan sehingga nira siwalan dapat dimanfaatkan secara lebih baik.

Hasil validasi awal oleh validator ahli Mikrobiologi menunjukkan tingkat pencapaian penilaian rata-rata sebesar 94,30% dan masuk dalam kualifikasi sangat baik sehingga tidak perlu dilakukan revisi secara mendasar. Namun, terdapat beberapa hal penting yang perlu diperbaiki yaitu mengenai kombinasi warna gambar dan background yang sebaiknya dibuat bervariasi serta beberapa kesalahan ketik yang harus diperbaiki.

Setelah dilakukan perbaikan, tingkat pencapaian penilaian rata-rata pada validasi kedua ialah 93,59%, nilai tersebut termasuk dalam kualifikasi sangat baik dan tidak perlu dilakukan revisi secara mendasar. Hasil validasi baik validasi awal maupun validasi setelah dilakukan perbaikan menunjukkan bahwa secara materi, *handout* telah layak digunakan dan materi yang terdapat di dalam *handout* telah benar secara ilmiah.

Berkaitan dengan aspek materi, Bakhrudin (2012) menyatakan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mengembangkan bahan ajar yaitu cakupan atau ruang lingkup, kedalaman, dan urutan penyampaian materi pembelajaran. Ketepatan dalam menentukan cakupan, ruang lingkup, dan kedalaman materi pembelajaran akan menghindarkan guru dari mengajarkan terlalu sedikit atau terlalu banyak, terlalu dangkal atau terlalu mendalam. Ketepatan urutan penyajian (*sequencing*) akan memudahkan siswa mempelajari bahan ajar.

Validator ahli bahan ajar memberikan hasil penilaian dengan tingkat pencapaian penilaian rata-rata untuk semua komponen penilaian sebesar 95,41% Tingkat pencapaian penilaian tersebut termasuk dalam kualifikasi sangat baik, tidak perlu dilakukan revisi secara mendasar.

Bahan ajar dalam Depdiknas (2010) merupakan bagian penting dalam pelaksanaan pendidikan di sekolah. Melalui bahan ajar guru akan lebih mudah melaksanakan pembelajaran dan siswa akan lebih terbantu dalam belajar. Bahan ajar dapat dibuat dalam berbagai bentuk sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik bahan ajar yang akan disajikan. Pada penelitian ini, bahan ajar yang dikembangkan adalah *handout*.

*Handout* pada dasarnya merupakan bahan tertulis yang disiapkan guru untuk memperkaya pengetahuan peserta didik. *Handout* dapat diambil dari beberapa literatur yang memiliki relevansi dengan materi yang diajarkan dan materi pokok yang harus dikuasai oleh peserta didik. *Handout* pada penelitian ini diambil dari hasil penelitian tentang



kajian kualitas nata de nira siwalan dengan variasi jenis gula dalam beberapa konsentrasi. Hasil penelitian ini relevan dengan materi yang diajarkan yaitu materi Bioteknologi dan sesuai dengan potensi lokal Kabupaten Pamekasan.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, maka kesimpulan penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

- Ada pengaruh yang signifikan macam gula yaitu gula siwalan dan gula pasir terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan berat lapisan nata. Rerata berat lapisan nata de nira siwalan dengan penambahan gula siwalan lebih tinggi daripada dengan penambahan gula pasir.
- Ada pengaruh yang signifikan konsentrasi gula yaitu 5%, 10%, dan 15% terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan berat lapisan nata. Konsentrasi gula 10% memberikan hasil nata de nira siwalan dengan berat yang tertinggi.
- Tidak ada pengaruh interaksi macam gula dan konsentrasi terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan berat lapisan nata.
- Ada pengaruh yang signifikan macam gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan kadar serat lapisan nata. Perlakuan dengan gula siwalan menunjukkan rerata kadar serat yang lebih besar daripada perlakuan dengan gula pasir.
- Ada pengaruh yang signifikan konsentrasi gula terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan kadar serat lapisan nata. Konsentrasi gula 15% memberikan pengaruh yang paling tinggi terhadap rerata kadar serat lapisan nata de nira siwalan.
- Ada pengaruh interaksi macam gula dan konsentrasi terhadap kualitas nata de nira siwalan berdasarkan kadar serat nata. Gula pasir dengan konsentrasi 15% dan gula siwalan 15% memberikan pengaruh yang paling tinggi terhadap rerata kadar serat nata de nira siwalan.
- Handout* Bioteknologi dengan judul "Pembuatan Nata de Nira Siwalan (*Borassus flabellifer*. L)" layak digunakan dalam membantu kegiatan belajar siswa kelas XII MAN Pamekasan dengan kualifikasi sangat baik berdasarkan hasil validasi oleh validator ahli Mikrobiologi dan kualifikasi sangat baik berdasarkan hasil validasi oleh validator ahli bahan ajar.

### 4.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian ini antara lain:

- Bagi guru terutama pengajar materi Bioteknologi, perlu mengimplementasikan *handout* hasil penelitian ini dengan mempertimbangkan potensi lokal untuk diterapkan pada kegiatan pembelajaran pembuatan nata di sekolah.

- Bagi siswa perlu mengembangkan keterampilan dalam membuat nata dengan bahan berbagai macam buah-buahan dari lingkungan sekitar siswa secara mandiri.
- Bagi masyarakat di Kabupaten Pamekasan, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi untuk usaha meningkatkan pemberdayaan potensi daerah dan pendapatan daerah.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Amir, S. (2012). *Pengembangan Handout Berbasis Kontekstual untuk Pembelajaran Kimia Materi Unsur Transisi sebagai Sumber Belajar Mandiri Peserta Didik Kelas XII SMA*. Retrieved from <http://eprints.uny.ac.id>
- Bakhrudin. (2012). *Pengembangan Bahan Ajar dan Media Pembelajaran*. Retrieved from <http://burhanuddin.net/2012/pengembangan-bahan-ajar-dan-media>
- BSNP. (2006). *Panduan Penyusunan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Badan Standar Nasional Pendidikan.
- Burhanuddin. (2005). *Prospek pengembangan Usaha Koperasi dalam Produksi Gula Aren*. Retrieved from [http://smecda.com/kajian/files/hslkajian/kajian\\_gula\\_aren.pdf](http://smecda.com/kajian/files/hslkajian/kajian_gula_aren.pdf)
- Departemen Pendidikan Nasional. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Direktorat PSMA.
- Departemen Pendidikan Nasional. (2010). *Juknis Pengembangan Bahan Ajar SMA*. Jakarta : Direktorat Pembinaan SMA Depdiknas.
- Kristiawan, Y. (2013). *Pengaruh Varietas Belimbing (*Averrhoa carambola* L.) dan Macam Gula terhadap Kualitas Nata de Belimbii Ditinjau Berdasarkan Berat, Tebal, dan Kadar Serat sebagai Booklet Penyuluhan Bagi Masyarakat Petani Belimbing dan Pengusaha Home Industri di Kota Blitar*. Tesis. Tidak diterbitkan. Malang: PPS UM Malang.
- Nainggolan. (2009). *Kajian Pertumbuhan Bakteri *Acetobacter sp* Dalam Kombucha Rosela Merah (*Hibiscus sabdariffa*) pada Kadar Gula dan Lama Fermentasi yang Berbeda*. Desertasi. Medan: Universitas Sumatera Selatan.
- Nurhayati, S. (2006). Kajian Pengaruh Kadar Gula dan Lama Fermentasi Terhadap Kualitas Nata de Soya. *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi* 7 (1): 40-47
- Nuroniah, S.H., dkk. (2010). *Sintesa Hasil Penelitian Lontar (*Borassus flabellifer*) sebagai Sumber Energi Bioetanol Potensial*. Bogor: Kementerian Kehutanan
- Prastowo, A. (2012). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif: Menciptakan Metode Pembelajaran yang Menarik dan Menyenangkan*. Yogyakarta: Diva Press.
- Sungkono. (2009). Pengembangan dan Pemanfaatan Bahan Ajar Modul dalam Proses Pembelajaran. *Majalah Ilmiah Pembelajaran* 5(1)



- Suparti. (2007). Pemanfaatan Ampas Buah Sirsak (*Annona muricata*) sebagai Bahan Dasar Pembuatan Nata dengan Penambahan Gula Aren. *Jurnal MIPA* 17(1): 1-9
- Sutarminingsih. (2004). *Peluang Usaha Nata de Coco*. Yogyakarta: Kanisius.
- Wahyudi. (2003). *Memproduksi Nata de Coco*. Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.
- Yusmarini, U., Pato, V.S., & Johan. (2004). Pengaruh Pemberian Beberapa Jenis Gula dan Sumber Nitrogen terhadap Produksi Nata de Pina. *SAGU*. 3(1): 20-27

