

# **PENGARUH pH DAN KONSENTRASI STARTER *Saccharomyces cerevisiae* TERHADAP RENDEMEN MINYAK KELAPA HASIL FERMENTASI SEBAGAI PERANGKAT PEMBELAJARAN BIOTEKNOLOGI SEDERHANA**

**Firdaus<sup>1</sup>, H. Andi Tanra Tellu dan I Nengah Kundera<sup>2</sup>**

*firdausm887@gmail.com*

<sup>1</sup> *Mahasiswa Program Studi Magister Pendidikan Sains Program Pascasarjana Universitas Tadulako*

<sup>2</sup> *Dosen Program Studi Magister Pendidikan Sains Program Pascasarjana Universitas Tadulako*

## **Abstract**

*This study aimed to describe the influence of pH and concentration starter *Saccharomyces cerevisiae* to the yield of coconut-oil fermentation as a result biotechnology simple learning device. This study using a randomized complete block design with a factorial design by treatment three times replications. The research variables are the effect of pH and the concentration of starter *Saccharomyces cerevisiae*. The results showed that the treatment of pH 4 and addition of starter *Saccharomyces cerevisiae* as much as 10% produce the highest yield of coconut oil, whereas the treatment which produces palm oil yield is the lowest pH 7 and concentration starter 0%. The results of palm oil yield obtained ranges from 15.00% to 33.67%. The results of the study would be continued by the manufacture of teaching biology particularly biotechnology materials in the form of teaching materials, teacher guides and student guides. The procedure used is a modification model manufacture Thiagarajan or 4-D models. The resulting learning device, then assessed by an expert content, design experts, media experts, partners teachers and students high school Al-Azhar Palu. The percentage value of teaching materials is 88% (good category), teachers' guidebook 88% (good category) and students guidebooks 91% (excellent category). Therefore the learning devices generated in this study proper to use.*

**Keywords:** *pH, concentration, fermentation, yield, Coconut Oil and learning devices.*

Bioteknologi merupakan cabang ilmu biologi yang menggunakan mikroorganisme untuk menghasilkan produk dan jasa serta pemanfaatannya dalam pemenuhan kebutuhan masyarakat. Berdasarkan produk yang dihasilkan, bioteknologi dibedakan menjadi bioteknologi modern dan bioteknologi sederhana. Dewasa ini, bioteknologi memberi peranan penting dalam berbagai aspek kehidupan terutama dibidang kesehatan, pertanian, pangan dan produk jasa lainnya. Sejalan dengan pendapat Nurcahyo (2011) bahwa batasan proses bioteknologi terkandung beberapa hal penting, yaitu agen biologis (mikroba, enzim, sel tanaman, sel hewan), pendayagunaan secara teknologis dan industrial, serta produk dan jasa yang diperoleh.

Perkembangan penerapan bioteknologi terutama pada produk makanan semakin meningkat melalui penemuan dan penerapan metode yang terkandung didalamnya. Bioteknologi sederhana yang memiliki peranan dalam menghasilkan produk makanan dikenal sebagai proses fermentasi (peragian). Proses fermentasi dapat menyederhanakan substansi organik kompleks oleh suatu enzim yang dihasilkan mikroorganisme.

Fermentasi sebagai salah satu bentuk bioteknologi sederhana yang memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri atau jamur untuk menghasilkan produk berupa makanan. Salah satu pemanfaatannya adalah pembuatan minyak kelapa hasil fermentasi. Minyak kelapa merupakan produk yang dibutuhkan, mengingat semakin meningkatnya konsumen

seperti restoran, industri makanan, obat-obatan dan rumah tangga. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka produk yang berkualitas serta jumlahnya yang cukup mutlak dipenuhi (Doloksaribu, 2010). Melihat aspek kepentingan minyak kelapa dipasaran untuk konsumsi masyarakat, sebagai alternatif proses pembuatan minyak kelapa secara fermentasi perlu dilakukan. Penerapan teknik fermentasi dalam pembuatan minyak kelapa tentunya dapat memberikan sumbangsih kepada masyarakat terutama untuk pemenuhan kebutuhan minyak kelapa.

Pembuatan minyak kelapa dengan cara fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni jenis kelapa, usia kelapa, starter yang digunakan, lama atau waktu fermentasi serta faktor yang mempengaruhi kerja mikroorganisme yang digunakan (pH dan konsentrasi mikroba). pH merupakan faktor yang perlu dikontrol karena meskipun dalam proses fermentasi menyebabkan penurunan pH, namun untuk efisiensi kerja mikroorganisme yang digunakan memerlukan pH optimal. Aditiya, dkk. (2014) mengemukakan pertumbuhan *Saccharomyces cereviceae* dipengaruhi oleh pH, Suhu, sumber energi dan air bebas.

Proses ekstraksi minyak secara fermentasi melibatkan enzim-enzim pemecah emulsi santan sedangkan aktivitas enzim dipengaruhi oleh konsentrasi substrat, konsentrasi enzim, pH, suhu dan lamanya reaksi enzimatik (Soeka, dkk. 2008). Secara teoritis bahwa konsentrasi enzim yang dihasilkan tergantung pada konsentrasi mikroorganisme sebagai strarter. Untuk mengkaji lebih dalam mengenai beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pembuatan minyak kelapa secara fermentasi perlu dilakukan suatu penelitian yang substansial mengenai pH dan konsentrasi starter.

Terkait dengan pembelajaran bioteknologi ditingkat satuan pendidikan menengah, salah satu hal yang perlu dipersiapkan adalah perangkat pembelajaran

yang sifatnya kontekstual. Purwaningsih, dkk. (2009), mengemukakan bahwa kesulitan dan minat belajar dalam proses pembelajaran khususnya materi bioteknologi hampir menyeluruh dirasakan oleh peserta didik pada satuan pendidikan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan guru dalam menyajikan materi yang kurang tepat sehingga memungkinkan pembelajaran menjadi tidak kontekstual.

Peningkatan penguasaan konsep siswa dalam pemanfaatan mikroorganisme pada teknik fermentasi dapat meningkatkan motivasi dan minat siswa dalam merealisasikan serta mengaplikasikannya dimasyarakat. Teknik ini perlu diterapkan dalam materi pembelajaran di sekolah karena materi bioteknologi merupakan cabang ilmu biologi yang dipelajari, baik sekolah menengah sampai jenjang perguruan tinggi. Sehingga pembuatan perangkat pembelajaran dapat memberikan pengalaman yang sangat berarti dalam konteks yang lebih nyata.

Perangkat pembelajaran tentang materi bioteknologi sederhana sebagai produk ilmiah penelitian berupa bahan ajar, panduan guru dan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) serta dilengkapi dengan lembar kerja siswa (LKS), tes hasil belajar (THB). Perangkat pembelajaran sebagai produk di bidang pendidikan diharapkan dapat meningkatkan motivasi dan minat siswa terkhusus dalam pemahaman dan penguasaan konsep serta pemanfaatan mikroorganisme sebagai bahan dasar pembuatan minyak kelapa secara fermentasi.

Uraian fenomena tersebut menjadi latar belakang dilakukannya penelitian pengaruh pH dan konsentrasi starter *S. cereviceae* terhadap rendemen minyak kelapa hasil fermentasi dan pengembangannya sebagai perangkat pembelajaran pada materi bioteknologi.

**METODE**

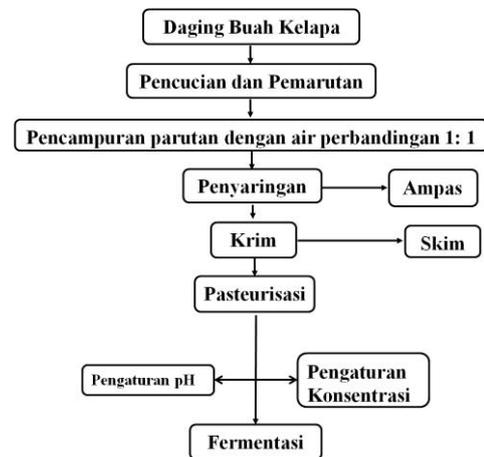
Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen murni. Penelitian murni mengarah pada pembuktian ada tidaknya pengaruh pH dan konsentrasi starter *S. cereviceae* terhadap rendemen minyak kelapa hasil fermentasi. Desain penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dua faktor. Dalam penelitian ini yang dijadikan perlakuan adalah pH dan konsentrasi starter *S. cereviceae* serta interaksi keduanya. Produk penelitian dibidang pendidikan berupa perangkat pembelajaran materi bioteknologi di sekolah.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dua faktor. Faktor A (variasi bertingkat pH) yang terdiri dari empat taraf, yaitu: (1) A<sub>1</sub> = pH 4, (2) A<sub>2</sub> = pH 5, (3) A<sub>3</sub> = pH 6 dan (4) A<sub>4</sub> = pH 7 (control). Sedangkan Faktor B (konsentrasi starter dalam santan) yang terdiri dari 5 taraf, yaitu: (1) B<sub>0</sub> = konsentrasi starter 0% sebagai kontrol, (2) B<sub>1</sub> = konsentrasi starter 5%, (3) B<sub>2</sub> = konsentrasi starter 10%, (4) B<sub>3</sub> = konsentrasi starter 15% dan (5) B<sub>4</sub> = konsentrasi starter 20%. Masing-masing dilarutkan ke dalam 200 ml krim santan.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako. Waktu pelaksanaan mulai bulan Februari sampai Maret Tahun 2015.

Pelaksanaan penelitian dengan beberapa tahapan persiapan meliputi pengadaan alat-alat penelitian, bahan-bahan penelitian, pembuatan starter, serta pembuatan krim

santan dan fermentasi krim santan. Secara ringkas ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Pembuatan Santan dan Fermentasi

Pembuatan perangkat pembelajaran berupa bahan ajar berisi LKS dan THB, panduan guru berisi silabus maupun RPP, panduan siswa. Model yang digunakan dalam pembuatan perangkat pembelajaran adalah modifikasi dari model Thiangajaran, Semmel & Semmel yang dikenal dengan model 4-D (Trianto, 2010).

Data yang diperoleh menggunakan lembar validasi dan angket ujicoba terbatas selanjutnya dianalisis secara deskriptif dengan persamaan berikut (Nasoetion, dkk., 2007).

$$n. \text{Kevalidan} = \frac{\text{Jumlah skor perolehan}}{n \times \text{bobot tertinggi}} \times 100\%$$

Persentase nilai yang diperoleh dibandingkan dengan indikator validitas pada Tabel 1.

**Tabel 1. Indikator Validitas Perangkat Pembelajaran**

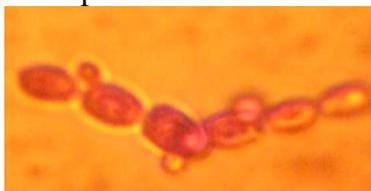
Tingkat pencapaian	Kualifikasi	Keterangan
85 % - 100 %	Sangat baik	Tidak perlu direvisi
75 % - 84 %	Baik	Tidak perlu direvisi
65 % - 74 %	Cukup baik	Direvisi
55 % - 64 %	Kurang baik	Direvisi
0 % - 54 %	Sangat kurang baik	Direvisi

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil**

**Hasil Isolasi *Saccharomycer cerevisiae***

Pembuatan minyak kelapa secara fermentasi menggunakan *S. cerevisiae* diawali dengan pembuatan starter. Pembuatan starter dilakukan dengan mengisolasi *S. cerevisiae* pada media *potato dekstro agar* (PDA), sehingga diperoleh biakan murni *S. cerevisiae*. Hasil isolasi starter *S. cerevisiae* dapat di amati pada Gambar 2.



**Gambar 2. *S. cerevisiae* Hasil Isolasi**

*S. cerevisiae* (Gambar 2.) hasil isolasi menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 100 kali menunjukkan ciri morfologi berbentuk oval dan berwarna bening. Biakan murni yang diperoleh tersebut layak digunakan sebagai starter. Selanjutnya biakan tersebut ditumbuhkan pada medium cair *Mueller Hinton Broth* (MHB). Pencampuran media dan *S. cerevisiae* yang siap digunakan dalam krim santan disebut starter.

**Hasil Krim Santan Sebelum dan Setelah Fermentasi**

Proses fermentasi krim santan menggunakan starter *S. cerevisiae* dapat dilihat melalui perubahan bentuk krim santan sebelum dan setelah fermentasi. Perubahan

krim santan sebelum dan setelah fermentasi dapat dilihat pada Gambar 3.

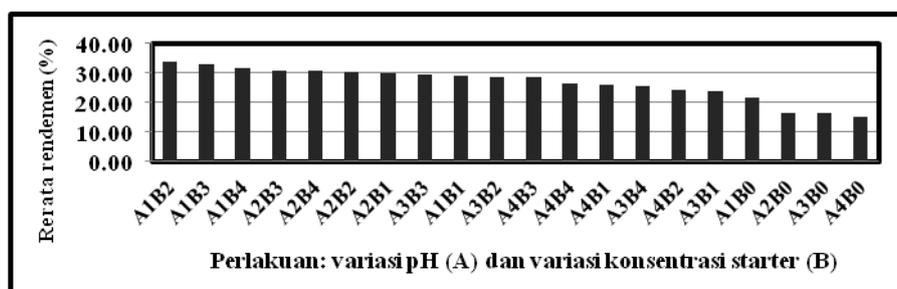


**Gambar 3. Krim Santan: (a) Sebelum Fermentasi dan (b) Setelah Fermentasi.**

Gambar 3. menunjukkan kondisi krim santan. Krim santan sebelum fermentasi nampak berwarna putih kental dan belum terlihat adanya pemisahan komponen air lemak dan protein. Sedangkan setelah fermentasi kondisi krim santan mengalami perubahan warna (kekuningan) dan terbentuk tiga lapisan krim santan. Hal ini membuktikan terjadinya proses fermentasi oleh starter *S. cerevisiae*.

**Perbandingan Rerata Rendemen Minyak Kelapa (%)**

Rendemen adalah persentase rasio volume produk dengan volume bahan baku. Rendemen minyak kelapa menjadi parameter dalam analisis statistik. Hasil rendemen minyak kelapa yang diperoleh cukup bervariasi dalam rendemen (%) sebagai bentuk pengaruh perlakuan pH dan konsentrasi starter yang digunakan dalam penelitian. Perbandingan hasil rerata rendemen minyak kelapa dapat disimak pada Gambar 4.



**Gambar 4. Perbandingan Hasil Rerata Rendemen Minyak Kelapa (%)**

Gambar 4. Menunjukkan persentase rendemen minyak kelapa mulai dari hasil rendemen tertinggi hingga hasil rendemen terendah yang diperoleh dalam penelitian. Rendemen tertinggi diperoleh pada perlakuan A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> sebesar 33,67% dan rendemen terendah ditunjukkan pada perlakuan A<sub>4</sub>B<sub>0</sub> sebesar 15%. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan lebih jelas dapat disimak pada analisa data.

**Hasil Analisa Data**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, data yang diperoleh berupa hasil produksi minyak kelapa dalam milliliter (ml). Secara ringkas tersaji dalam analisis sidik ragam pada Tabel 2.

**Tabel 2. Analisis Sidik Ragam (uji-F) RAK Dua Faktor**

SK	Db	JK	KT	F	F.tabel 0.05
Kelompok	2	13.33	6.67	2.49 <sup>tn</sup>	3.23
Perlakuan:	19	1726.88	90.89	33.92*	1.84
pH (A)	3	311.01	103.67	38.69*	2.84
Konsentrasi (B)	4	1326.03	331.51	123.70*	2.61
A x B	12	89.84	7.49	2.79*	2.00
Galat	38	101.83	2.68		
Jumlah	78	3568.92			

kk = 6,65 %; \*Berpengaruh nyata pada taraf 5 %; tn = tidak nyata; R Squared = 0,89%.

Analisis varians menggunakan RAK pola faktorial pada perlakuan pengaruh pH dan konsentrasi starter *S. cerevisiae* seperti tersaji dalam sidik ragam di atas menunjukkan nilai *F* <sub>hitung</sub> lebih besar dari *F* <sub>tabel</sub>, dengan demikian H<sub>0</sub> ditolak. Hal ini berarti perlakuan pH dan konsentrasi starter *S. cerevisiae* mempengaruhi rendemen minyak

kelapa yang dibuat secara fermentasi pada taraf kepercayaan 5%.

Hasil Uji Duncan menunjukkan bahwa perbandingan rerata dari perlakuan menunjukkan perbedaan terhadap rendemen minyak kelapa yang dihasilkan dengan proses fermentasi. Hasil Uji Duncan dari selisih rerata perlakuan yang ada dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Uji Duncan Perlakuan Pengaruh pH dan Konsentrasi Starter *S. cereveciae***

Perlakuan	Rerata Rendemen (%)	Taraf Signifikan Duncan (α 0,05)	Peringkat (P)
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	33.67	a	1
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	32.83	ab	2
A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	31.67	abc	3
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	30.83	bcd	4
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	30.67	bcd	5
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	30.50	bcd	6
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	30.17	cd	7
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	29.67	cd	8
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	29.17	de	9
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	28.83	def	10
A <sub>4</sub> B <sub>3</sub>	28.50	ef	11
A <sub>4</sub> B <sub>4</sub>	26.67	fg	12
A <sub>4</sub> B <sub>1</sub>	26.17	gh	13
A <sub>3</sub> B <sub>4</sub>	25.67	h	14
A <sub>4</sub> B <sub>2</sub>	24.17	hi	15
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	23.83	hi	16
A <sub>1</sub> B <sub>0</sub>	21.67	i	17
A <sub>2</sub> B <sub>0</sub>	16.67	j	18
A <sub>3</sub> B <sub>0</sub>	16.50	j	18
A <sub>4</sub> B <sub>0</sub>	15.00	j	20

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata UWBD 5%

### Hasil Pengembangan Perangkat

Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk membuat perangkat pembelajaran materi bioteknologi, untuk siswa SMA kelas XII semester genap. Perangkat pembelajaran yang dimaksud, yaitu bahan ajar, panduan guru dan panduan siswa. Perangkat pembelajaran yang divalidasi oleh pakar/ahli dan diujicobakan secara terbatas.

### Penilaian Perangkat Pembelajaran

Berdasarkan hasil penilaian ahli media, ahli desain, ahli isi dan uji coba terbatas oleh 2 orang guru biologi serta 5 orang siswa SMA, maka diperoleh rerata persentase penilaian perangkat pembelajaran berupa bahan ajar, panduan guru dan panduan siswa yang ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Rerata Persentase Penilaian Perangkat oleh Ahli dan Uji Coba Terbatas**

No	Produk	Penilai / Persentase (%)					Rerata	Kategori
		Ahli Isi	Ahli Desain	Ahli Media	Guru Biologi	Siswa		
1	Bahan Ajar	88%	89%	90%	84%	89%	88%	Sangat Baik
2	Pegangan Guru	86%	89%	97%	80%	-	88%	Sangat Baik
3	Panduan Siswa	88%	91%	97%	-	89%	91%	Sangat Baik

### Pembahasan

Pada tahapan penelitian eksperimen, terdapat beberapa aspek penting dalam pembuatan minyak kelapa secara fermentasi, yaitu isolasi *S. cerevisiae* sebagai tahap pembuatan starter, pembuatan krim santan, penentuan pH dan konsentrasi starter serta kondisi krim setelah fermentasi dan hasil rendemen minyak kelapa. Selain itu, dalam pekerjaan mikroorganisme yang perlu diperhatikan aspek sterilisasi alat dan bahan yang digunakan serta pekerjaannya dilakukan secara aseptik. Hasil isolasi dengan proses penumbuhan dan pemurnian diperoleh biakan murni *S. cerevisiae* yang layak digunakan sebagai starter. Utami (2008), menjelaskan bahwa starter adalah susunan mikroba yang cukup banyak untuk ditambahkan dalam suatu larutan bahan mentah yang sudah disiapkan untuk proses fermentasi. Starter tersebut layak digunakan karena tidak terkontaminasi oleh organisme lain dengan pengamatan mikroskopis dan dari hasil pengamatan mikroskopis, starter berisi khamir *S. cerevisiae* yang mempunyai ciri-ciri berbentuk oval dan berwarna bening.

Pernyataan tersebut sejalan dengan pendapat Antara (2012), menyatakan bahwa pada proses fermentasi, kultur starter sangat

penting diperhatikan karena perannya dalam proses fermentasi. Kultur starter berperan dalam proses biokimia untuk menghasilkan produk fermentasi yang diharapkan. Penggunaan kultur starter dalam proses fermentasi bertujuan untuk menghindari kegagalan fermentasi dan mempercepat proses fermentasi. Kultur starter yang baik adalah kultur yang diisolasi langsung dari produk fermentasi melalui proses alami. Dengan demikian, pemilihan kultur starter yang digunakan dalam proses fermentasi sangat menentukan mutu produk akhirnya.

Berdasarkan hasil analisis statistik (analisis varians) rancangan acak kelompok dua faktor atau uji-F (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan pH dan konsentrasi starter *S. cerevisiae* berpengaruh nyata pada taraf signifikan 5 %, dimana pada perlakuan dua faktor F-hitung yang diperoleh adalah 2,79 lebih besar dari F tabel yaitu 2,00 berarti hipotesis ( $H_0$ ) di tolak. Jadi kombinasi pH dan konsentrasi starter *S. cerevisiae* serta interaksinya mempengaruhi jumlah rendemen minyak kelapa yang dihasilkan. Pembuatan minyak kelapa secara fermentasi dilakukan dengan pengaturan pH dan konsentrasi starter *S. cerevisiae* dapat diterapkan secara terpisah, salah-satu atau secara bersama-sama. Artinya

jika alat dan bahan memadai maka lebih baik dilakukan pengukuran pH, namun jika sebaliknya maka cukup dilakukan dengan menentukan konsentrasi starter.

Hasil uji lanjut yang dilakukan dengan menggunakan uji Duncan pada taraf  $\alpha$  0,05 (Tabel 3), menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pH 4 dan konsentrasi starter 10 % ( $A_1B_2$ ) menghasilkan rendemen minyak kelapa yang tertinggi, yaitu 33.67 %. Kombinasi perlakuan  $A_1B_2$  cukup efisien digunakan dalam pembuatan minyak kelapa secara fermentasi karena pada konsentrasi starter 10% (20 ml starter dari 200 ml larutan), mikroorganisme yang ada di dalam larutan bekerja dengan baik. Berdasarkan teori kerja enzim, bahwa enzim akan bekerja baik pada konsentrasi substrat tertentu (Cambell, *et al.*, 2002), artinya reaksi pembentukan minyak kelapa akan terhambat jika konsentrasi substrat ditambahkan seperti yang terjadi pada larutan dengan konsentrasi perlakuan 5 %. Sebaliknya jika konsentrasi starter terlalu banyak atau koloni mikroba dalam jumlah banyak, maka terjadi kompetisi dalam pemenuhan nutrisi yang mengakibatkan pembentukan enzim terhambat. Sehingga laju metabolisme pembentukan minyak kelapa juga terhambat, seperti pada konsentrasi larutan 15% dan 20%.

Proses fermentasi dalam pembuatan minyak kelapa dapat terjadi karena penguraian komponen penyusun santan kelapa yang terdiri dari karbohidrat, lemak dan protein akibat enzim yang dihasilkan oleh *S. cerevisiae*. Hal ini sejalan dengan Suastuti (2009) menyatakan bahwa proses fermentasi menghasilkan enzim amilase, protease dan peptinase. Enzim amilase berperan dalam proses pemecahan pati yang terdapat pada krim santan serta etanol juga dihasilkan pada proses fermentasi yang berperan dalam menarik air yang melingkupi molekul-molekul minyak sehingga terjadi fase minyak dan air. sedangkan enzim protease yang dihasilkan dapat memutus rantai-rantai

peptida pada protein yang terdapat di krim santan. Sejalan pula dengan pendapat Koh, *et al.* (1994), bahwa enzim lipase dapat memisahkan asam lemak dari ikatan gliserida. Reaksi ini terjadi karena adanya kemampuan enzim lipase dalam mengubah trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak serta terjadi apabila terdapat air dalam minyak. Hal ini sesuai pula dengan pendapat Kosungi dan Suzuki (1987) menyatakan bahwa proses hidrolisis lemak oleh enzim lipase adalah proses paling aman karena dilakukan pada temperatur kamar dan tekanan normal tanpa adanya denaturasi bahan dari bahan-bahan organik lainnya.

Salah satu faktor penghambat kerja enzim adalah pH. Hal ini sejalan dengan penelitian Ariwanti dan Cahyani (2008), bahwa pH 4 pada fermentasi menghasilkan rendemen minyak kelapa yang lebih banyak. Sejalan pula dengan pendapat Utami (2008), bahwa *S. cerevisiae* lebih menyukai tumbuh pada keadaan asam yaitu kisaran pH 4 – 4,5 dan suhu 25 – 30 °C sebagai suhu optimum. Dengan pH optimal, degradasi komponen kimia santan dapat berjalan dengan baik pada proses fermentasi, sehingga menghasilkan rendemen minyak kelapa yang lebih banyak. Komponen kimia santan mengalami degradasi karena perlakuan mencapai titik isoelektrik yang menyebabkan rusaknya protein. Hal ini sejalan dengan pendapat David (1989), bahwa pada pH 4 kondisi krim santan berada pada titik isoelektrik yang mengakibatkan rusaknya stabilizer protein. Sedangkan kombinasi perlakuan yang menghasilkan rendemen minyak kelapa terendah adalah kombinasi perlakuan pH 7 dan konsentrasi starter 0% ( $A_4B_0$ ) dengan jumlah 15.00 %. Terbentuknya minyak pada perlakuan  $A_4B_0$  yang masing-masing merupakan kontrol perlakuan, akibat proses pemanasan yang dilakukan selama 15 menit karena menunjukkan jumlah minyak yang dihasilkan jauh lebih rendah.

Berdasarkan peringkat perlakuan (Tabel 3), perlakuan  $A_1B_2$ ,  $A_1B_3$  dan  $A_1B_4$  menghasilkan rendemen minyak kelapa pada

peringkat 1, 2 dan 3 dengan kombinasi pH 4 ( $A_1$ ) dan konsentrasi starter 10% ( $B_2$ ), 15% ( $B_3$ ) dan 20% ( $B_4$ ). Berarti jika dalam kisaran, maka perlakuan terbaik berada pada kisaran kombinasi pH 4 dan konsentrasi starter 10% ( $B_2$ ), 15% ( $B_3$ ) dan 20% ( $B_4$ ). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Sukmadi dan Nugroho (2002), bahwa nilai pH akan berubah selama fermentasi karena terjadi proses pemecahan emulsi santan serta sel-sel mikroba akan memecah gula menjadi asam organik yang akhirnya menyebabkan turunnya nilai pH berkisar antara 4-4,5. Pada prinsipnya perlakuan efisien yaitu kombinasi pH 4 dan konsentrasi starter 10% ( $A_1B_2$ ). Sedangkan perlakuan efektif berada pada kombinasi pH 4 dan konsentrasi starter 20% ( $A_1B_4$ ). Selanjutnya perlakuan peringkat 4 - 16 ( $A_2B_3$  -  $A_3B_1$ ) tidak menunjukkan perbedaan berarti pada uji Duncan, meskipun hasil rendemen yang diperoleh memiliki perbedaan dalam rerata jumlah rendemen (%).

Efisiensi dan efektifitas perlakuan seperti yang diutarakan sebelumnya memiliki perbedaan antara perlakuan  $A_1B_2$  dan  $A_1B_4$ . Efisiensi yang dimaksud yaitu pembuatan minyak teknik fermentasi dengan perlakuan pH dan konsentrasi starter yang tepat, tanpa membuang waktu yang banyak serta dalam pengerjaannya tidak membutuhkan banyak biaya. Sedangkan efektif artinya proses yang dilakukan hanya mengacu pada ada tidaknya pengaruh dan hasil yang diperoleh, tanpa mempertimbangkan besar kecilnya biaya dan energi yang dikeluarkan. Sehingga perlakuan yang tepat digunakan dalam pembuatan minyak kelapa secara fermentasi yakni kombinasi antara pH dan konsentrasi starter pada pH 4 dan konsentrasi 10%.

Besarnya pengaruh pH dan konsentrasi starter *S. cerevisiae* diketahui dengan mengacu pada hasil *R Square* sebesar 0,896. Jika dipersentasekan, besar pengaruhnya adalah 89,6%, artinya pengaruh faktor pH dan konsentrasi starter *S. cerevisiae* 89,6% dan sisanya 10,4% dipengaruhi oleh faktor lain, misalnya jenis kelapa, usia kelapa, suhu dan

lama fermentasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Angginasari dan Rakatika (2013), bahwa faktor yang berpengaruh dalam pembuatan minyak kelapa teknik fermentasi adalah jenis kelapa. Sedangkan Ngatemin (2014) menyatakan bahwa salah satu faktor yang berpengaruh pada pembuatan minyak kelapa yaitu lama fermentasi.

Hasil penelitian sangat memungkinkan untuk diterapkan dalam proses belajar mengajar (PBM). Hal ini perlu dilakukan untuk konsep pembelajaran. konsep pembelajaran khususnya di bidang biologi materi bioteknologi sederhana. Konsep pembelajaran sebagai penerapan hasil penelitian, agar siswa termotivasi untuk mengikuti proses belajar dengan baik. Hasil ini sejalan dengan pendapat Sanjaya (2010) menyatakan bahwa konsep merupakan sasaran utama untuk meningkatkan minat dan motivasi belajar siswa dan mahasiswa secara inovatif dan kreatif, sehingga penguasaan konsep yang dipelajari secara esensial merupakan dasar dalam memahami konsep secara kontekstual.

Hasil penelitian berupa perangkat pembelajaran ini dapat mempermudah dan mengantarkan guru serta peserta didik untuk memantapkan konsep yang berhubungan dengan mata pelajaran Biologi khususnya materi bioteknologi. Hal ini sejalan dengan pendapat Harjanto (2005) menyatakan bahwa bahan pembelajaran dapat meningkatkan proses belajar siswa dalam pengajaran yang pada gilirannya diharapkan dapat meningkatkan hasil belajar yang dicapainya. Lebih lanjut, beberapa alasan mengapa media pembelajaran maupun perangkat pembelajaran dapat meningkatkan proses belajar mengajar siswa antara lain:

- 1) Bahan pengajaran akan lebih jelas maknanya sehingga dapat lebih dipahami oleh para siswa dan memungkinkan siswa menguasai tujuan pengajaran lebih baik.
- 2) Metode mengajar lebih bervariasi, tidak semata-mata komunikasi verbal mulai

penuturan kata-kata oleh guru, sehingga siswa tidak bosan.

- 3) Siswa lebih banyak melakukan kegiatan belajar, sebab tidak hanya mendengarkan uraian guru tetapi juga aktivitas lain seperti mengamati gambar, mendemonstrasikan dan melakukan pengamatan langsung.
- 4) Pengajaran akan lebih menarik perhatian siswa sehingga dapat menumbuhkan motivasi belajar.

Perangkat pembelajaran yang dihasilkan memungkinkan dapat menjadikan proses belajar mengajar sistematis, menarik dan variatif serta memberikan pengalaman yang nyata kepada siswa. Hal ini sejalan dengan Yamin (2008) menyatakan bahwa proses belajar mengajar merupakan proses yang sistematis artinya proses yang dilakukan oleh guru dan siswa di tempat belajar dengan melibatkan sub-sub, bagian, komponen atau unsur-unsur yang saling berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan. Keberhasilan proses belajar mengajar sangat didukung oleh faktor-faktor penunjang yang berada di sekitar (lingkungan). Sehingga guru dan peserta didik, dapat mengetahui gejala-gejala atau fenomena alam yang berada di sekitar lingkungan mereka serta dapat memanfaatkan sebagai media pembelajaran. Selain itu, proses belajar mengajar yang dilaksanakan di dalam laboratorium seperti membuat produk-produk sesuai dengan materi yang telah dipelajari di dalam kelas dapat memberikan pengalaman yang kontekstual dan lebih bermakna sehingga daya serap siswa memungkinkan tercapai dengan maksimal.

Kelayakan produk perangkat pembelajaran untuk digunakan sangat ditentukan dari hasil validasi dan uji coba melalui beberapa tahapan, yaitu: analisis awal, penyusunan draft 1, validasi dari ahli, revisi-draft 2, dan uji coba terbatas, serta revisi-draft final. perangkat pada penelitian ini menghasilkan produk berupa: bahan ajar yang dilengkapi dengan LKS dan tes hasil belajar, panduan guru yang dilengkapi dengan RPP serta panduan siswa. Penelitian ini

melibatkan dua orang tenaga ahli sebagai validator, dua orang guru biologi dan lima orang siswa yang memberikan tanggapannya terhadap produk yang dihasilkan. Tenaga ahli yang dimaksud menilai perangkat pembelajaran dari tiga aspek, yaitu ahli isi, ahli desain, dan ahli media. Guru biologi sebagai mitra peneliti melakukan penilaian perangkat secara umum, sedangkan para siswa menilai dari sisi keterbacaan dan pemahaman serta daya tarik perangkat pembelajaran.

Hasil validasi dari kedua validator menunjukkan persentase sebesar 89% untuk bahan ajar memiliki kriteria sangat baik, 91% untuk panduan guru dengan kriteria sangat baik dan 92% untuk panduan siswa dengan kriteria sangat baik. Rerata sangat baik menggambarkan bahwa perangkat tersebut layak untuk digunakan dalam pembelajaran tanpa melalui revisi. Hasil penilaian oleh siswa dengan rerata persentase sebesar 89% untuk bahan ajar dan 89% untuk panduan siswa, keduanya memiliki kriteria sangat baik. Berdasarkan standar kriteria penilaian maka bahan ajar dan buku panduan siswa layak digunakan ditinjau dari sisi keterbacaan dan pemahaman oleh siswa SMA Al-Azhar Palu.

Hasil penilaian oleh guru biologi dengan rerata persentase sebesar 84% untuk bahan ajar dan 84% untuk panduan guru, keduanya memiliki kriteria baik. Berdasarkan standar kriteria penilaian maka bahan ajar dan panduan guru menurut penilaian guru biologi layak untuk digunakan. Secara keseluruhan rerata hasil penilaian perangkat pembelajaran 88% untuk bahan ajar, 88% untuk panduan siswa dan 91% untuk panduan siswa dengan rerata kategori sangat baik, sehingga dapat disimpulkan bahwa menurut penilaian ahli, siswa SMA dan guru biologi, bahwa perangkat pembelajaran yang dikembangkan layak untuk digunakan dalam pembelajaran biologi materi bioteknologi di SMA khususnya SMA Al-Azhar Palu.

## KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) *Power of hidrogen* (pH) dan konsentrasi starter *S. cerevisiae* berpengaruh terhadap rendemen minyak kelapa melalui fermentasi krim santan.
- 2) Kombinasi perlakuan antara pengaruh pH 4 dan konsentrasi starter 10% menghasilkan rendemen minyak kelapa tertinggi sebesar 33.67%, sehingga cukup efisien dalam pembuatan minyak kelapa secara fermentasi.
- 3) Kombinasi perlakuan antara pH 7 dan konsentrasi starter 20% menghasilkan rendemen minyak kelapa terendah dengan jumlah 15.00%.
- 4) Hasil penilaian ahli, guru biologi dan siswa SMA diperoleh persentase bahan ajar sebesar 89% dengan kategori baik, buku panduan guru 91% kategori sangat baik dan buku panduan siswa 92% kategori baik. Sehingga perangkat pembelajaran dikatakan layak digunakan.

### Rekomendasi

Pembuatan minyak kelapa cara fermentasi efisien dilakukan pada kombinasi pH 4 dan konsentrasi starter *S. cerevisiae* 10%. Penelitian selanjutnya perlu diuji pada kisaran pH 4 (4,2; 4,4; 4,6; 4,9) serta konsentrasi starter pada berbagai isolat jamur *S. cerevisiae*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak Prof. Dr. H. Andi Tanra Tellu, M.S., dan Bapak Dr. I Nengah Kundera, M.Kes., serta seluruh dewan penyunting yang telah membimbing dan mengarahkan penulis hingga sampai pada tahap sekarang ini.

## DAFTAR RUJUKAN

- Aditiya, R., H. Rusmarilin dan L. N. Limbong. 2014. Optimasi Pembuatan Virgin Coconut Oil (VCO) dengan Penambahan Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*) dan Lama Fermentasi dengan VCO Pancingan. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. 2 (2): 51-57.
- Angginasari, U. S. dan Rakatika. 2013. *Pengambilan Minyak Kelapa dengan Proses Fermentasi Menggunakan Saccharomyces cerevisiae* Amobil. Tasik Malaya: Universitas Siliwangi.
- Antara, N. S. 2012. *Pemilihan dan Penanganan Starter Yoghurt di Tingkat Industri*. Bali: Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Udayana.
- Ariwianti, I. D. dan K. A. Cahyani. 2008. Pembuatan Minyak Kelapa dari Santan Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Papain dengan Penambahan Ragi Tempe. *Makalah Penelitian*. Semarang: Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Campbell, N. A., J. B. Reece dan L. G. Mitchell. 2002. *Biologi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Doloksaribu, R. 2010. *Pengaruh Konsentrasi Starter Saccharomyces cerevisiae dan Waktu Fermentasi Terhadap Hasil dan Mutu Minyak Kelapa Virgin Coconut Oil*. Medan: Program Magister Biologi FMIPA USU.
- David, P. S. 1989. *Prinsip-prinsip Biokimia*. Edisi Ke-2. Alih bahasa oleh Soendoru R. Surabaya: Airlangga.
- Harjanto. 2005. *Perencanaan Pengajaran*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Koh, S. K., S. P. Sia and C. W. Wang. 1994. Hydrolysis and Transesterification of Triglyceride by Lipase of Humicola Lanuginose. *International Symposium Bioproduct Processing*. Kuala Lumpur: Institute of Advanced Studies.

- Kosugi, Y. and H. Suzuki. 1987. Hydrolysis of Beef Tallow by Lipase from *Pseudomonas* sp. *Journal of Biotechnologi and Bioengineering*. (31): 349-356.
- Nasoetion, N., Suryanto, A. dan Supriyati, Y. 2007. *Evaluasi Pembelajaran Fisika*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Ngatemin. 2014. *Pengaruh Lama Fermentasi Pada Produksi Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Organoleptik*. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Nurchahyo, H. 2011. *Diktat Bioteknologi*. Jurusan Pendidikan Biologi. Yogyakarta: FMIPA. UNY.
- Purwaningsih, W., Y. R. Nuryani dan S. Redjeki. 2009. Identifikasi Kesulitan Pembelajaran Bioteknologi pada Guru SLTA se Jawa Barat. *Prosiding*. Bandung: Jurusan Pendidikan Biologi Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sanjaya, W. 2010. *Kurikulum dan Pembelajaran (Teori dan Praktik Pengembangan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan)*. Jakarta: Kencana Media Group.
- Soeka, Y. S., Joko, S. dan Elidar, N. 2008. Analisis Biokimia Minyak Kelapa Hasil Ekstraksi secara Fermentasi. *Jurnal Biodiversitas*. 9 (2): 91-95.
- Suastuti, D. A. 2009. Kadar Air dan Bilangan Asam dari Minyak Kelapa yang Dibuat dengan Cara Tradisional. *Jurnal Kimia*. 3 (2): 69-74.
- Sukmadi, B. dan Nugroho N.B. 2002. Kajian Penggunaan Inokulum Pada Produksi Minyak Kelapa Secara Fermentasi. *Jurnal Biosains dan Bioteknologi Indonesia*. 2 (1): 12-17.
- Trianto. 2010. *Model Pembelajaran Terpadu: Konsep, Strategi, dan Implementasinya dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Utami, L. I. 2008. *Pengambilan Minyak Kelapa Secara Fermentasi Berulang Dengan Menggunakan Sel *Saccharomyces cerevisiae**. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri.
- Yamin, M. 2008. *Desain Pembelajaran Berbasis Tingkat Satuan Pendidikan*. Jakarta: Gaung Persada.