



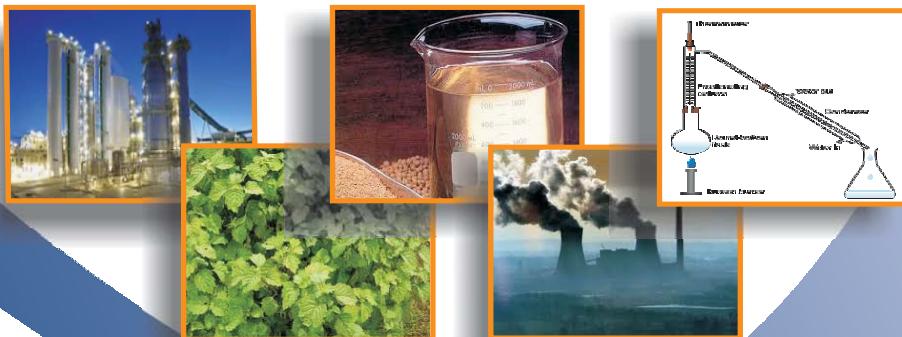
Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

JURNAL HASIL PENELITIAN INDUSTRI HPI

VOLUME : 25

NOMOR : 1

APRIL 2012





Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

JURNAL HASIL PENELITIAN INDUSTRI HPI

VOLUME : 25

NOMOR : 1

APRIL 2012

PENANGGUNG JAWAB

Kepala Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh

KETUA REDAKSI

DR. M. Dani Supardan, ST, MT (*Rekayasa Proses*)

ANGGOTA REDAKSI

DR. Mahidin, ST, MT (*Energi*)

DR. Yuliani Aisyah, S.TP, M.Si (*Pengolahan Hasil Pertanian*)

Mahlinda, ST, MT (*Teknik Industri*)

Fitriana Djafar, S.Si, MT (*Teknik Kimia*)

Syarifuddin, ST, MT (*Teknik Kimia*)

SEKRETARIAT

Fauzi Redha, ST

Berdasarkan SK. LIPI No. 451/D/2010 tanggal 06 Mei 2010

Jurnal Hasil Penelitian Industri (HPI)

Diklasifikasikan sebagai Majalah Berkala Ilmiah Terakreditasi B

Alamat Penerbit:

BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI BANDA ACEH

Jl. Cut Nyak Dhien No. 377, Lamteumen Timur, Banda Aceh 23236

Telp. (0651) 49714 ; Fax. (0651) 49556

E-Mail : hpi_brsbna@yahoo.com

PENGANTAR REDAKSI

Redaksi mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT dengan terbitnya Jurnal HPI (Hasil Penelitian Industri), Volume 25 No. 1 Tahun 2012 untuk pembaca. Jurnal HPI kali ini menyajikan 6 (enam) judul tulisan yang mencakup 1 artikel membahas tentang perancangan alat, 1 artikel membahas tentang pangan dan 4 artikel membahas tentang teknologi proses.

Harapan kami, tulisan-tulisan ilmiah yang disajikan akan memberikan tambahan pengetahuan kepada pembaca semua. Selain itu, kami juga mengundang para pembaca mengirimkan tulisan ilmiah untuk terbitan selanjutnya. Redaksi juga mengharapkan kritikan dan saran dari pembaca dalam rangka meningkatkan kualitas jurnal ini.

Selamat Membaca

Redaksi



JURNAL HASIL PENELITIAN INDUSTRI HPI

VOLUME : 25

NOMOR : 1

APRIL 2012

DAFTAR ISI

PENGANTAR REDAKSI	i
DAFTAR ISI	ii
ABSTRAK	iv
PENGEMBANGAN PROSES PENGOLAHAN MINUMAN NIRA AREN DENGAN TEKNIK ULTRAFILTRASI DAN DEODORISASI (<i>The Development of Aren Sap Drink Processing Technology by Using Ultrafiltration and Deodorization Techniques</i>) Patoni A. Gafar dan Susi Heryani	1
PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN PADA JUS NENAS TERHADAP SHELF LIFE (<i>The Effect of Chitosan Addition in Pineapple Juice Toward Shelf Life</i>) Husniati dan Eva Oktarina	11
KARAKTERISASI DAN MODIFIKASI SIFAT FUNGSIONAL KAYU MANIS DALAM PRODUK PANGAN (<i>Characterization and Modification Functional of Cassia Vera in Food Product</i>) Fitriana Djafar dan Fauzi Redha	18
KARAKTERISTIK LEMAK KAKAO HASIL EKSTRAKSI MENGGUNAKAN BANTUAN ULTRASONIK (<i>Characterization of Cacao Fat Extracted by Ultrasonic Assisted</i>) M. Dani Supardan, Hasnidar dan Eti Indarti	28
PEMBUATAN STARTER MOCAF TERIMOBILISASI DARI ISOLAT BAKTERI ASAM LAKTAT DAN APLIKASINYA PADA PROSES PRODUKSI MOCAF (<i>Production of Immobilized Mocaf Starter from Lactic Acid Bacteria Isolate and Its Application on Mocaf Production Process</i>) Enny Hawani Loebis dan Yuliasri Ramadhani Meutia	35



JURNAL HASIL PENELITIAN INDUSTRI

HIPPI

VOLUME : 25

NOMOR : 1

APRIL 2012

DAFTAR ISI

- FABRIKASI SEL SURYA TERSENSITASI ZAT WARNA
BERBASIS SEMIKONDUKTOR TIO_2 DENGAN METODE ELEKTROFORESIS 48
Ratno Nuryadi, Lia Aprilia, dan Zico Alaia Akbar Junior

JURNAL HASIL PENELITIAN INDUSTRI
Volume 25, No. 1, April 2012

ABSTRAK

PENGEMBANGAN PROSES PENGOLAHAN MINUMAN NIRA AREN DENGAN TEKNIK ULTRAFILTRASI DAN DEODORISASI

Patoni A. Gafar* dan Susi Heryani

Balai Besar Industri Agro
Jl. Ir. H. Juanda No. 11, Bogor 16122, Indonesia
*E-mail: patoni_ag@yahoo.com

Penelitian pengembangan proses pengolahan minuman nira aren dengan teknik ultrafiltrasi dan deodorisasi telah dilaksanakan. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh data dan informasi tentang teknik terbaik dalam memproses nira yang memenuhi syarat untuk menjadi produk minuman nira dalam kemasan. Perlakuan pada penelitian ini meliputi proses pembuatan minuman nira dengan teknik ultrafiltrasi (membran 0,01mm), teknik deodorisasi menggunakan *steam*, dan teknik kombinasi ultrafiltrasi dan deodorisasi. Analisis contoh produk dilakukan terhadap kadar gula, keasaman (pH), logam berat dan uji organoleptik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembuatan minuman nira yang terbaik adalah pada perlakuan dengan teknik kombinasi, dimana produk yang diperoleh mempunyai kadar gula 10,4 - 16,3%, pH 4,0 - 4,3, logam berat Pb < 0,048 mg/kg and Hg < 0,005 mg/kg, serta keadaan (bau dan rasa) normal atau rata-rata disukai sampai sangat disukai. Hasil pengujian parameter tersebut memenuhi syarat standar nasional produk minuman isotonik.

Kata kunci: Nira aren, ultrafiltrasi, deodorisasi, minuman nira

PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN PADA JUS NENAS TERHADAP SHELF LIFE

Husniati* dan Eva Oktarina

Balai Riset dan Standardisasi Industri Bandar Lampung
Jl. By Pass Soekarno Hatta Km.1 Rajabasa Bandar Lampung
*E-mail : husniati.eni@gmail.com

Kitosan adalah polisakarida dari deasetilasi senyawa kitin yang diperoleh dari limbah cangkang udang kelompok *Crustaceae*. Kitosan memiliki potensi untuk dijadikan sebagai bahan pengawet alami, bekerja sebagai zat anti mikroba karena mengandung enzim lisosim dan aminopolisakarida. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan dalam minuman jus nenas yang dianalisis dari nilai cemaran bakteri sehingga fungsi dan efeknya dapat menentukan *shelf life* produk tersebut. Kitosan yang digunakan adalah kitosan T. 345, dengan derajat deasetilasi (DD) 71% dan larut dalam asam organik lemah, yang merupakan hasil penelitian dari Baristand Industri Bandar Lampung. Ada dua tahap pada penelitian ini yaitu tahap pendahuluan untuk penentuan konsentrasi kitosan secara *bioassay* dan tahap berikutnya, yaitu aplikasi konsentrasi kitosan dalam jus nenas. Hasil uji *bioassay* menunjukkan konsentrasi kitosan dengan daya hambat maksimal terhadap campuran bakteri adalah 0,05% b/v, dengan *range* 0,05-2,5% dan natrium benzoat 0,1%. Untuk aplikasi konsentrasi 0,05% b/v kitosan dalam jus nenas diamati Angka Lempeng Total (ALT) pada hari ke-1, 3, 5, 7, 9, dan 13. Hasil pengamatan ALT diperoleh bahwa penambahan kitosan 0,05% b/v dalam jus nenas melalui perlakuan pasteurisasi yang disimpan pada suhu ruang memberikan nilai ALT di bawah batas ambang cemaran mikroba (merujuk pada SNI 7388:2009) hingga 13 hari. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa penambahan kitosan pada konsentrasi 0,05% b/v memberikan efek peningkatan *shelf life* pada jus nenas pasteurisasi lebih lama dari pada jus nenas tanpa pasteurisasi, jus tanpa penambahan kitosan, dan jus dengan penambahan natrium benzoat 0,1% tanpa pasteurisasi.

Kata kunci : ALT, cangkang udang kelompok *Crustaceae*, jus nenas, kitosan, *shelf-life*

JURNAL HASIL PENELITIAN INDUSTRI

Volume 25, No. 1, April 2012

ABSTRAK

KARAKTERISASI DAN MODIFIKASI SIFAT FUNGSIONAL KAYU MANIS DALAM PRODUK PANGAN

Fitriana Djafar* dan Fauzi Redha

Baristand Industri Banda Aceh, Jl. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur – Banda Aceh

*E-mail : vee_3004@yahoo.com

Karakteristik dan modifikasi sifat fungisional kayumanis dalam produk pangan bertujuan untuk diversifikasi produk oleoresin menjadi produk pangan dan meningkatkan nilai tambah dari komoditi kayu manis di Provinsi Aceh. Ruang lingkup kegiatan penelitian meliputi proses ekstraksi oleoresin kayumanis, proses pemurnian, karakterisasi produk oleoresin kayumanis (GCMS dan SEM), aplikasi oleoresin kayumanis dalam produk pangan, uji organoleptik terhadap produk pangan modifikasi. Ekstraksi oleoresin kayumanis menggunakan metode ekstraksi sokhlet. Variabel percobaan terdiri dari variabel tetap yaitu berat kayumanis 60 gram dan ukuran partikel 60 mesh, sedangkan variabel berubah yaitu 1). rasio pelarut terhadap bahan (1:8, 1;10, 1;12 dan 1:14), 2). jenis pelarut (Etanol 96% p.a dan Etanol daur ulang), 3) perlakuan setelah ekstraksi (diuapkan dan tidak diuapkan). Perlakuan ekstraksi oleoresin kayumanis dengan metode sokhlet yang paling optimal yaitu pada perlakuan jenis pelarut ethanol 96% (diuapkan), rasio bahan dan pelarut 1: 15, ukuran partikel 80 mesh, waktu ekstrak 8 jam, dengan yield oleoresin kayumanis sebesar 41,53% Hasil uji karakterisasi sifat fisiko kimia terhadap oleoresin kayumanis pada perlakuan optimal yaitu warna oleoresin coklat kemerahan; bentuk cairan kental; bau/aroma khas kayumanis, Indeks Bias 1,5304; Bobot Jenis 1,0179; morfologi/bentuk struktur partikel tidak seragam. Hasil uji GCMS diketahui secara umum oleoresin hasil ekstraksi dengan metode sokhlet menggunakan pelarut etanol 96% dan pelarut bekas tidak berbeda secara signifikan, yaitu mengandung komponen propene, propene, trideuteroacetonitril, Cinnamaldehyd, Coumarin. Hasil Uji organolpetik diketahui bahwa respon panelis terhadap produk pangan aplikasi berupa kue kering yakni “sangat suka” pada variasi penambahan oleoresin 2% yaitu sebesar 48% panelis.

Kata kunci: ekstraksi sokhlet, kayumanis, oleoresin, dan uji organoleptik

KARAKTERISTIK LEMAK KAKAO HASIL EKSTRAKSI MENGGUNAKAN BANTUAN ULTRASONIK

M. Dani Supardan^{1*}, Hasnidar² dan Eti Indarti³

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

²Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan, Banda Aceh.

³Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*E-mail: m.dani.supardan@che.unsyiah.ac.id

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik lemak kakao yang dihasilkan dengan metode ekstraksi pelarut menggunakan bantuan ultrasonik. Lemak kakao diperoleh dari hasil ekstraksi biji kakao yang berasal dari perkebunan rakyat di Kecamatan Langkahan Kabupaten Aceh Utara yang telah mengalami perlakuan awal dengan cara fermentasi dan pengeringan. Pada penelitian ini, proses ekstraksi dilakukan dengan pelarut n-heksan. Karakteristik lemak kakao hasil ekstraksi menggunakan bantuan ultrasonik adalah asam lemak bebas berkisar antara 0,83–0,90%; bilangan penyabunan berkisar antara 193,56–195,16 mg KOH/gram lemak; bilangan iod 33,93 gram/100 gram; titik leleh awal 33,27°C dan titik leleh akhir 35,28°C serta indeks bias 1,457. Hasil-hasil analisis ini menunjukkan bahwa sebagian besar parameter uji sudah memenuhi syarat mutu lemak kakao sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 01-3748-1995. Uji solid fat content pada suhu 40°C menunjukkan lemak kakao yang mencair sekitar 96,32% yang berarti sebanyak 3,68% masih merupakan padatan. Disamping itu, hasil analisis gas kromatografi menunjukkan kandungan asam lemak tertinggi dan terendah dalam lemak kakao masing-masing adalah asam stearat dan asam arasidat.

Kata kunci: ekstraksi, lemak kakao, solid fat content, ultrasonic

JURNAL HASIL PENELITIAN INDUSTRI
Volume 25, No. 1, April 2012

ABSTRAK

PEMBUATAN STARTER MOCAF TERIMOBILISASI DARI ISOLAT BAKTERI ASAM LAKTAT DAN APLIKASINYA PADA PROSES PRODUKSI MOCAF

Enny Hawani Loebis^{*} dan Yuliasri Ramadhani Meutia

Balai Besar Industri Agro (BBIA), Jl. Ir. H. Juanda No.11 Bogor 16122

*E-mail : loebis_enny@yahoo.com

Penelitian pembuatan starter mocaf terimobilisasi dari isolat bakteri asam laktat dan aplikasinya pada proses produksi mocaf telah dilakukan. Dalam penelitian ini starter dibuat dengan menggunakan 5 kombinasi isolat BAL. Inokulum starter dibuat dengan mengimobilisasi sel dengan alginat dan gelatin (2:1) sebagai karier dengan pre-treatment menggunakan sodium sitrat dan trehalose sebagai suplemen. Kultur yang terimobilisasi ditambahkan dengan berbagai bahan pengisi dengan perbandingan 1:2, dikeringkan menggunakan vakum berkompresor. Hasil menunjukkan bahan pengisi yang terbaik adalah tepung beras dengan perbandingan antara kultur terimobilisasi dengan bahan pengisi adalah 1:2, dikeringkan pada vakum kompresor suhu 36–38 °C selama 3-4 jam. Bahan pengisi yang terbaik tersebut digunakan untuk membuat seluruh kombinasi starter dan diimplementasikan untuk memfermentasi ubi kayu untuk menghasilkan tepung mocaf. Berdasarkan uji viabilitas bahwa jumlah BAL yang hidup pada starter berkisar pada 10^6 – 10^8 koloni/gram. Dari kelima starter yang dilakukan pada penelitian ini bahwa starter 3 menunjukkan viabilitas yang paling tinggi yaitu $1,96 \times 10^8$. Implementasi starter pada pembuatan tepung mokaf menghasilkan produk tepung mokaf (mosta) yang memiliki derajat putih lebih tinggi dibandingkan tepung ubi kayu yaitu berkisar antara 91,36 – 94,55%. Komposisi kimia tepung mokaf memenuhi syarat SNI. Mosta juga mempunyai sifat amilografi dan kekuatan gel lebih tinggi dibandingkan tepung ubi kayu. Viskositas maksimum dicapai oleh Mosta 2 yaitu 2000 BU, diikuti dengan Mosta 1 yaitu 1920 BU. Kekuatan gel tertinggi dicapai oleh Mosta 1 dengan nilai rigiditas rata-rata sebesar 17,78 gf/mm.

Kata Kunci: alginate, bakteri asam laktat, gelatin, imobilisasi, starter mocaf, trehalose, ubi kayu.

FABRIKASI SEL SURYA TERSENSITASI ZAT WARNA BERBASIS SEMIKONDUKTOR TiO₂ DENGAN METODE ELEKTROFORESIS

Ratno Nuryadi^{*}, Lia Aprilia dan Zico Alaia Akbar Junior

Pusat Teknologi Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT),
Gedung II BPPT Lt. 22. Jl. M.H. Thamrin No. 8 Jakarta 10340

*Email : ratnon@gmail.com

Pada riset ini, fabrikasi sel surya tersensitasi zat warna (*dye sensitized solar cell*, DSSC) dilakukan dengan menggunakan bahan semikonduktor TiO₂ dan *dye* (zat warna) eosin Y. Metode elektroforesis digunakan dalam pembuatan lapisan tipis TiO₂. Pada persiapan larutan elektroforesis, nilai zeta potensial partikel TiO₂ diatur dengan cara menambahkan garam Mg(NO₃)₂ pada larutan TiO₂ isopropanol. Nilai zeta potensial optimum untuk memperoleh larutan TiO₂ yang stabil didapatkan dengan penambahan konsentrasi garam sebesar 1×10^{-5} M. Dengan metode elektroforesis, ketebalan lapisan TiO₂ dapat diatur dengan cara mengubah besar tegangan elektroforesis dan waktu deposisi. DSSC dengan variasi ketebalan lapisan TiO₂ dibuat untuk melihat pengaruh lapisan TiO₂ terhadap tegangan *open circuit* (V_{oc}) DSSC yang dihasilkan. Ketebalan optimal yang didapatkan adalah 7,5 mikrometer, yang diperoleh dengan waktu deposisi elektroforesis 6 menit, dan menghasilkan V_{oc} 210 mVolt di bawah sinar lampu halogen. Didapatkan juga bahwa penggunaan ukuran kristal TiO₂ yang lebih kecil akan memperbesar nilai V_{oc} yang dihasilkan. Hasil riset ini menunjukkan bahwa metode elektroforesis efektif digunakan untuk pelapisan TiO₂ dalam fabrikasi DSSC.

Kata Kunci: DSSC, elektroforesis, eosin Y, ketebalan lapisan TiO₂, partikel TiO₂, sel surya tersensitasi zat warna

JURNAL HASIL PENELITIAN INDUSTRI
Volume 25, No. 1, April 2012

ABSTRACT

**THE DEVELOPMENT OF AREN SAP DRINK PROCESSING TECHNOLOGY
BY USING ULTRAFILTRATION AND DEODORIZATION TECHNIQUES**

Patoni A. Gafar* and Susi Heryani

Balai Besar Industri Agro

Jl. Ir. H. Juanda No. 11, Bogor 16122, Indonesia

*E-mail: patoni_ag@yahoo.com

The research on the Development of *Aren* Sap Drink Processing Technology by Using Ultrafiltration and Deodorization Techniques have been conducted. The purpose of this research was to get the best technique for processing good sap drink. The treatments of the research were ultrafiltration technique (using membrane of 0,01mm), deodorization technique (by steam), and combined techniques of ultrafiltration and deodorization. Products analysis performed to sugar content, acidity (pH), heavy metals and organoleptic test. The result indicated that the best way to produce sap drink was by using combined technique, where sugar content of 10,4-16,3%, pH of 4,0-4,3, heavy metals Pb of < 0,048 mg/kg and Hg of < 0,005 mg/kg, and organoleptic test result was good to very good (normal). The product fulfill Indonesian National Standard of isotonic drink.

Keywords: Aren sap, ultrafiltration, deodorization, sap drink

**THE EFFECT OF CHITOSAN ADDITION
IN PINNEAPPLE JUICE TOWARD SHELF LIFE**

Husniati* and Eva Oktarina

Balai Riset dan Standardisasi Industri Bandar Lampung

Jl. By Pass Soekarno Hatta Km.1 Rajabasa Bandar Lampung

*E-mail : husniati.eni@gmail.com

Chitosan is a polysaccharide compound of chitin deacetylation obtained from shrimp shell waste groups of *Crustaceans*. Chitosan has the potential to serve as a natural preservative, works as an anti-microbial because they contain lysozyme and amino-polysaccharide. This study has the objective to see the effectiveness of chitosan as a preservative pineapple juice by analyzing Total Plate Count (TPC) and vitamin C, that can extend the shelf life of these products. Chitosan used was chitosan T. 345 with DD 71% and soluble in weak organic acid solutions, which was the result of researched from Baristand Industry Bandar Lampung. These researched has two steps, first was the bioassay to determined concentration of chitosan and second was the application of chitosan in pineapple juice. Bioassay test results indicated that the maximal inhibitory power spectrum of a chitosan at concentrations up to 0.05% w/v chitosan compared to other concentrations (0.05-2.5%), as well as control of 0.1% benzoic acid. On the basis of these preliminary experiments, the concentration of 0.05% chitosan applied in the manufacture of juice. Observations made on days 1, 3, 5, 7, 9 and 13. Microbial contamination threshold refers to the extent of microbial contamination according to SNI 7388:2009. TPC observations obtained that the addition of 0.05% chitosan in pasteurized juice stored at room temperature gives until 13 day shelf life's better than chitosan juice without pasteurizing, juice without the addition of chitosan, and juice with the addition of 0.1% benzoic acid without pasteurization.

Key words: Chitosan, *Crustaceans* shrimp shell, pineapple juice, TPC, shelf-life

JURNAL HASIL PENELITIAN INDUSTRI
Volume 25, No. 1, April 2012

ABSTRACT

**CHARACTERIZATION AND MODIFICATION FUNCTIONAL OF CASSIAVERA
IN FOOD PRODUCT**

Fitriana Djafar* and Fauzi Redha

Baristand Industri Banda Aceh, Jl. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur – Banda Aceh

*E-mail : vee_3004@yahoo.com

Characteristics and modification of functional properties of cinnamon in a food product intended for oleoresin product diversification into food products and increase the added value of cinnamon commodities in the Aceh province. The scope of research activities are cinnamon oleoresin extraction process, the purification process, characterization of cinnamon oleoresin products (GCMS and SEM), and application of cinnamon oleoresin in food products, organoleptic test of the modification food products. Extraction of Cinnamon oleoresin using the soxhlet extraction method. Experimental variables consisted of fixed variables such as weight of the cinnamon 60 grams and particle size of 60 mesh, while the changes variables such as: 1). ratio of solvent to material (1:8, 1:10, 1:12 and 1:14), 2). type of solvent (ethanol 96% p.a and recycling ethanol), 3) treatment after extraction (not evaporated and vaporized). Analysis result of the the most optimal treatment of soxhlet extraction method of Cinnamon oleoresin are is treatment using 96% ethanol solvent (evaporated), the ratio of the material and solvent 1:15, 80 mesh particle size, the extraction time of 8 hours, with a cinnamon oleoresin yield is 41,53%. Results of physic-chemical characterization of the Cinnamon oleoresin properties on the optimal treatment are reddish brown on the oleoresin color; thick liquid form; specific aroma of cinnamon, refraction index 1,5304; density 1.0179; and morphology/shape of the particles is not uniform. GCMS test results shown that is no significantly different between oleoresin with soxhlet extracted method using 96% ethanol solvent, and using recycle ethanol solvent, which both contains components of propene, trideuteroacetonitril, Cinnamaldehyd, coumarin. The organoleptic test results with response of panelists note to the food product applications in the form of pastry shown 48% of the panelists are "really like" in addition of oleoresin 2% variation.

Keyword: Cinnamon, oleoresin, organoleptic test, soxhlet extraction

**CHARACTERIZATION OF CACAO FAT EXTRACTED
BY ULTRASONIC ASSISTED**

M. Dani Supardan^{1*}, Hasnidar² and Eti Indarti³

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

²Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan, Banda Aceh.

³Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*E-mail: m.dani.supardan@che.unsyiah.ac.id

In this work, the characterization of cocoa fat extracted by ultrasound-assisted solvent extraction was conducted. The cocoa fat extracted from cocoa beans where collected from plantation at Langkahan District of North Aceh Regency, which have been fermented and dried. n-heksan was used as solvent. The characteristics of extracted cocoa fat i.e. the value of free fatty acid was in the range of 0.83-0.90%; saponification value was in the range of 193.56-195.16 mg KOH/gram of fat; iod value was 33.93 gram/100 gram; initial and final melting point were 33.27 °C and 35.28 °C, respectively; and optic index was 1.457. These results indicated that most of test parameters comply to the quality of cocoa fat of Indonesian National Standard (INS) No. 01-3748-1995. Solid fat content test shows that cocoa fat did not melt completely at a temperature of 40 °C where 3.68% is still in a solid fat form. The Gas Chromatography analyzing show that the highest composition of fatty acid was stearic acid and the lowest was arachidic acid.

Keywords: cocoa fat, extraction, solid fat content, ultrasonic

JURNAL HASIL PENELITIAN INDUSTRI
Volume 25, No. 1, April 2012

ABSTRACT

PRODUCTION OF IMMOBILIZED MOCAF STARTER FROM LACTIC ACID BACTERIA ISOLATE AND ITS APPLICATION ON MOCAF PRODUCTION PROCESS

Enny Hawani Loebis^{*} and Yuliasri Ramadhani Meutia

Balai Besar Industri Agro (BBIA), Jl. Ir. H. Juanda No.11 Bogor 16122

*E-mail : loebis_enny@yahoo.com

Research on starter mocaf production from lactic acid bacteria isolate and its application on mocaf production process has been conducted. In this study starter was made using 5 combinations of lactic acid bacteria (LAB) isolates. Starter inoculum was made by immobilizing cells with alginate and gelatin (2:1) as a carrier with the pre-treatment using sodium citrate and trehalose as a supplement. Immobilized culture was then added with various filler materials with a ratio of 1:2, dried using vacuum equipped with compressor. The results showed that the best filling material is rice flour with a comparison between cultures immobilized with filler material is 1:2, dried in vacuum equipped with compressor at a temperature of 36-38°C for 3-4 hours. The best filler is used to make all of combination of starter and implemented for fermenting cassava to produce mocaf flour. Based on the viability test show that the number of LAB who lived in the starter range between 10^6 - 10^8 colonies/gram. From 5 starters used in in this study indicate that the starter 3 shows the highest viability of 1.96×10^8 . The implementation of the starter in the production of mocaf flour produce mocaf (Mosta) which has a higher whiteness degree than the cassava flour ranged between 91.36 to 94.55%. Mosta chemical composition could meet the quality requirements of SNI mocaf flour. Mosta also has amylograph properties and gel strength higher than cassava flour. The highest maximum viscosity is achieved by the Mosta 2 that is equal to 2000 BU, followed by Mosta 1 is equal to 1920 BU. The highest gel strength achieved by Mosta 1 with an average value of 17.78 gf / mm.

Keywords: alginate, cassava, gelatin, immobilized, lactic acid bacteria, mocaf starter, trehalose

FABRICATION OF DYE SENSITIZED SOLAR CELL WITH TiO₂ SEMICONDUCTOR MATERIAL BASE USING ELECTROPHORESIS METHOD

Ratno Nuryadi*, Lia Aprilia and Zico Alaia Akbar Junior

Pusat Teknologi Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT),
Gedung II BPPT Lt. 22. Jl. M.H. Thamrin No. 8 Jakarta 10340

*Email : ratnon@gmail.com

In this work, a dye sensitized solar cell (DSSC) was fabricated by using TiO₂ semiconductor materials and eosin Y dye. Electrophoresis method was used to form TiO₂ thin layer. In this method, we can adjust the thickness of TiO₂ layer by changing the electrophoresis voltage and deposition time. In the preparation of electrophoresis solution, the zeta potential of TiO₂ particles is determined by adding Mg(NO₃)₂ salt in TiO₂ solution to obtain a stable of the solution. The optimum concentration of the salt is 1×10^{-5} M. We investigate the open circuit voltage (V_{oc}) through the variation of TiO₂ layer thickness. The optimal thickness was obtained for TiO₂ layer of about 7.5 micrometers with V_{oc} value of 210 mVolt under halogen irradiation. It was obtained at the condition of electrophoretic deposition time 6 minutes. We also found that the smaller size of TiO₂ particles would increase the value of V_{oc} . The results of this work indicate that the electrophoretic method is effective used for the coating of TiO₂ in DSSC fabrication.

Keywords: Dye sensitized solar cell, DSSC, the thickness of TiO₂ layer, eosin Y, TiO₂ particles, electrophoresis

PENGEMBANGAN PROSES PENGOLAHAN MINUMAN NIRA AREN DENGAN TEKNIK ULTRAFILTRASI DAN DEODORISASI (*The Development of Aren Sap Drink Processing Technology by Using Ultrafiltration and Deodorization Techniques*)

Patoni A. Gafar* dan Susi Heryani

Balai Besar Industri Agro

Jl. Ir. H. Juanda No. 11, Bogor 16122, Indonesia

*E-mail: patoni_ag@yahoo.com

Artikel masuk : 15 Februari 2012 ; Artikel diterima : 30 Maret 2012

ABSTRAK. Penelitian pengembangan proses pengolahan minuman nira aren dengan teknik ultrafiltrasi dan deodorisasi telah dilaksanakan. Tujuan penelitian adalah untuk memperoleh data dan informasi tentang teknik terbaik dalam memroses nira yang memenuhi syarat untuk menjadi produk minuman nira dalam kemasan. Perlakuan pada penelitian ini meliputi proses pembuatan minuman nira dengan teknik ultrafiltrasi (membran 0,01mm), teknik deodorisasi menggunakan steam, dan teknik kombinasi ultrafiltrasi dan deodorisasi. Analisis contoh produk dilakukan terhadap kadar gula, keasaman (pH), logam berat dan uji organoleptik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembuatan minuman nira yang terbaik adalah pada perlakuan dengan teknik kombinasi, dimana produk yang diperoleh mempunyai kadar gula 10,4 - 16,3%, pH 4,0 - 4,3, logam berat Pb < 0,048 mg/kg dan Hg < 0,005 mg/kg, serta keadaan (bau dan rasa) normal atau rata-rata disukai sampai sangat disukai. Hasil pengujian parameter tersebut memenuhi syarat standar nasional produk minuman isotonik.

Kata kunci: Deodorisasi, minuman nira, nira aren, ultrafiltrasi,

ABSTRACT. The research on the Development of "Aren Sap Drink" Processing Technology by Using Ultrafiltration and Deodorization Techniques have been conducted. The purpose of this research was to get the best technique for processing good sap drink. The treatments of the research were ultrafiltration technique (using membrane of 0,01mm), deodorization technique (by steam), and combined techniques of ultrafiltration and deodorization. Products analysis performed to sugar content, acidity (pH), heavy metals and organoleptic test. The result indicated that the best way to produce sap drink was by using combined technique, where sugar content of 10,4-16,3%, pH of 4,0-4,3, heavy metals Pb of < 0,048 mg/kg and Hg of < 0,005 mg/kg, and organoleptic test result was good to very good (normal). The product fulfill Indonesian National Standard of isotonic drink.

Keywords: Deodorization, aren sap, ultrafiltration, sap drink

1. PENDAHULUAN

Nira aren yang mengandung gula antara 10-15% ini dihasilkan dari usaha penyadapan tongkol (tandan) bunga, baik bunga jantan maupun bunga betina (Hasbullah, 2001). Namun biasanya, tandan bunga jantan yang dapat

menghasilkan nira dengan kualitas baik dan jumlah yang lebih banyak. Oleh karena itu penyadapan nira hanya dilakukan pada tandan bunga jantan.

Nira aren cepat mengalami perubahan menjadi asam karena terjadi proses fermentasi. Proses fermentasi mulai terjadi pada saat nira keluar dari tandan

pohon aren, karena nira memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi. Menurut Anonim (2008) nira aren mengandung air 87,66%, gula 12,04%, protein 0,36%, serta lemak dan abu masing-masing 0,36% dan 0,21%, sehingga berpotensi untuk tempat tumbuh dan berkembangnya mikroba seperti jamur atau bakteri. Di samping itu biasanya wadah penampung nira tidak bersih dan sudah terdapat mikroba sehingga proses fermentasi berlangsung dengan cepat.

Setelah nira menetes dan keluar dari tandan bunga, nira langsung berhubungan dengan udara bebas kemudian nira menetes jatuh ke wadah penampungan. Nira yang baru menetes dari tandan bunga mempunyai derajat keasaman (pH) sekitar 7, tetapi karena pengaruh keadaan sekitarnya cairan itu mudah mengalami kontaminasi oleh mikroba dan terjadi proses fermentasi sehingga pH nira menurun (Sardjono dan Dachlan, 1988). Untuk mencegah/menghambat terjadinya fermentasi nira tersebut berbagai upaya dilakukan seperti pengasapan bumbung/wadah, sehingga dapat mengakibatkan aroma nira yang tidak disukai.

Salah satu teknologi proses penting yang dapat digunakan dalam memproses suatu komoditi menjadi produk minuman adalah teknik ultrafiltrasi dengan menggunakan membran tertentu. Teknik ultrafiltrasi dalam suatu proses pengolahan memiliki beberapa keunggulan seperti beroperasi pada suhu ruang, berlangsung kontinyu, dapat dikombinasi dengan proses lain, biaya operasi rendah, dan non kimia, sehingga praktis dan relatif tidak berbahaya dilihat dari aspek keamanan pangan. Winarno (2007) menyebutkan bahwa proses filtrasi dengan menggunakan membran semipermeabel pelarut dipaksa bergerak dari arah larutan yang memiliki konsentrasi yang lebih pekat atau lebih tinggi ke arah larutan yang lebih encer. Hal itu dimungkinkan bila digunakan tekanan eksternal pada larutan yang lebih pekat, yang berada di sisi membran.

Nira aren dapat diproses menjadi minuman nira segar dalam kemasan (semacam minuman isotonic). Menurut Anonim (1998) minuman isotonic adalah salah satu produk minuman ringan karbonasi atau non karbonasi untuk meningkatkan kebugaran, yang mengandung gula, asam sitrat dan mineral. Nasution (2009) dan Itoh, dkk. (1985) menyatakan bahwa nira aren mengandung senyawa sitrat sekitar 0,9 ppm. Sedangkan Herman (1988) melaporkan bahwa nira aren mengandung mineral dalam jenis dan jumlah yang cukup baik, jenis mineral tersebut diantaranya Fe, Ca, Mg, K, Na, Cu dan P; dengan kandungan berkisar $1,50 \pm 0,23\%$.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Suprapto dkk, 2009) produk minuman nira yang dihasilkan masih dirasakan tingginya aroma asap dan masih mengandung zat tak larut yang cukup tinggi. Untuk itu perlu dikembangkan lebih lanjut teknologi proses pengolahan nira aren yang lebih optimal untuk mereduksi bau asap dan menurunkan zat tak larut. Pada penelitian ini dilakukan perlakuan proses ultrafiltrasi atau penyaringan dengan penggunaan membran ukuran tertentu dan deodorisasi dengan menggunakan peralatan *steam boiler*. Herianto, dkk. (2012) menyatakan bahwa pada proses deodorisasi bahan-bahan yang volatil (sebagai sumber bau) dapat dipisahkan. Dalam standar mutu produk tentang minuman isotonic (SNI 01-4452-1998) dinyatakan bahwa kadar gula minimum 5%, pH maksimum 4, keadaan bau dan rasa normal, serta cemaran logam Pb dan Hg masing-masing 0,3 mg/kg dan 0,03 mg/kg.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data dan informasi tentang teknik terbaik dalam memroses nira untuk menjadi produk minuman nira dalam kemasan yang memenuhi syarat.

2. METODOLOGI

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nira aren dan air mineral. Peralatan utama yang digunakan terdiri dari seperangkat alat/mesin ultrafiltrasi (dengan ukuran membran 0,01 mm), seperangkat alat *steam boiler*, timbangan, gelas ukur, refraktometer, seperangkat alat pemanas, botol kemasan plastik dan peralatan penunjang lainnya.

2.2 Metode Penelitian

2.2.1 Pengambilan dan Pengujian Contoh di Lapangan

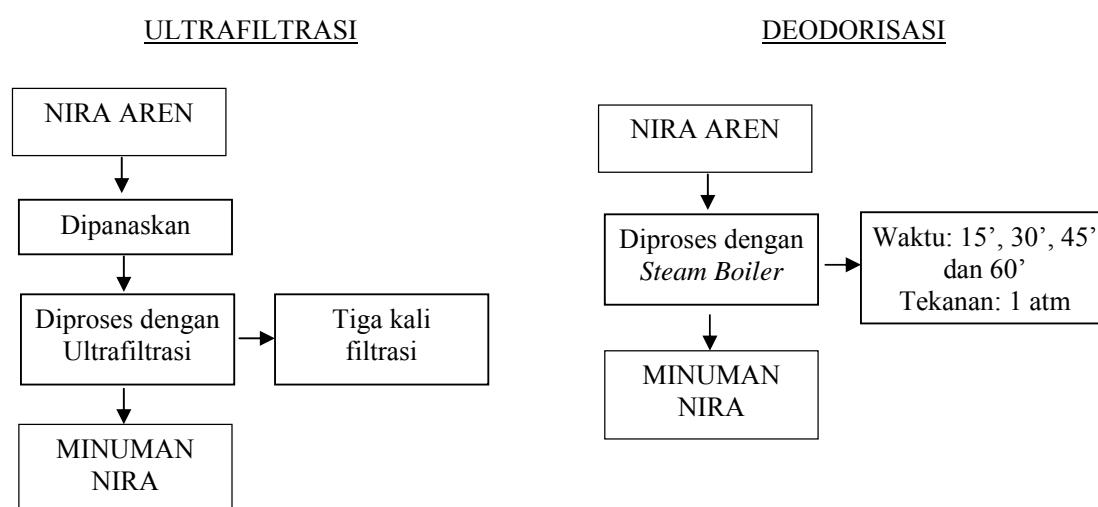
Pada tahap ini dilakukan pengambilan contoh dan uji karakteristik contoh nira aren di lapangan (Kecamatan Bojong Picung, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat). Bumbung yang digunakan untuk penampung nira dilakukan perlakuan pengasapan sebelum digunakan. Pengujian contoh nira di lapangan dilakukan terhadap kadar gula dan keasaman (pH).

2.2.2 Pembuatan Minuman Nira

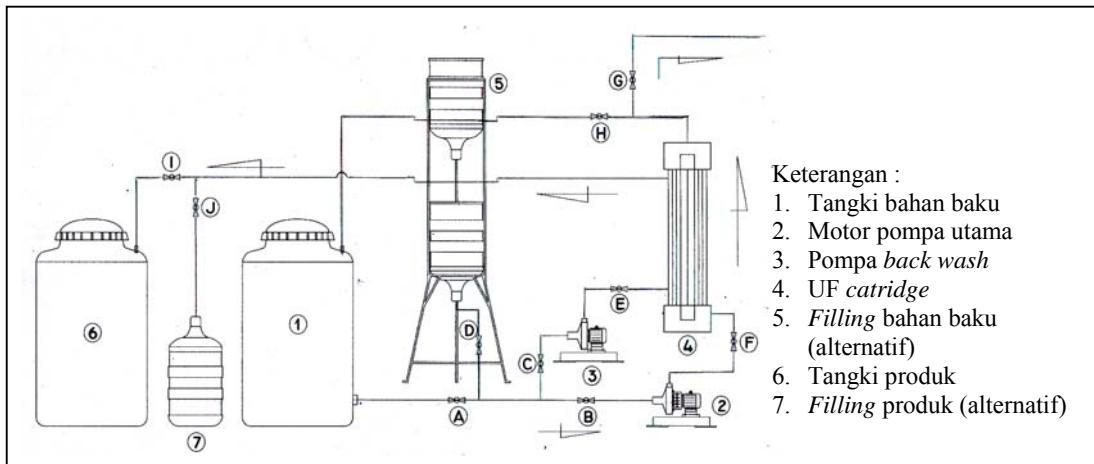
Nira aren sebanyak 20 liter yang sudah dipanaskan (pasteurisasi) dengan suhu 80 °C selama 5 menit, kemudian diproses dengan teknologi ultrafiltrasi yang diulang sebanyak tiga kali.

Perlakuan deodorisasi dengan teknik *steam boiler*, nira aren sebanyak 5 liter diproses dengan menggunakan *steam boiler*, setiap lima belas menit sekali diambil sample/diamati dan dilakukan sampai menit ke enam puluh (satu jam). Diagram proses pembuatan minuman nira aren yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Teknologi yang digunakan untuk memproses minuman nira aren adalah menggunakan teknologi ultrafiltrasi. Teknologi ini digunakan untuk mencapai tingkat mutu yang diinginkan, terutama menurunkan aroma tak sedap seperti bau dan rasa asap dari minuman nira yang dihasilkan. Adapun diagram peralatan/mesin ultrafiltrasi dan cara kerja dari teknologi ini dapat dijelaskan pada Gambar 2 (Suprapto dkk, 2010).



Gambar 1. Diagram proses pembuatan minuman nira aren



Gambar 2. Diagram peralatan/mesin ultrafiltrasi

Prosedur pengoperasian alat/mesin ultrafiltrasi :

A. Persiapan :

1. Penyiapan bahan baku nira segar yang akan difiltrasi setelah disaring kasar.
2. Pastikan peralatan ultrafiltrasi bersih dan telah *recleaning* oleh air yang telah dibuat atau diproses *reverse osmosis* sebelumnya (pencucian alat ultrafiltrasi dengan jalan di-*backwash* menggunakan air *reverse osmosis*, dan dihindari dari pencucian alat dengan menggunakan air PAM/air yang mengandung klorin)
3. Pastikan kran (B, C, D, E, G dan J) dalam keadaan tertutup dan kran (A, F, I dan H) dalam keadaan terbuka penuh.
4. Power (instalasi kelistrikan) dalam posisi "standby".

B. Menjalankan :

Pastikan peralatan dalam keadaan "off", kemudian nyalakan dalam posisi "standby", selanjutnya lakukan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Isi tangki bahan baku, pastikan semua *valve* dalam keadaan tertutup.
- 2) Nyalakan *switch* pompa utama (2), tunggu beberapa saat kemudian buka penuh *valve* A dan B, kemudian disusul oleh *valve* F, untuk *valve* H dan I tergantung perbandingan yang diinginkan.

3) *Valve* J adalah *filling* produk alternatif, jika dipakai maka *valve* I ditutup penuh.

4) Pengaturan *valve* (H dan I) dilakukan manual, setelah aliran dianggap konstan

- Untuk bahan baku air bukaan *valve* (produk) antara 50% - 80%, sedangkan untuk bahan baku yang lebih kental, agar lebih aman dan tidak terjadi stag atau macet maka bukaan *valve* diatur 30% - 60%.
- No. 5 adalah *filling* bahan baku alternatif, jika dipakai maka *valve* D dibuka penuh sedangkan *valve* A ditutup penuh.

Selain teknologi ultrafiltrasi, pada penelitian ini juga digunakan teknologi deodorisasi dengan menggunakan peralatan *steam boiler*, pada prinsipnya cara kerja alat ini adalah menghilangkan bau dengan cara menginjeksikan uap/*steam* ke dalam nira yang diproses.

2.2.3 Pengamatan

Parameter yang diamati terhadap minuman nira yang dihasilkan adalah:

- 1) Kadar gula
- 2) Keasaman (pH)
- 3) Volume yang dihasilkan (Gelas ukur)
- 4) Kadar timbal (Pb)
- 5) Kadar raksa (Hg)
- 6) Organoleptik (Hedonic Scale)

Pengamatan terhadap kadar timbal (Pb) dan raksa (Hg) hanya dilakukan terhadap sampel produk yang terbaik setelah dilakukan pengamatan kimia, fisik dan organoleptik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Pembuatan Minuman Nira Aren dengan Teknik Ultrafiltrasi

Nira setelah panen (dari petani) mempunyai kadar gula 14,20% dan pH 4,70. Nira dari petani selanjutnya dibawa ke tempat pemrosesan (laboratorium) dan selama transportasi terjadi penurunan kadar gula dan pH masing-masing menjadi 14,14% dan 4,05. Setelah dilakukan pasteurisasi terhadap nira, dilakukan pengukuran kembali kadar gula dan pH, dan diperoleh kadar gula 14,14% dan pH 4,00. Dengan proses ultrafiltrasi sebanyak tiga kali, maka kadar gula turun menjadi 13,12% dan terjadi sedikit kenaikan keasaman (pH) menjadi 4,88. Hasil pengamatan/pengujian nira di lapangan sebelum dan setelah dilakukan proses ultrafiltrasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisa nira aren setelah dan sebelum proses ultrafiltrasi

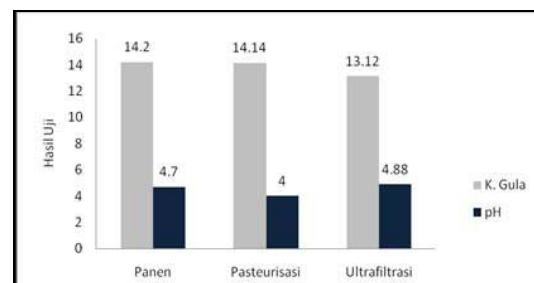
Perlakuan	Total gula sebagai sukrosa (%)	pH
Setelah panen (di lapangan)	14,20	4,70
Sebelum proses*	14,14	4,05
Setelah proses pasteurisasi	14,14	4,00
Setelah proses ultrafiltrasi	13,12	4,88

* ada perlakuan transportasi

Analisis sampel minuman nira yang dihasilkan dengan teknik ultrafiltrasi menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar gula dari 14,14% menjadi 13,12% serta kenaikan pH dari 4,0 menjadi 4,88. Terjadinya penurunan kadar gula dan peningkatan nilai pH tersebut disebabkan karena selama proses ultrafiltrasi nira ditambahkan air mineral. Di samping

dapat memperlancar proses, bercampurnya nira dengan air mineral yang digunakan dalam proses dapat memperbaiki mutu minuman nira aren. Proses ultrafiltrasi juga dapat menurunkan total padatan terlarut dalam nira sebagaimana ditunjukkan oleh penurunan kadar gula dari minuman nira hasil ultrafiltrasi, karena sebagian besar padatan terlarut dalam nira berupa sukrosa (gula).

Anonim (2008) melaporkan bahwa pada nira kelapa terdapat total padatan 15,2-19,7% dan sebagian besar di antaranya adalah sukrosa (12,03-14,85%). Histogram perubahan pH dan kadar gula mulai panen hingga proses ultrafiltrasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan pH dan kadar gula mulai panen hingga proses ultrafiltrasi

3.2 Proses Pembuatan Minuman Nira Aren dengan Teknik Deodorisasi

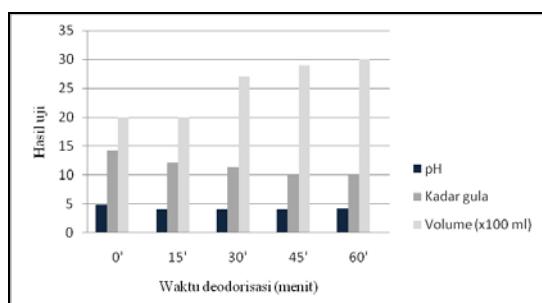
Teknik deodorisasi dapat menurunkan kadar gula dan keasaman (pH) minuman nira yang dihasilkan, sedangkan volume produk meningkat. Hasil analisa sampel minuman nira yang diperoleh dengan teknik deodorisasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisa minuman nira dengan teknik deodorisasi

Waktu Deodorisasi (menit)	Total gula sebagai Sukrosa (%)	pH	Volume (ml)
0	14,2	4,75	2.000
15	12,1	4,01	2.000
30	11,3	4,02	2.700
45	10,9	4,04	2.900
60	10,5	4,09	3.000

Analisis minuman nira yang dihasilkan dengan metode deodorisasi (*steam boiler*) menunjukkan bahwa pada injeksi *steam* selama 15 menit terjadi penurunan kadar gula dan pH, sedangkan volume tetap. Pada perlakuan injeksi *steam* 30, 45, dan 60 menit terjadi penurunan kadar gula (14,20% menjadi 10,5%) dan nilai pH (4,75 menjadi 4,09). Hal ini disebabkan karena pada saat proses deodorisasi dilakukan dengan *steam* volume larutan bertambah, pertambahan ini disebabkan air yang digunakan untuk *steam* dan telah tersuling terkondensasi di dalam nira yang diproses menjadi minuman nira.

Di samping penambahan volume seperti terjadi pada injeksi *steam* selama 30, 45 dan 60 menit, proses deodorisasi dengan *steam* juga akan menguapkan beberapa komponen volatil yang terdapat dalam nira yang berupa senyawa-senyawa rantai pendek hasil degradasi zat gizi ataupun kontaminan yang terdapat pada nira aren. Penguapan tersebut secara signifikan terjadi pada injeksi *steam* periode awal yaitu selama 15 menit, sehingga tampak tidak terjadi pertambahan volume. Herianto, dkk. (2012) menyatakan bahwa selama proses deodorisasi (pada minyak), bahan-bahan yang volatil dan asam lemak bebas dapat dipisahkan. Zat-zat yang tidak ikut menguap pada periode awal injeksi tersebut diduga merupakan zat yang bersifat asam yang mempunyai kontribusi terhadap penurunan nilai pH. Histogram hasil uji perubahan pH dan kadar gula selama proses deodorisasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perubahan pH dan kadar gula selama proses deodorisasi

3.3 Proses Pembuatan Minuman Nira Aren dengan Teknik Kombinasi Ultrafiltrasi dan Deodorisasi

Proses kombinasi dalam pembuatan minuman nira dilakukan antara teknik ultrafiltrasi dan kemudian dilanjutkan dengan deodorisasi. Teknik ultrafiltrasi dilakukan dengan tiga kali filtrasi menggunakan membran ukuran 0,01 mm dan teknik deodorisasi dilakukan dengan alat *steam boiler* pada waktu yang berbeda-beda (0, 15, 30, 45 dan 60 menit). Hasil analisa sampel minuman nira yang dihasilkan dengan proses kombinasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

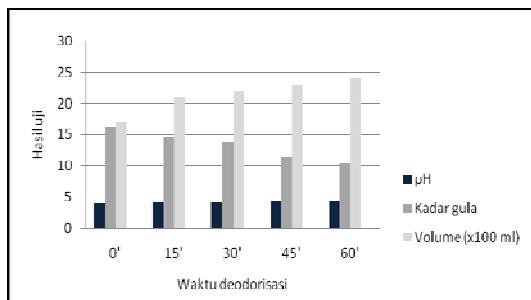
Tabel 3. Hasil analisa minuman nira dengan metode kombinasi

Deodorisasi (menit)	Total gula sebagai sukrosa (%)	pH	Volume (x 100 ml)
0	16,3	4,00	1,700
15	14,6	4,17	2,100
30	13,8	4,22	2,200
45	11,5	4,28	2,300
60	10,4	4,34	2,400

Analisa minuman nira yang dihasilkan dengan metode kombinasi menunjukkan terjadinya penurunan kadar gula serta peningkatan pH dan volume (Tabel 3). Hal tersebut disebabkan karena pada saat proses deodorisasi yang dilakukan dengan *steam* volume larutan meningkat. Peningkatan volume itu sendiri disebabkan karena sebagian *steam* yang diinjeksikan terkondensasi dan tercampur dengan cairan nira yang diproses menjadi produk minuman nira. Histogram perubahan pH dan kadar gula pada proses kombinasi antara teknik ultrafiltrasi dan teknik deodorisasi dapat dilihat pada Gambar 5.

Berbeda dengan teknik deodorisasi, pada waktu deodorisasi selama 15 menit dengan teknik kombinasi sudah terjadi kenaikan volume. Hal tersebut dapat disebabkan karena proses ultrafiltrasi yang dilakukan sebelumnya telah menyaring

berbagai komponen makromolekul, endapan dan sebagainya sehingga proses kondensasi lebih cepat dan maksimal. Karabelos dan Plakas (2011) menyatakan bahwa proses ultrafiltrasi dapat memisahkan berbagai senyawa makromolekul dengan bobot molekul sekitar 104 sampai 106 atau lebih; disamping itu proses ultrafiltrasi dapat memisahkan koloid, endapan besi dan mangan, zat organik terkoagulasi, serta mikroba patogen.



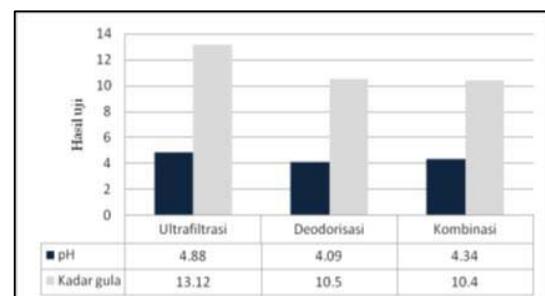
Gambar 5. Perubahan pH dan kadar gula pada proses kombinasi ultrafiltrasi dan deodorisasi

Dengan penambahan volume produk tersebut maka kadar gula akan menurun. Peningkatan nilai pH selama waktu deodorisasi disebabkan oleh semakin rendahnya konsentrasi zat bersifat asam dalam produk minuman nira dengan adanya pengenceran oleh air kondensat *steam*. Air kondensat yang bersifat netral (pH 7) juga mempunyai kontribusi terhadap kenaikan pH produk minuman nira.

Bila merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-4452-1998, maka kadar gula dan pH pada minuman nira yang dihasilkan dapat terpenuhi sebagai minuman isotonik. Winarno (2007) menyatakan bahwa minuman isotonik terkait erat dengan osmotiknya, sehingga akan diserap tubuh dengan kecepatan sama seperti tubuh menyerap air.

Teknik proses dalam pengolahan nira menjadi produk minuman nira mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap keasaman (pH) dan kadar gula yang dihasilkan (Gambar 6). Bila

digunakan teknik proses ultrafiltrasi kadar gula dan keasaman masih relatif tinggi dibandingkan dengan menggunakan teknik deodorisasi. Pada teknik ultrafiltrasi dihasilkan keasaman sekitar 4,88 sedangkan pada teknik deodorisasi sekitar 4,09; untuk kadar gula dihasilkan 13,12% pada teknik ultrafiltrasi dan 10,50% pada teknik deodorisasi.



Gambar 6. Pengaruh teknik proses terhadap pH dan kadar gula minuman nira

Gambar 6 menunjukkan perbandingan hasil uji parameter (pH dan kadar gula) dari ketiga teknik proses yang digunakan dalam pembuatan minuman nira. Relatif lebih rendahnya kadar gula yang dihasilkan pada proses deodorisasi disebabkan karena adanya tambahan air kondensat dari hasil injeksi uap (*steam*) ke dalam nira selama proses. Nilai keasaman (pH) minuman nira hasil proses deodorisasi lebih rendah dibandingkan dengan hasil proses ultrafiltrasi, hal tersebut menunjukkan bahwa proses ultrafiltrasi dengan ukuran membran 0,01 mm mempunyai efektifitas yang lebih baik dalam mengurangi / menghilangkan komponen penyebab asam dalam nira. Kemampuan atau efektifitas tersebut juga dapat dilihat dari perlakuan kombinasi antara teknik ultrafiltrasi dan deodorisasi, yang menhasilkan nilai keasaman diantara kedua teknik tersebut. Kadar gula yang lebih rendah pada proses kombinasi menunjukkan bahwa kedua proses tersebut dapat menurunkan padatan terlarut dalam nira karena adanya proses filtrasi yang terjadi dan adanya penambahan air kondensat dari injeksi *steam* ke dalam nira.

3.4 Pengujian Logam Berat

Analisis logam berat dilakukan terhadap sampel minuman nira yang mempunyai nilai tingkat kesukaan yang tertinggi, yaitu minuman nira yang diperoleh dengan teknik kombinasi (ultrafiltrasi dilanjutkan deodorisasi selama 60 menit). Hasil analisis minuman nira terhadap logam berat Pb dan Hg menunjukkan bahwa kandungan Pb kurang dari 0,048 mg/kg dan kandungan Hg kurang dari 0,005 mg/kg, hal ini berarti bahwa parameter tersebut memenuhi standar produk isotonic yaitu SNI 01-4452-1998 yang digunakan sebagai standar/pembanding, karena belum terdapat SNI untuk minuman nira. Hasil analisis logam berat sampel minuman nira dapat dilihat pada Tabel 4.

Logam berat pada nira dapat disebabkan oleh berbagai hal, di antaranya dari lahan aren yang tercemar. Penggunaan pestisida dan pencemaran udara dapat menyebabkan pencemaran logam berat terhadap lahan, yang akhirnya terabsorbsi oleh akar tanaman. Sastrawijaya (2000) menyatakan bahwa logam berat (Pb) terdapat dimana-mana, di air, tanah, tanaman, hewan dan udara. Beberapa jenis pestisida yang dapat mencemari tanah bila digunakan berlebihan, seperti insektisida jenis arsenat yang mengandung unsur Pb dan fungisida jenis fenil merkuri arsenat yang mengandung Hg.

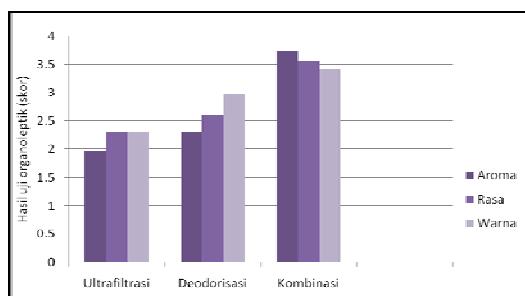
Tabel 4. Hasil analisis logam berat minuman nira

Parameter	Satuan	Minuman Nira	SNI 01-4452-1998
Timbal (Pb)	mg/kg	< 0,048	maks.0,3
Raksa (Hg)	mg/kg	<0,005	maks.0,03

3.5 Pengujian Organoleptik

Hasil pengujian organoleptik menunjukkan bahwa produk minuman nira yang diperoleh dengan teknik kombinasi merupakan produk yang paling disukai. Histogram hasil uji organoleptik terhadap

aroma, rasa dan warna pada berbagai teknik proses untuk menghasilkan minuman nira aren dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Histogram aroma, rasa dan warna minuman nira pada berbagai teknik proses

Hasil uji organoleptik minuman nira menunjukkan bahwa teknik proses ultrafiltrasi sebanyak tiga kali dilanjutkan dengan proses deodorisasi merupakan produk yang paling disukai, baik ditinjau dari aspek aroma, rasa maupun warna. Sebaliknya bila proses hanya dilakukan dengan teknik ultrafiltrasi tingkat kesukaan lebih rendah dibandingkan dengan kedua teknik lainnya. Teknik proses deodorisasi tampaknya lebih baik dibandingkan dengan teknik ultrafiltrasi dalam meningkatkan kesukaan terhadap aroma, rasa maupun warna produk minuman nira yang dihasilkan.

Lebih disukainya produk minuman nira hasil deodorisasi maupun kombinasi tersebut disebabkan karena proses deodorisasi dapat mengeliminasi senyawa volatil yang berasal dari residu asap yang berasal dari dalam bumbung yang digunakan dalam penyadapan. Asap merupakan bahan yang bersifat dapat mengawetkan, yang mempunyai berbagai komponen penyebab bau yang tidak disukai. Setyaningsih, dkk. (2010) menyebutkan bahwa flavor yang terdiri dari rasa, bau dan faktor rasa akibat reaksi bahan kimia, jenis bebauan yang dapat dikenali pancaindra penciuman yaitu sekitar 17.000 senyawa volatil. Sastrawijaya (2000) menyatakan bahwa pada pembakaran bahan bakar yang umum digunakan seperti kayu banyak digunakan

oksin dan dihasilkan berbagai oksida seperti karbon dioksida dan belerang dioksida, juga arang dan jelaga.

Hasil pengujian warna minuman nira dengan proses deodorisasi maupun kombinasi juga relatif lebih disukai dibandingkan hanya dengan proses ultrafiltrasi. Hal ini disebabkan karena proses deodorisasi dapat memecah zat warna alami yang terkandung dalam nira aren. Herianto, dkk. (2012) menyatakan bahwa pada proses deodorisasi terjadi pemecahan karoten sehingga deodorisasi juga sering disebut *heat bleaching* (untuk membedakan pengurangan warna oleh adsorben seperti bentonit dan/atau karbon aktif).

4. KESIMPULAN

- 1) Teknik ultrafiltrasi dalam pembuatan minuman nira dalam kemasan sangat baik untuk menurunkan kadar padatan terlarut, yang ditunjukkan dengan adanya penurunan kadar gula yang cukup berarti pada hasil akhir.
- 2) Teknik deodorisasi relatif lebih baik terkait dengan perbaikan warna minuman nira, di samping dapat menurunkan pH menuju persyaratan minuman isotonik.
- 3) Ditinjau dari berbagai aspek dalam pengamatan sampel produk maka proses pembuatan minuman nira aren yang terbaik adalah pada teknik kombinasi, yaitu teknik ultrafiltrasi yang dilanjutkan dengan deodorisasi.

5. SARAN

- 1) Disarankan agar dalam proses pembuatan minuman nira menggunakan perlakuan kombinasi (teknologi ultrafiltrasi yang dilanjutkan dengan proses deodorisasi dengan menggunakan steam)
- 2) Perlu dilakukan analisis teknologi ekonomi secara mendalam dikaitkan dengan lokus kegiatan produksi

minuman nira dengan metode kombinasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Sdr. Ade Herman Suherman, Sdr. Diah Ahsina serta kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standar Nasional. 1998. *Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 01-4452-1998 Minuman Isotonik*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.

Hasbullah. 2001. *Teknologi Tepat Guna Agroindustri Kecil Sumatera Barat*. Padang. Dewan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Industri Sumatera Barat.

Herianto, F., Irawati, D., Indrayani, N., Fadhl, T.U.I., Juniansyah, M.W, Shahila, N., Pramaningtyas, A., Nofriko, S. dan Wahyuni, L.S. 2010. *Pengilangan Minyak Bumi dan Nabati*. www.scribd.com/doc/37896754/Deodorisasi (Diakses 26 Maret 2012)

Herman, A. S., dan Yunus, M., 1987. Kandungan Mineral Nira dan Gula Semut Asal Aren. *Warta IHP*. Vol. 4 (2) pp.48-51.

Itoh, T., Matsuyama, A., Widjaja, C.H., Nasution, M.Z. dan Kumendong, J., 1985. Compositional of Nira Palm Juice of high sugar content from palm tree. *Proceeding of the IPB-JICA International Symposium on Agriculture Product, Processing and Technology*. Bogor. Institut Pertanian Bogor and Japan International Coopertation Agency. p.233-240.

- Nasution, Z.A. 2009. *Kajian Pengembangan Komoditi Gula Aren untuk Pemberdayaan Industri Rumah Tangga dan Industri Kecil (IRTIK) di Kabupaten Mandailing Natal*. Laporan Penelitian. Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan. Medan. Kementerian Perindustrian.
- Karabelos, A. dan Plakas, K. 2011. *Membrane Treatment of Portable Water for Pesticides Removal*. Laboratory of Natural Resources and Renewable Energies Utilization. Thessaloniki, Greece. Chemical Process Engineering Research Institute, Center for Research and Technology – Hellas.
- Sardjono dan M.A. Dachlan, 1988. Penelitian Pencegahan Fermentasi pada Penyadapan Nira Aren sebagai Bahan Baku Pembuatan Gula Merah. *Warta IHP*. Vol. 5 (2) pp. 55-58
- Sastrawijaya, A.T. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Renika Cipta, Jakarta. p. 274.
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A. dan Sari, M.P. 2010. *Analisis Sensori untuk Industri Pangan dan Agro*. Bogor. IPB Press.
- Siwalan dan kandungan niranya. <http://simonbwidjanarko.wordpress.com> (Diakses tanggal 19 April 2009).
- Suprapto, Mala, D.M., Aryani, Sugesti, K., Suherman, A., Raharjo, S., dan Munajad. 2009. *Pengembangan Teknologi dan Diversifikasi Produk Berbasis Nira Palma*. Laporan Penelitian. Balai Besar Industri Agro. Bogor. Kementerian Perindustrian.
- Winarno, F.G. 2007. *Teknobiologi Pangan*. Bogor. M-Brio Press.
- Winarno, F.G. dan Kartawidjajaputra, F.. 2007. *Pangan Fungsional dan Minuman Energi*. Bogor. M-Brio Press.

PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN PADA JUS NENAS TERHADAP SHELF LIFE

(*The Effect of Chitosan Addition in Pineapple Juice Toward Shelf Life*)

Husniati* dan Eva Oktarina

Balai Riset dan Standardisasi Industri Bandar Lampung
Jl. By Pass Soekarno Hatta Km.1 Rajabasa Bandar Lampung
*E-mail : husniati.eni@gmail.com

Artikel masuk : 2 Maret 2012 ; Artikel diterima : 3 April 2012

ABSTRAK. Kitosan adalah polisakarida dari deasetilasi senyawa kitin yang diperoleh dari limbah cangkang udang kelompok Crustaceae. Kitosan memiliki potensi untuk dijadikan sebagai bahan pengawet alami, bekerja sebagai zat anti mikroba karena mengandung enzim lisozim dan aminopolisakarida. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan dalam minuman jus nenas yang dianalisis dari nilai cemaran bakteri sehingga fungsi dan efeknya dapat menentukan shelf life produk tersebut. Kitosan yang digunakan adalah kitosan T. 345, dengan derajat deasetilasi (DD) 71% dan larut dalam asam organik lemah, yang merupakan hasil penelitian dari Baristand Industri Bandar Lampung. Ada dua tahap pada penelitian ini yaitu tahap pendahuluan untuk penentuan konsentrasi kitosan secara bioassay dan tahap berikutnya, yaitu aplikasi konsentrasi kitosan dalam jus nenas. Hasil uji bioassay menunjukkan konsentrasi kitosan dengan daya hambat maksimal terhadap campuran bakteri adalah 0,05% b/v, dengan range 0,05-2,5% dan natrium benzoat 0,1%. Untuk aplikasi konsentrasi 0,05% b/v kitosan dalam jus nenas diamati Angka Lempeng Total (ALT) pada hari ke-1, 3, 5, 7, 9, dan 13. Hasil pengamatan ALT diperoleh bahwa penambahan kitosan 0,05% b/v dalam jus nenas melalui perlakuan pasteurisasi yang disimpan pada suhu ruang memberikan nilai ALT di bawah batas ambang cemaran mikroba (merujuk pada SNI 7388:2009) hingga 13 hari. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa penambahan kitosan pada konsentrasi 0,05% b/v memberikan efek peningkatan shelf life pada jus nenas pasteurisasi lebih lama dari pada jus nenas tanpa pasteurisasi, jus tanpa penambahan kitosan, dan jus dengan penambahan natrium benzoat 0,1% tanpa pasteurisasi.

Kata kunci : ALT, cangkang udang kelompok Crustaceae, jus nenas, kitosan, shelf-life

ABSTRACT. Chitosan is a polysaccharide compound of chitin deacetylation obtained from shrimp shell waste groups of Crustaceans. Chitosan has the potential to serve as a natural preservative, works as an anti-microbial because they contain lysozyme and amino-polysaccharide. This study has the objective to see the effectiveness of chitosan as a preservative pineapple juice by analyzing Total Plate Count (TPC) and vitamin C, that can extend the shelf life of these products. Chitosan used was chitosan T. 345 with DD 71% and soluble in weak organic acid solutions, which was the result of researched from Baristand Industry Bandar Lampung. These researched has two steps, first was the bioassay to determined concentration of chitosan and second was the application of chitosan in pineapple juice. Bioassay test results indicated that the maximal inhibitory power spectrum of a chitosan at concentrations up to 0.05% w / v chitosan compared to other concentrations (0.05-2.5%), as well as control of 0.1% benzoic acid. On the basis of these preliminary experiments, the concentration of 0.05% chitosan applied in the manufacture of juice. Observations made on days 1, 3, 5, 7, 9 and 13. Microbial contamination threshold refers to the extent of microbial contamination according to SNI

7388:2009. TPC observations obtained that the addition of 0.05% chitosan in pasteurized juice stored at room temperature gives until 13 day shelf life's better than chitosan juice without pasteurizing, juice without the addition of chitosan, and juice with the addition of 0.1% benzoic acid without pasteurization.

Keywords: Chitosan, Crustaceans shrimp shell, pineapple juice, TPC, shelf-life

1. PENDAHULUAN

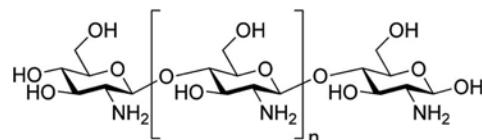
Jus nenas adalah salah satu minuman buah populer yang dikonsumsi oleh masyarakat dunia berasal dari tanaman buah nenas tropis. Minuman ini digemari karena mengandung vitamin C dan beberapa mineral, sebagai komponen yang terpenting bagi makanan kesehatan. Umumnya, jus buah memiliki keterbatasan dalam penyimpanan seperti kehilangan nutrisi oleh temperatur yang ekstrim, lama waktu penyimpanan, atau kontaminasi mikroba. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk memperlambat kerusakan bahan makanan dan memperpanjang *shelf life* produk melalui penambahan bahan tertentu yang mempunyai sifat sebagai pengawet. Menurut Buckle, dkk. (1987) bahan pengawet berfungsi menghambat, memperlambat, menutupi atau menahan proses pembusukan, pengasaman atau dekomposisi, yang ditambahkan ke dalam bahan makanan atau minuman.

Jenis-jenis bahan pengawet yang ditambahkan ditentukan berdasarkan sifat makanan yang akan diawetkan. Dengan kata lain bahan pengawet dapat efektif mengawetkan makanan tertentu namun tidak efektif untuk jenis makanan yang lain.

Natrium benzoat adalah bahan pengawet tambahan yang biasanya ditambahkan ke dalam produk buah, minuman ringan, dan *salad dressing*, sebagian besar disiapkan secara sintetis untuk penggunaan komersial (Anonim, 2003). Penggunaan natrium benzoat yang tidak sesuai aturan yaitu melebihi 0,1% (Winarno, 1992) dapat memberikan alergi bagi pemakainya (Rohadi, 20002 *dalam* Siaka, 2009). Pilihan lain dari bahan pengawet ini adalah kitosan sebagai pengawet alami karena mempunyai

aktivitas biologi sebagai antimikroba (No, dkk., 2007 ; Rabea, dkk., 2003).

Kitosan adalah polimer berikatan β -1,4 glucosamin (2-amino-2-deoxy-D-glucose) dan sedikit jumlah N-acetylglucosamine yang terbentuk dari deasetilasi kitin (poly-N-acetylglucosamine), oligosakarida alami yang tak dapat dicerna, yang merupakan komponen utama dari dinding sel fungi dan eksoskleton arthropoda serta insekt. Sehingga, menjadikan kitosan komponen organik terbanyak, kedua setelah selulosa (Yen, 2007; Zhong dan Xia, 2008).



Gambar 1. Struktur kitosan

Penggunaan kitosan sebagai bahan pengawet merupakan pengembangan biomaterial baru mengingat kitosan mempunyai sifat *nontoxic*, *biocompatible*, dan *biodegradable*. Potensi kitosan sebagai anti mikroba oleh Tsai, dkk. (2002) dalam No, dkk. (2007) mempunyai aktivitas antimikroba terhadap bakteri lebih baik dari pada fungi.

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan dalam minuman jus nenas sehingga fungsi dan efeknya dapat menentukan *shelf life* produk tersebut. Sisi pengkajian dari penelitian ini ditinjau lebih dahulu dari efek kitosan terhadap bakteri pembusuk yang secara alami terdapat dalam jus nenas untuk selanjutnya konsentrasi kitosan tersebut diaplikasikan ke dalam minuman jus nenas dan dianalisis dari nilai cemaran bakterinya sesuai perubahan waktu pengamatan, pH, dan vitamin C.

2. METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

Bahan uji *bioassay* adalah Nutrient Agar (Difco), akuades, bufer pepton (Prodia), NaCl (Merck), dan campuran bakteri yang didapat dari jus nanas alami yang telah dibusukkan selama 7 hari.

Bahan jus nanas : buah nanas Palembang (*Ananas comosus*) yang dibeli dari pasar tradisional Bandar Lampung, Indonesia, air mineral (AQUA), gula rafinasi (Gulaku), kitosan dari cangkang udang (T 345 Hasil Penelitian Baristand Lampung, DD 71%, kadar air 7,39%, kadar abu 0,10%, dan kadar nitrogen total 74,55%), natrium benzoat (Cap Kupukupu), starch (Merck) dan Iodin (Merck).

Perlengkapan alat yang digunakan adalah cawan petri (CSM), pipet mikro (BIOHTIP Oyj), penangas air (*water bath*) (Stuart Scienctific), autoklaf (Sturdy), *laminar air flow* (ESCO), inkubator (Memmert), oven (Memmert), pH meter (HACH), *juicer* (Philips), timbangan analitik (Denver Instrument) dan peralatan gelas.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Bioassay

Suspensi bakteri didapat dengan cara menginokulasi satu ose jus nanas yang telah berusia lebih dari 7 hari ke dalam medium NA, dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 35 °C. Biakan lalu dipindahkan ke dalam NaCl 0,9% agar homogen, dan diusapkan pada medium NA. *Disc* cakram yang telah dicelupkan pada berbagai macam konsentrasi kitosan, diletakkan di atas medium NA tersebut. *Disc* cakram diamati selama 16-24 jam pada suhu 35 °C untuk diamati dan diukur zona bening yang dihasilkannya (Kirby Bauer dalam Lay 1994).

2.2.2 Pembuatan Jus

Jus nanas dibuat dari buah nanas (yang telah dikupas, dicuci dengan air

mineral, dan dipotong kecil), gula rafinasi, dan air mineral dengan perbandingan 1:2:3 dalam juicer. 100 mL air jus nanas (filtrat yang ditampung) dikemas dalam botol kaca dan diberi perlakuan penambahan 0,05 g kitosan dan pasteurisasi kering selama 5 menit pada suhu 80 °C disebut sampel 129. Sampel berikutnya disiapkan dari 100 mL jus nanas dengan penambahan kitosan 0,05 g dan tanpa pasteurisasi disebut sampel 424. Kontrol positif menggunakan perlakuan penambahan 0,1 g natrium benzoat ke dalam 100 mL jus nanas dan dipasteurisasi disebut sampel 586 dan tanpa pasteurisasi disebut sampel 157. Kontrol negatif menggunakan perlakuan tanpa penambahan kitosan dan natrium benzoat dan dipasteurisasi disebut sampel 361 dan tanpa pasteurisasi disebut sampel 248. Hanya untuk perlakuan pasteurisasi, botol jus nanas didinginkan mendadak dalam air es selama 2 menit sedangkan jus tanpa perlakuan tidak. Seluruh perlakuan sampel dalam triplet dan jus nanas disimpan pada suhu kamar untuk segera diamati ALT-nya pada hari ke 1, 3, 5, 7, 9, dan 13.

2.3 Pengamatan

2.3.1 Pengukuran cemaran mikroba (ALT)

ALT dihitung berdasarkan metode modifikasi Lay (1994: 47), yaitu untuk mengetahui jumlah bakteri pada suatu produk dengan mengencerkan sampel secara bertingkat dengan buffer pepton dan menginokulasikannya pada medium Nutrient Agar (NA). Jumlah koloni yang hidup pada cawan dengan kisaran 25-250, digunakan dalam kisaran perhitungan, dengan rumus :

$$\text{Jumlah CFU/ml} = \frac{\Sigma \text{Jumlah Koloni}}{[(n_1 \times 1) + (n_2 \times 0,1)] \times 10^n}$$

Ket: n = Tingkat pengenceran pertama
n1= Jumlah cawan petri pada pengenceran pertama
n2= Jumlah cawan petri pada pengenceran kedua

2.3.2 Pengukuran pH

Sebanyak 20 ml dari sampel diukur pH-nya dengan menggunakan pH meter (HACH), pada suhu ruang dengan agitasi yang konstan. pH menunjukkan logaritma negatif dari konsentrasi ion hidrogen pada sampel tersebut

2.3.3 Pengukuran vitamin C

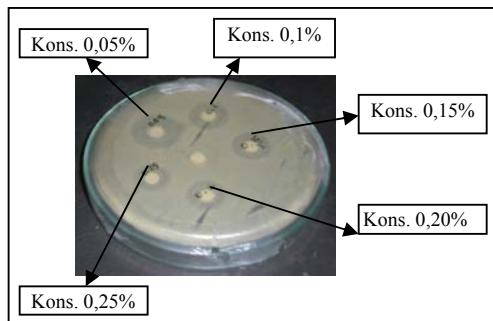
Analisa kuantitatif vitamin C dalam sampel dilakukan dengan menggunakan metode titrasi iodimetri (titrasi langsung). Hal ini berdasarkan bahwa sifat vitamin C dapat bereaksi dengan iodin. Sebanyak 10 ml sampel ditambahkan indikator kanji sebanyak 2 ml dan dititrasi dengan iodin 0,01 N.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Cemaran Mikroba Dalam Jus Nanas

Analisis cemaran mikroba dari jus selama penyimpanan pada suhu kamar selama hari ke-1, 3, 5, 7, 9, dan 13 ditentukan setelah diobservasi konsentrasi kitosan yang diperlukan untuk menginaktivasi/menghambat pertumbuhan campuran bakteri setelah diinkubasi dalam medium NA selama 48 jam pada suhu 35 °C.

Gambar 2 menunjukkan hasil penentuan pendahuluan dan diperoleh luas wilayah zona bening yang merupakan zona hambatan pertumbuhan bakteri dari berbagai konsentrasi kitosan.



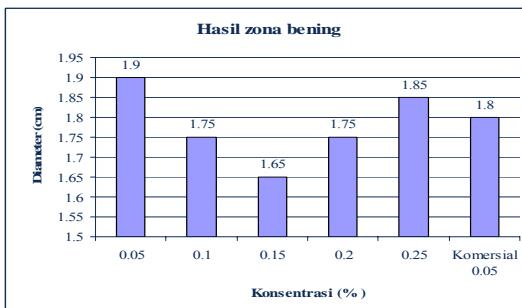
Gambar 2. Uji Bioassay kitosan pada berbagai konsentrasi

Hasil zona bening merupakan penghambatan pertumbuhan

mikroorganisme oleh suspensi kitosan. Menurut Sekiguchi (1994), kitosan mempunyai sifat antimikroba karena meningkatnya solubilitas dan densitas muatan. Zat antimikroba adalah senyawa yang dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Luas wilayah jernih juga berkaitan dengan kecepatan berdifusi kitosan dalam medium.

Mekanisme kerja antimikroba dari kitosan oleh Sudharshan, dkk., (1992) dalam Shahidi, dkk., (1999) dijelaskan bahwa interaksi antara muatan positif kitosan dan muatan negatif dari membran sel mikroorganisme membuat lisisnya protein dan bagian intraselular lainnya dari sel. Ikatan kitosan dengan DNA dan inhibisi sintesis mRNA terjadi saat kitosan memasuki inti sel dan mengganggu sintesis mRNA dan protein. Kitosan juga berperan sebagai *chelating agent* yang dapat mengikat logam sehingga menghambat produksi racun serta pertumbuhan mikroorganisme (Cuero, dkk., 1991 dalam Shahidi, dkk., 1999).

Gambar 3 menunjukkan inaktivasi dari kitosan terhadap campuran bakteri pembusuk dalam jus nenas setelah inkubasi 24 jam dan pH 6,8 yang dinyatakan sebagai diameter zona bening.



Gambar 3. Hasil pengukuran diameter zona bening.

Berdasarkan Gambar 3. di atas, konsentrasi 0,05% dari kitosan T 345 dipilih karena merupakan konsentrasi yang menghasilkan sensitivitas terbesar dalam uji pendahuluan ini. Konsentrasi kitosan ini selanjutnya digunakan dalam pembuatan jus nenas dan diamati pengaruh penambahannya terhadap *shelf life*.

Tabel 1. Data Angka Lempeng Total (ALT) pada jus nenas

Kode Sampel	HARI KE-1	HARI KE-3	HARI KE-5	HARI KE-7	HARI KE-9	HARI KE-13
	Jumlah koloni					
129	1.96E+03	2.90E+03	6.30E+03	6.00E+02	1.00E+03	8.40E+03
424	2.79E+05	1.44E+07	1.20E+07	-	-	-
586	0.00E+00	3.30E+02	5.30E+02	5.60E+02	1.93E+03	9.19E+03
157	5.45E+04	6.00E+05	8.20E+06	-	-	-
361	1.87E+06	8.60E+05	3.80E+07	-	-	-
248	1.78E+06	9.90E+07	1.01E+08	-	-	-

Pengaruh penambahan kitosan dalam jus nenas diamati cemaran mikroanya dengan metode ALT. Hasil penghitungan cemaran mikroba yang dinyatakan sebagai nilai ALT dari enam jus nenas diperlihatkan pada Tabel 1. Hasil uji untuk sampel kode 424, 157, 361 dan 248, pada hari ke-1 telah melebihi ambang batas cemaran bakteri, yaitu 1×10^4 koloni/ml (SNI 7388:2009). Jus yang telah melebihi batas ambang cemaran bakteri menurut SNI, tidak dilanjutkan penentuan ALT berikutnya.

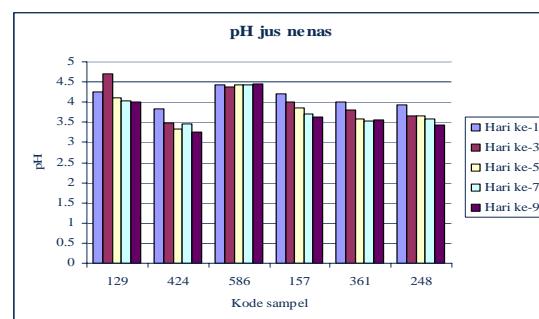
Sampel kode 129 dan 586 masih berada di bawah ambang batas cemaran bakteri hingga hari ke-13. Sampel yang dipasteurisasi tahan lebih lama dibandingkan sampel yang tidak dipasteurisasi. Pasteurisasi bertujuan untuk mematikan mikroorganisme patogen sehingga mencegah kerusakan sampel karena mikroorganisme dan enzim (Buckle, dkk., 1987).

3.2 Pengukuran pH

Jumlah pertambahan koloni mikroorganisme diiringi dengan kenaikan keasaman (pH rendah). Fermentasi mikroba dalam media jus yang mengandung glukosa menghasilkan produk akhir asam. Dengan kata lain ada kecenderungan bila peningkatan jumlah mikroba diiringi dengan penurunan pH. Gambar 3. menunjukkan nilai pH jus untuk beberapa perlakuan sampel sepanjang masa pengamatan dari hari ke-1 hingga hari ke-9.

Jus pada hari-1 yang dibuat tanpa pasteurisasi dan tanpa bahan pengawet

natrium benzoat maupun kitosan memiliki keasaman (sampel 248) lebih rendah dari pada jus dengan penambahan kitosan dan natrium benzoat dengan perlakuan pasteurisasi (seperti sampel 129 dan 586). Ada kecenderungan penurunan pH terhadap lamanya penyimpanan jus pada masing-masing perlakuan. Kehadiran kitosan dan natrium benzoat dalam jus (sampel 129 dan 586) yang dipersiapkan melalui pasteurisasi dapat mempertahankan keasaman jus, terlihat selama hari ke-9 pH relatif tetap.

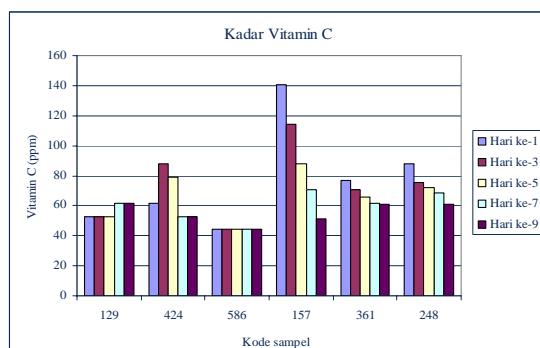


Gambar 3. Hasil pengukuran pH

3.3 Pengukuran Vitamin C

Gambar 4 menunjukkan bahwa kadar vitamin C pada jus yang dipasteurisasi (sampel 129, 586, dan 361) terlihat lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak dipasteurisasi (sampel 424, 157, dan 248). Vitamin C merupakan vitamin yang mudah teroksidasi, proses pasteurisasi dapat menurunkan kadar vitamin C. Vitamin C dari jus nanas yang diberi kitosan-dipasteurisasi (sampel 129) dengan jus nanas yang diberi natrium benzoat-dipasteurisasi (sampel 586), terlihat bahwa pemberian kitosan dapat mempertahankan

kadar asam askorbat yang lebih tinggi dari pada jus nanas dengan natrium benzoat. Sesuai dengan Rodrigo, dkk. dalam Diana, dkk. (2009), bahwa kandungan asam askorbat akan mengalami penurunan selama penyimpanan terutama pada suhu penyimpanan yang tinggi dan penggunaan kitosan dibawah konsentrasi 1 g/L tidak akan terlalu mempengaruhi kadar asam askorbat.



Gambar 4. Kadar Vitamin C (ppm)

4. KESIMPULAN

Penambahan kitosan dalam jus nenas memberikan pengaruh dapat memperpanjang *shelf life* produk hingga 13 hari masih di bawah ambang batas cemaran bakteri SNI 7388:2009, yaitu pada penambahan kitosan dalam konsentrasi 0,05% b/v dengan penyimpanan produk di suhu ruang ($\pm 27^{\circ}\text{C}$) dan jus nenas disiapkan melalui proses pasteurisasi.

5. SARAN

Penelitian ini dapat memberikan saran bahwa penggunaan kitosan pada konsentrasi 0,05% b/v ke dalam minuman dapat digunakan sebagai bahan pengawet alami yang perannya serupa dengan penambahan natrium benzoat 0,1% b/v.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dana penelitian dari Program Kegiatan Insentif PKPP 2011 Kementerian Riset dan Teknologi melalui Penelitian Pembuatan Kitosan dan Nano

Partikel Kitosan dengan Tripoli Fosfat Dari Limbah Cangkang Udang (*Crustaceae*) dan Aplikasinya Sebagai Bahan Memperpanjang *Shelf-Life* Produk Buah Segar dan Buah Kaleng dengan Nomor Kontrak 12/SPK/RISTEK/BPKIMI/03/ 2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Buckle, K. A., Edwards, R. A., Fleet, G. H. dan Wootton. M. 1987. *Ilmu pangan*. Penerj: Hari, P.A. Jakarta. UI Press.
- Diana, A.B.M., Daniel, R., Barat, J.M. dan Catherine, B.R. 2009. Orange juices enriched with chitosan: Optimisation for extending the shelf-life. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 10: 590–600.
- Food additives and E numbers. <http://dermnetnz.org/reactions/e-numbers.html>. Diakses Tanggal. 15 Juni 2009.
- Lay, B.W. 1994. *Analisis mikroba di laboratorium*. Jakarta. PT Raja Grafindo Persada.
- No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W., dan Xu, Z. 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods : A review. *Journal of Food Science*. 72 (5) : 87-100.
- Rabea, E.I., Mohamed E.T.B., Christians V.S., Guy S., dan Walter S. 2003. Chitosan as Antimicrobial Agent: Applications and Mode of Action. *Biomacromolecules*, 2003, 4 (6), pp 1457–1465
- Shahidi, F., Janak K.V.A., dan You-jin J. 1999. Food applications of chittin and chitosans. *Trends in Food Science and technology*. 10 : 37-51.

- Sekiguchi, S. 1994. Molecular Weight Dependency of Antimicrobial Activity by Chitosan Oligomers In : Nishinari, K., Doi, E. Editors. *Food Hydrocolloids : Structures, Properties, and Function.* 71-76. New York. Plenum Press.
- Siaka, I.M. 2009. Analisis Bahan Pengawet Benzoat pada Saos Tomat yang beredar di Wilayah Kota Denpasar. *J.Kimia* ISSN 1907-9850. 3 (2) : 87-92.
- Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta. Gramedia.
- Yen, M. T. dan Mau, J.L. 2007. Physicochemical characterization of fungal chitosan from shiitake stipes. *Swiss Society of Food Sci. and Techno.* Pub. by Elsevier Ltd. LWT 40 : 472–479.
- Zhong, Q.P. dan Xia, W.S. 2008. Physicochemical Properties of Edible and Preservative Film from Chitosan/Cassava Starch/Gelatin Blend Plasticized with Glycerol. *Food Technol.* 46(3) : 262-269.

KARAKTERISASI DAN MODIFIKASI SIFAT FUNGSIONAL KAYU MANIS DALAM PRODUK PANGAN

(Characterization and Modification Functional of Cassia Vera in Food Product)

Fitriana Djafar* dan Fauzi Redha

Baristand Industri Banda Aceh

Jl. Cut Nyak Dhien No. 377 Lamteumen Timur – Banda Aceh

*E-mail : vee_3004@yahoo.com

Artikel Masuk : 9 Februari 2012; Artikel diterima : 29 Maret 2012

ABSTRAK. Karakteristik dan modifikasi sifat fungsional kayumanis dalam produk pangan bertujuan untuk diversifikasi produk oleoresin menjadi produk pangan dan meningkatkan nilai tambah dari komoditi kayu manis di Provinsi Aceh. Ruang lingkup kegiatan penelitian meliputi proses ekstraksi oleoresin kayumanis, proses pemurnian, karakterisasi produk oleoresin kayumanis (GCMS dan SEM), aplikasi oleoresin kayumanis dalam produk pangan, uji organoleptik terhadap produk pangan modifikasi. Ekstraksi oleoresin kayumanis menggunakan metode ekstraksi sokhlet. Variabel percobaan terdiri dari variabel tetap yaitu berat kayumanis 60 gram dan ukuran partikel 60 mesh, sedangkan variabel berubah yaitu 1). rasio pelarut terhadap bahan (1:8, 1:10, 1:12 dan 1:14), 2). jenis pelarut (Etanol 96% p.a dan Etanol daur ulang), 3) perlakuan setelah ekstraksi (diuapkan dan tidak diuapkan). Perlakuan ekstraksi oleoresin kayumanis dengan metode sokhlet yang paling optimal yaitu pada perlakuan jenis pelarut etanol 96% (diuapkan), rasio bahan dan pelarut 1: 15, ukuran partikel 80 mesh, waktu ekstrak 8 jam, dengan yield oleoresin kayumanis sebesar 41,53%. Hasil uji karakterisasi sifat fisiko kimia terhadap oleoresin kayumanis pada perlakuan optimal yaitu warna oleoresin coklat kemerahan; bentuk cairan kental; bau/aroma khas kayumanis, Indeks Bias 1,5304; Bobot Jenis 1,0179; morfologi/bentuk struktur partikel tidak seragam. Hasil uji GCMS diketahui secara umum oleoresin hasil ekstraksi dengan metode soxhlet menggunakan pelarut etanol 96% dan pelarut bekas tidak berbeda secara signifikan, yaitu mengandung komponen propene, propene, trideuteroacetonitril, Cinnamaldehyd, Coumarin. Hasil Uji organolpetik diketahui bahwa respon panelis terhadap produk pangan aplikasi berupa kue kering yakni “sangat suka” pada variasi penambahan oleoresin 2% yaitu sebesar 48% panelis.

Kata kunci: ekstraksi sokhlet, kayumanis, oleoresin, uji organoleptik

ABSTRACT. Characteristics and modification of functional properties of cinnamon in a food product intended for oleoresin product diversification into food products and increase the added value of cinnamon commodities in the Aceh province. The scope of research activities are cinnamon oleoresin extraction process, the purification process, characterization of cinnamon oleoresin products (GCMS and SEM), and application of cinnamon oleoresin in food products, organoleptic test of the modification food products. Extraction of Cinnamon oleoresin using the soxhlet extraction method. Experimental variables consisted of fixed variables such as weight of the cinnamon 60 grams and particle size of 60 mesh, while the changes variables such as: 1). ratio of solvent to material (1:8, 1:10, 1:12 and 1:14), 2). type of solvent (ethanol 96% p.a and recycling ethanol), 3) treatment after extraction (not evaporated and vaporized). Analysis result of the the most optimal treatment of soxhlet extraction method of Cinnamon oleoresin are is

treatment using 96% ethanol solvent (evaporated), the ratio of the material and solvent 1:15, 80 mesh particle size, the extraction time of 8 hours, with a cinnamon oleoresin yield is 41,53%. Results of physic-chemical characterization of the Cinnamon oleoresin properties on the optimal treatment are reddish brown on the oleoresin color; thick liquid form; specific aroma of cinnamon, refraction index 1,5304; density 1.0179; and morphology/shape of the particles is not uniform. GCMS test results shown that is no significantly different between oleoresin with soxhlet extracted method using 96% ethanol solvent, and using recycle ethanol solvent, which both contains components of propene, trideuteroacetonitril, Cinnamaldehyd, coumarin. The organoleptic test results with response of panelists note to the food product applications in the form of pastry shown 48% of the panelists are "really like" in addition of oleoresin 2% variation.

Keyword: *Cinnamon, oleoresin, organoleptic test, soxhlet extraction*

1. PENDAHULUAN

Kayu manis (*Cinnamomum sp.*) merupakan tumbuhan asli Asia Selatan, Asia Tenggara dan daratan Cina, Indonesia termasuk didalamnya (Sundari, 2007). Kabupaten Bener Meriah dalam Angka (2010) menyebutkan bahwa di Provinsi Aceh komoditi kayumanis banyak terdapat di Kabupaten Bener Meriah, dengan data luas areal tanam 275,1 Ha dan produksi sebanyak 157,5 Ton (Bener Meriah dalam Angka 2010).

Hasil utama kayu manis adalah kulit batang dan dahan, sedang hasil ikutannya adalah ranting dan daun. Kayu manis merupakan salah satu tanaman multi fungsi telah dikenal luas gunanya sebagai rempah pemberi cita rasa atau bumbu, hasil olahannya seperti minyak atsiri dan oleoresin banyak dimanfaatkan dalam industri-industri farmasi, kosmetik/aromatik, makanan, minuman, rokok, dsb. (*Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri, Volume 14 Nomor 2, 14 Agustus 2008*).

Sifat tersebut disebabkan kandungan zat aktif aromatis di dalamnya. Jika zat atau komponen aktif tersebut dipisahkan dengan cara diekstrak, baik dengan pelarut tertentu (misalnya etanol) maupun penyulingan (destilasi) hasilnya masing-masing dikenal dengan nama oleoresin atau minyak atsiri.

Oleoresin adalah campuran kompleks yang diperoleh dengan ekstraksi, konsentrasi (pemekatan) dan standarisasi

minyak esensial (minyak atsiri) dan komponen non volatil (tidak menguap) dari rempah-rempah, biasanya dalam bentuk cairan kental atau pasta. Sedangkan minyak atsiri atau minyak esensial adalah fraksi volatil yang diperoleh dari proses destilasi rempah-rempah dan bagian tanaman lain (Abubakar, dkk., 2003).

Dewasa ini, kesadaran masyarakat akan pentingnya pangan fungsional dari bahan alami semakin meningkat, hal ini merupakan peluang yang tak boleh disia-siakan. Pangan fungsional adalah makanan dengan kandungan senyawa aktif yang berperan dalam meningkatkan daya tahan tubuh, memperkecil risiko terkena serangan penyakit tertentu serta memberikan manfaat kesehatan yang maksimal (Buckle, dkk., 1987). Wildman (2001) mendefinisikan pangan fungsional merupakan pangan alami (sebagai contoh, buah-buahan dan sayur-sayuran) atau pangan olahan yang mengandung komponen bioaktif sehingga dapat memberikan dampak positif pada fungsi metabolisme manusia. Dalam hal ini, oleoresin kayu manis merupakan salah satu hasil olahan yang berpotensi sebagai antioksidan dan antimikroba yang dapat dimanfaatkan pada bahan pangan.

Penelitian ini bertujuan untuk menambah diversifikasi produk oleoresin kayu manis sehingga dapat meningkatkan nilai tambah dari komoditi kayu manis di Provinsi Aceh.

2. METODOLOGI

Kegiatan litbang dilakukan di laboratorium Proses Baristand Industri Banda Aceh. Analisa kualitas mutu hasil litbang dilakukan dilaboratorium Kimia Umum Baristand Industri Banda Aceh dan di Laboratorium kimia Organik Politeknik Lhokseumawe.

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi bahan baku dan bahan kimia. Bahan baku untuk perlakuan penelitian pendahuluan digunakan kayu manis yang berasal dari daerah: Pidie, Bireuen, Lhokseumawe dan Bener Meriah. Sedangkan bahan kimia yang digunakan meliputi bahan kimia untuk analisa dan proses ekstraksi yaitu Aquades, indikator PP, KOH 0,5 N, HCl 0,5 N, KOH-alkohol 0,2 N, HCl 0,5 N, etanol 70% dan etanol 96%. Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat ekstraksi sokhlet, alat pemisah (*rotary vacum evaporator*), alat penghalus rempah, penangas air, oven, dan alat-alat gelas, peralatan yang digunakan untuk analisa adalah Refraktometer (abbe), piknometer (duran), buret 50 ml (*pyrex*), dan peralatan gelas lainnya. Sedangkan tahapan kegiatan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

2.1 Ekstraksi Oleoresin Kayu Manis

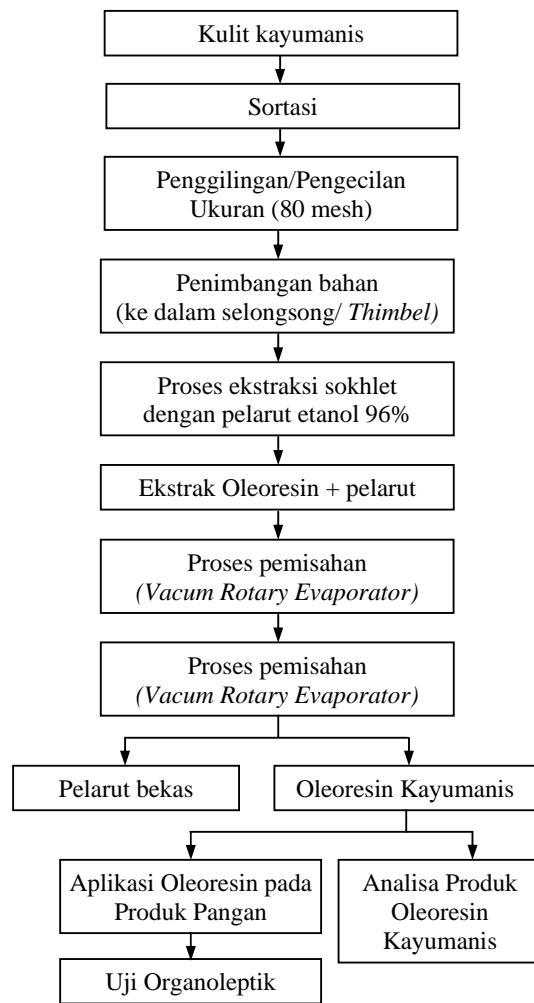
Pada penelitian ini, serbuk kayu manis yang digunakan memiliki ukuran 80 mesh dan pelarut yang digunakan adalah etanol 96% dan etanol daur ulang dari hasil permurnian oleoresin hasil ekstraksi. Variasi dilakukan terhadap rasio bahan dengan pelarut yang digunakan pada proses ekstraksi dengan perbandingan 1:8, 1:10, 1:12, 1:14, dan 1:15. Proses ekstraksi berlangsung selama 8 jam. Hasil ekstraksi kemudian dipisahkan dengan menggunakan *rotary evaporator* untuk memisahkan oleoresin dengan etanol.

Untuk memperoleh serbuk oleoresin, maka oleoresin dari hasil pemisahan dipanaskan diatas *waterbath* untuk menguapkan sisa-sisa pelarut. Serbuk oleoresin yang diperoleh dianalisa

karaterisasinya dengan menggunakan alat GCMS dengan temperatur oven 100 °C dan analisa morfologi bubuk oleoresin kayumanis dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

2.2 Aplikasi pada Produk Pangan

Serbuk oleoresin kayu manis diaplikasikan ke dalam produk pangan yaitu bisuit coklat dengan variasi penambahan oleoresin 1%, 2%, 3%, dan 5%. Selanjutnya dilakukan uji organoleptik terhadap parameter aroma, warna dan rasa dengan skala hedonik yaitu: (1) Sangat tidak suka, (2) Tidak suka, (3) Suka, dan (4) Sangat suka oleh 25 orang panelis.



Gambar 1. Skema pelaksanaan penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

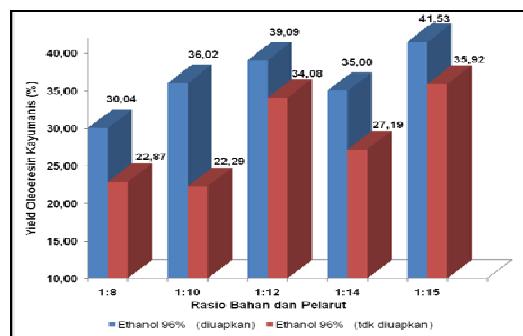
3.1 Yield Oleoresin Kayumanis

Percentase yield oleoresin kayumanis pada berbagai variasi rasio bahan dan pelarut dapat dilihat pada Gambar 8. Gambar 8 menunjukkan bahwa rata –rata perolehan yield oleoresin kayumanis dari perlakuan ekstrak yang diuapkan yaitu 30,04% - 41,53%, sedangkan rata-rata perolehan yield oleoresin dari perlakuan ekstrak yang tidak diuapkan yaitu 22,87% - 35,92%. Yield oleoresin kayumanis tertinggi diperoleh pada perlakuan ekstraksi menggunakan pelarut etanol 96%, ekstrak diuapkan, rasio bahan dan pelarut 1:15, ukuran partikel 80 mesh dengan waktu ekstrak 8 jam yaitu sebesar 41,53%.

Yield oleoresin kayumanis paling kecil diperoleh pada perlakuan ekstraksi menggunakan pelarut etanol 96%, ekstrak tidak diuapkan, rasio bahan dan pelarut 1:10, ukuran partikel 80 mesh dengan waktu ekstrak yaitu sebesar 22,29%. Secara umum dapat disimpulkan bahwa rata–rata perolehan yield oleoresin kayumanis dari perlakuan ekstrak yang diuapkan lebih tinggi daripada yang tidak diuapkan.

Rasio bahan dan pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi dapat mempengaruhi rendemen ekstrak yang dihasilkan (Sembiring dkk., 2005). Gambar 2 dapat diketahui bahwa semakin tinggi jumlah pelarut yang digunakan, maka semakin besar jumlah yield oleoresin kayumanis yang dihasilkan. Rasio bahan dan pelarut yang menghasilkan yield oleoresin tertinggi yaitu rasio 1: 15 dengan jumlah yield sebesar 41,53%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sembiring, dkk. (2005) yakni semakin tinggi jumlah pelarut yang digunakan, maka kemampuan pelarut yang digunakan untuk mengekstrak suatu bahan semakin tinggi karena kontak antara bahan dan pelarut semakin besar. Menurut Suryandari (1991) semakin besar volume pelarut yang digunakan maka jumlah oleoresin yang terekstraksi semakin banyak

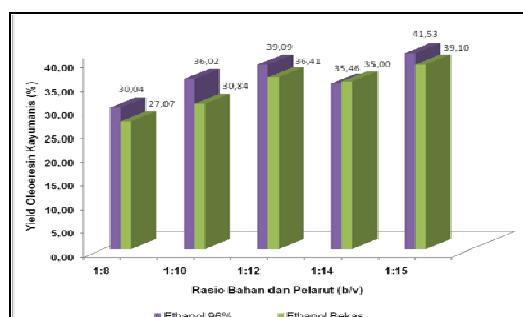
dan akan bertambah terus sampai larutan jenuh. Sehingga pada batasan rasio bahan dan pelarut 1:15 dengan metode sokhlet dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi rasio bahan dan pelarut untuk ekstraksi oleoresin maka semakin besar yield yang diperoleh.



Gambar 2. Percentase yield oleoresin kayu manis pada berbagai variasi rasio bahan dan pelarut.

3.2 Pengaruh Jenis Pelarut terhadap Yield Oleoresin Kayumanis

Pengaruh jenis pelarut terhadap yield oleoresin kayumanis dapat dilihat pada Gambar 3 yang menunjukkan bahwa perlakuan jenis pelarut (menggunakan etanol 96% dan etanol bekas) pada proses ekstraksi dengan metode sokhletasi memberikan jumlah yield yang berbeda sangat signifikan.



Gambar 3. Pengaruh jenis pelarut terhadap perolehan yield oleoresin kayu manis

Rata-rata yield oleoresin yang diperoleh dari proses ekstraksi menggunakan pelarut etanol 96% yaitu

sebesar 30,04% - 41,53%. Sedangkan yield oleoresin yang diperoleh dari proses ekstraksi menggunakan pelarut etanol bekas (etanol yang diperoleh dari proses pemurnian) yaitu sebesar 27,07% - 39,10%.

Secara umum, yield oleoresin yang diperoleh dari proses ekstraksi menggunakan pelarut etanol 96% lebih tinggi daripada yield oleoresin yang diperoleh dari proses ekstraksi menggunakan pelarut etanol bekas. Hal tersebut terjadi karena adanya perbedaan tingkat kepolaran antara etanol 96% dengan etanol bekas. Etanol 96% memiliki polaritas sebesar 0,68 sedangkan etanol bekas kemungkinan mengalami penurunan tingkat kepolarannya (<0,68). Menurut Anny S., dkk (2001) bahwa ekstraksi dengan pelarut guna menghasilkan oleoresin kayumanis dipengaruhi oleh jenis dan polaritas pelarut yang digunakan. Oleh karena itu polaritas pelarut dan titik didih merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam mengekstrak oleoresin. Menurut Reineccius (1994) pelarut non polar dapat mengekstrak beberapa komponen volatil dan pelarut polar adalah pelarut yang baik dalam proses ekstraksi oleoresin. Hal ini terjadi karena komponen oleoresin pada kayumanis umumnya bersifat polar.

3.3 Karakterisasi Sifat Fisiko Kimia Oleoresin Kayumanis

Karakterisasi sifat fisiko kimia produk oleoresin kayumanis meliputi warna, bentuk, bau, indeks bias, dan bobot jenis sebagaimana terlihat pada Tabel 1.

Karakterisasi sifat fisiko kimia dilakukan terhadap perlakuan ekstraksi paling optimal yakni yang menghasilkan yield tertinggi yaitu perlakuan jenis pelarut etanol 96% (diuapkan), rasio bahan dan pelarut 1: 15, ukuran partikel 80 mesh, waktu ekstrak 8 jam, yield oleoresin kayumanis 41,53%

Tabel 1 menunjukkan bahwa bentuk dan warna oleoresin yang dihasilkan berupa cairan kental berwarna coklat

kemerahan. Hal ini sesuai hasil kualifikasi Cinnamomum/Cassiavera menurut FDA adalah berupa cairan kental berwarna kemerahan, aroma berbau khas Cinnamomum dengan flavour manis dan hangat.

Tabel 1. Karakterisasi Sifat Fisiko Kimia Oleoresin Kayumanis

NO.	PARAMETER UJI	HASIL UJI
1.	Warna	Coklat Kemerahan
2.	Bentuk	Cairan Kental
3.	Bau	Aroma Khas Kayumanis
4.	Indeks Bias	1,5304
5.	Bobot Jenis	1,0179
6.	Rendemen	41,53%

Hasil pengujian indeks bias dari oleoresin kayumanis seperti terlihat pada Tabel 1 yaitu sebesar 1,5304. Oleoresin dengan indeks bias yang tinggi menandakan komponen yang mempunyai berat molekul tinggi seperti resin yang lebih banyak terekstrak (Ketaren, 2004).

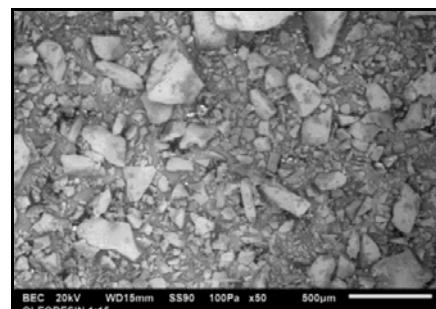
Penentuan berat jenis merupakan salah satu cara mendapatkan gambaran kemurnian oleoresin yang diperoleh. Tabel 1 menunjukkan berat jenis oleoresin sebesar 1,0189. Hal ini berkaitan dengan rendemen oleoresin yang didapat. Menurut Ketaren dan Melinda (1994) pada awal ekstraksi komponen yang ringan terlebih dahulu terekstraksi kemudian diikuti komponen berat, semakin banyak komponen berat terekstraksi makin tinggi berat jenisnya. Berat jenis oleoresin yang didapat lebih dari 1(satu) mendekati berat jenis air (1,020-1,070 pada suhu 25 °C) tersebut menunjukkan bahwa oleoresin kayumanis yang dihasilkan pada penelitian ini mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi karena sedikit mengandung bahan pengotor. Menurut Guenther (1987) *di dalam* Yusmeiarti dkk (2007) berat jenis dari sinamaldehid yang terdapat dalam oleoresin berkisar antara 1,01-1,035.

3.4 Analisa Morfologi / Bentuk Struktur Partikel Bubuk Oleoresin Kayumanis Menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy)

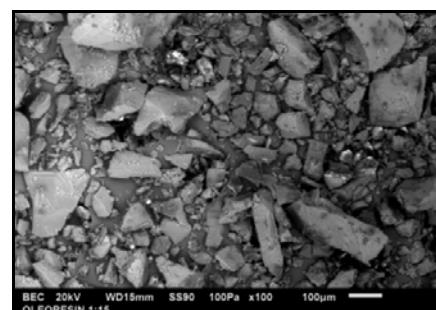
SEM merupakan teknik yang sangat handal untuk menguji dan menganalisa struktur/morfologi/ bentuk dari matrik pada skala mikro/nano. SEM (*Scanning Electron Microscopy*) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas electron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Selain itu juga dapat menentukan lokasi berkas elektron yang berintensitas tertinggi itu. SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi dari pada mikroskop optik. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang *de Broglie* yang memiliki electron lebih pendek dari pada gelombang optik. Karena makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop.

Analisa SEM dilakukan terhadap oleoresin kayumanis pada perlakuan optimal. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui morfologi/bentuk dari bubuk oleoresin kayumanis sehingga memudahkan penggunaan produk tersebut pada saat aplikasi ke bahan pangan. Oleoresin kayumanis yang diperoleh dari perlakuan ekstrak jenis pelarut etanol 96%, rasio bahan dan pelarut 1: 15 mesh dihaluskan hingga ukuran partikel 80 mesh. Kemudian bubuk oleoresin kayumanis dianalisis morfologi/bentuknya

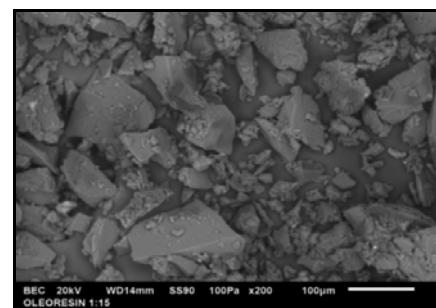
menggunakan alat SEM dengan perbesaran 50 kali, 100 kali, dan 200 kali sebagaimana terlihat pada Gambar 4, 5 dan 6.



Gambar 10. Hasil Analisa SEM Bubuk Oleoresin Kayumanis (Perbesaran 50 kali)



Gambar 11. Hasil Analisa SEM Bubuk Oleoresin Kayumanis (Perbesaran 100 kali)



Gambar 12. Hasil Analisa SEM Bubuk Oleoresin Kayumanis (Perbesaran 200 kali)

Gambar 4, 5 dan 6 menunjukkan bahwa bubuk oleoresin yang telah dihaluskan menjadi 80 mesh, morfologi/bentuk partikelnya kasar dan tidak seragam. Hal ini disebabkan karena pengecilan ukuran dan pengayakan produk oleoresin kayumanis dilakukan secara manual. Bentuk partikel bubuk oleoresin kayumanis yang tidak seragam akan mempersulit pada saat aplikasi ke produk

pangan. Solusi yang baik untuk menghasilkan ukuran partikel yang seragam dan halus adalah dengan menggunakan spray drying untuk mengubah produk oleoresin yang berupa pasta kental menjadi butiran dengan menambah beberapa bahan pengisi seperti CMC, dekstrosa, gum arab dan lain sebagainya.

3.5 Analisis Komponen terhadap Oleoresin Kayumanis menggunakan GCMS

Analisis komponen menggunakan GCMS yang bertujuan untuk mengetahui kandungan kimia yang terdapat dalam produk oleoresin kayumanis. Secara rinci hasil analisis komponen oleoresin kayumanis menggunakan GCMS dapat dilihat pada Tabel 2.

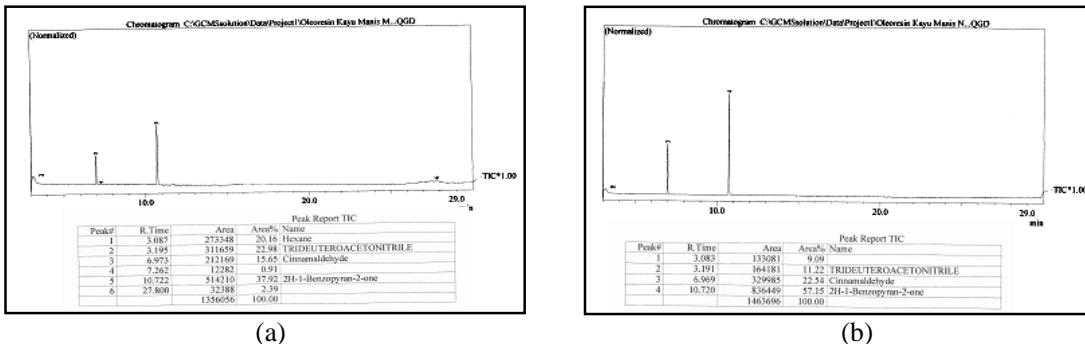
Secara umum oleoresin kayumanis terdiri dari komponen minyak atsiri dan resin. Nurlaila (2010) menyatakan bahwa komponen aktif yang dikandung oleh oloeresin adalah eugenol (87,2%), spatulenol (1,7%), bicyclogermacrene (1,7%), b-caryophyllene (1,4%) dan elemene (1,0%). Hasil penelitian ekstraksi kayumanis yang dilakukan dengan variasi jenis pelarut menyatakan bahwa kandungan senyawa/minyak atsiri dari serbuk kulit kayumanis yang diektstraksi dengan cara maserasi yaitu: 1). menggunakan pelarut metanol mengandung komponen sinnamaldehid (43,57%) dan kopean (3,58%); 2). menggunakan pelarut n-heksana mengandung komponen sinnamaldehid (79,1%), alpha mourolen (0,41%) dan kopean (0,61%); 3). Menggunakan pelarut etil asetat mengandung komponen sinnamaldehid (84,08%, kumarin (12,01%), alpha-mourolen (0,25%) dan kopean (3,58%).

Tabel 2 menunjukkan bahwa secara umum oleoresin hasil ekstraksi dengan metode sohklet menggunakan pelarut etanol 96% dan pelarut etanol daur ulang tidak berbeda secara signifikan, yaitu

mengandung komponen propene, trideuteroacetonitril, Cinnamaldehyd, Coumarin. Kromatogram GCMS produk oleoresin hasil ekstraksi menggunakan pelarut etanol 96% dan pelarut daur ulang dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 2. Hasil Analisis Komponen Oleoresin Kayumanis menggunakan GCMS

Pelarut	Kode sampel	Rasio pelarut (b/v)	Komponen/kandungan senyawa kimia
Etanol 96%	A	1:8	Propene (11,35%) Trideuteroacetonitril (5,02%) Cinnamaldehyd (1,28%) Coumarin (82,35%)
	B	1:10	Propene (10,01%) Methylpropane (8,49%) Cinnamaldehyd (4,49%) Coumarin (60,36%) Difluorophenyl ester (13,04%)
	C	1:12	Isopropoxyethylamine (12,20%) Trideuteroacetonitril (6,5%) Cinnamaldehyd (3,67%) Coumarin (77,63%)
	D	1:14	Propene (20,44%) Coumarin (79,56%) 2,3,6,7-tetramethyl (9,54%)
	E	1:15	1,4-Dioxane (8,28%) Alpha-Guaiene (15,56%) Methoazulene (4,70%) Azulene (10,09%) Coumarin (30,12%)
Etanol daur ulang	F	1:8	Propene (8,47%) Trideuteroacetonitril (13,33%) Cinnamaldehyd (11,91%) Coumarin 62,29%)
	G	1:10	Methanamine (8,87%) Trideuteroacetonitril (6,96%) Cinnamaldehyd (8,05%) Coumarin (76,65%)
	H	1:12	Acetaldehyde (10,81%) Hydroxyurea (6,69%) Cinnamaldehyd (8,82%) Coumarin (73,68%)
	I	1:14	Propene (9,10%) Methanamine (3,80%) Cinnamaldehyd (24,57%) Coumarin (63,53%)
	J	1:15	Isobutyl Alcohol (9,91%) Trideuteroacetonitril (6,60%) Cinnamaldehyd (19,13%) Coumarin 64,37%)

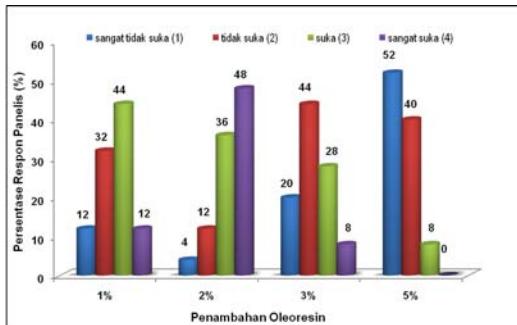


Gambar 7. Kromatogram produk oleoresin (a) ekstraksi menggunakan pelarut etanol 96%, (b) ekstraksi menggunakan pelarut etanol daur ulang

3.6 Uji Organoleptik terhadap Rasa Produk Pangan Aplikasi

Uji organoleptik terhadap rasa produk pangan aplikasi berupa kue kering dengan variasi penambahan oleoresin sebesar 1%, 2%, 3% dan 5%. Uji organoleptik ini dilakukan oleh 25 orang panelis tidak terlatih. Secara rinci hasil uji organoleptik terhadap rasa produk pangan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 8.

Gambar 8 terlihat bahwa respon panelis “sangat suka” yaitu terhadap produk pangan aplikasi dengan variasi penambahan oleoresin 2% yakni sebesar 48%. Sedangkan respon panelis “sangat tidak suka” yaitu terhadap produk pangan aplikasi dengan variasi penambahan oleoresin 5% yakni sebesar 52%. Hal ini disebabkan karena pada variasi penambahan 5% flavor oleoresin sangat berbau khas kayumanis dan rasanya sangat tajam/hangat/pedas.



Gambar 8. Hasil Uji Organoleptik Terhadap Rasa Produk Pangan Aplikasi

Data hasil uji organoleptik sebagaimana terdapat pada Gambar 8

tersebut dapat disimpulkan bahwa aplikasi penggunaan oleoresin <3% pada produk pangan masih menunjukkan respon panelis “suka” dan “sangat suka”, sedangkan >5% menunjukkan respon panelis “tidak suka” dan “sangat tidak suka”.

4. KESIMPULAN

1. Perlakuan ekstraksi oleoresin kayumanis dengan metode sohplet yang paling optimal yaitu pada perlakuan jenis pelarut etanol 96% (diuapkan), rasio bahan dan pelarut 1: 15, ukuran partikel 80 mesh, waktu ekstrak 8 jam, dengan yield oleoresin kayumanis sebesar 41,53%.
2. Karakterisasi sifat fisiko kimia terhadap oleoresin kayumanis pada perlakuan optimal yaitu warna oleoresin coklat kemerahan; bentuk cairan kental; bau/aroma khas kayumanis Indeks Bias 1,5304; Bobot Jenis 1,0179; morfologi/bentuk struktur partikel tidak seragam.
3. Secara umum oleoresin hasil ekstraksi dengan metode sohplet menggunakan pelarut etanol 96% dan pelarut bekas tidak berbeda secara signifikan, yaitu mengandung komponen propene, trideuteroacetonitril, Cinnamaldehyd, Coumarin.
4. Respon panelis terhadap produk pangan aplikasi berupa kue kering yakni “sangat suka” pada variasi penambahan oleoresin 2% yaitu sebesar 48% panelis.

- Sedangkan respon panelis “sangat tidak suka” yaitu terhadap produk pangan aplikasi dengan variasi penambahan oleoresin 5% yaitu sebesar 52% panelis.
5. Aplikasi penggunaan oleoresin <3% pada produk pangan masih menunjukkan respon panelis “suka” dan “sangat suka”, sedangkan >5% menunjukkan respon panelis “tidak suka” dan “sangat tidak suka”.
- ## 5. SARAN
1. Aplikasi oleoresin pada produk pangan akan lebih efektif bila ukuran partikel yang seragam dan halus. Solusi untuk mengatasi hal ini adalah dengan menggunakan spray drying untuk mengubah produk oleoresin yang berupa pasta kental menjadi butiran dengan menambah beberapa bahan pengisi seperti CMC, dekstrosa, gum arab dan lain sebagainya.
 2. Perlu dilakukan kegiatan lanjutan dalam rangka transfer teknologi/aplikasi pada produk kayumanis pada IKM atau *home industrie*, sehingga akhirnya dapat tercapai sasaran untuk memanfaatkan potensi kayu manis di Provinsi Aceh; diketahuinya karakterisasi (sifat kimia dan fisika) oleoresin kayu manis; dan modifikasi produk oleoresin dalam bahan pangan.
- ## DAFTAR PUSTAKA
- Abubakar, Mulyono, E., dan Yulianingsih. 2007. Proses Oleoresin dan Penggunaanya di Indonesia. *Prosiding Konferensi Nasional Minyak Atsiri* p. 221 – 228
- Buckle, K.A., Edwars, RA., Fleet, G. dan Wooton, M. 1987. *Ilmu Pangan*. terjemahan Purnomo, H. dan Adiono. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia.
- Dinas Perkebunan dan Kehutanan Kabupaten Bener Meriah, 2010.
- Bener Meriah Dalam Angka. Kabupaten Bener Meriah
- Guenther E. 1987. *Tanaman Minyak Atsiri*. Jilid I. Jakarta. Universitas Indonesia Press.
- Ketaren, S., Melinda, M. 1994. Pengaruh Ukuran Bahan dan Kondisi Ekstraksi terhadap Rendemen dan Mutu oleoresin Bunga Cengkeh. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*.
- Ketaren, S. 2004. Kondisi Minyak Atsiri Indonesia dan Perkembangannya Ditinjau dari Aspek Teknologi. *Panduan Seminar Minyak Atsiri Indonesia*. Balai Besar Industri Agro. Bogor.
- Moyler, D.A. 1991. *Oleoresin, Tinctures and Extracts*. London. Blackie and Sons. Ltd.
- Nurlaila. 2011. *Pengambilan Minyak Atsiri Dari Kulit Kayumanis Secara Distilasi Uap dan Ekstraksi Oleoresin Dari Ampas Kulit Kayumanis (Cinnamomum Burmannii)*, Thesis Pascasarjana Magister Teknik Kimia Unsyiah, Banda Aceh.
- Reineccius, G.A. 1994. *Spray Drying of food flavor: Flavour Encapsulations*. Washington DC, AAC Symposium series 370:55-66.
- SEM (Scanning Elektronik Microscopy). <http://robbaniryo.com/tag/uji-scanning-electronic-microscop/>. (Tanggal akses 22 Februari 2012).
- Sembiring, B., Manoi, F. dan Junawati, M. 2005. Pengaruh nisbah bahan dengan pelarut dan lama ekstraksi terhadap mutu ekstraksi sambiloto (*Andrographis paniculata* Nees). *Prosiding Seminar Nasional dan*

- Pameran Tumbuhan Obat Indonesia.* Vol . XXVIII.
- Sulaswaty, A. Wuryaningsih, Hartati, S., Abimanyu, H., dan Laksono, J. 2001. Kajian Awal Hasil Ekstraksi Minyak dan Oleoresin dari Kulit Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii Blume*). *Prosiding Seminar Nasional X “Kimia dalam Industri dan Lingkungan”*, ISSN: 0854-4778, Hotel Santika Yogyakarta, 6-7 November 2001.
- Sundari, E. dan Sari, E. 2007. Prospek Minyak Atsiri Kayumanis di Sumatera Barat. www.ebookpangan.com.
- Suryandari, S., 1981. Pengambilan oleoresin Jahe dengan cara Solvent extraction. Laporan Penelitian. BBIHP Makasar. Kementerian Perindustrian.
- Visualisasi Fouling: Scanning Electron Microscopy (SEM). <http://roilbilad.wordpress.com/2010/10/21/>. (Diakses tanggal 20 Desember 2011)
- Warta Penelitian dan Pengembangan Teknologi Industri. Vol 14, No. 2, Tanggal 14 Agustus 2007.
- Wildman, RP., Gu, D., Reynolds, K., Duan, X., He, J. 2001. Appropriate body mass index and waist circumference cutoffs for Categorization of overweight and central adiposity among Chinese adults. *Am J Clin Nutr*: 80: 1126-36.
- Wikipedia. Coumarin. <http://en.wikipedia.org/wiki/coumarin>. (Diakses tanggal 2 Oktober 2011)
- Yumeiarti, Silfia, dan Rosalinda Syarif, 2007, Pengaruh Bahan Tambahan Terhadap Sifat Fisik Oloresin Cassiavera Mutu Rendah, Buletin BiPD, Vol. XV No. 2, Desember 2007, pp 29-37.
- Uji panel pada uji sensoris. <http://barasbanyu-asna.blogspot.com>. (Diakses tanggal 22 Februari 2012)

KARAKTERISTIK LEMAK KAKAO HASIL EKSTRAKSI MENGGUNAKAN BANTUAN ULTRASONIK

(*Characterization of Cacao Fat Extracted by Ultrasonic Assisted*)

M. Dani Supardan^{1*}, Hasnidar² dan Eti Indarti³

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

²Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan, Banda Aceh.

³Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*E-mail: m.dani.supardan@che.unsyiah.ac.id

Artikel masuk : 2 Maret 2012 ; Artikel diterima : 3 April 2012

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari karakteristik lemak kakao yang dihasilkan dengan metode ekstraksi pelarut menggunakan bantuan ultrasonik. Lemak kakao diperoleh dari hasil ekstraksi biji kakao yang berasal dari perkebunan rakyat di Kecamatan Langkahan Kabupaten Aceh Utara yang telah mengalami perlakuan awal dengan cara fermentasi dan pengeringan. Pada penelitian ini, proses ekstraksi dilakukan dengan pelarut n-heksan. Karakteristik lemak kakao hasil ekstraksi menggunakan bantuan ultrasonik adalah asam lemak bebas berkisar antara 0,83–0,90%; bilangan penyabunan berkisar antara 193,56–195,16 mg KOH/gram lemak; bilangan iod 33,93 gram/100 gram; titik leleh awal 33,27°C dan titik leleh akhir 35,28°C serta indeks bias 1,457. Hasil-hasil analisis ini menunjukkan bahwa sebagian besar parameter uji sudah memenuhi syarat mutu lemak kakao sesuai Standard Nasional Indonesia (SNI) No. 01-3748-1995. Uji solid fat content pada suhu 40°C menunjukkan lemak kakao yang mencair sekitar 96,32% yang berarti sebanyak 3,68% masih merupakan padatan. Disamping itu, hasil analisis gas kromatografi menunjukkan kandungan asam lemak tertinggi dan terendah dalam lemak kakao masing-masing adalah asam stearat dan asam arasidat.

Kata kunci: ekstraksi, lemak kakao, solid fat content, ultrasonik

ABSTRACT. In this work, the characterization of cocoa fat extracted by ultrasound-assisted solvent extraction was conducted. The cocoa fat extracted from cocoa beans where collected from plantation at Langkahan District of North Aceh Regency, which have been fermented and dried. n-heksan was used as solvent. The characteristics of extracted cocoa fat i.e. the value of free fatty acid was in the range of 0.83-0.90%; saponification value was in the range of 193.56-195.16 mg KOH/gram of fat; iod value was 33.93 gram/100 gram; initial and final melting point were 33.27 °C and 35.28 °C, respectively; and optic index was 1.457. These results indicated that most of test parameters comply to the quality of cocoa fat of Indonesian National Standard (INS) No. 01-3748-1995. Solid fat content test shows that cocoa fat did not melt completely at a temperature of 40 °C where 3.68% is still in a solid fat form. The Gas Chromatography analyzing show that the highest composition of fatty acid was stearic acid and the lowest was arachidic acid.

Keywords: cocoa fat, extraction, solid fat content, ultrasonic.

1. PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao L*) merupakan salah satu jenis komoditi perkebunan yang tumbuh baik di daerah tropis seperti halnya Indonesia. Kakao telah dikenal di Indonesia sejak tahun 1590, tetapi baru menjadi komoditi yang penting sejak tahun 1951 (Sunanto, 1994). Saat ini, Indonesia merupakan negara penghasil kakao ketiga terbesar di dunia dengan jumlah produksi 435.000 ton pada tahun 2011 (Tribunnews.com, 2012). Produk hasil olahan yang utama dari biji kakao adalah lemak kakao, tepung dan pasta kakao. Kandungan lemak pada biji kakao Indonesia berkisar antara 55-60% (Indarti, 2007). Pemanfaatan lemak kakao adalah untuk produk pangan, permen, gula-gula, *bakery* dan produk pangan penting lainnya. Lemak kakao juga dapat dimanfaatkan untuk membuat produk krim pelembab dan sabun coklat. Ditinjau dari aspek dari aspek kemampuan menahan kelembaban, dinilai secara organoleptik, penambahan lemak kakao memberikan hasil yang lebih baik dibanding tanpa lemak kakao. Keunggulan lemak kakao ini adalah sifat uniknya yang padat pada suhu ruang dan cair pada suhu tubuh. Hal inilah yang menyebabkan nilai jual lemak kakao menjadi tinggi. Harga lemak kakao lebih kurang dua kali harga bubuk kakao (Timms dan Stewart, 1999). Melihat nilai tambah yang sangat signifikan ini, maka upaya untuk mendorong pengolahan kakao menjadi lemak kakao merupakan salah satu prioritas di sektor pertanian dan perindustrian.

Pengambilan lemak dari biji kakao dapat dilakukan dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut. Beberapa peneliti melaporkan penggunaan metode ekstraksi lainnya untuk pengambilan lemak kakao. Elkhorri, dkk. (2006) menggunakan proses dengan bantuan microwave untuk ekstraksi dan penentuan lemak dari serbuk kakao dan nibs. Venter, dkk. (2006) menggunakan pengepresan mekanik menggunakan bantuan gas karbon dioksida

untuk menghasilkan lemak dari biji kakao. Salah satu metode ekstraksi yang mulai banyak dikembangkan adalah metode ekstraksi pelarut menggunakan bantuan gelombang ultrasonik. Pengolahan bahan makanan juga tak luput memanfaatkan efek gelombang ultrasonik untuk mempengaruhi perubahan-perubahan yang terjadi selama proses baik secara fisika maupun kimia. Garcia dan Castro (2003) menyatakan bahwa ekstraksi dengan bantuan gelombang ultrasonik memiliki keunggulan dibandingkan dengan ekstraksi menggunakan soklet yaitu rendemen yang lebih tinggi dan waktu ekstraksi yang relatif lebih singkat.

Supardan, dkk. (2011) melaporkan proses pengambilan lemak kakao dengan metode ekstraksi pelarut menggunakan bantuan ultrasonik menghasilkan rendemen yang lebih besar dibandingkan menggunakan soklet dimana rendemen lemak kakao yang dihasilkan pada waktu ekstraksi 120 menit adalah 25,53% dan 21,31% masing-masing untuk ekstraksi menggunakan bantuan ultrasonik dan ekstraksi menggunakan soklet. Tujuan penelitian ini adalah melakukan karakterisasi lemak kakao yang dihasilkan melalui proses ekstraksi pelarut dengan bantuan ultrasonik. Karakterisasi yang dilakukan adalah nilai asam lemak bebas, bilangan penyabunan, *solid fat content*, bilangan iod, indeks bias, titik leleh awal dan akhir serta analisis komposisi lemak kakao.

2. METODOLOGI

2.1 Alat-alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik (Sartorius Cp 224.S), *ultrasonic cleaning bath* (Branson 1510 E-MT), water bath (Memmert WB 22), oven (Memmert UNE-500) dan *centrifuge BR4i multifunction* dan alat penunjang yang digunakan adalah termometer dan alat-alat gelas.

Biji kakao yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Perkebunan

Rakyat Desa Seureuke Blok A, Kecamatan Langkahan Kabupaten Aceh Utara yang telah mengalami perlakuan awal dengan cara fermentasi dan pengeringan. Pelarut yang digunakan adalah n-heksan C₆H₁₄ (E-Merck).

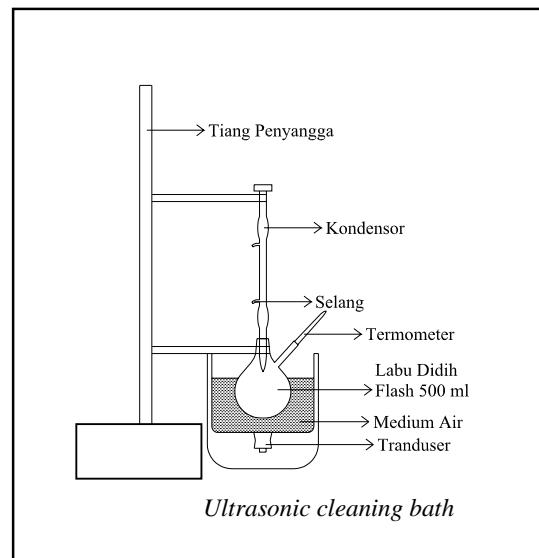
2.2 Prosedur Penelitian Ekstraksi Menggunakan Ultrasonik

Biji kakao yang telah dihaluskan ditimbang dengan seksama sebanyak 5 gram, kemudian dimasukkan kedalam labu didih flash 500 ml dan ditambahkan pelarut n-heksan dengan rasio berat bahan terhadap volume pelarut sebesar 1:40. Selanjutnya labu didih yang berisi sampel dimasukkan ke dalam ultrasonik bath untuk diekstraksi dengan waktu ekstraksi 30, 60, 90 dan 120 menit. Ekstraksi menggunakan bantuan gelombang ultrasonik dilakukan pada frekwensi 42 kHz dan temperatur 40 °C. Peralatan ekstraksi dilengkapi kondensor untuk menghindari kehilangan akibat penguapan pelarut. Hasil ekstraksi kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring whatman dan hasil saringan diuapkan di atas *water bath* untuk memisahkan lemak dan pelarut. Lemak kakao yang diperoleh dikeringkan di dalam oven dengan temperatur 110 °C selama 2 jam dan selanjutnya dilakukan karakterisasi produk lemak kakao yang dihasilkan. Adapun skema peralatan proses ekstraksi lemak kakao menggunakan bantuan ultrasonik dapat dilihat pada Gambar 1.

2.3 Karakterisasi Produk Lemak Kakao

Produk lemak kakao yang diperoleh dilakukan analisis. Analisis yang dilakukan terhadap produk lemak kakao adalah asam lemak bebas, bilangan penyabunan dan bilangan iod. Analisis-analisis ini dilakukan di Laboratorium Pangan Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan di Banda Aceh. Komposisi asam lemak ditentukan dengan menggunakan Gas

Chromatography (GC-17A Shimadzu). Analisis komposisi asam lemak dilakukan di Laboratorium Pangan Pusat Pengujian Obat dan Makanan Nasional Jakarta. Titik leleh, indeks bias. dan uji *solid fat content* menggunakan NMR Analyzer Bruker Minispec PC 100 yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian IPB Bogor.

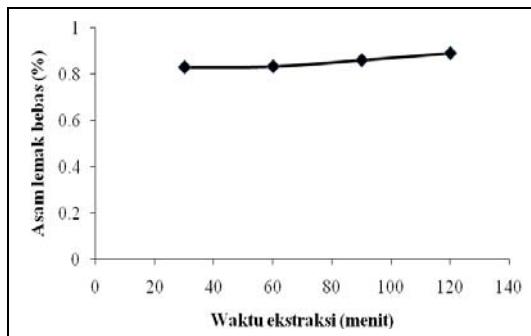


Gambar 1. Skema peralatan penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 menunjukkan pengaruh waktu ekstraksi terhadap asam lemak bebas lemak kakao. Hasil penelitian menunjukkan asam lemak bebas lemak kakao cenderung meningkat dengan meningkatnya waktu ekstraksi. Sepertiga asam lemak yang terdapat dalam coklat adalah asam oleat yaitu asam lemak tidak jenuh. Asam lemak tidak jenuh yang terdapat di dalam lemak atau minyak, terutama dari sumber nabati, dapat mengalami perubahan atau kerusakan, baik secara fisik atau kimia. Penyebab perubahan atau kerusakan ini antara lain adalah karena proses oksidasi. Bahan yang mengandung asam lemak yang banyak ikatan rangkapnya dapat teroksidasi secara spontan oleh udara pada suhu ruang. Oksidasi spontan ini secara langsung akan menurunkan tingkat kejenuhan minyak,

menyebabkan minyak menjadi tengik, dan terasa tidak enak. Proses ini akan dipercepat apabila terdapat logam tertentu seperti tembaga, seng, timah dan timbal dan apabila mendapat panas atau cahaya penerangan. Selain itu, asam lemak juga dapat mengalami perubahan karena dimasak pada temperatur tinggi. Proses pemasakan pada temperatur tinggi ini menyebabkan minyak mengalami pirolisis, yaitu suatu reaksi dekomposisi karena panas (Edwar, dkk., 2011). Proses ekstraksi lemak kakao menggunakan bantuan ultrasonik dilakukan pada temperatur 40 °C, dengan demikian, semakin lama ekstraksi berlangsung maka semakin besar pula kemungkinan terjadinya kerusakan minyak karena proses oksidasi dan proses lainnya. Namun, hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai asam lemak bebas yang terjadi tidak signifikan untuk kisaran waktu penelitian yang dilakukan. Indarti (2007) melaporkan kenaikan nilai asam lemak bebas yang signifikan terjadi pada temperatur diatas 80 °C untuk proses ekstraksi lemak kakao menggunakan pengepresan.



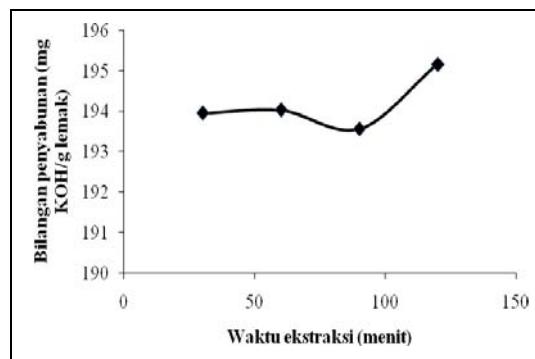
Gambar 2. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap asam lemak bebas lemak kakao

Jumlah asam lemak bebas juga dapat bertambah sebelum proses ekstraksi berlangsung. Jumlah asam lemak bebas umumnya juga akan meningkat jika biji kakao kering disimpan dalam gudang yang kurang bersih dan lembab. Hal ini dikarenakan pembentukan asam lemak bebas merupakan hasil hidrolisis yang dapat terjadi karena adanya aktifitas

mikroorganisme. Semakin tinggi bilangan asam suatu produk maka makin rendah kualitas produk tersebut, karena keberadaan asam lemak bebas di dalam suatu produk merupakan salah satu indikator kerusakan mutu (Ketaren, 1986).

Berdasarkan hasil analisis asam lemak bebas terhadap lemak kakao hasil ekstraksi diperoleh bahwa asam lemak bebas paling rendah dihasilkan pada waktu ekstraksi 30 menit yaitu 0.83, sedangkan asam lemak bebas yang tertinggi dihasilkan pada waktu ekstraksi 120 menit yaitu 0.90. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa lemak kakao hasil ekstraksi telah memenuhi persyaratan SNI No. 01-3748-1995 untuk asam lemak bebas yang dihitung sebagai asam oleat yaitu maksimum 1,75.

Gambar 3 menunjukkan pengaruh waktu ekstraksi terhadap bilangan penyabunan lemak kakao hasil ekstraksi. Bilangan penyabunan lemak kakao cenderung meningkat dengan meningkatnya waktu ekstraksi. Namun, bilangan penyabunan pada waktu ekstraksi 90 menit terlihat sedikit menurun. Hal ini diduga disebabkan sampel penelitian yang digunakan kurang homogen. Peningkatan bilangan penyabunan diduga disebabkan terjadinya pemutusan rantai karbon pada lemak yang mengakibatkan berkurangnya bobot molekul lemak coklat dengan bertambahnya waktu pemanasan (ekstraksi).



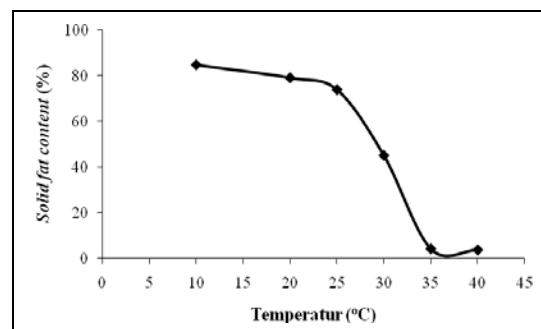
Gambar 3. Pengaruh waktu ekstraksi terhadap bilangan penyabunan lemak kakao

Bilangan penyabunan mempunyai hubungan yang erat dengan bobot molekul minyak. Minyak yang mempunyai bobot molekul rendah akan mempunyai bilangan penyabunan yang tinggi dari pada minyak yang mempunyai bobot molekul tinggi. Bilangan penyabunan yang tinggi dapat digunakan sebagai indikator kerusakan minyak (Yusnita dkk., 1999). Hasil analisis bilangan penyabunan lemak coklat menunjukkan kecenderungan yang sama dengan hasil analisis bilangan asam.

Berdasarkan hasil analisis bilangan penyabunan terhadap lemak kakao hasil ekstraksi diperoleh bahwa bilangan penyabunan paling rendah dihasilkan pada waktu ekstraksi 90 menit yaitu 193,56, sedangkan bilangan penyabunan yang tertinggi dihasilkan pada waktu ekstraksi 120 menit yaitu 195,16. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bilangan penyabunan lemak kakao yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan SNI 01-3748-1995 untuk bilangan penyabunan, yang berkisar antara 188-198 mg KOH/g lemak.

Sementara itu, hasil analisis *Solid Fat Content* menunjukkan lemak kakao hasil penelitian memiliki sifat yang mendekati lemak kakao Malaysia. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa kandungan lemak padat kakao hasil penelitian adalah sebesar 45,02% pada suhu 30 °C. Indarti dkk. (2007) melaporkan bahwa pada kondisi yang sama kandungan lemak padat kakao dari kabupaten Pidie sebesar 5,99%. Kedua angka ini masih di bawah kandungan lemak padat kakao Malaysia yaitu 53% (Lipp dan Anklam, 1998). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan lemak padat kakao hasil penelitian ini lebih tinggi dari kandungan lemak padat kakao kabupaten Pidie tetapi lebih rendah dari kandungan lemak padat kakao Malaysia. Hal ini menunjukkan bahwa lemak kakao Malaysia memiliki kristal yang lebih stabil dibandingkan lemak kakao pada penelitian ini dan lemak kakao kabupaten Pidie. Sifat ini sangat diinginkan dalam aplikasi penggunaan lemak kakao pada industri konvensionary. Kristal lemak yang stabil

tidak mudah meleleh pada suhu ruang dan sesuai dengan sifat unik lemak kakao, yaitu padat pada suhu kamar dan meleleh di suhu tubuh. Hasil penelitian menunjukkan pada suhu 35-40 °C lemak kakao yang mencair hanya sebanyak 96,32% yang berarti sisanya sebanyak 3,68% masih merupakan padatan.



Gambar 4. Profil *solid fat content* lemak kakao hasil penelitian.

3.1 Profil Asam Lemak

Tabel 1 menunjukkan komposisi asam lemak dalam produk lemak kakao hasil analisis menggunakan *Gas Chromatography*. Analisis profil asam lemak produk lemak kakao hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan 5 (lima) bahan baku standar yaitu metil palmitat 99%, metil stearat 97%, metil oleat, metil linoleat dan metil eicosanoat 99%. Dari hasil analisis komposisi asam lemak diperoleh bahwa komposisi asam lemak didominasi oleh asam palmitat, asam stearat dan asam oleat. Dari hasil penelitian juga diketahui bahwa waktu ekstraksi tidak memberikan perengaruh yang signifikan terhadap perbedaan komposisi asam lemaknya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lipp dan Enklam (1998) yang menyatakan bahwa komposisi asam lemak biji kakao lebih dipengaruhi oleh daerah asal kakao. Tabel 1 juga menunjukkan komposisi asam lemak dari data literatur. Komposisi asam lemak dalam lemak kakao dari berbagai sumber memperlihatkan kemiripan profil asam lemak.

Tabel 1. Perbandingan komposisi asam lemak dari berbagai sumber

N o	Asam lemak	Komposisi (%)		
		Hasil penelitian (ultrasonik)	Pantai Gading ¹	Malaysia ¹
1	Asam palmitat	23,88	25,8	24,9
2	Asam stearat	38,58	36,9	37,4
3	Asam oleat	33,78	32,9	33,5
4	Asam linoleat	2,38	2,8	2,6
5	Asam linolenat	-	0,2	0,2
6	Asam arasidat	1,18	1,2	1,2
7	Asam behenat	-	0,2	0,2

¹Lipp dan Enklam (1998).

Kualitas lemak juga mencakup beberapa parameter penting lainnya seperti titik leleh, indeks bias dan bilangan iod. Titik leleh awal telah memenuhi persyaratan standar mutu, tetapi titik leleh akhir masih melebihi persyaratan mutu yang ada. Sedangkan indeks bias dan bilangan iod lemak kakao berada pada kisaran persyaratan standar mutu. Data hasil analisis bilangan iod, titik leleh dan indeks bias ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Beberapa sifat fisik lemak kakao

N o	Parameter Uji	Hasil Penelitian	Satuan	Persyaratan
				SNI 01- 3748-1995
1	Titik leleh			
	Titik leleh awal	33,27	°C	30-34
	Titik leleh akhir	35,28	°C	31-35
2	Indeks bias nD40	1,457	-	1,456-1,459
3	Bilangan iod (wijs)	33,93	g/ 100 g	33-42

Berdasarkan hasil penelitian, untuk penggunaan lebih lanjut maka lemak kakao yang dihasilkan perlu mendapat perlakuan tambahan seperti fraksionasi untuk menghilangkan fraksi tak-mampu leleh serta *tempering* (perlakuan panas) dan

penambahan lemak susu untuk memperoleh lemak kakao yang berbentuk padat pada suhu kamar.

4. KESIMPULAN

Karakterisasi lemak kakao hasil ekstraksi menggunakan pelarut n-heksan dengan bantuan ultrasonik telah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan lemak kakao memiliki nilai asam lemak bebas berkisar antara 0,83–0,90%, bilangan penyabunan berkisar antara 193,56–195,16 mg KOH/gram lemak, bilangan iod 33,93 gram/100 gram, titik leleh awal 33,27 °C dan titik leleh akhir 35,28°C serta indeks bias 1,457. Selain itu, hasil uji *solid fat content* menunjukkan pada suhu 35-40 °C lemak kakao hasil penelitian tidak mencair seluruhnya dimana 3,68% lemak kakao masih merupakan padatan. Dari hasil GC-MS diperoleh komposisi asam lemak kakao hasil ekstraksi didominasi oleh asam palmitat, asam stearat, dan asam oleat. Hasil karakterisasi lemak kakao menunjukkan semua parameter sudah memenuhi persyaratan mutu lemak kakao SNI No. 01-3748-1995, kecuali, titik leleh akhir yang masih melebihi nilai dari persyaratan mutu yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

Edwar, Z., Suyuthie, H., Yerizel, E. dan Sulastri, D. 2011. Pengaruh Pemanasan terhadap Kejemuhan Asam Lemak Minyak Goreng Sawit dan Minyak Goreng Jagung. *Journal of the Indonesian Medical Association.* 61. 248-252.

Elkhori, S., Pare, J.R.J., Belanger, J.M.R. dan Perez, E. 2007. The microwave-assisted process: extraction and determination of fat from cocoa powder and cocoa nibs. *Journal of Food Engineering.* 79. 1110-1114.

- Indarti, E. 2007. Efek Pemanasan terhadap Rendemen Lemak pada Proses Pengepresan Biji Kakao. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 6. 50-54
- Indarti, E., Arpi N. dan Husna, N. E. 2007. *Optimasi Proses Pengepresan Lemak Kakao dari Biji Coklat Terfermentasi*. Laporan Hasil Riset Kolaborasi Lembaga Penelitian Unsyiah. Banda Aceh. Universitas Syiah Kuala.
- Garcia, J.L.L. dan Castro, M.D.L. 2003. Ultrasound: A powerful tool for leaching. *Trends in Analytical Chemistry*. 22. 41-47.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta. UI Kempas.
- Lipp, M. dan Anklam, E. 1998. Review of cocoa butter and alternative fats for use in chocolate – Part A. Compositiona data. *Food Chemistry*. 62. 73-97.
- Sunanto, H. 1994. *Coklat, Budidaya, Pengolahan hasil, dan Aspek Ekonominya*. Yogyakarta. Kanisius.
- Badan Standar Nasional. *SNI 01-3748-1995. Lemak Kakao*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.
- Supardan, M.D., Hasnidar dan Indarti, E. 2011. Pengambilan lemak kakao menggunakan ekstraksi pelarut berbantuan ultrasonik. *Prosiding Seminar Nasional ke-3 Fakultas Teknik UISU Medan*. 416-419.
- Timms, R.E. dan Stewart, I.M. 1999. Cocoa butter, a unique vegetable fat. *Lipid Technology Newsletter*. Oktober 1999. 101-107.
- Tribunnews.com. *Produksi kakao Indonesia akan merosot 11 persen*. edisi online 23 Maret 2012.
- Venter, M.J., Willems, P., Kuipers, N.J.M. dan de-Haan, A.B. 2006. Gas assisted mechanical expression of cocoa butter from cocoa nibs and edible oils from oilseeds. *Journal of Supercritical Fluids*. 37. 350-358.
- Yusnita, E., Wiyono, B. dan Setiawan, D. 1999. Pengaruh suhu dan lama pemasakan biji kemiri terhadap sifat minyaknya. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 17. 101-112.

PEMBUATAN STARTER MOCAF TERIMOBILISASI DARI ISOLAT BAKTERI ASAM LAKTAT DAN APLIKASINYA PADA PROSES PRODUKSI MOCAF

(Production of Immobilized Mocaf Starter from Lactic Acid Bacteria Isolate and Its Application on Mocaf Production Process)

Enny Hawani Loebis* dan Yuliasri Ramadhani Meutia

Balai Besar Industri Agro (BBIA)
Jl. Ir. H. Juanda No.11 Bogor 16122
*E-mail : loebis_enny@yahoo.com

Artikel masuk : 23 Februari 2012 ; Artikel diterima : 5 April 2012

ABSTRAK. Penelitian pembuatan starter mocaf terimobilisasi dari isolat bakteri asam laktat dan aplikasinya pada proses produksi mocaf telah dilakukan. Dalam penelitian ini starter dibuat dengan menggunakan 5 kombinasi isolat BAL. Inokulum starter dibuat dengan mengimobilisasi sel dengan alginat dan gelatin (2:1) sebagai karier dengan pre-treatment menggunakan sodium sitrat dan trehalose sebagai suplemen. Kultur yang terimobilisasi ditambahkan dengan berbagai bahan pengisi dengan perbandingan 1:2, dikeringkan menggunakan vakum berkompresor. Hasil menunjukkan bahan pengisi yang terbaik adalah tepung beras dengan perbandingan antara kultur terimobilisasi dengan bahan pengisi adalah 1:2, dikeringkan pada vakum kompresor suhu 36-38 °C selama 3-4 jam. Bahan pengisi yang terbaik tersebut digunakan untuk membuat seluruh kombinasi starter dan diimplementasikan untuk memfermentasi ubi kayu untuk menghasilkan tepung mocaf. Berdasarkan uji viabilitas bahwa jumlah BAL yang hidup pada starter berkisar pada $10^6 - 10^8$ koloni/gram. Dari kelima starter yang dilakukan pada penelitian ini bahwa starter 3 menunjukkan viabilitas yang paling tinggi yaitu $1,96 \times 10^8$. Implementasi starter pada pembuatan tepung mocaf menghasilkan produk tepung mocaf (mosta) yang memiliki derajat putih lebih tinggi dibandingkan tepung ubi kayu yaitu berkisar antara 91,36 – 94,55%. Komposisi kimia tepung mocaf memenuhi syarat SNI. Mosta juga mempunyai sifat amilografi dan kekuatan gel lebih tinggi dibandingkan tepung ubi kayu. Viskositas maksimum dicapai oleh Mosta 2 yaitu 2000 BU, diikuti dengan Mosta 1 yaitu 1920 BU. Kekuatan gel tertinggi dicapai oleh Mosta 1 dengan nilai rigiditas rata-rata sebesar 17,78 gf/mm.

Kata Kunci: *alginate, bakteri asam laktat, gelatin, imobilisasi, starter mocaf, trehalose, ubi kayu.*

ABSTRACT. Research on starter mocaf production from lactic acid bacteria isolate and its application on mocaf production process has been conducted. In this study starter was made using 5 combinations of lactic acid bacteria (LAB) isolates. Starter inoculum was made by immobilizing cells with alginate and gelatin (2:1) as a carrier with the pre-treatment using sodium citrate and trehalose as a supplement. Immobilized culture was then added with various filler materials with a ratio of 1:2, dried using vacuum equipped with compressor. The results showed that the best filling material is rice flour with a comparison between cultures immobilized with filler material is 1:2, dried in vacuum equipped with compressor at a temperature of 36-38 °C for 3-4 hours. The best filler is used to make all of combination of starter and implemented for fermenting cassava to produce mocaf flour. Based on the viability test show that the number of LAB who lived in the starter range between 10^6 - 10^8 colonies/gram. From 5 starters used in in this study

indicate that the starter 3 shows the highest viability of 1.96×10^8 . The implementation of the starter in the production of mocaf flour produce mocaf (Mosta) which has a higher whiteness degree than the cassava flour ranged between 91.36 to 94.55%. Mosta chemical composition could meet the quality requirements of SNI mocaf flour. Mosta also has amylograph properties and gel strength higher than cassava flour. The highest maximum viscosity is achieved by the Mosta 2 that is equal to 2000 BU, followed by Mosta 1 is equal to 1920 BU. The highest gel strength achieved by Mosta 1 with an average value of 17.78 gf/mm.

Keywords: *alginate, cassava, gelatin, immobilized, lactic acid bacteria, mocaf starter, trehalose*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan pangan suatu wilayah dalam keadaan tertentu sering tidak terpenuhi karena adanya berbagai masalah. Untuk menghindari hal tersebut diperlukan suatu strategi yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan pangan lokal. Salah satu produk antara yang dapat memenuhi kebutuhan pangan adalah tepung modifikasi ubikayu atau *Edible Modified Cassava Flour* (EMCF) atau disingkat mocaf yang merupakan produk turunan dari ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz). Agar proses fermentasi berjalan dengan cepat perlu ditambahkan starter siap pakai secara eksternal. Untuk mempertahankan starter perlu dilakukan immobilisasi dengan teknik mikroencapsulasi.

Teknik mikroenkapsulasi telah dimanfaatkan secara luas untuk melindungi sel atau jaringan dari mikroorganisme terhadap pengaruh lingkungan dan degradasi fisiologis (Krasaekoopt, dkk. 2003). Dari beberapa teknik imobilisasi sel yang ada, teknik pemerangkapan (*entrapment*) dengan Ca Alginat adalah yang biasa digunakan untuk mengimobilisasi sel BAL (Chandramouli, dkk. 2004). Alginat merupakan heteropolisakarida linier yang diekstrak dari berbagai tipe alga, yang mempunyai dua unit struktur asam D-mannuronat dan asam L-guluronat. Ca Alginat digunakan pada enkapsulasi sel BAL dengan kisaran konsentrasi 0,5 – 4% (Krasaekoopt, dkk., 2004)

Xiaoyan dan Xiguang (2009) melakukan mikroenkapsulasi sel BAL

dengan alginat dan gelatin dengan penambahan trehalose sebagai aditif dengan metode ekstrusi dan dikeringkan pada suhu 4 °C. Dilaporkan bahwa trehalose sebagai sumber karbohidrat pada kultur media dapat menurunkan produksi asam dan mempertahankan sel BAL agar tidak berploriferasi. Selain itu trehalose memberikan pengaruh positif pada ketahanan sel BAL terhadap kondisi stress dari lingkungan seperti keasaman dan pengeringan. Trehalose dengan konsentrasi sebesar 0,15 mol/L media dapat melindungi sel BAL pada penyimpanan suhu 4°C serta mempertahankan viabilitas selnya hingga lebih dari 10^7 CFU/g setelah 8 minggu penyimpanan. Pelepasan sel BAL dari kapsul dapat dilakukan pada kondisi asam (pH 1,2) hingga kondisi netral (pH 6,8). Namun dipaparkan bahwa pelepasan sel BAL pada media netral terjadi lebih cepat dan lebih besar dibandingkan pada kondisi asam. Imobilisasi sel BAL dengan kombinasi alginat, gelatin, dan trehalose disimpulkan dapat meningkatkan ketahanan sel yang diekspos pada media asam (pH 1,2) dengan laju *survival* sebesar 76%, sehingga metode imobilisasi ini dapat diaplikasikan pada farmasi dan industri pangan (Xiaoyan dan Xiguang, 2009).

Menurut De Vuyst dan Vandamme (1994) keuntungan penggunaan BAL untuk industri adalah sifatnya yang non-patogenik, tidak membentuk toksin, mikroaerofilik, dan aerotoleran sehingga membutuhkan proses fermentasi yang sederhana, dapat tumbuh dengan cepat, dapat memfermentasi berbagai jenis

substrat yang murah, dan pertumbuhannya mampu mencegah pembusukan dan kontaminasi oleh mikroba lain, serta dapat memproduksi bakteriosin.

Mikroba yang tumbuh akan menghasilkan enzim pektinolitik dan selulolitik yang dapat menghancurkan dinding sel ubi kayu sehingga terjadi liberasi granula pati. Proses liberalisasi ini akan menyebabkan perubahan karakteristik dari tepung yang dihasilkan berupa naiknya viskositas, kemampuan gelasi, daya rehidrasi, dan kemudahan melarut (Subagio, 2008). Selanjutnya granula pati tersebut akan mengalami hidrolisis yang menghasilkan monosakarida sebagai bahan baku untuk menghasilkan asam-asam organik terutama asam laktat yang akan terimbibisi (terperangkap) dalam bahan dan ketika bahan tersebut diolah akan dapat menghasilkan aroma dan cita rasa yang khas yang dapat menutupi aroma dan citarasa ubi kayu yang cenderung tidak menyenangkan konsumen. Aroma alami ubi kayu hampir hilang sehingga terjadi peningkatan dalam penerimaan sensorinya. Selama proses fermentasi terjadi pula penghilangan komponen penimbul warna, seperti pigmen (khususnya pada ketela kuning), dan protein yang dapat menyebabkan warna coklat ketika pemanasan.

Teknologi pengolahan tepung mocaf cukup sederhana dan bisa dilakukan dalam skala kecil. Studi kinetik pada fermentasi ubi kayu yang dilakukan oleh Brauman, dkk. (2006) menunjukkan bahwa tahap fermentasi ubi kayu merupakan suatu proses mikrobial yang kompleks dimana sejumlah kecil BAL secara cepat menggantikan mikroflora epifitik pada ubi kayu dan mendominasi proses fermentasi umbi ubi kayu. Proses fermentasi ini dapat dijelaskan dari beberapa faktor; (i) Sebagai bakteri yang bersifat fakultatif anaerob BAL dapat membangun proses fermentasi, dimana oksigen masih terdapat pada media, dengan laju pertumbuhan BAL yang cepat dengan banyak terdapatnya gula-gula yang dapat difерментasi

(sukrosa, glukosa, dan fruktosa), fermentasi tersebut dapat mendukung tumbuhnya flora lainnya; (ii) BAL memproduksi sejumlah besar asam laktat sehingga dapat menurunkan pH dengan cepat hingga sekitar 4.5, dengan demikian lingkungan pertumbuhannya menjadi bersifat selektif terhadap mikroorganisme yang tidak bersifat toleran terhadap asam, sebagaimana terjadi pada proses pembuatan sauerkraut; (iii) Galur BAL dapat beradaptasi dengan baik pada lingkungan yang bersifat toksik, sebagaimana BAL bersifat resisten terhadap konsentrasi tinggi (100 ppm) dari sianida bebas yang biasanya dapat menghambat mikroba lain; (iv) Sebagai tambahan, *Lactococcus lactis* yang terisolasi selama proses fermentasi menunjukkan produksi bakteriosin yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme lainnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk : Pembuatan starter terimobilisasi dengan menggunakan beberapa isolat dan aplikasinya dalam pembuatan tepung mocaf.

2. METODOLOGI

2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi ubi kayu yang dibeli dipasar Bogor, starter 1(*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014), starter 2 (*Lactococcus lactis* subsp.*lactis* ATCC 11454), starter 3 (Campuran *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 dan *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* ATCC 11454) dibeli dari PT. Dipa Puspa Labsains, starter 4 (Campuran *Lactobacillus plantarum* (FSb1) dan *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* (FStb4), dan starter 5 (Campuran *Lactobacillus plantarum* (FSb1) dan *Lactobacillus delbrueckii* subsp.*delbrueckii* (FSb3) dan *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* (FStb4). Bahan pengisi yang digunakan yaitu tepung ubi kayu, tepung beras dan maltodekstrin. Bahan kimia yang digunakan antara lain *deMann Rogosa*

Sharpe (MRS) Broth (Oxoid), MRS Agar (Oxoid), ZnSO₄, MgSO₄, NaOH, buffer kalium asetat, CMC, Asam 3,5-dinitro salisilat, CaCl₂, Alginat, Gelatin, Trehalose, Sodium Sitrat, KH₂PO₄ (Merck) untuk *Phosphate Buffer Saline* (PBS), Natrium Chlorida (NaCl) (Merck), spiritus, serta bahan-bahan kimia untuk analisis lainnya yang dibeli dari Toko Bahan kimia Setiaguna di Bogor.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Proses Balai Besar Industri Agro (BBIA) di Cikaret, Bogor, Laboratorium Bioteknologi Perkebunan di jalan Taman Kencana Bogor dan Laboratorium Biokimia IPB Dermaga Bogor.

2.2 Alat

Peralatan yang digunakan antara lain pipet mikro (*Effendorf*), autoklaf (*Hirayama*), oven (*Memmert*), *incubator* (*Biocold scientific* seri UP 9263) spektrofotometer (*Backman*), refrigerated *centrifuge* (Hitachi), pH meter (*Backman*), Brabender *visco-amylograph*, alat pemarut, pengepres, *spinner*, pengayak, dan pengemas.

Peralatan penolong yang digunakan antara lain tabung reaksi (*pyrex*), rak tabung reaksi (*stainless steel*), botol pengemas, mikro tips, lampu spiritus, Erlenmeyer (*pyrex*), toples plastik, *box* plastik, plastik pengemas, kain saring, baskom plastik, pisau *stainless steel*, aluminium foil, gelas piala (*pyrex*), dan kapas.

2.3 Metode Penelitian

Metode penelitian meliputi: Pembuatan starter terimobilisasi, implementasi starter untuk dibuat tepung mocaf dan analisis tepung mocaf yang dihasilkan.

2.3.1 Pembuatan starter terimmobilisasi

Isolat bakteri yang memiliki aktivitas selulolitik dan pektinolitik diimobilisasi menjadi sediaan kultur starter yang

digunakan untuk memproduksi tepung mocaf. Tahapan imobilisasi sel bakteri diawali dengan penumbuhan bakteri pada 500 ml media MRSB kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Sel dipanen dengan sentrifugasi pada kecepatan 3000xg selama 10 menit dan dibilas sebanyak dua kali dengan buffer fosfat (pH 7,4). Seluruh larutan digunakan untuk imobilisasi sel, termasuk alginat dan CaCl₂, sebelum digunakan disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit.

Bakteri diimobilisasi dengan alginat dan gelatin dengan perbandingan 2:1. Sebanyak 5 ml sel bakteri dicampurkan dengan 30 ml materi karier. Campuran sel bakteri dan materi pembawa (karier) diinjeksikan dengan menggunakan jarum *syringe* ke dalam 0,2 mol/l larutan CaCl₂ (dengan jarak sekitar 10 cm). Selanjutnya ditambahkan 0,15 mol/l trehalose ke dalam suspensi sel sebagai media protektif (Cho, dkk, 2006). Sebelumnya granula sel disuspensikan ke dalam larutan 0,06 mol/l sodium sitrat selama 15 menit. Granula sel yang terimobilisasi dibiarkan selama 1 jam hingga mengeras dan secara aseptik dipindahkan ke dalam botol steril untuk disimpan (Xiaoyan dan Xiguang, 2009). Granula sel yang telah dibuat kemudian dicampurkan dengan bahan pengisi (*filler*) berupa maltodesktrin, tepung ubi kayu, dan tepung beras dengan perbandingan 1:3. Dari ketiga jenis tepung tersebut akan dipilih satu jenis bahan pengisi yang terbaik. Viabilitas inokulum starter setelah 1 bulan penyimpanan dihitung dengan metode pemupukan menggunakan media MRSA dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam.

Selain itu dibuat juga inokulum yang dikeringkan dengan alat kristalisasi berupa pengering vakum. Alat kristalisasi tersebut mempunyai spesifikasi sebagai berikut: Kompressor dingin panas: 0,3 HP; Pompa vakum: 0,5 HP ; Suhu dingin: -10 °C ~ - +20 °C; Suhu panas: 30 °C – 60 °C; Kapasitas tabung dingin: 2 L; Kapasitas tabung panas: 2 L.

2.3.2 Implementasi Starter pada Pembuatan Tepung Mocaf

Proses pembuatan tepung mocaf diawali dengan penyiapan starter. Sebanyak 3 kg ubi kayu dikupas, dicuci bersih, diparut, dan dipres untuk diambil airnya. Air perasan digunakan untuk menumbuhkan kultur starter dan media. Media dan kultur starter dari masing-masing perlakuan ditimbang dengan perbandingan 1:1, kemudian dimasukkan ke dalam air perasan ubi kayu. Kultur starter dan media dibiarkan selama 24 jam. Perbandingan jumlah starter dan bahan (ubi kayu) yang akan difermentasi adalah 0.01 gr starter per 1 kg bahan. Pembuatan tepung mocaf dilakukan dengan menggunakan ubi kayu dalam bentuk *chips*. Ubi kayu ditambahkan dengan air, starter, dan asam sitrat, kemudian difermentasi selama 24 jam. pH cairan sebelum dan sesudah difermentasi diamati. Setelah 24 jam, fermentasi dihentikan menggunakan NaCl. Kemudian ditambahkan air baru dan dilakukan pemerasan dan pembuangan air dengan menggunakan *spinner*. Setelah itu dilakukan pengeringan oven pada suhu 50 °C selama 20 jam, penepungan, dan pengayakan.

2.3.3 Analisis Tepung Mocaf

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini meliputi uji viabilitas starter, uji pH sebelum dan setelah fermentasi, sedang uji pada tepung mocaf hasil implementasi starter meliputi uji komposisi kimia tepung fermentasi ubi kayu antara lain : kadar air, abu (AOAC, 1995), pati, serat kasar (*metode kjeldahl*), kadar HCN (*Spectrophotometer*), total asam, karakteristik derajat putih (*Whiteness Meter*), karakteristik kekuatan gel, dan karakteristik sifat amilografi (*Brabender Amilograf*). Selain itu dilakukan uji organoleptik berdasarkan tingkat kesukaan konsumen terhadap warna, tekstur, dan bau pada tepung mocaf yang dibuat dengan starter pada penelitian ini. Pengamatan

dilakukan dengan skala hedonik bernilai satu sampai lima, dimana 1 menunjukkan sangat tidak suka, 2 menunjukkan tidak suka, 3 menunjukkan sedikit suka (netral), 4 menunjukkan suka, dan 5 menunjukkan sangat suka (Rahayu, 1998).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan Starter terimmobilisasi

Starter dibuat dengan menggunakan 5 kombinasi isolat BAL seperti dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi Isolat BAL yang Digunakan untuk Starter Tepung Mocaf

Kode Starter	Jenis Isolat
Starter 1	<i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014
Starter 2	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> ATCC 11454
Starter 3	Campuran <i>Lactobacillus plantarum</i> ATCC 8014 dan <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> ATCC 11454
Starter 4	Campuran <i>Lactobacillus plantarum</i> (FSb1) dan <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> (FStb4)
Starter 5	Campuran <i>Lactobacillus plantarum</i> (FSb1) dan <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> (FStb4)

Inokulum starter dipersiapkan dengan mengimobilisasi sel dengan alginat dan gelatin (3:1) sebagai karier dengan *pre-treatment* menggunakan sodium sitrat dan penambahan suplemen berupa trehalose. Teknik mikroenkapsulasi telah dimanfaatkan secara luas untuk melindungi sel atau jaringan dari mikroorganisme terhadap pengaruh lingkungan dan degradasi fisiologis (Krasaekoopt, dkk. 2003). Dari beberapa teknik imobilisasi sel yang ada, teknik pemerangkapan (*entrainment*) dengan Ca Alginat adalah yang biasa digunakan untuk mengimobilisasi sel BAL (Chandramouli, dkk. 2004). Alginat merupakan heteropolisakarida linier yang diekstrak dari berbagai tipe alga, yang mempunyai dua unit struktur asam D-mannuronat dan asam L-guluronat. Ca Alginat digunakan

pada enkapsulasi sel BAL dengan kisaran konsentrasi 0,5 – 4% (Krasaekoopt, dkk., 2004).

Alginat mempunyai beberapa keuntungan antara lain mudah membentuk matriks gel pada sel bakteri, bersifat non-toksik terhadap sel yang diimobilisasi, murah, membutuhkan kondisi proses yang ringan (misalnya suhu), dapat dengan mudah dipreparasi, penangannya mudah, dapat dengan mudah melarut dan membebaskan sel-sel yang terperangkap (Mortazavian, dkk. 2007). Selain itu alginat telah diterima sebagai aditif pada makanan (Prevost dan Divies, 1992).

Gelatin, suatu turunan protein dari kolagen terdenaturasi yang mengandung hidroksiprolin, prolin, dan glisin dalam jumlah besar, yang dapat digunakan sebagai *gelling agent* untuk proses enkapsulasi yang bersifat *reversible* bila diproses secara termal. Karena sifatnya yang amfoterik, gelatin dinyatakan sebagai kandidat yang baik untuk diaplikasikan bersama-sama polisakarida anionik seperti alginat (Krasaekoopt, dkk. 2003).

Selama proses pengeringan, *survival* mikroorganisme dapat ditingkatkan dengan penambahan media protektif. Disakarida trehalose berperan sebagai *protecting agent* yang kritikal pada membran untuk sel khamir selama kondisi stres dari lingkungan seperti perlakuan panas, pengeringan, pembekuan, dan *confers* viabilitas sel yang lebih tinggi dengan adanya etanol konsentrasi tinggi (Zayed dan Roos, 2004). Untuk meningkatkan efektifitasnya, Trehalose harus ditambahkan dan diasimilasikan pada media pertumbuhan. Cho, dkk. (2006) juga melaporkan bahwa karbohidrat berperan sebagai *protective agent* pada kondisi stress seperti suhu tinggi, pembekuan, pengeringan, dan tekanan osmosis yang tinggi.

Xiaoyan dan Xiguang (2009) melakukan mikroenkapsulasi sel BAL dengan alginat dan gelatin dengan penambahan trehalose sebagai aditif dengan metode ekstrusi dan dikeringkan

pada suhu 4°C. Dilaporkan bahwa trehalose sebagai sumber karbohidrat pada kultur media dapat menurunkan produksi asam dan mempertahankan sel BAL agar tidak berpoliferasi (Xiaoyan dan Xiguang, 2009).

Dalam pembuatan starter kultur yang terimobilisasi kemudian ditambahkan dengan berbagai bahan pengisi dengan beberapa perbandingan untuk selanjutnya dikeringkan pada pengering vakum berkompresor. Pengering vakum berkompresor tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Bahan pengisi yang digunakan antara lain tepung ubi kayu (*cassava*), tepung beras, dan maltodekstrin. Perbandingan yang digunakan ditetapkan berdasarkan *trial* dan *error* kemampuan bahan pengisi membentuk tekstur starter yang homogen dengan kultur terimobilisasi.

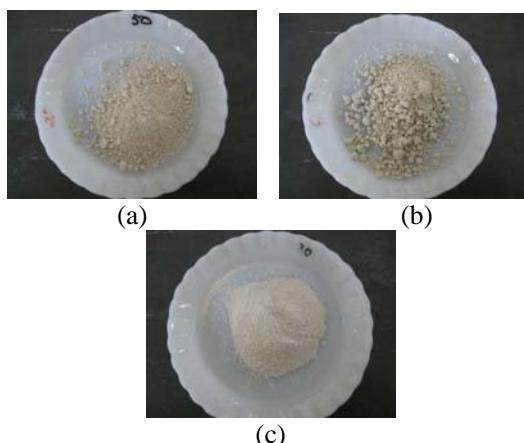


Gambar 1. Alat pengering vakum berkompresor

Berdasarkan hasil penelitian bahwa bahan pengisi terbaik yang digunakan untuk membuat inokulum starter adalah tepung beras dengan perbandingan antara kultur terimobilisasi dan bahan pengisi sebesar 1:2, dikeringkan dengan pengering vakum berkompresor pada suhu 36 – 38 °C selama 3 – 4 jam. Gambar 2 menunjukkan penampakan beberapa inokulum starter yang dibuat dengan menggunakan bahan pengisi tepung *cassava*, maltodekstrin, dan tepung beras.

Bahan pengisi yang terpilih digunakan untuk membuat seluruh kombinasi starter seperti pada Tabel 1. Seluruh kombinasi starter diuji melalui implementasi kemampuan starter tersebut

untuk memfermentasi ubi kayu dan menghasilkan tepung mocaf yang memenuhi syarat mutu tepung mocaf



Gambar 2. Penampakan inokulum starter dengan berbagai bahan pengisi. (a) tepung cassava; (b) maltodektrin; dan (c) tepung beras.

Pengamatan hasil uji viabilitas starter mocaf/jumlah BAL yang hidup pada starter dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Viabilitas Starter Mocaf

Kode starter	Jumlah BAL (koloni/gram)
Starter 1	$1,50 \times 10^6$
Starter 2	$3,48 \times 10^7$
Starter 3	$1,97 \times 10^8$
Starter 4	$2,68 \times 10^7$
Starter 5	$1,91 \times 10^8$

Keterangan:

- Starter 1 = *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014
- Starter 2 = *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* ATCC 11454
- Starter 3 = Campuran *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 dan *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* ATCC 11454
- Starter 4 = Campuran *Lactobacillus plantarum* (FSb1) dan *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* (FStb4)
- Starter 5 = Campuran *Lactobacillus plantarum* (FSb1) dan *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* (FStb4)

Berdasarkan data hasil uji viabilitas pada Tabel 2, bahwa jumlah BAL yang hidup pada starter berkisar antara 10^6 sampai 10^8 koloni/gram. Jumlah BAL yang terdapat pada starter tersebut cukup tinggi, hal ini karena perlakuan imobilisasi pada pembuatan starter dapat melindungi sel atau jaringan dari BAL terhadap pengaruh lingkungan dan degradasi fisiologis

(Krasaekoopt, dkk. 2003). Jumlah BAL awal pada starter penelitian ini lebih tinggi dibandingkan jumlah BAL pada starter mocaf dari industri yang diproduksi masih baru (10^4 koloni/gram). Viabilitas BAL yang tinggi diharapkan dapat memperpanjang umur pakai dari starter mocaf tersebut. Dari kelima starter yang dibuat pada penelitian ini, starter 3 menunjukkan viabilitas paling tinggi. Namun tingginya jumlah BAL pada starter ini juga dipengaruhi oleh kondisi pertumbuhan BAL sebelum kultur diimobilisasi.

3.2 Implementasi Starter dalam Pembuatan Tepung Mocaf

Masing-masing starter (starter 1 sampai dengan 5) diimplementasikan untuk membuat tepung mocaf. Starter yang dinyatakan terbaik adalah starter yang dapat menghasilkan sifat fisiko kimia yang dapat memenuhi syarat mutu tepung mocaf, dan memiliki karakteristik gelatinisasi yang baik. Pengujian pada tepung mocaf hasil implementasi starter (Tabel 5) pada penelitian ini dilakukan terhadap sifat fisiko kimia tepung mocaf tersebut. Rendaman ubi kayu pada pembuatan tepung mocaf dalam tahap implementasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perendaman *chips* ubi kayu dengan air dan starter mocaf

Pengukuran pH rendaman ubi kayu sebelum dan sesudah fermentasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji pH pada Rendaman Ubi Kayu Sebelum dan Sesudah Fermentasi

Starter yang Digunakan	pH awal	pH setelah fermentasi
Starter 1	7,0	4,5 – 5,0
Starter 2	7,0	4,5 – 5,0
Starter 3	7,0	4,5 – 5,0
Starter 4	7,0	4,5 – 5,0
Starter 5	7,0	4,5 – 5,0

Keterangan:

- Starter 1 = *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014
 Starter 2 = *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* ATCC 11454
 Starter 3 = Campuran *Lactobacillus plantarum* ATCC 8014 dan *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* ATCC 11454
 Starter 4 = Campuran *Lactobacillus plantarum* (FSb1) dan *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* (FStb4)
 Starter 5 = Campuran *Lactobacillus plantarum* (FSb1) dan *Lactococcus lactis* subsp.*lactis* (FStb4)

Proses fermentasi dapat menurunkan pH rendaman ubi kayu, pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa pH awal fermentasi yaitu 7,0 dan setelah fermentasi 24 jam pH tersebut turun menjadi 4,5-5,0. Penurunan pH pada saat pembuatan tepung mocaf menunjukkan bahwa proses fermentasi telah berlangsung dengan menurunnya pH hasil pembentukan asam laktat starter yang digunakan. Keadaan bau rendaman ubi kayu menggunakan mocaf adalah normal dengan artian tidak ada bau yang tidak diharapkan (*off flavor*). Penurunan pH tersebut disebabkan oleh aktivitas BAL pada proses fermentasi.

Berdasarkan pengukuran pH dan penampakan hasil fermentasi ubi kayu dapat dilihat bahwa asam laktat merupakan metabolit tunggal yang terdapat pada ubi kayu tersebut. Secara visual dapat diamati tidak terbentuknya gelembung gas pada rendemen ubi kayu tersebut. Hal ini menandakan bahwa bakteri asam laktat

jenis homofermentatif yang dominan tumbuh pada proses fermentasi pada penelitian ini. Produk akhir dari fermentasi BAL sebagian besar berupa asam laktat, sedangkan produk akhir dari proses heterofermentatif adalah asam laktat, asam asetat dan CO₂ (Salminen, 2004).

3.3 Analisis Tepung Mocaf

Tepung mocaf yang dihasilkan selain diuji komposisi kimia nya juga dilakukan pengujian terhadap derajat putih, sifat amilografi, kekuatan gel (*gel strength*) dan uji organoleptik.

3.3.1 Komposisi Kimia Tepung Fermentasi Ubi Kayu

Hasil analisis komposisi kimia tepung mocaf hasil fermentasi menggunakan starter 1-5 pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan data pada Tabel 4, komposisi kimia dari tepung mocaf yang dibuat dengan starter pada penelitian ini dapat memenuhi syarat mutu SNI tepung mocaf. Kadar air maksimum pada standar adalah 13%, sedangkan pada tepung mocaf yang dibuat dengan menggunakan starter pada penelitian ini berada pada kisaran 5,60% – 8,75%. Kadar air merupakan salah satu titik kritis pada tepung mocaf karena bila kadar air melebihi 13% dapat mempersingkat umur simpan dari tepung mocaf tersebut, karena merupakan kondisi ideal untuk tumbuhnya mikroba. Kadar abu semua tepung mocaf (mosta 1 sampai mosta 5) berkisar antara 0,42% - 0,68%, kadar abu memenuhi persyaratan mutu tepung mocaf yaitu di bawah 1,5 %.

Tabel 4. Hasil analisis Tepung Mocaf yang Dibuat Dengan Menggunakan Starter

Parameter	Kode Tepung					Standar SNI
	Mosta 1	Mosta 2	Mosta 3	Mosta 4	Mosta 5	
Air	6,41 %	8,53 %	5,60%	8,75 %	6,19 %	Maks 13
Abu	0,68 %	0,58 %	0,57 %	0,42 %	0,55 %	Maks 1,5
Protein (Nx6,25)	0,89 %	0,87 %	1,00 %	1,70 %	0,99 %	-
Lemak	0,60 %	1,60 %	0,87 %	1,40 %	0,77 %	-
Serat kasar	1,73 %	1,36 %	3,06 %	1,31 %	2,64 %	Maks 2,0

Parameter	Kode Tepung					Standar SNI
	Mosta 1	Mosta 2	Mosta 3	Mosta 4	Mosta 5	
Karbohidrat	91,4 %	87,1 %	88,9 %	86,4 %	87,2%	-
Derajat asam	3,01 ml NaOH/100 g	1,88 ml NaOH/ 100 g	2,50 ml NaOH/ 100g	2,05 ml NaOH/100g	2,47 ml NaOH/100 g	Maks 4,0 ml NaOH/100 g
HCN	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Maks 10
Pati	76,7 %	76,7 %	76,7%	76,4 %	77,2 %	-

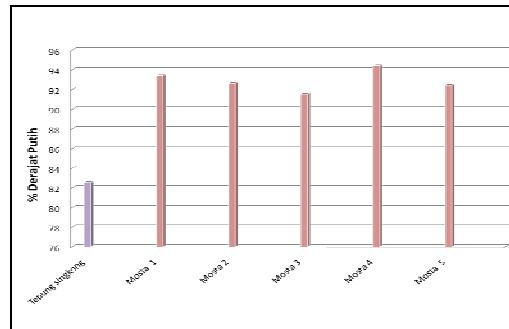
Keterangan:
 Mosta 1 = Tepung mocaf yang dibuat menggunakan starter 1
 Mosta 2 = Tepung mocaf yang dibuat menggunakan starter 2
 Mosta 3 = Tepung mocaf yang dibuat menggunakan starter 3
 Mosta 4 = Tepung mocaf yang dibuat menggunakan starter 4
 Mosta 5 = Tepung mocaf yang dibuat menggunakan starter 5

Kadar lemak tepung mocaf hasil implementasi berkisar antara 0,6 – 1,6 %. Kadar lemak tidak dipersyaratkan dalam SNI, namun kadar lemak yang tinggi berkorelasi dengan penurunan kejernihan pasta pati (sebagaimana pada cerealia) dan menekan pembengkakkan butiran pati (Kasemsuwan, dkk. 1998).

Kadar serat kasar mocaf hasil implementasi starter berkisar antara 1,31 – 3,06%, hasil tersebut tidak semuanya memenuhi persyaratan kandungan serat kasar pada SNI adalah 2%, sedangkan pada Mosta 3 terlihat kadar serat kasarnya adalah 3,06%. Namun kandungan serat kasar ini tidak terlalu signifikan dalam menentukan kualitas starter karena diduga kadar serat kasar sedikit melebihi standar ini terkait dengan proses pengayakan tepung mocaf ini, karena serat kasar merupakan bagian yang tidak dapat dihidrolisis oleh asam atau basa. Berdasarkan hasil studi banding di lapangan (pada industri tepung mocaf), kadar serat kasar sebesar 3% masih masuk ke dalam spesifikasi mutu tepung mocaf.

3.3.2 Karakteristik Derajat Putih

Hasil analisis derajat putih tepung mocaf implementasi starter (Gambar 4). Nilai derajat putih contoh diukur dengan membandingkan nilai derajat putih yang terbaca pada alat Whiteness Meter dengan nilai derajat putih barium sulfat standar yaitu sebesar 110,8. Syarat mutu tepung mocaf diukur berdasarkan refleksi sinar contoh dengan standar MgO yaitu sebesar 87.



Gambar 4. Hasil derajat putih tepung mocaf implementasi starter

Berdasarkan Gambar 4 tepung mocaf hasil implementasi starter pada penelitian ini memiliki derajat putih lebih tinggi dibandingkan tepung singkong. Derajat putih dari tepung mocaf ditentukan oleh kondisi fermentasi yang berlangsung. Bila penanganan selama fermentasi berlangsung baik, maka akan menghasilkan derajat putih yang baik. Derajat putih merupakan salah satu faktor penentu dalam standar mutu tepung mocaf. Dari hasil implementasi starter pada penelitian ini, mosta 4 atau tepung mocaf yang difermentasi dengan starter 4 memiliki derajat putih yang paling tinggi atau rata-rata 94,42%.

3.3.3 Karakteristik Sifat amilografi Tepung Mocaf

Pengamatan sifat amilografi meliputi suhu awal gelatinisasi, suhu puncak gelatinisasi, dan viskositas maksimum. Suhu awal gelatinisasi adalah suhu pada saat pertama kali viskositas mulai naik. Sifat amilografi pati diukur berdasarkan peningkatan viskositas pati pada proses

pemanasan dengan menggunakan *Branbender* dapat dilihat pada Tabel 5.

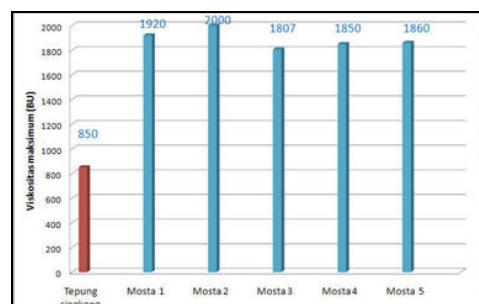
Tabel 5. Pengamatan Sifat Amilografi Tepung Mocaf Hasil Implementasi Starter

Kode Tepung	Suhu awal gelatinisasi (SAG)	Suhu Puncak Gelatinisasi (SPG)
Mosta 1	50°C+(13x1,5°C) = 69,5°C	50°C+(19x1,5°C) = 78,5°C
Mosta 2	50°C+(12x1,5°C) = 68°C	50°C+(21x1,5°C) = 81,5°C
Mosta 3	50°C+(14x1,5°C) = 71°C	50°C+(23x1,5°C) = 84,5°C
Mosta 4	50°C+(12x1,5°C) = 68°C	50°C+(22x1,5°C) = 83 °C
Mosta 5	50°C+(13x1,5°C) = 69,5°C	50°C+(23x1,5°C) = 84,5°C

Suhu awal gelatinisasi adalah suhu pada saat pertama kali viskositas mulai naik. Suhu awal gelatinisasi merupakan suatu fenomena sifat fisik pati yang kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ukuran molekul serta rasio amilosa dan amilopektin. Proses fermentasi cenderung meningkatkan suhu puncak gelatinisasi pada tepung ubi kayu hasil fermentasi. Meningkatnya suhu gelatinisasi terjadi karena pembentukan kompleks inklusi heliks antara lemak dan amilosa. Interaksi amilopektin dan lemak artinya bahwa lemak langsung berinteraksi dengan amilopektin pada tingkat yang lebih kecil dan menghambat retrogradasi melalui kompleks amilopektin lemak. Semakin stabil pasta terbentuk maka kelengketan gel semakin berkurang. Menurut Eliason dan Gudmunson (1996) ada tiga kemungkinan terbentuknya kompleks inklusi amilosa dan lemak. Pertama, kompleks utuh yang mengganggu kristalisasi amilopektin dan menghambat retrogradasi. Kedua, kompleks amilosa-lemak dapat mengubah atau memperlambat distribusi air dan retrogradasi. Ketiga, kristalisasi bersama amilosa dan amilopektin ke tingkat yang lebih luas, dan substitusi kompleks tersebut mengurangi peran amilosa pada proses kristalisasi kembali. Interaksi amilopektin dan lemak berarti bahwa lemak langsung berinteraksi dengan amilopektin pada tingkat yang

lebih kecil dan menghambat retrogradasi melalui kompleks amilopektin lemak. Semakin stabil pasta yang terbentuk maka kelengketan gel semakin berkurang. Sifat fungsional pati dari tepung sangat berpengaruh terhadap viskositas dan elastisitas adonan. Sifat fungsional pati meliputi rasio amilosa dan amilopektin serta sifat amilografi pati. Pati mengandung fraksi linier berupa amilosa dan fraksi bercabang berupa amilopektin. Amilosa adalah faktor terpenting yang mempengaruhi kekuatan dan kekenyalan adonan pati karena asosiasi, retrogradasi, dan interaksi yang tepat dengan lemak membentuk kompleks heliks dan dengan amilopektin membuat ikatan gel yang kuat (Jane dan Chen, 1992). Pada proses fermentasi tepung mocaf terjadi perpecahan sel, karena dilakukan penyerangan enzim terhadap struktur amilopektin dari pati, sehingga struktur menjadi merenggang karena terjadi peningkatan amilosa pada pati mocaf tersebut. Dengan meningkatnya kadar amilosa pengembangan pati cenderung terbatas dan kekentalan pasta panas lebih stabil (Richana dan Widaningrum, 2009).

Viskositas tepung ubi kayu yang difermentasi menjadi tepung mocaf seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.



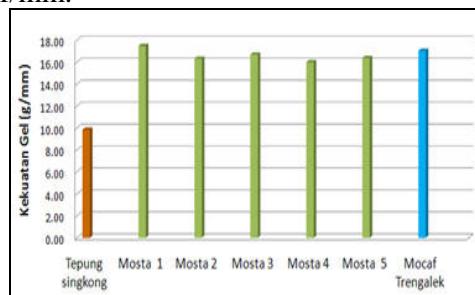
Gambar 5. Viskositas Tepung mocaf hasil Implementasi starter

Selama pemanasan terjadi peningkatan viskositas yang disebabkan oleh pembengkakan granula pati. Viskositas maksimum atau yang disebut juga viskositas puncak merupakan titik maksimum viskositas pasta yang dihasilkan selama proses pemanasan dan

pada saat itu dicapai suhu akhir gelatinisasi. Pada suhu ini granula pati telah kehilangan sifat *birefringence*-nya. Viskositas maksimum dari tepung mocaf hasil implementasi starter pada penelitian ini berkisar antara 1807 - 2000 BU. Nilai viskositas ini lebih tinggi dibandingkan tepung ubi kayu (850 BU). Dari 5 jenis starter yang digunakan, tepung mocaf yang difерmentasi dengan starter 2 (Mosta 2) memiliki viskositas maksimum tertinggi. Menurut Tan, dkk. (2009) viskositas maksimum berkorelasi negatif dengan amilosanya. Viskositas maksimum yang tinggi akan berpengaruh terutama pada tekstur produk yang diaplikasikan, karena semakin besar derajat viskositasnya maka tekstur yang dihasilkan akan semakin kuat dan tidak mudah rapuh.

3.3.4 Karakteristik Kekuatan Gel Tepung Mocaf

Kekuatan gel tepung mocaf hasil implementasi starter dilakukan untuk melihat seberapa besar rigiditas dari tepung mocaf tersebut (Gambar 6). Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa Mosta 1 memiliki kekuatan gel tertinggi yaitu dengan rata-rata rigiditas sebesar 17,78 gf/mm.



Gambar 6. Kekuatan Gel (*Gel Strength*) Tepung mocaf Implementasi starter

Semakin tinggi kekuatan gel maka akan semakin tinggi rigiditas dari adonan yang dibuat dari tepung tersebut. Fermentasi yang terjadi pada proses pembuatan tepung mocaf menyebabkan terbukanya struktur amilopektin pada pati sehingga terjadi peningkatan kadar

amilosa. Amilosa mampu berperan dalam pembentukan gel yang stabil. Interaksi antara amilosa dengan komponen penyusun lainnya yaitu granula pati dan amilopektin mampu membentuk adonan yang elastis dan tidak mudah pecah. Proses fermentasi tepung mocaf dapat meningkatkan rigiditas tepung ubi kayu yaitu sebesar 9,84 gf/mm menjadi kisaran 15,84 hingga 17,78 gf/mm. Kekuatan gel ubi kayu yang difерmentasi mengalami kenaikan kekuatan gel dibandingkan dengan tepung ubi kayu tanpa fermentasi. Kenaikan kekuatan gel tepung tersebut disebabkan oleh aktivitas selulolitik dan pektinolitik BAL pada saat fermentasi yang menyebabkan semakin meningkat rigiditas dari adonan tepung (Subagio 2008). Kekuatan gel menunjukkan besarnya beban untuk melakukan deformasi gel sebelum gel sobek.

3.3.5 Uji Organoleptik Tepung Mocaf

Selain dianalisis secara fisika kimia dilakukan juga analisis organoleptik terhadap tepung mocaf. Uji organoleptik ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesukaan konsumen terhadap tepung mocaf. Atribut yang diuji adalah warna, aroma, dan tekstur dari tepung mocaf. Tepung yang dianalisis secara organoleptik antara lain tepung singkong, tepung mocaf yang dibuat dengan starter 1 sampai dengan 5 (mosta 1 sampai 5). Hasil analisis organoleptik dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Organoleptik Tepung Mocaf

Kode	Parameter		
	Bau	Warna	Tekstur
TS	2,5	3,0	2,45
Mosta 1	3,5	4,10	3,10
Mosta 2	3,75	4,10	3,50
Mosta 3	3,10	4,10	3,10
Mosta 4	3,0	4,25	3,70
Mosta 5	3,2	3,6	3,10

a. Bau

Hasil uji organoleptik tepung mocaf terhadap bau menunjukkan nilai antar 2,5 – 3,75 (tidak suka – suka). Nilai terendah

yaitu tepung singkong dengan nilai 2,5 (tidak suka), hal ini karena tidak dilakukannya fermentasi sehingga bau khas singkong masih terasa. Sedang nilai tertinggi yaitu tepung mocaf yang difermentasi menggunakan starter 2 dengan nilai 3,75 (suka) dan dikutu oleh tepung mocaf menggunakan starter 1 menunjukkan nilai 3, 5 (netral – suka). Sedang Tepung Mosta 3, 4 dan 5 tidak berbeda nyata yaitu netral menunjukkan nilai antara 3,0-3,2 (netral).

b. Warna

Hasil uji organoleptik tepung mocaf terhadap warna menunjukkan nilai antara 2,45 – 3,7 (tidak suka - suka). Nilai terendah diperoleh pada tepung singkong dengan nilai 3,0 netral dan tepung mosta 5 dengan nilai 3,6 (netral – suka). Sedang nilai tertinggi yaitu tepung mosta 4 menunjukkan nilai 4,25 (suka). Untuk mosta 1, 2 dan 3 menunjukkan nilai yang sama yaitu 4,10 (suka).

c. Tekstur

Hasil uji organoleptik tepung mocaf terhadap tekstur menunjukkan nilai antara 3,0 – 4,25 (netral - suka). Nilai terendah diperoleh pada tepung singkong dengan nilai 2,45 (tidak suka). Sedang nilai tertinggi yaitu tepung mosta 4 menunjukkan nilai 3,70 (suka), kemudian diikuti dengan mosta 2 menunjukkan nilai 4,50 (netral - suka). Sedang mosta 1, 3 dan 5 menunjukkan nilai yang sama yaitu 3,10 (netral).

4. KESIMPULAN

1. Starter 3 dan starter 5 memiliki tingkat viabilitas tertinggi yaitu $1,97 \times 10^8$ koloni/gram dan $1,91 \times 10^8$ koloni per gram.
2. Hasil implementasi starter pada pembuatan tepung mocaf menghasilkan produk tepung mocaf (mosta) yang memiliki derajat putih lebih tinggi dibandingkan dengan tepung ubi kayu yaitu berkisar antara 91,36 – 94,55%.

3. Nilai viskositas tertinggi dicapai oleh Mosta 2 yaitu sebesar 2000 BU, diikuti dengan Mosta 1 yaitu 1920 BU. Kekuatan gel tertinggi dicapai oleh Mosta 1 dengan nilai rigiditas rata-rata sebesar 17,78 gf/mm.
4. Hasil uji organoleptik tepung mosta 4 lebih disukai karena memiliki derajat putih yang lebih tinggi bila dibanding dengan tepung singkong.

DAFTAR PUSTAKA

- Association of Official Analytical Chemist. 1995. *Official Methods of Analysis of the AOAC, 16th Ed*, AOAC, Arlington Washington DC. AOAC International.
- Brauman, A., Kéléké S., Malonga, M., Miambi, E. dan Ampe, F. 1996. Microbiological and Biochemical Characterization of Cassava Retting, a Traditional Lactic Acid Fermentation for Foo-Foo (Cassava Flour) Production. *Applied and Environmental Microbiology*. 62: 2854 – 2858.
- Chandramouli, V., Kailasapathy, K., Peiris, P., dan Jones M. 2004. An Improved Method of Microencapsulation and Its Evaluation to Protect Lactobacillus spp. In Simulated Gastric Conditions. *J. Microbiological Methods*. 56: 27 – 35.
- Cho, Y.J., Park, O.J., dan Shin H.J. 2006. Immobilization of Thermostable Trehalose Synthase for Production of Trehalose. *Enzyme Microbiological Technology*. 39: 108 – 113.
- De Vuyst, L., dan Vandamme, E.J. 1994. Microbiology, genetic and Application. *Antimicrobial Potential of Lactic Acid Bacteria*. Di dalam: *Bacteriocin of Lactic Acid Bacteria*.

- Eliasson, A.C dan Gudmunson, M. 1996. *Starch: Physicochemical and Functional Aspects dalam Carbohydrates in Food*. Eliasson, A.C. Editor Marcel Dekker, New York
- Jane, J.L., dan Chen J.,F. 1992. Effect of Amylose Molecular Size and Amylopectin Branch Chain Length on Paste Properties of Starch. *J. Cereal Chemistry*. 69: 60 – 65.
- Kasemsuwan, T., Bailey, T., dan Jane, J. 1998. Preparation of clear noodles with mixtures of tapioca and high-amylose starches. *J. Carbohydrate Polymers*. 32: 301-312.
- Krasaekoont, W., Bhandari, B., dan Deeth, H. 2003. Evaluation of Encapsulation Techniques of Probiotics for Yoghurt. *International Dairy Journal*. 13: 3 – 13.
- Rahayu, W.P. 1998. *Penuntun Praktikum penilaian Organoleptik*. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor
- Mortazavian, A., Razavi, S.,H., Ehsani M.,R, dan Sohrabvandi, S. 2007. Principles and Methods of Microencapsulation of Probiotic Microorganisms, Review Article. *Iranian Journal of Biotechnology*. 5(1).
- Prevost, H., dan Divies, C. 1992. Cream Fermentation by a Mixed Culture of Lactococci Entrapped in Two-Layer Calcium Alginate Gel Beads. *Biotechnology Letter* 14: 583 – 588.
- Richana, N., dan Widaningrum. 2009. Penggunaan Tepung dan Pasta Dari Beberapa Varietas Ubijalar Sebagai Bahan Baku Mi. *Jurnal Pascapanen*. 43 – 53.
- Salminen, S., Von Wright A. dan Ouwehand, A. (Eds). 2004. *Lactic Acid Bacteria 3rd Ed.* New York. Marcel Dekker, Inc.
- Subagio,A., Wiwik, S.,W., Witono., Fahmi, F. 2008. *Prosedur Operasi Standar (POS) Produksi Mocal Berbasis Klaster*. SEAFAST Center, Bogor. IPB.
- Xioyan, L., dan Xiguang, C. 2009. Drying of Micro-Encapsulated Lactic Acid Bacteria Effects of Trehalose and Immobilization on Cell Survival and Release Properties. *Process Biochemistry* 8: 39 – 44.
- Zayed, G., dan Roos, Y.,H. 2004. Influence of Trehalose and Moisture content on Survival of *Lactobacillus salivarus* Subjected to Freeze-Drying and storage. *Process Biochemistry* 39: 1081 – 1086.

FABRIKASI SEL SURYA TERSENSITASI ZAT WARNA BERBASIS SEMIKONDUKTOR TiO₂ DENGAN METODE ELEKTROFORESESIS (Fabrication of Dye Sensitized Solar Cell with TiO₂ Semiconductor Material Base Using Electrophoresis Method)

Ratno Nuryadi*, Lia Aprilia, dan Zico Alaia Akbar Junior

Pusat Teknologi Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Gedung II BPPT Lt. 22. Jl. M.H. Thamrin No. 8 Jakarta 10340

*Email : ratnon@gmail.com

Artikel masuk : 8 Maret 2012 ; Artikel diterima : 10 April 2012

ABSTRAK. *Pada riset ini, fabrikasi sel surya tersensitasi zat warna (dye sensitized solar cell, DSSC) dilakukan dengan menggunakan bahan semikonduktor TiO₂ dan dye (zat warna) eosin Y. Metode elektroforesis digunakan dalam pembuatan lapisan tipis TiO₂. Pada persiapan larutan elektroforesis, nilai zeta potensial partikel TiO₂ diatur dengan cara menambahkan garam Mg(NO₃)₂ pada larutan TiO₂ isopropanol. Nilai zeta potensial optimum untuk memperoleh larutan TiO₂ yang stabil didapatkan dengan penambahan konsentrasi garam sebesar 1x10⁻⁵ M. Dengan metode elektroforesis, ketebalan lapisan TiO₂ dapat diatur dengan cara mengubah besar tegangan elektroforesis dan waktu deposisi. DSSC dengan variasi ketebalan lapisan TiO₂ dibuat untuk melihat pengaruh lapisan TiO₂ terhadap tegangan open circuit (V_{oc}) DSSC yang dihasilkan. Ketebalan optimal yang didapatkan adalah 7,5 mikrometer, yang diperoleh dengan waktu deposisi elektroforesis 6 menit, dan menghasilkan V_{oc} 210 mVolt di bawah sinar lampu halogen. Didapatkan juga bahwa penggunaan ukuran kristal TiO₂ yang lebih kecil akan memperbesar nilai V_{oc} yang dihasilkan. Hasil riset ini menunjukan bahwa metode elektroforesis efektif digunakan untuk pelapisan TiO₂ dalam fabrikasi DSSC.*

Kata Kunci : *DSSC, elektroforesis, eosin Y, ketebalan lapisan TiO₂, partikel TiO₂, sel surya tersensitasi zat warna.*

ABSTRACT. *In this work, a dye sensitized solar cell (DSSC) was fabricated by using TiO₂ semiconductor materials and eosin Y dye. Electrophoresis method was used to form TiO₂ thin layer. In this method, we can adjust the thickness of TiO₂ layer by changing the electrophoresis voltage and deposition time. In the preparation of electrophoresis solution, the zeta potential of TiO₂ particles is determined by adding Mg(NO₃)₂ salt in TiO₂ solution to obtain a stable of the solution. The optimum concentration of the salt is 1x10⁻⁵ M. We investigate the open circuit voltage (V_{oc}) through the variation of TiO₂ layer thickness. The optimal thickness was obtained for TiO₂ layer of about 7.5 micrometers with V_{oc} value of 210 mVolt under halogen irradiation. It was obtained at the condition of electrophoretic deposition time 6 minutes. We also found that the smaller size of TiO₂ particles would increase the value of V_{oc}. The results of this work indicate that the electrophoretic method is effective used for the coating of TiO₂ in DSSC fabrication.*

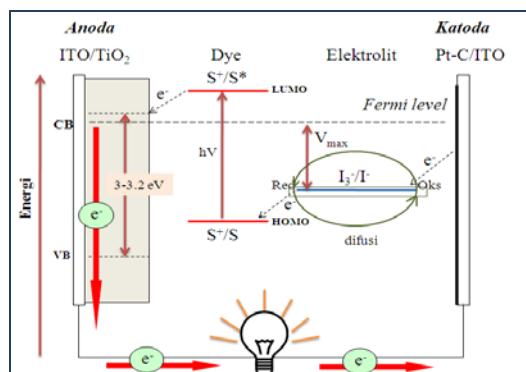
Keywords: *Dye sensitized solar cell, DSSC, the thickness of TiO₂ layer, eosin Y, TiO₂ particles, electrophoresis*

1. PENDAHULUAN

Sel surya tersensitasi zat warna (dye-sensitized solar cell, DSSC) merupakan

salah satu jenis sel surya berbasis semikonduktor yang menggunakan fenomena fotoelektrokimia sebagai prinsip dasar untuk menghasilkan energi listrik.

Struktur dasar DSSC sebagaimana terlihat pada Gambar 1. *Dye (sensitizer)* menyerap fluks foton sehingga elektron di level HOMO (*High Occupied Molecular Orbital*) tereksitasi ke level LUMO (*Low Unoccupied Molecular Orbital*). Dengan kata lain, keadaan *dye* berubah dari keadaan dasar (S) ke keadaan tereksitasi (S*). Fotoeksitasi ini diikuti transfer elektron tereksitasi dari level LUMO ke pita konduksi TiO_2 . Elektron tersebut kemudian mengalir ke kaca konduktif transparan (*Transparent Conductive Oxide* – TCO), sirkuit luar dan akhirnya mencapai counter elektroda. Di sisi lain, elektrolit (I) mendonorkan elektron kepada *dye*. Elektron yang mengalir dari TiO_2 ke counter elektroda berekombinasi dengan I_3^- menjadi I dengan bantuan katalis.



Gambar 1. Skema diagram pita energi DSSC.

Semikonduktor TiO_2 merupakan material yang umum digunakan dalam fabrikasi DSSC. Hal ini disebabkan karena TiO_2 merupakan semikonduktor tipe n dan memiliki band gap yang cukup besar sekitar 3 eV, sehingga TiO_2 hanya akan menyerap cahaya dengan panjang gelombang dengan daerah ultraviolet dan transparan terhadap cahaya tampak. Level terendah pita konduksi TiO_2 juga berada di bawah level LUMO, sehingga elektron tereksitasi pada level LUMO mudah tertransfer ke pita konduksi TiO_2 . Disisi lain harga TiO_2 yang relatif murah dan tidak berbahaya bagi kesehatan.

Peningkatan efisiensi DSSC terus dikembangkan dan hingga saat ini efisiensi maksimal yang berhasil didapatkan sekitar

11 % (Grätzel, 2003; Wang, dkk., 2005; Xu, dkk., 2010). Parameter penting yang mempengaruhi performansi DSSC seperti ketebalan ukuran partikel TiO_2 (Lei, dkk., 2010 dan Du, dkk., 2010) struktur kristalinitas lapisan (Adil, 1993), porositas (Ni, 2006), jenis *dye (sensitizer)* dan adsorpsi *dye* ke dalam semikonduktor partikel TiO_2 (Kong, 2007) telah banyak dipelajari. Namun masih sedikit studi yang mempelajari pengaruh ketebalan lapisan TiO_2 (Li, 2009; Yum, dkk., 2005; Kang, dkk., 2004; Chung-Yi, dkk., 2006).

Berbagai metode untuk membuat lapisan tipis TiO_2 telah diteliti selama ini, seperti pembuatan lapisan TiO_2 menggunakan teknik *slip casting (doctor blading)* (Varma dan Garg, 2009), *screen printing* (Ito, dkk., 2007), *sol gel* (Minegishi, 1997), *sputtering* (Gomez, dkk., 1999), *spin coating* (Zhang, dkk., 2003) dan *electrophoretic deposition* (EPD) (Fujimura dan Yoshikado, 2003). Dari metode-metode tersebut, teknik pelapisan yang relatif mudah dan sederhana adalah metode elektroforesis atau *electrophoretic deposition* (EPD). Dengan teknik ini, ketebalan TiO_2 yang dihasilkan dapat diatur dengan mengatur tegangan dan waktu deposisi pada saat elektroforesis (Yum, dkk., 2005). Pada metode elektroforesis, pergerakan partikel terjadi akibat pengaruh medan listrik. Pergerakan sebuah partikel dalam medan listrik dipengaruhi oleh muatan partikel tersebut, yang dinyatakan sebagai nilai zeta potensial (Nuryadi, dkk., 2010). Nilai zeta potensial dari sebuah partikel dapat diatur/diubah dengan menambahkan garam pada larutan partikel tersebut (Yum, dkk., 2005).

Di sisi lain, *photosensitizer* merupakan salah satu komponen penting yang berpengaruh pada kinerja DSSC, karena *sensitizer (dye)* menentukan respon terhadap cahaya pada DSSC dan menginisiasi langkah awal absorpsi foton dan proses transfer fotoelektron selanjutnya ke lapisan TiO_2 (Kambe, 2002). Metode elektroforesis selain efektif

untuk deposisi partikel TiO_2 , juga efektif untuk mempercepat adsorpsi dye ke dalam lapisan TiO_2 (Sakai, 2006 dan Nuryadi, dkk., 2010). Pada riset ini, digunakan eosin Y sebagai *sensitizer*, dimana eosin Y akan membentuk ion negatif dalam larutan, sehingga dapat dideposisi dengan metode elektroforesis (Byrne, 1963).

Makalah ini mempelajari pengaruh ketebalan lapisan TiO_2 terhadap kinerja DSSC termasuk juga mempelajari pengaruh ukuran partikel TiO_2 .

2. METODOLOGI

Ada tiga tahap yang dilakukan pada penelitian ini yaitu optimasi nilai zeta potensial, mempelajari pengaruh ketebalan TiO_2 dan pengaruh ukuran partikel TiO_2 .

2.1 Optimasi Nilai Zeta Potensial $\text{TiO}_2/\text{Isopropanol}$

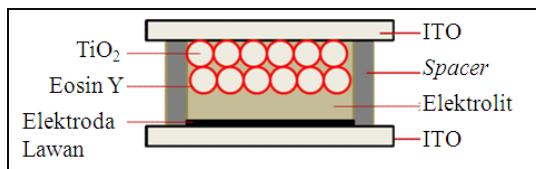
Suspensi TiO_2 dibuat dengan melarutkan sebanyak 0,25 gram TiO_2 ke dalam 1 L isopropanol dan 2 % volume air deion, kemudian diaduk selama 30 menit, dan sonikasi selama 30 menit. Larutan $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan variasi konsentrasi 1×10^{-7} M; 1×10^{-6} M; 1×10^{-5} M; 2×10^{-5} M; 5×10^{-5} M; 1×10^{-4} M; dan 1×10^{-3} M ditambahkan ke dalam suspensi, kemudian dilakukan pengukuran zeta potensial.

2.2 Pengaruh Ketebalan Lapisan Tipis TiO_2

Suspensi TiO_2 (0,25 gram TiO_2 dalam 1 L isopropanol dan 2 % air deion) ditambahkan garam $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ sehingga konsentrasi $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ dalam larutan menjadi 2×10^{-4} M. Larutan kemudian disonifikasi selama 30 menit dan diaduk kembali selama 30 menit. Deposisi lapisan tipis TiO_2 pada kaca ITO (*Indium Thin Oxide*) dilakukan dengan metode elektroforesis. Kaca ITO sebagai katoda dan kertas karbon sebagai anoda. Elektroforesis dilakukan pada tegangan 50

V dengan variasi waktu 1 menit; 3 menit; 5 menit; dan 8 menit. Karakterisasi ketebalan dilakukan dengan menggunakan mikrometer sekrup dan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Kemudian lapisan TiO_2/ITO dipanaskan selama 30 menit hingga suhu 250 °C (25 menit suhu dinaikkan perlahan-lahan, 5 menit suhu ditetapkan 250 °C) dan didiamkan hingga dingin. Proses adsorpsi (penyerapan) zat warna (dye) ke dalam lapisan tipis TiO_2 dilakukan dengan metode elektroforesis.

Proses selanjutnya adalah perakitan DSSC. Perakitan *single cell* DSSC dilakukan dengan menggunakan teknik *sandwich*. *Spacer* (pembatas) dipasang mengelilingi sisi lapisan tipis TiO_2 . Larutan elektrolit (terdiri dari 0,3 M LiI, 0,5 M tetrabutyl pyridine, 0,05 M I_2 , yang dilarutkan didalam *acetonitrile*) ditambahkan ke lapisan TiO_2 . Sel kemudian ditutup dengan elektroda lawan yang telah dilapisi oleh katalis Pt/C, dan dijepit menggunakan penjepit sehingga menghasilkan struktur *sandwich* DSSC sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Pengukuran output tegangan dilakukan dibawah penerangan lampu halogen.



Gambar 2. Struktur DSSC dengan teknik *sandwich cell*

2.3 Pengaruh ukuran partikel TiO_2

Pada studi ini, deposisi lapisan tipis TiO_2 pada kaca ITO dilakukan dengan metode *slip casting*. Pembuatan pasta TiO_2 (masing-masing dilakukan untuk TiO_2 nano dan TiO_2 mikro) dilakukan dengan melarutkan sebanyak 3,5 gram TiO_2 ke dalam 15 ml etanol dan diaduk selama 15 menit. Penambahan TiO_2 dilakukan dalam selang waktu 0-10 menit. Suspensi disonifikasi selama 10 menit dan diaduk kembali selama 10 menit. Untuk membuat aktif area digunakan selotip (ketebalan 50

mikrometer) sebagai pembatas pada masing-masing sisi kaca ITO sehingga membentuk persegi. Pasta kemudian diteteskan di atas kaca ITO yang telah disiapkan, lalu diratakan (*slip casting*) menggunakan pengaduk kaca. Setelah lapisan tipis TiO_2 kering, selotip dilepas dari kaca ITO tersebut. Lapisan tipis TiO_2 kemudian dipanaskan hingga $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit (kenaikan suhu diatur selama periode 25 menit). Pendinginan dilakukan perlahan.

Proses adsorpsi zat warna (*dye*) ke dalam lapisan tipis TiO_2 dilakukan dengan metode elektroforesis pada larutan zat warna eosin Y dengan konsentrasi 5×10^{-4} M. Elektroforesis dilakukan selama 4 menit dengan tegangan 85 V.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Perubahan Zeta Potensial

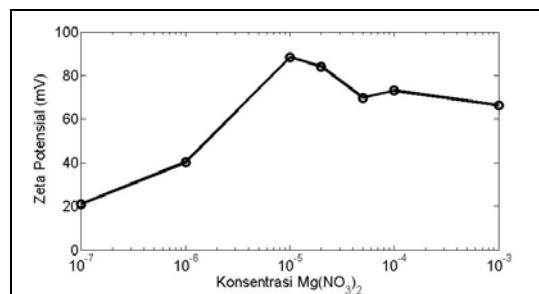
3.1.1 Variasi konsentrasi garam $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

Pada eksperimen ini, deposisi lapisan TiO_2 pada kaca ITO dilakukan dengan teknik deposisi elektroforesis. Elektroforesis dapat dilakukan pada kondisi tertentu, dan kemudian dilakukan pengaturan nilai zeta potensial partikel TiO_2 . Disini, penambahan konsentrasi garam $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ divariasikan untuk melihat perubahan zeta potensial yang dihasilkan, yaitu: 0 M; 1×10^{-7} M; 1×10^{-6} M; 1×10^{-5} M; 2×10^{-5} M; 5×10^{-5} M; 1×10^{-4} M; dan 1×10^{-3} M. Dari pengukuran zeta potensial yang dilakukan didapatkan hasil seperti grafik pada Gambar 3.

Homogenisasi partikel TiO_2 dalam larutan dengan cara sonikasi merupakan faktor yang penting untuk menjaga proses elektroforesis berlangsung dengan baik. Hasil elektroforesis partikel-partikel yang memiliki ukuran besar akan menghasilkan hasil deposisi yang tidak merata dibandingkan dengan partikel - partikel dengan ukuran yang kecil (Besra, 2007).

Penambahan 2 % volum air deion dilakukan untuk melarutkan garam

$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ yang ditambahkan. Selain itu penambahan air ini juga akan menurunkan *packing density*. Ketika proses elektroforesis berlangsung, dengan adanya keberadaan molekul air di dalam larutan, maka akan terjadi elektrolisis air (Li, 2009). Gas H_2 yang terbentuk pada katoda menghasilkan deposisi lapisan TiO_2 menjadi berongga, sehingga menurunkan *packing density*.

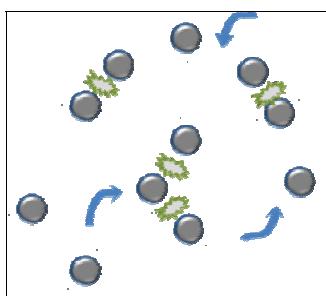


Gambar 3. Grafik perubahan nilai zeta potensial TiO_2 dengan bertambahnya konsentrasi garam $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$

Data hasil eksperimen ini menunjukkan kemiripan dengan hasil yang dilakukan oleh Yum *et. al.* (2005), dimana nilai zeta potensial naik seiring dengan bertambahnya konsentrasi garam hingga mencapai titik optimum tertentu kemudian mengalami penurunan. Terlihat pada Gambar 3 bahwa kenaikan zeta potensial TiO_2 terjadi pada saat konsentrasi garam dinaikkan dari 10^{-7} M sampai 10^{-5} M. Kenaikan ini terjadi karena adanya kenaikan konsentrasi ion-ion negatif pada *diffuse layer*, yang menyebabkan semakin banyaknya $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2^+$ yang teradsorpsi pada permukaan partikel TiO_2 . Ketika konsentrasi garam dinaikkan lebih dari 10^{-5} M, nilai zeta potensial turun. Hal ini disebabkan karena ion-ion negatif bertambah banyak (saat konsentrasi $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ bertambah), tetapi di sisi lain situs (tempat) untuk mengadsorpsi pada partikel TiO_2 terbatas sehingga terjadi penurunan *debye length*. Penurunan *debye length* ini akan disertai juga dengan penurunan nilai zeta potensial partikel TiO_2 (Butt dan Kappl, 2010).

3.1.2 Kestabilan partikel TiO_2

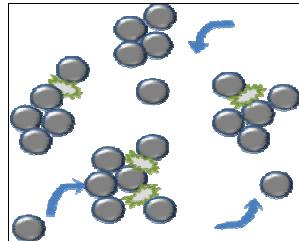
Nilai zeta potensial partikel TiO_2 dalam larutan berpengaruh terhadap cepat lambatnya proses deposisi terjadi. Semakin besar nilai zeta potensial maka proses deposisi partikel akan semakin cepat, sebaliknya semakin kecil nilai zeta potensial maka proses deposisi akan semakin lambat (Ishihara, dkk., 2000). Selain mempengaruhi cepat lambatnya proses deposisi, zeta potensial mempengaruhi kestabilan partikel di dalam larutan.



Gambar 4. Gaya tolak menolak antar partikel yang diselubungi oleh *double layer ion*

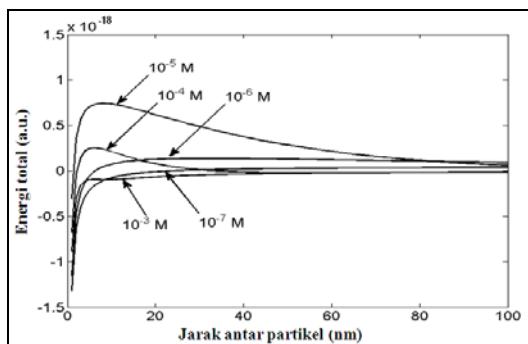
Ion-ion yang menempel pada permukaan partikel akan menciptakan *double layer ion* (Gambar 4). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, *double layer ion* akan mempengaruhi nilai zeta potensial partikel tersebut dalam larutan. Dengan adanya *double layer ion* pada partikel maka akan tercipta gaya elektrostatik (tolak-menolak). Hal ini menyebabkan partikel-partikel dalam larutan cenderung untuk saling tolak-menolak dan tidak teragglomerasi (stabil).

Semakin kecil jari-jari atau tidak adanya *double layer ion* pada partikel TiO_2 menyebabkan partikel lebih cenderung untuk menyatu (lihat Gambar 5). Hal ini dikarenakan gaya van der waals (tarik-menarik) dari partikel lebih besar dibandingkan dengan gaya elektrostatik (tolak-menolak). Keadaan demikian menyebabkan koloidal partikel dalam larutan menjadi tidak stabil dan mengendap.



Gambar 5. Gaya tolak menolak antar partikel tanpa adanya *double layer ion*

Kestabilan partikel dalam larutan dipengaruhi oleh gaya tolak-menolak antar partikel (*repulsive*) dan gaya van der waals. Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi total energi terhadap jarak antar partikel TiO_2 .



Gambar 6. Simulasi perhitungan nilai kestabilan TiO_2 dalam isopropanol dengan variasi konsentrasi garam

Berdasarkan simulasi pada Gambar 6 didapatkan bahwa penambahan garam dengan konsentrasi antara 10^{-6} M sampai 10^{-4} M akan menjadikan koloid TiO_2 stabil, sedangkan konsentrasi garam di bawah dan di atas harga tersebut menjadikan larutan TiO_2 tidak stabil (teragglomerasi dan mudah mengendap). Simulasi variasi konsentrasi garam terhadap kestabilan partikel dalam larutan dilakukan juga oleh Biest, dkk. (1999) dan menghasilkan kecenderungan pola grafik yang sama.

Hal ini juga terlihat pada percobaan, ketika larutan dengan perbedaan konsentrasi garam $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ didiamkan selama 1 minggu (Gambar 7). Dari hasil simulasi pada Gambar 6 diketahui bahwa larutan yang mempunyai kestabilan yang paling tinggi adalah larutan dengan

konsentrasi garam $Mg(NO_3)_2$ 10^{-5} M. Karena kestabilan dan homogenitas partikel dalam larutan penting untuk proses elektroforesis (Besra dan Liu, 2007), maka hasil simulasi merekomendasikan penggunaan konsentrasi garam $10^{-6} - 10^{-4}$ M.



Gambar 7. TiO_2 dalam isopropanol setelah didiamkan selama 1 minggu (konsentrasi garam dari kanan ke kiri : 10^{-7} M; 10^{-6} M; 10^{-5} M; 10^{-4} M; dan 10^{-3} M).

3.2 Analisa Pengaruh Ketebalan Lapisan TiO_2

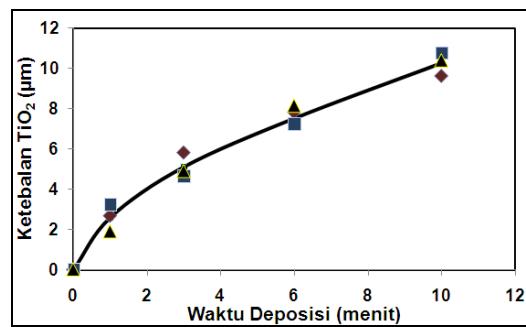
3.2.1 Pengaruh waktu dan tegangan elektroforesis

Ketebalan lapisan TiO_2 berpengaruh terhadap banyaknya *dye* yang dapat teradsorpsi. Semakin tebal lapisan TiO_2 maka akan semakin banyak zat warna yang teradsorpsi. Dengan seiring bertambahnya partikel TiO_2 maka semakin banyak *dye* yang terikat pada partikel TiO_2 , sehingga hal ini akan mempengaruhi kinerja dari sel DSSC yang dibuat. Untuk mempelajari pengaruh ketebalan lapisan TiO_2 terhadap kinerja DSSC, dilakukan pelapisan TiO_2 pada kaca ITO menggunakan metode elektroforesis.

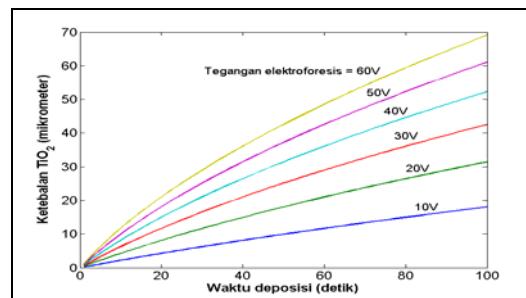
Gambar 8 menunjukkan grafik hubungan antara waktu elektroforesis dan ketebalan TiO_2 yang dihasilkan dengan kondisi tegangan elektroforesis 50 V. Pada waktu deposisi yang sama dilakukan eksperimen sebanyak tiga kali (triplo). Terlihat bahwa pada waktu yang sama menghasilkan ketebalan TiO_2 yang hampir sama pula.

Untuk menjelaskan hasil eksperimen pada Gambar 8, kami melakukan simulasi dengan hasil pada Gambar 9. Simulasi

dilakukan berbasis pada penurunan rumus (Sakai, dkk., 2006). Pada formulasi ini, larutan TiO_2 dibuat dengan melarutkan partikel TiO_2 ke dalam air murni (*deionized water*).



Gambar 8. Grafik hubungan waktu elektroforesis dengan ketebalan TiO_2



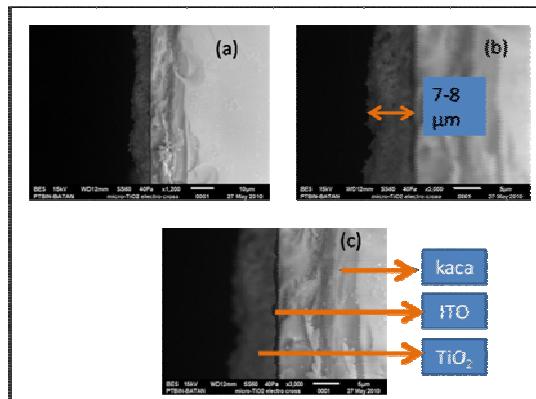
Gambar 9. Simulasi profil grafik ketebalan lapisan TiO_2 dengan perbedaan tegangan elektroforesis

Hasil simulasi ini memperlihatkan bahwa beda tegangan yang digunakan pada saat elektroforesis mempengaruhi cepat lambatnya proses deposisi. Hal ini terjadi karena beda potensial mempengaruhi kecepatan pergerakan partikel dalam larutan. Meskipun elektroforesis pada simulasi ini larutan yang digunakan berbeda dengan larutan pada eksperimen, tetapi secara kualitatif hasil simulasi pada Gambar 9 dapat menerangkan hasil eksperimen pada Gambar 8.

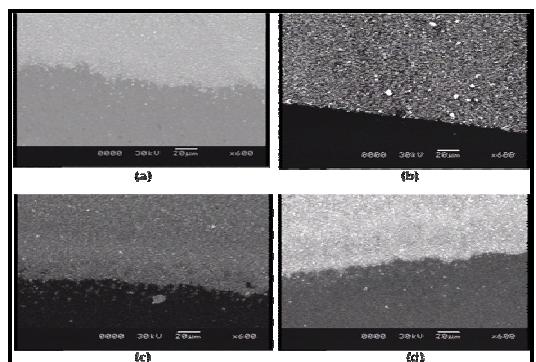
Grafik pertumbuhan ketebalan TiO_2 pada Gambar 8 dan 9 memiliki kecenderungan yang sama, yaitu kecepatan pertumbuhan yang tinggi pada waktu awal, tetapi kemudian mengalami penurunan kecepatan pertumbuhan. Hal ini dikarenakan semakin banyak partikel TiO_2

yang telah terdeposit pada elektroda ITO menyebabkan hambatan permukaan elektroda bertambah. Ini berakibat laju deposisi partikel TiO_2 menurun.

Gambar 10 merupakan Gambar SEM penampang samping TiO_2 dengan waktu deposisi 6 menit pada dua tempat yang berbeda. Dari hasil tersebut terlihat bahwa ketebalan rata-rata lapisan TiO_2 sekitar 7-8 mikrometer. Hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan ketebalan yang didapatkan dengan pengukuran menggunakan mikrometer sekrup. Hal ini memberikan konfirmasi bahwa hasil pengukuran dengan menggunakan mikrometer mempunyai akurasi mendekati ketebalan sebenarnya.



Gambar 10. Ketebalan lapisan TiO_2 dengan waktu deposisi 6 menit (penampang lintang), dengan pembesaran : a) 1200x b) 3000x c) 3000x

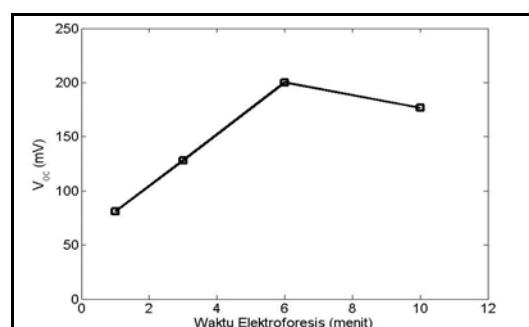


Gambar 11. Karakterisasi SEM lapisan TiO_2 dengan variasi waktu elektroforesis a) 1 menit; b) 3 menit; c) 6 menit; d) 10 menit

Gambar 11 menunjukkan gambar SEM permukaan atas TiO_2 dan terlihat bahwa lapisan TiO_2 yang didapatkan dengan menggunakan teknik elektroforesis terlihat homogen serta tidak terlihat retakan. Hasil ini merupakan bukti bahwa teknik elektroforesis dapat menghasilkan lapisan TiO_2 dengan kualitas yang baik.

3.2.2 Pengaruh ketebalan TiO_2 terhadap tegangan *open circuit* (V_{oc})

Lapisan TiO_2 pada kaca ITO dengan variasi beda ketebalan selanjutnya digunakan untuk fabrikasi DSSC. Masing-masing sel DSSC yang telah dibuat kemudian diukur tegangan *open circuit* (V_{oc}) pada saat kondisi disinari lampu halogen. Lampu halogen mempunyai panjang gelombang yang cukup luas (470 nm - 1300 nm), sedangkan eosin Y mempunyai serapan maksimum pada panjang gelombang 513 nm. Oleh karena itu lampu halogen dapat digunakan dalam pengukuran.



Gambar 12. Grafik tegangan *open circuit* (V_{oc}) terhadap waktu elektroforesis TiO_2

Pengukuran nilai tegangan sel DSSC menghasilkan grafik hubungan ketebalan TiO_2 dan V_{oc} sebagaimana terlihat pada Gambar 12 yang menunjukkan bahwa semakin tebal lapisan TiO_2 maka nilai tegangan *open circuit* (V_{oc}) yang dihasilkan akan semakin besar pula. Hal ini dikarenakan karena semakin bertambahnya ketebalan TiO_2 maka akan semakin banyak partikel TiO_2 yang dapat menyerap dye eosin Y (Huang, dkk., 2006).

Terlihat juga bahwa nilai V_{oc} mengalami penurunan pada ketebalan lebih besar dari waktu elektroforesis 6 menit (ketebalan 7,5 mikrometer). Hal ini kemungkinan terjadi karena beberapa faktor, diantaranya :

- Semakin bertambahnya ketebalan lapisan TiO_2 , maka hambatan akan semakin besar. Hal ini menyebabkan penurunan nilai tegangan yang dihasilkan.
- Semakin bertambahnya ketebalan lapisan TiO_2 , maka kemungkinan terjadinya transfer elektron dari pita konduksi TiO_2 ke elektrolit semakin besar, hal ini akan menurunkan banyaknya jumlah elektron yang dihasilkan oleh DSSC sehingga akan menurunkan tegangan DSSC.

Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa ketebalan optimum yang didapat pada percobaan adalah pada ketebalan sekitar $7-8 \mu m$, yang merupakan hasil deposisi elektroforesis selama 6 menit.

3.3 Analisa Perbedaan Ukuran Partikel

Untuk menganalisa perbedaan ukuran partikel dilakukan fabrikasi DSSC terhadap dua macam ukuran partikel TiO_2 , yaitu TiO_2 dengan ukuran partikel rata-rata 399 nm (Merck) dan TiO_2 dengan ukuran partikel <25 nm (Sigma-aldrich). Nilai tegangan *open circuit* DSSC yang diperoleh terdapat pada Tabel 1.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa ukuran partikel TiO_2 yang dipakai dalam fabrikasi DSSC mempengaruhi besar tegangan V_{oc} yang dihasilkan. Pengukuran menggunakan sinar lampu halogen terlihat bahwa TiO_2 dengan ukuran partikel <25 nm mempunyai tegangan *open circuit* yang lebih besar dibandingkan dengan TiO_2 yang mempunyai ukuran partikel rata-rata 399 nm. Kenaikan tegangan yang dihasilkan disebabkan oleh ukuran partikel kecil mempunyai luas permukaan TiO_2 yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran partikel TiO_2 yang lebih besar.

Tabel 1. Nilai V_{oc} yang dihasilkan dari DSSC dengan ukuran partikel TiO_2 berbeda

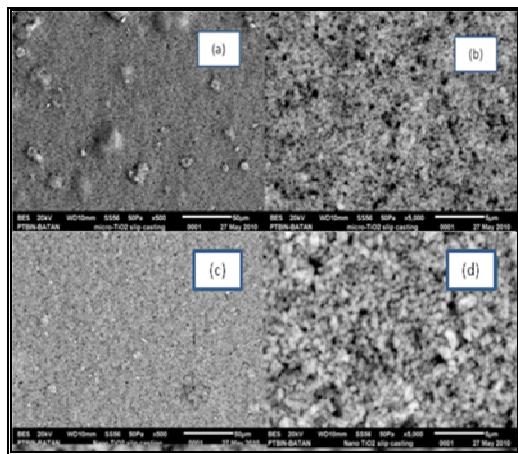
Ukuran Partikel (nm)	V_{oc} (mVolt)	
	Simplo	Duplo
< 25	153	155
± 399	67.7	60

Terlihat juga bahwa DSSC dengan partikel TiO_2 399 nm mempunyai warna TiO_2 yang lebih putih dibandingkan dengan DSSC dengan partikel TiO_2 <25 nm (Gambar 17). Warna merah yang lebih terlihat pada DSSC TiO_2 menunjukkan seberapa banyak eosin Y yang teradsorpsi pada permukaan partikel TiO_2 . Semakin merah warna yang ada pada partikel TiO_2 maka semakin banyak eosin Y yang teradsorpsi.

Walaupun DSSC dengan partikel TiO_2 nano mempunyai tegangan *open circuit* yang lebih besar, tetapi memiliki kekurangan yaitu lapisan TiO_2 nanopartikel yang terdeposisi pada kaca ITO dengan menggunakan metode *slip casting* mempunyai kecenderungan mudah retak dan terkelupas dari kaca ITO. Hal ini menyebabkan terjadinya pengurangan kinerja sel DSSC. Retaknya lapisan tipis TiO_2 terjadi karena :

- Dalam proses preparasi lapisan tipis TiO_2 , dilakukan pemanasan yang dinaikkan secara bertahap hingga suhu maksimal $250^{\circ}C$. Diprediksi kenaikan suhu yang terlalu cepat menyebabkan penguapan pada lapisan tipis TiO_2 menjadi cepat sehingga menyebabkan keretakan pada lapisan tipis TiO_2 .
- Agregasi atau penempelan partikel-partikel TiO_2 yang sejenis yang terlihat pada hasil SEM (Gambar 13), juga dapat memperbesar kemungkinan terjadinya pengelupasan TiO_2 .
- Viskositas larutan TiO_2 yang digunakan dalam proses *slip casting* mempengaruhi kekuatan mekanik lapisan TiO_2 , dimana apabila viskositas yang digunakan terlalu tinggi maka kecenderungan terjadi retakan pada lapisan tipis

menjadi tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari variasi viskositas larutan TiO_2 yang digunakan.



Gambar 13. Karakterisasi lapisan *slip casting* mikro TiO_2 dengan SEM (a (500x) dan b (5000x) ; *slip casting* nano TiO_2 dengan SEM (c (500x) dan d (5000x))

4. KESIMPULAN

Kami telah melakukan fabrikasi DSSC berbasis TiO_2 dengan menggunakan metode elektroforesis. Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada persiapan larutan elektroforesis, penambahan garam $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ dapat mengubah nilai zeta potensial partikel TiO_2 dalam isopropanol.
2. Bertambahnya waktu deposisi dan tegangan elektroforesis menyebabkan lapisan TiO_2 yang semakin tebal.
3. Ketebalan Lapisan TiO_2 mempengaruhi nilai tegangan sel DSSC yang dihasilkan, dengan ketebalan maksimum sekitar 7,5 μm .
4. Penggunaan ukuran kristal TiO_2 yang lebih kecil akan mempengaruhi nilai tegangan DSSC. Partikel yang lebih kecil mempunyai luas permukaan yang lebih besar, sehingga permukaan untuk mengadsorpsi dye menjadi lebih banyak. Hal ini berakibat semakin

banyak elektron yang dapat dihasilkan dan akan menaikan nilai tegangan DSSC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Teknologi Material (DIPA Fuel Cell dan DSSC 2010) BPPT yang telah membiayai penelitian ini dan Dr. Jarnuzi Gunlazuardi (Universitas Indonesia) atas kontribusinya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, F., Christian, M., Bernard, S. dan Mauro, C. 1993. Theoretical analysis of the structures of titanium dioxide crystals. *Phys. Rev. B*, 47(18), 11717-11724.
- Besra, L. dan Liu, M. 2007. A review on fundamentals and applications of electrophoretic deposition (EPD). *Progress in Materials Science*. 52, 1–61.
- Biest, O.O., dan Vandeperre, L. J. 1999. Electrophoretic deposition of materials. *Annual Review of Material Science*. 29. 327-352.
- Butt, H.J. dan Kappl, M., 2010. *Surface and Interfacial Forces*. Germany: Wiley.
- Byrne, J.M. 1963. Electrophoresis of acid dyes. *Quart. J. micr. Sci.*, 104, 441-443.
- Chung-Yi, H., Ying-Chan, H., Jian-Ging, C., Vembu, S., Kun-Mu, L. dan Kuo-Chuan, H. 2006. The effects of hydrothermal temperature and thickness of TiO_2 film on the performance of a dye-sensitized solar cell. *Solar Energy Material Solar Cells*. 90. 2391–2397.

- Du, L., Furube, A., Hara, K., Katoh, R. dan Tachiya, M. 2010. Mechanism of Particle Size Effect on Electron Injection Efficiency in Ruthenium Dye-Sensitized TiO_2 Nanoparticle Films. *The Journal of Physical Chemistry C*. 114 (18), 8135-8143.
- Fujimura, K. dan Yoshikado, S. 2003. Preparation of TiO_2 thin film for dye sensitized solar cell deposited by electrophoresis method. *Key Engineering Materials*. 11. 133-136.
- Gomez, M., Rodriguez, J., Tingry, S., Hagfeldt, A., Lindquist, S. E. dan Granqvist, C. G. 1999. Photoelectrochemical effect in dye sensitized, sputter deposited Ti oxide films: The role of thickness-dependent roughness and porosity. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 59 (3), 277-287.
- Gratzel, M. 2003. Review Dye-sensitized solar cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*. 4. 145-153.
- Huang, C. Y., Hsua, Y. C., Chen J. G., Suryanarayanan, V., Lee, K. M. dan Ho, K. C. 2006. The effects of hydrothermal temperature and thickness of TiO_2 film on the performance of a dye sensitized solar cell. *Solar Energy Materials & Solar Cells*. 90. 2391-2397.
- Ishihara, T., Shimise, K., Kudo, T., Nishiguchi, H., Akbay, T. dan Takita, Y., 2000. Preparation of Yttria-stabilised zirconia thin-film sonstrontium doped LaMnO_3 cathode substrate via electrophoretic deposition for solid oxide fuel cells. *J. Am. Ceram. Soc.*, 83(8), 1921-7.
- Ito, S., Chen, P., Comte, P., Nazeeruddin, M. K., Liska, P., Pechy, P. dan Graetzel, M. 2007. Fabrication of screen-printing pastes from TiO_2 powders for dye-sensitised solar cells. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*. 15 (7), 603-612.
- Kambe, S., Nakade, S., Kitamura, T., Wada, Y. dan Yanagida, S., 2002. Influence of the Electrolytes on Electron Transport in Mesoporous TiO_2 -Electrolyte Systems. *J. Phys. Chem., B* 106, 2967-2972.
- Kang, M. G., Ryu, K. S., Chang, S.H., Park, N.G., Hong, J.S., Kim, K. dan Bull, J. 2004. Dependence of TiO_2 film thickness on photocurrent-voltage characteristics of dye-sensitized solar cells, *Korean Chemical Soc.*, 25 (5), 742-744.
- Kong, F.T., Dai, S.Y. dan Wang, K. J., 2007. Review of Recent Progress in Dye-Sensitized Solar Cells. *Advances in optoelectronic*, 13, 75384.
- Lei, Y., Liu, H. dan Wei, X., 2010. First principles study of the size effect of TiO_2 anatase nanoparticles in dye-sensitized solar cell. *Modeling Simul.Mater. Sci. Eng.*, 18, 025004.
- Li, E. S. L., 2009. *Theoretical Study of Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. Ph.D Thesis, University of Hongkong.
- Minegishi, K., Koiwai, Y., Kikuchi, Y. dan Yano, K. 1997. Growth of p-type Zinc Oxide Films by Chemical Vapour Deposition. *Jpn. J. Appl. Phys.* 36. 1453 -1455.

- Ni, M., Leung, M. K. H., Leung, D. Y.C. dan Sumathy, K. 2006. An analytical study of the porosity effect on dye-sensitized solar cell performance. *Solar Energy Materials & Solar Cells.* 90. 1331–1344.
- Nuryadi, R., Junior, Z. A. A. dan Aprilia, A., 2010. Electrophoresis-based Dye Adsorption Into Titanium Dioxide Film For Dye Sensitized Solar Cell Application. *Indonesian Journal of Materials Science, Special Edition on Materials for Energy and Device.* 10-13 (ISSN 1411-1098).
- Nuryadi, R., Junior, Z. A. A., Wargadipura, A. H. S. dan Gunlazuardi, J., 2010. Formation of TiO₂ thin film for dye-sensitized solar cell application using electrophoretic deposition. *J. Proceedings of The Third Nanoscience and Nanotechnology Symposium,* 1284, 148-153.
- Sakai, K., Fujimura, K. dan Yoshikado, S., 2006. Preparation of TiO₂ Thin Film Deposited by Electrophoresis Method and Adsorbing Dye Molecules using Electrophoresis Method. *IEEJ Trans. FM,* 126 (3), 113-120 . *Chemistry* 173, 1–6.
- Varma, S. C. dan Garg, V. 2009. Nano Crystalline Solar Cell – an Approaching Renewable Source of Energy. *Proceedings of Conference on Energy dan Environtment,* 19-21.
- Wang, Z. S., Sayama, K. dan Sugihara, H. 2005. Efficient Eosin Y Dye-Sensitized Solar Cell Containing Br-/Br³⁻ Electrolyte. *Journal Physical Chemistry B.* 109, 22449 22455.
- Xu, W.W., Lin-Hua, H., Song-Yuan, D., Chang-Neng, Z., Xiang-Dong, L. dan Wei-Ping, J., 2010. A Study on Porosity Distribution in Nanoporous TiO₂ Photoelectrodes for Output Performance of Dye-Sensitized Solar Cells. *Chinese Phys. Lett.*, 27(3), 038202.
- Yum, J. H., Kim, S. S., Kim, D. Y. dan Sung, Y. E. 2005. Electrophoretically deposited TiO₂ photo-electrodes for use in flexible dye sensitized solar cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology A : Chem.*, 173, 1–6.
- Zhang, X.T., Sutanto, I., Taketo Taguchi, T., Tokuhiroa, K., Meng, Q., Rao, T.N., Fujishima, A., Watanabe, H., Nakamori, T. dan Uragami, M. 2003. Al₂O₃-coated nanoporous TiO₂ electrode for solid-state dye-sensitized solar cell. *Solar Energy Material & Solar Cells.* 80, 315.

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

Jurnal Hasil Penelitian Industri adalah publikasi ilmiah resmi dari Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh, terbit dua kali dalam setahun. Jurnal ini merupakan wadah penyebaran hasil penelitian dan pengembangan sektor industri bidang pangan, industri proses, rancang bangun peralatan, teknologi hasil pertanian, lingkungan, teknologi minyak atsiri/oleo dan energi.

Redaksi menerima naskah yang sesuai untuk dipublikasikan dalam Jurnal ini. Naskah yang sesuai disampaikan rangkap 2 (dua) eksemplar, tercetak asli disertai dengan rekaman (*softcopy*) dalam bentuk CD atau dapat juga dikirim secara elektronik melalui email attachment ke alamat berikut:

Redaksi Jurnal Hasil Penelitian Industri

Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh
Jl. Cut Nyak Dhien No. 377, Lamteumen Timur, Banda Aceh 23236
Telp. (0651) 49714 ; Fax. (0651) 49556
E-mail : hpi_brsbna@yahoo.com

Beberapa ketentuan yang perlu diperhatikan dalam penulisan naskah antara lain:

Naskah atau artikel yang diajukan merupakan hasil penelitian, ulasan ilmiah dan catatan penelitian (*research notes*), yang belum pernah diterbitkan dan tidak direncanakan diterbitkan dalam penerbitan-penerbitan lain.

Format naskah atau artikel diketik menggunakan Ms. Word dengan satu kolom, menggunakan font Times New Roman dengan ukuran font 12 point, spasi 1. Batas atas dan bawah 2,5 cm, tepi kiri 3 cm dan kanan 2 cm, dicetak satu muka pada kertas berukuran A4, dan tidak lebih dari 10 (sepuluh) halaman.

Sistematika penulisan artikel terdiri atas **judul, nama penulis, instansi, abstrak** dan **kata kunci** (bahasa Indonesia dan bahasa Inggris), **pendahuluan, metodologi, hasil dan pembahasan, kesimpulan dan saran**, ucapan terima kasih (bila ada) dan **daftar pustaka**.

Judul diketik dengan huruf capital tebal (Bold), memuat maksimum 20 kata, ditulis dalam 2 bahasa, Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris, terjemahan judul dalam bahasa Inggris diketik dengan huruf kecil dan miring, dituliskan di bawah judul yang berbahasa Indonesia .

Nama penulis ditulsi di bawah judul dengan ketentuan jika penulisnya lebih dari satu dan intansinya berbeda maka ditandai dengan ¹⁾, ²⁾ dan seterusnya. Instansi/alamat dan Email ditulis di bawah Nama penulis.

Abstrak diketik dengan huruf miring (*italic*) maksimal 250 kata dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.

Kata Kunci/Keywords terdiri dari 3 hingga 5 kata, disusun menurut abjad dan dicetak tebal.

Tabel diberi nomor dan ditulis singkat serta jelas dibagian atasnya.

Grafik, gambar dan foto harus tajam dan jelas agar cetakan berkualitas baik dan diberi nomor, judul dan keterangan yang jelas dibawahnya. *Softcopy* foto atau gambar turut disertakan dalam format *JPEG.

Referensi hendaknya berasal dari sumber yang jelas dan terpercaya. Referensi yang ditampilkan dalam naskah

mengikuti pola baku dengan mencantumkan nama penulis (*surname*) dan tahun publikasi, misalnya (Rifai, 1983). Bila referensi terdiri dari dua orang penulis digunakan ‘dan’, sedangkan bila lebih dari dua orang penulis digunakan ‘dkk’, namun harus ditulis lengkap dalam daftar pustaka.

Daftar Pustaka berisikan daftar referensi yang digunakan dan ditulis dengan pola baku, seperti contoh berikut:

Jurnal

Peterson, R.L., and Zelmer, C. 1998. Fungal Symbioses with Orchid Protocorms. *Symbiosis*. 25:29-55

Buku

Luyben, W.L., and Chien, I. L. 2010. *Design and Control of Distillation Systems for Separating Azeotropes*. New Jersey. John Wiley & Sons, Inc.

Reynolds, J. P., Jeris, J.S., and Teodhore, L. 2002. *Handbook of Chemical and Environmental Engineering Calculations*. New Jersey. John Wiley & Sons, Inc.

Prosiding

Argent, G. 1989. Vireya Taxonomy in Field and Laboratory. In *Proceedings of The Forth International Rhododendron Conference*. Wollongong, NSW

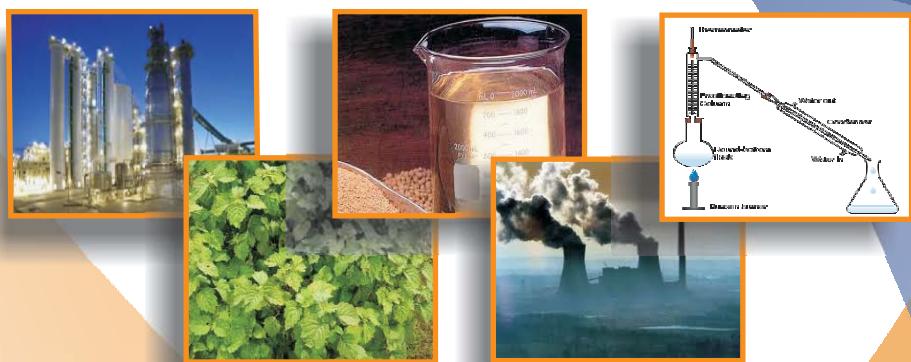
Skripsi/Thesis/Disertasi

Mo, B. 2004. Plant ‘integrin-like’ Protein in Pea (*Pisum sativum* L.) Embryonic Axws. PhD Dissertation. Department of Biology, University of South Dakota. South Dakota

Website

Bucknell University Information Services and Resources. Information Services and Resources Homepage. <http://www.isr.bucknell.edu>

Shukla, O.P. 2004. Biopulping and Biobleaching: An Energy and environment Saving Technology for Indian Pulp and Paper Industry. *EnviroNews*. No. 2. Vol.10. http://isebindia.com/01_04/04-04-3.html



ISSN 2089-5380



9 772089 538019