

**THE EFFECTIVENESS SUGAR ADDITION OF NATA DE CASSAVA
QUALITY FROM TAPIOCA LIQUID WASTE AS LEARNING MODULE
DEVELOPMENT ON CONVENTIONAL BIOTECHNOLOGY CONCEPT
GRADE XII SENIOR HIGH SCHOOL**

Nurlinda*, Darmawati, Imam Mahadi

e-mail: nurlindalatif@yahoo.co.id, darmawati_msi@yahoo.com, i_mahadi@yahoo.com

phone: +6285264371621

Study Program of Biology Education, Faculty of Teacher Training and Education
University of Riau

Abstract: *This research aimed to the effectiveness sugar addition of nata de cassava quality from tapioca liquid waste on April to June 2015, for learning module development of biology on conventional biotechnology concept grade XII Senior High School. The research conducted with 2 phases namely experimental research and development of learning module. Experimental research was using non factorial completely randomized design that consist 5 treatments and 3 replicates and totally obtain 15 experimental design. It would further DMRT test if real different. The observed parameters include crude fiber content, thickness and organoleptic texture, smell, color and flavor. The result showed that sugar addition significantly influence to the crude fiber content and thickness of nata de cassava from tapioca liquid waste. The addition 15 % of sugar that can produce the best crude fiber content, thickness, texture and preference. The result of crude fiber content is 2.62% and the resulting thickness is 1.54 cm. Rate results of learning module of biology development on conventional biotechnology concept grade XII Senior High School is valid.*

Keywords: *The addition of sugar, Nata de Cassava, Tapioca Liquid Waste, Learning Module.*

**EFEKTIVITAS PENAMBAHAN GULA TERHADAP KUALITAS NATA DE
CASSAVA DARI LIMBAH CAIR TAPIOKA SEBAGAI PENGEMBANGAN
MODUL PADA KONSEP BIOTEKNOLOGI KONVENSIONAL
KELAS XII SMA**

Nurlinda*, Darmawati, Imam Mahadi

e-mail: nurlindalatif@yahoo.co.id, darmawati_msi@yahoo.com, i_mahadi@yahoo.com
kontak: +6285264371621

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui efektivitas penambahan gula terhadap kualitas nata de cassava dari limbah cair tapioka pada bulan April hingga Juni 2015. Hasil penelitian digunakan sebagai pengembangan Modul Pembelajaran untuk mata pelajaran Biologi pada konsep Bioteknologi konvensional kelas XII SMA. Penelitian ini dilaksanakan dengan 2 tahap yaitu tahap riset lapangan dan tahap pengembangan Modul Pembelajaran. Penelitian eksperimen dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, yang terdiri dari 5 perlakuan dan 3 ulangan sehingga diperoleh 15 rancangan percobaan. Jika terdapat uji nyata maka akan dilakukan uji lanjut DMRT. Parameter yang diamati meliputi kadar serat kasar, ketebalan dan organoleptik tekstur, aroma, warna dan rasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan gula berpengaruh signifikan terhadap kadar serat kasar dan ketebalan nata de cassava dari limbah cair tapioka. Penambahan gula 15% merupakan penambahan gula yang menghasilkan kadar serat kasar, ketebalan, tekstur dan tingkat kesukaan terbaik. Kadar serat kasar yang dihasilkan 2.62% dan ketebalan yang dihasilkan 1.54 cm. Hasil dari penelitian pengembangan Modul Pembelajaran pada mata pelajaran Biologi konsep bioteknologi konvensional kelas XII SMA adalah valid.

Kata kunci: Penambahan Gula, Nata de Cassava, Limbah Cair Tapioka, Modul Pembelajaran.

PENDAHULUAN

Ubi kayu atau ketela pohon (singkong) adalah salah satu tanaman umbi-umbian yang banyak ditanaman di Indonesia. Saat ini ubi kayu telah banyak dikelola menjadi berbagai macam bahan makanan yang mana dalam proses pengolahannya dihasilkan limbah, baik limbah padat maupun limbah cair. Salah satu olahan ubi kayu yang menghasilkan limbah cair yaitu rengginang ubi yang merupakan makanan khas Provinsi Riau. Pada proses pembuatan rengginang ubi diperoleh air sisa hasil pengendapan pati ubi kayu. Air sisa tersebut tidak dimanfaatkan lagi dalam proses pembuatan rengginang ubi sehingga akan menjadi limbah cair.

Limbah cair tapioka dapat dimanfaatkan menjadi nata de cassava sementara pati yang mengendap dimanfaatkan menjadi tepung tapioka serta bahan baku dalam pembuatan rengginang, dengan kata lain pembuatan nata de cassava dari limbah tapioka merupakan bentuk pengaplikasian pemanfaatan limbah yang secara tidak langsung telah memberikan solusi dalam rangka mengurangi pencemaran lingkungan oleh limbah cair. Menurut Badan Litbang Pertanian (2011) limbah cair tapioka mengandung karbohidrat mencapai 2,5%, glukosa 0,185 mg/L, nitrogen total mencapai 182 mg/L, serta pH 5-5,5 sehingga dapat dimanfaatkan sebagai substrat untuk membuat nata.

Didalam silabus pendidikan kelas XII SMA terdapat Kompetensi Dasar yang berkenaan dengan Bioteknologi. Untuk dapat mencapai Kompetensi Dasar tersebut salah satu elemen yang berperan penting yaitu sumber belajar. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional (Permendiknas) nomor 41 tahun 2007 tentang Standar Proses yang antara lain mengatur tentang perencanaan proses pembelajaran yang mensyaratkan bagi pendidik pada satuan pendidikan untuk mengembangkan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP). Salah satu elemen dalam RPP adalah sumber belajar (Depdiknas, 2008).

Sumber belajar dibutuhkan dalam mendukung kegiatan belajar dalam mencapai tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Bahan ajar merupakan bagian dari sumber belajar dimana bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Modul Pembelajaran merupakan bagian dari bahan ajar. Dengan adanya hasil penelitian yang akan dikembangkan dalam bentuk Modul Pembelajaran, diharapkan siswa dapat berpikir kreatif dan inovatif dalam memahami konsep bioteknologi tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau pada bulan April hingga Juni 2015. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang terdiri dari 2 tahap yaitu tahap riset lapangan dan tahap pengembangan Modul Pembelajaran. Tahap riset lapangan dilakukan dengan penelitian eksperimen menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial, terdiri dari 5 perlakuan dan 3 ulangan sehingga diperoleh 15 rancangan percobaan. Jika terdapat uji nyata maka akan dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

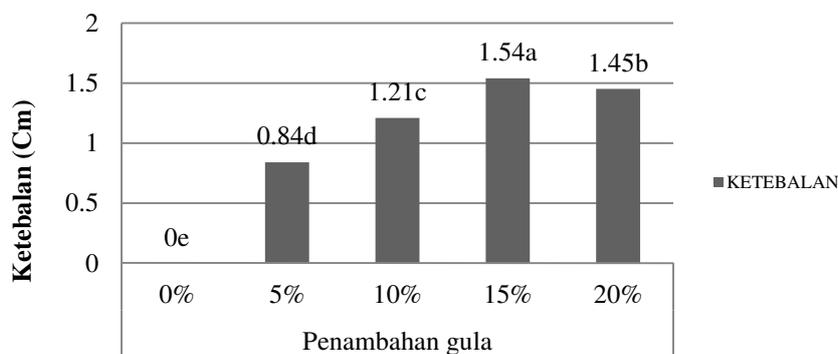
Parameter utama pengamatan yaitu kadar serat kasar, ketebalan dan organoleptik dari nata de cassava. Data yang dihasilkan merupakan data primer yang diperoleh secara langsung dengan melakukan pengukuran di Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau, sementara uji organoleptik dilakukan

oleh 10 orang panelis yang terdiri dari 5 orang mahasiswa dan 5 orang ibu rumah tangga.

Pengembangan Modul Pembelajaran dilakukan berdasarkan hasil riset yang diperoleh pada tahap pertama. Hasil penelitian tersebut disesuaikan dengan Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar yang telah ditetapkan pada kurikulum. Hasil penelitian tentang efektifitas penambahan gula terhadap kualitas nata de cassava dari limbah cair tapioka yang didapatkan dikembangkan menjadi sumber belajar berupa Modul Pembelajaran. Langkah pengembangan modul pembelajaran dilakukan menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation dan Evaluation*) oleh Dick and Carry (2005). Pengembangan modul pembelajaran hanya dilakukan pada tahap *Analysis, Design dan Development*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil pengukuran terhadap ketebalan nata de cassava dari limbah cair tapioka di laboratorium. Rerata hasil pengukuran terhadap ketebalan nata de cassava dapat dilihat pada Gambar 1.



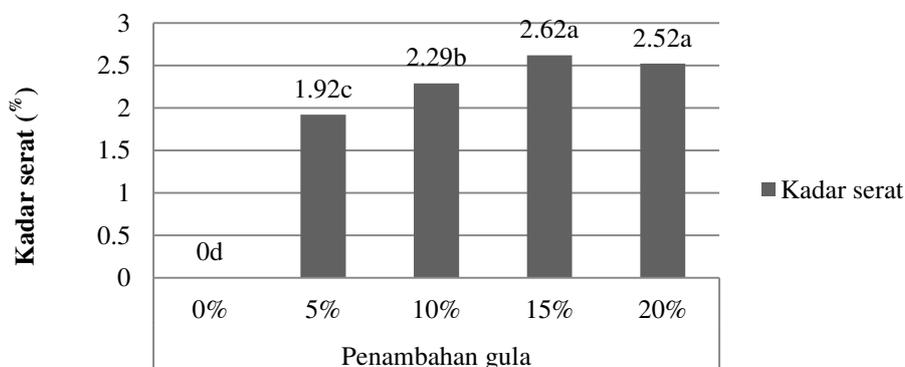
Gambar 1. Rerata Ketebalan Nata de Cassava dari Limbah Cair Tapioka

Nata de cassava merupakan bahan pangan hasil fermentasi dari pengolahan larutan singkong atau limbah pengolahan singkong (tapioka) dengan bantuan bakteri *Acetobacter xylinum*. Bakteri ini bisa hidup pada limbah cair tapioka yang mengandung gula, dimana gula akan digunakan sebagai sumber karbon atau penyedia kebutuhan energi oleh bakteri tersebut. Kandungan sukrosa didalam gula berfungsi sebagai sumber karbon yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri (Suratiningsih dalam Hardi, *dkk.*, 2013). Selama proses fermentasi berlangsung ketebalan nata de cassava mengalami peningkatan. Rerata hasil pengukuran ketebalan nata de cassava tersaji pada Gambar 1. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa ketebalan tertinggi diperoleh pada konsentrasi penambahan gula 15 % yaitu sebesar 1.54 cm, ketebalan terendah diperoleh pada konsentrasi penambahan gula 5% yaitu sebesar 0.84 cm yang menunjukkan beda nyata pada uji DMRT. Pada perlakuan penambahan gula 0 % (kontrol) tidak dihasilkan nata (media cair) hal tersebut dikarenakan ketidaktersediaannya sumber karbon bagi bakteri sehingga ketebalan tidak dapat diukur. Gambar diagram di atas menjelaskan bahwa penambahan gula berpengaruh terhadap ketebalan nata de cassava. Pada kondisi tertentu semakin tinggi konsentrasi penambahan gula semakin tebal nata yang dihasilkan, hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya gula sampai pada batasan tertentu maka akan

semakin banyak selulosa ekstraseluler yang terbentuk akibat dari pemecahan gula menjadi polisakarida.

Pada konsentrasi penambahan gula 15 % menghasilkan ketebalan nata tertinggi (1.54 cm) hal tersebut dikarenakan pada penambahan gula 15 % merupakan kondisi optimum bagi bakteri *Acetobacter xylinum* dalam membentuk lapisan nata dari limbah cair tapioka (rengginang ubi) sedangkan pada penambahan gula yaitu 20 % ketebalan nata menurun yaitu sebesar 1.45 cm hal tersebut karena konsentrasi gula terlalu tinggi sehingga mengganggu metabolisme bakteri. Menurut Atih (dalam Novianti, 2003) bahwa penambahan gula yang terlalu banyak kurang menguntungkan karena akan berpengaruh terhadap aktifitas bakteri, mengakibatkan penurunan pH fermentasi akibat perubahan gula menjadi asam selain itu penambahan gula dengan konsentrasi yang terlalu tinggi akan berdampak buruk terhadap sel-sel bakteri. Penambahan gula yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya plasmolisis (dehidrasi) dalam sel-sel *Acetobacter xylinum*, sehingga menurunkan pembentukan selulosa (Iskandar, dkk., 2010). Pada penambahan gula 5 % menghasilkan nata dengan ketebalan paling rendah yaitu sebesar 0.84 cm. Berdasarkan penelitian Erlina Arviyanti dan Nirma Yulimartani (2009) penambahan gula kurang dari 10 % maka sumber karbon tidak tersedia dalam jumlah cukup menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme bakteri, sehingga pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* kurang maksimal. Secara keseluruhan ketebalan nata de cassava dari limbah cair tapioka pada penambahan gula 15 % berada pada ketetapan atau kriteria *Standard Operating Process* (SOP) menurut Wahyudi (2003) dalam memproduksi nata, produk akhir nata de cassava yang berkualitas yaitu dengan ketebalan nata 1.5-2 cm.

Selain ketebalan nata de cassava, kadar serat kasar juga merupakan parameter yang dapat menentukan kualitas dari nata de cassava. Berikut disajikan grafik hasil pengukuran kadar serat kasar nata de cassava pada Gambar 2.



Gambar 2. Rerata Kadar Serat Kasar Nata de Cassava dari Limbah Cair Tapioka

Salah satu ciri-ciri makanan yang baik adalah makanan yang mengandung serat. Nata de cassava merupakan salah satu jenis makanan yang mengandung serat. Jenis serat yang terdapat pada nata de cassava adalah serat kasar. Serat kasar merupakan hasil perombakan gula pada medium fermentasi oleh aktivitas *Acetobacter xylinum* (Anastasia, 2008). Selama proses fermentasi berlangsung kadar serat nata de cassava mengalami peningkatan. Rerata hasil pengukuran kadar serat dari nata de cassava tersaji pada Gambar 2. Pada Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa kadar serat tertinggi diperoleh pada konsentrasi penambahan gula 15 % yaitu sebesar 2.62 %, kadar serat terendah diperoleh pada konsentrasi penambahan gula 5% yaitu sebesar 1.92 % yang

menunjukkan beda nyata pada uji DMRT. Gambar diagram di atas menunjukkan bahwa penambahan gula berpengaruh terhadap kadar serat nata de cassava.

Pada konsentrasi penambahan gula 15 % menghasilkan kadar serat tertinggi (2.62 %) hal tersebut dikarenakan pada penambahan gula 15 % merupakan kondisi optimum bakteri *Acetobacter xylinum* dalam membentuk selulosa (serat) nata de cassava dari limbah cair tapioka. Semakin tinggi konsentrasi penambahan gula semakin tinggi kadar serat yang dihasilkan, hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya gula maka akan semakin banyak selulosa ekstraseluler yang terbentuk akibat dari pemecahan gula menjadi polisakarida (selulosa atau serat) sampai batas konsentrasi 15 %. Berdasarkan penelitian Susiantari (dalam Ririn Setyantini, 2009) menyimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi sukrosa kadar serat yang dihasilkan semakin tinggi. Hasil analisa lainnya yang dilakukan berdasarkan penelitian (Hardi, dkk., 2013) menunjukkan bahwa kandungan serat akan meningkat seiring dengan penambahan gula hingga dicapai kondisi optimum dikarenakan kadar sukrosa yang tinggi merupakan sumber nutrisi berupa sumber karbon yang dibutuhkan *Acetobacter xylinum* dalam merubah sebagian glukosa menjadi selulosa (serat). Bakteri *Acetobacter xylinum* menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat menyusun (mempolimerasi) zat gula (glukosa) menjadi ribuan rantai (homopolimer) serat atau selulosa. Proses pembentukan serat atau selulosa oleh bakteri *Acetobacter xylinum* merupakan suatu rangkaian proses biokimia. Mekanisme pembentukan selulosa bakteri nata terdiri dari empat tahap reaksi. Tahap pertama adalah hidrolisis kandungan utama gula pasir, yaitu sukrosa yang menghasilkan fruktosa dan glukosa sukrosa dihidrolisis dengan menggunakan enzim sukrase atau intervase, yaitu suatu jenis protein yang berperan sebagai katalis dalam perubahan sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Tahap kedua adalah reaksi perubahan intramolekular α -D-glukosa menjadi β -D-glukosa dengan menggunakan enzim isomerase yang terdapat pada bakteri *Acetobacter xylinum*. Proses perubahan ini disebabkan glukosa yang berperan dalam pembentukan selulosa adalah glukosa dalam bentuk β . Tahap ketiga adalah reaksi intermolekul glukosa melalui ikatan 1,4 β -glikosida. Tahap keempat yang merupakan tahap terakhir adalah reaksi polimerasi ini merupakan reaksi pembentukan selulosa bakteri nata dengan unit ulangnya adalah selobiosa. Dari jutaan jasad renik yang tumbuh dalam media akan dihasilkan jutaan lembar benang-benang selulosa yang akhirnya nampak padat berwarna putih hingga transparan yang disebut sebagai nata yang termasuk metabolit sekunder (Nainggolan, 2009).

Pada konsentrasi penambahan gula 20 % kadar serat nata de cassava mengalami penurunan yaitu sebesar 2.52 %. Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa konsentrasi penambahan gula yang terlalu tinggi akan dapat mengganggu aktivitas dari bakteri *Acetobacter xylinum* dikarenakan penambahan gula yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya plasmolisis (dehidrasi) dalam sel-sel *Acetobacter xylinum*, sehingga menurunkan pembentukan selulosa (Iskandar, dkk., 2010). begitu pula pada penambahan gula yang sedikit (kurang dari 10 %) menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme bakteri, sehingga pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* kurang maksimal. Hal tersebut mempengaruhi pembentukan selulosa atau serat nata de cassava, seperti yang terlihat pada perlakuan penambahan gula 5 % dimana diperoleh kadar serat yang paling rendah yaitu sebesar 1.92 %. Secara keseluruhan kadar serat nata de cassava dari limbah cair tapioka pada penambahan gula 5 % - 20 % berada pada ketetapan atau kriteria Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-4317-1996 tentang syarat

mutu nata dalam kemasan dimana jumlah serat makanan atau serat pangan maksimal 4.5 %, kriteria kadar serat yang dihasilkan pada penelitian ini berada dibawah 4.5 %.

Selain ketebalan dan kadar serat kasar, uji organoleptik juga akan mempengaruhi kualitas dari nata de cassava. Uji organoleptik meliputi tekstur, aroma, warna dan rasa. Berikut disajikan data hasil uji organoleptik dari 10 orang panelis yang terdiri dari uji mutu hedonik dan uji hedonik nata de cassava pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Mutu Hedonik Nata de Cassava dari Limbah Cair Tapioka

Perlakuan (Penam bahan Gula)	Parameter			
	Tekstur	Aroma	Rasa	Warna
C0 (0%)	1 (C)	1.8 (SMB-SM)	-	2 (KK)
C1 (5%)	4.7 (AK-K)	4.8 (AM-BKN)	4.9 (SA-H)	4.9 (AP-P)
C2 (10%)	4.8 (AK-K)	4.8 (AM-BKN)	4.8 (SA-H)	4.9 (AP-P)
C3 (15%)	4.9 (AK-K)	4.6 (AM-BKN)	4.7 (SA-H)	3.7 (PK-AP)
C4 (20%)	4.9 (AK-K)	4.7 (AM-BKN)	4.7 (SA-H)	3.9 (PK-AP)

Keterangan: C (Cair), AK (Agak kenyal), K (Kenyal), SMB (Sangat masam dan Busuk), SM (Sangat masam), AM (Agak masam), BKN (Berbau khas nata), SA (Sedikit asam), H (Hambar), KK (Kuning kusam), PK (Putih kekuningan), AP (Agak putih), P (Putih).

Berdasarkan Tabel 1 hasil uji mutu hedonik di atas (Uji mutu hedonik) kriteria nilai yang diberikan oleh responden yaitu berkisar antara 1 hingga 5. Perlakuan penambahan gula 5 % - 20 % rata-rata penilaian panelis terhadap tekstur berkisar antara 4.7 - 4.9 (agak kenyal hingga kenyal). Tekstur tertinggi terdapat pada penambahan gula 15 % dan 20 % yaitu 4.9 %. Menurut Mashudi (dalam Ririn Setyantini, 2009) dengan meningkatnya kadar gula yang ada dalam medium, maka kekerasan dari nata akan semakin rendah dan kekenyalan meningkat. Hal ini karena kadar gula yang tinggi akan menyebabkan ikatan yang terbentuk antar serat lebih longgar dan akibatnya sebagian besar gel yang terbentuk banyak terisi oleh air dan hanya sedikit oleh padatan. Menurut (Rossi, *dkk.*, 2008) kekenyalan nata dipengaruhi oleh banyak sedikitnya serat. Semakin banyak kandungan seratnya semakin kenyal tektur nata tersebut. Tekstur yang baik untuk *nata de cassava* adalah kenyal dan tidak keras.

Rerata aroma pada penilaian yang diberikan oleh panelis yaitu 1.8 - 4.8. Perlakuan penambahan gula 5 % - 20 %, rerata penilaian panelis berkisar antara 4.6 - 4.8 (agak masam-berbau khas nata) dengan rerata penilaian tertinggi yaitu pada perlakuan 5 % dan 10 % yaitu 4.8. Aroma adalah rasa bau yang sangat subyektif serta sulit diukur, karena setiap orang mempunyai sensitifitas dan kesukaan yang berbeda. Aroma asam yang ditimbulkan oleh nata karena nata mengandung asam asetat. Asam asetat merupakan hasil metabolit primer dari oksidasi alkohol bakteri *Acetobacter xylinum* dan *Gluconobacter* pada proses fermentasi nata (Indah Putriana, 2013). Aroma yang baik untuk nata adalah berbau khas nata (tidak berbau).

Warna yang ada pada suatu makanan juga merupakan salah satu alasan orang memilih suatu makanan, karena apabila warna tersebut tidak menarik maka orang tidak akan mau mengkonsumsi makanan tersebut. Menurut (Rossi, *dkk.*, 2008) warna nata diamati secara visual dengan mata. Rerata penilaian panelis terhadap warna nata de cassava pada perlakuan penambahan gula 5 % - 10 % merupakan penilaian tertinggi dengan rerata penilaian panelis yaitu 4.9 (agak putih hingga putih) sedangkan pada perlakuan penambahan gula 15 % - 20 % rerata penilaian warna yang diberikan oleh

panelis yaitu 3.7 % dan 3.9 % (putih kekuningan hingga agak putih). Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan gula mempengaruhi warna nata de cassava. Gula mempengaruhi ketebalan nata dan ketebalan akan berpengaruh terhadap warna nata. Berdasarkan penelitian (Franelia, *dkk.*, 2012) pada uji organoleptik warna nata dipengaruhi oleh ketebalannya, dimana nata yang lebih tebal akan menghasilkan warna yang kurang cerah dibandingkan nata yang tipis. Warna yang baik untuk nata adalah putih. Sehingga dapat disimpulkan bahwa warna yang bagus terdapat pada perlakuan penambahan gula 5 % dan 10 % dengan kategori penilaian 4.9 agak putih hingga putih.

Selain aroma dan warna, rasa dari suatu produk makanan juga menentukan produk tersebut disukai oleh konsumen atau tidak. Rasa yang baik untuk nata de cassava adalah normal atau hambar setelah proses perebusan. Rerata penilaian oleh panelis terhadap rasa nata de cassava yaitu 4.7 – 4.9 (sedikit asam – hambar) dengan rerata tertinggi yaitu pada perlakuan 5 % yaitu sebesar 4.9. Rasa nata yang mengandung asam berasal dari asam asetat yang merupakan hasil metabolit primer dari proses fermentasi nata de cassava oleh *Acetobacter xylinum*. Rasa nata yang sedikit asam hingga hambar dikarenakan pada proses perebusan akan membuat asam asetat yang terkandung di dalam nata sebagian besar berkurang akibat proses perebusan berulang-ulang. Rasa yang baik untuk nata adalah hambar.

Selain uji mutu hedonik, uji hedonik juga telah dilakukan. Uji hedonik bertujuan untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis terhadap nata secara keseluruhan. Hasil uji hedonik nata de cassava dari limbah cair tapioka dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Hedonik Nata de Cassava dari Limbah Cair Tapioka

Ulangan	Perlakuan				
	C0 (0%)	C1 (5%)	C2 (10%)	C3 (15%)	C4 (20%)
1	1.3 (STS-TS)	4.3 (S-SS)	4.1 (S-SS)	4.3 (S-SS)	4.3 (S-SS)
2	1.3 (STS-TS)	4.3 (S-SS)	4.2 (S-SS)	4.5 (S-SS)	4.3 (S-SS)
3	1.3 (STS-TS)	4.2 (S-SS)	4.2 (S-SS)	4.4 (S-SS)	4.4 (S-SS)
Rata-rata	1.3 (STS-TS)	4.27 (S-SS)	4.16 (S-SS)	4.4 (S-SS)	4.33 (S-SS)

Keterangan: STS (Sangat tidak suka), TS (Tidak suka), S (Suka), SS (Sangat suka).

Berdasarkan Tabel 2 hasil uji hedonik nata de cassava dari limbah cair tapioka di atas dapat dilihat bahwa penilaian tertinggi yaitu pada perlakuan C3 dengan penambahan gula 15% yaitu 4.4, hal tersebut dikarenakan pada perlakuan penambahan gula 15 % memiliki tekstur nata yang kenyal dengan ketebalan yang lebih tinggi dibanding perlakuan lain. Secara keseluruhan rerata hasil penilaian panelis (responden) terhadap nata de cassava yang terbentuk berkisar antara 4.16 hingga 4.4 dengan kategori suka hingga sangat suka. Setelah dilakukan uji organoleptik oleh 10 panelis dapat disimpulkan bahwa nata de cassava yang dihasilkan pada penelitian ini secara garis besar dapat diterima oleh panelis/responden.

Hasil penelitian mengenai efektivitas penambahan gula terhadap kualitas nata de cassava dari limbah cair tapioka dapat digunakan sebagai salah satu bahan ajar berupa Modul Pembelajaran pada mata pelajaran Biologi pokok bahasan Bioteknologi kelas XII SMA. Model pengembangan yang digunakan untuk mengintegrasikan hasil penelitian menjadi Modul Pembelajaran yaitu model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation dan Evaluation*) yang disederhanakan menjadi 3 tahap yaitu *Analyze, Design, dan Development*. Tahapan-tahapan tersebut dijadikan sebagai landasan dalam merancang dan mengembangkan Modul Pembelajaran.

Pada tahapan *Analyze* (analisis) yang pertama akan dilihat pada kurikulum dan materi yang akan dibahas. Analisis kurikulum akan dilihat pada silabus yang dikeluarkan oleh pemerintah sebagai langkah awal untuk mengetahui apa yang akan dipelajari peserta didik yang sesuai dengan tuntutan kurikulum sehingga membantu dalam menentukan masalah dasar pada pengembangan Modul Pembelajaran. Tahap kedua yaitu tahap analisis materi pembelajaran. Pada tahap ini telah terpilih materi yang akan dikembangkan menjadi Modul Pembelajaran yang sesuai dengan hasil penelitian yaitu materi pokok produk bioteknologi konvensional pada pertemuan ketiga

Pada tahap *Design* (perancangan), modul yang dirancang sesuai dengan kurikulum yang dipilih yaitu Kurikulum 2013. Materi yang dipilih untuk dikembangkan menjadi modul adalah Bioteknologi. Pada materi pokok tersebut, sub materi produk bioteknologi konvensional dipilih sebagai materi yang cocok, hal tersebut berdasarkan dengan hasil penelitian. Perancangan (*design*) terdiri dari 2 tahap yaitu tahap perancangan RPP dan design Modul Pembelajaran.

Tahap *Development* (pengembangan) merupakan tahap dimana modul mulai dibuat. Proses pengembangan dilakukan oleh peneliti dan akan dinilai oleh validator modul yang telah ditetapkan. Tahap pengembangan bertujuan untuk menghasilkan Modul Pembelajaran yang valid dan layak untuk digunakan. Pada tahapan pengembangan dilakukan pengembangan terhadap RPP dan Modul Pembelajaran serta diperoleh hasil dari pengembangan Modul tersebut.

Modul Pembelajaran yang telah dikembangkan divalidasi oleh Validator yang terdiri dari Validator ahli materi dan Validator ahli kependidikan yaitu dua orang dosen ahli materi dan satu orang dosen ahli kependidikan. Penilaian hasil validasi Modul Pembelajaran disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rerata hasil penilaian Modul Pembelajaran oleh Validator.

Aspek Penilaian	Skor Rata-Rata Tiap Aspek	Kategori Validasi
Kelayakan isi	4.10	Valid
Kebahasaan	3.67	Valid
Kepraktisan	3.33	Cukup Valid
Sajian	3.93	Valid
Kegrafisan	4.08	Valid
Rerata Skor	3.82	Valid

Berdasarkan Tabel 3 di atas skor rerata penilaian pada komponen aspek kelayakan isi yaitu 4.10 kategori **Valid**, hal ini menunjukkan bahwa kelayakan isi telah sesuai dengan pokok bahasan. Materi dalam modul pembelajaran telah sesuai dengan Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar, kebutuhan siswa, kebutuhan bahan ajar, kebenaran substansi konsep materi dalam modul sesuai dari aspek keilmuan, kebermanfaatan dalam menambah wawasan pengetahuan serta kesesuaian modul dengan nilai-nilai, moral dan sosial.

Rerata skor pada aspek kebahasaan dari Modul Pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti yaitu 3.67 kategori **Valid**, hal ini menunjukkan bahwa Modul Pembelajaran yang dikembangkan telah sesuai dalam segi kebahasaan. Kesesuaian dalam kalimat yang digunakan, kejelasan informasi, penggunaan bahasa Indonesia yang sesuai kaedah serta penggunaan bahasa secara efektif dan efisien. Aspek kepraktisan dari Modul Pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti menunjukkan rerata skor 3.33 kategori

Cukup Valid, yang berarti Modul Pembelajaran yang dikembangkan cukup sesuai dalam hal membantu siswa belajar secara mandiri.

Rerata skor penilaian pada aspek sajian dari Modul Pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti yaitu 3.93 kategori **Valid**, hal ini menunjukkan bahwa Modul Pembelajaran yang dikembangkan sesuai dalam hal kejelasan tujuan, urutan penyajian, pemberian motivasi, interaktivitas serta kelengkapan informasi. Segi aspek kegrafisan dari Modul Pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti menunjukkan rerata skor 4.08 kategori **Valid**, hal ini berarti Modul Pembelajaran yang dikembangkan sesuai dalam hal penggunaan font, lay out, ilustrasi, grafis serta desain tampilan.

Rerata hasil penilaian kelima komponen untuk Modul Pembelajaran dari ketiga validator diperoleh skor total yaitu 3.82 dengan kriteria validitas yaitu **Valid** (3.4-4.1). Dari hasil validitas tersebut, ketiga validator memberikan kesan umum bahwa Modul Pembelajaran dapat digunakan dalam pembelajaran dengan beberapa perbaikan/penyempurnaan. Perbaikan yang disarankan oleh validator dapat dirincikan untuk membantu menyempurnakan Modul Pembelajaran yang telah dikembangkan, saran-saran tersebut antara lain:

1. Pada Modul masukkan gambar singkong sesungguhnya
2. Topik lembar kegiatan 2.1 sebaiknya tidak diwarnai, cukup hitam saja dan ukuran huruf diperbesar menjadi 14.
3. Pada modul hasil penelitian nata de cassava dari limbah cair tapioka dan fokus kepada hasil penelitian dan fermentasi yang tidak berhubungan dengan dengan hasil penelitian tidak perlu ditampilkan pada modul ini.
4. Materi dan soal sesuaikan pada tingkat materi di SMA.

Berdasarkan saran-saran yang telah diberikan validator, maka peneliti melakukan revisi terhadap Modul Pembelajaran ini guna penyempurnaan Modul Pembelajaran yang telah dikembangkan. Adapun Modul Pembelajaran yang dicantumkan dalam penelitian ini adalah hasil revisi berdasarkan saran dari ketiga validator tersebut. Dengan demikian, Modul Pembelajaran yang telah dikembangkan dapat digunakan dan diimplementasikan dalam proses pembelajaran Biologi kelas XII SMA.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penambahan gula 15 % merupakan perlakuan yang menghasilkan ketebalan, kadar serat kasar, tekstur dan tingkat kesukaan tertinggi, Modul Pembelajaran dapat diimplementasikan pada pokok bahasan Bioteknologi Konvensional (produk bioteknologi konvensional) pada mata pelajaran Biologi kelas XII SMA dengan penilaian oleh validator yaitu 3.82 (valid). Rekomendasi kepada peneliti selanjutnya untuk dapat melakukan pengujian terhadap parameter lainnya seperti kadar air dan kadar glukosa untuk mengetahui nilai gizi nata de cassava dari limbah cair tapioka. Mengimplementasi Modul Pembelajaran di SMA kelas XII SMA pada mata pelajaran Biologi pokok bahasan Bioteknologi Konvensional (produk bioteknologi konvensional).

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pertanian. 2011. *Produksi Nata De Cassava Dengan Substrat Limbah Cair Tapioka*. Badan Litbang Pertanian. Jakarta Selatan.
- Depdiknas.2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*.Departemen Pendidikan Nasional. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. Jakarta.
- Dick, W., Carey, L. and Carey, J.O. 2005. *The Systematic Design of Instruction*. Pearson. Boston.
- Erlina Arviyanti dan Nirma Yulimartini. 2009. Pengaruh Penambahan Air Limbah Tapioka pada Proses Pembuatan Nata. Skripsi dipublikasikan. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Franelia Angela Laras, Zakiatulyaqindan Suko Priyono. 2012. Pengaruh Lama Penyimpanan Air Kelapa dan Konsentrasi Gula Pasir terhadap Karakteristik dan Organoleptik Nata De Coco. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian UNTANPontianak*. 2(2)
- Hardi Mey Rizal, Dewi Masria Pandiangan, Abdullah Saleh. 2013. Pengaruh Penambahan Gula, Asam Asetat dan Waktu Fermentasi Terhadap Kualitas Nata De Corn. *Jurnal Teknik Kimia*. 19(1): 34-39
- Indah Putriana dan Siti Aminah. 2013. Mutu Fisik, Kadar Serat dan Sifat Organoleptik Nata de Cassava Berdasarkan Lama Fermentasi. *Jurnal Pangan dan Gizi*.4(7): 29-38
- Iskandar, dkk., 2010. Pembuatan Film Selulosa dari Nata de Pina. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(3): 105-111
- Nainggolan, J. 2009. *Kajian Pertumbuhan Bakteri Acetobacter sp dalam Kombucha-Rosela Merah (Hibiscus sabdariffa) pada Kadar Gula dan Lama Fermentasi yang Berbeda*. Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Novianti dan Hendrizon.2003. Pembuatan Nata de Soya dari Limbah Cair Pabrik Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*. 9-19
- Ririn Setyantini. 2011. Konsep Pengendalian Mutu dan *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) Nata De Cassava. Skripsi dipublikasikan. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Rossi, E., U. Pato dan S. R. Damanik. 2008. Optimalisasi Pemberian Amonium Sulfat terhadap Produksi Nata de Banana Skin.Pekanbaru. *J.SAGU*: 7(2): 30-36
- SNI 01-4317-1996. 1996. *Nata dalam Kemasan*. Departemen Perindustrian. Jakarta Pusat. (Online), <http://sisni.bsn.go.id>
- Yustina. 2010. *Modul Pembelajaran*. FKIP Universitas Riau. Pekanbaru.