

APLIKASI MONO-DIASIL GLISEROL DARI HASIL SAMPING HILIRISASI MINYAK SAWIT PADA BERAS ANALOG JAGUNG

Dwi Setyaningsih^{1,3*}, Endang Prangdimurti², Eka Listiana¹, Neli Muna³

¹Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³Surfactant and Bioenergy Research Centre, Institut Pertanian Bogor

Kampus IPB Darmaga, PO BOX 220 Bogor 16001

email: dwisetya.sbrc@gmail.com, e_prangdimurti@yahoo.com, eka.listy14@gmail.com,

nelimuna88@gmail.com

ABSTRAK

Mono-Diasilgliserol (M-DAG) merupakan emulsifier utama dalam berbagai produk pangan. Tujuan penelitian ini adalah mensintesis monodiasil gliserol dari gliserol hasil samping biodiesel dan distilat asam lemak (PFAD) dari pengolahan minyak sawit, formulasi M-DAG pada beras analog serta karakterisasi sifat fisiko-kimia dan keamanan produk beras analog yang dihasilkan. MDAG disintesis melalui esterifikasi dengan katalis asam. Formulasi M-DAG sebanyak 2% dalam adonan beras analog menghasilkan produk terbaik dengan rendemen 94.63%, densitas kamba 0.62 g/ml, bobot 1000 butir 14.74 gram, daya serap air 96.20%, laju 1st faling down 0.04 gram air/ menit, dan bobot air yang hilang sebanyak 4.70 gram H₂O/ menit. Komposisi proksimat meliputi kadar air, kadar protein, kadar lemak, kadar abu, kadar serat, dan kadar karbohidrat berturut-turut sebesar 10.27%, 0.77%, 3.95%, 0.39%, 2.89%, dan 81.73%. Hasil analisa kandungan logam berat untuk Pb, As dan Hg menunjukkan ketiga jenis logam tersebut tidak teridentifikasi di dalam produk MDAG murni.

Kata Kunci: beras analog, emulsifier, M-DAG, gliserol, PFAD

1. PENDAHULUAN

Mono-diasilgliserol (M-DAG) merupakan emulsifier lipofilik yang mengandung monogliserida dan digliserida, dibuat dengan mereaksikan gliserol dan lemak atau minyak yang spesifik (Igoe dan Hui, 1996). Jenis emulsifier ini banyak diaplikasikan pada sebagian besar produk pangan. Sayangnya semua M-DAG atau yang lebih dikenal dengan gliserol mono stearat (GMS) yang digunakan di Indonesia dipasok dari impor. Oleh karena itu produk ini berpotensi untuk dikembangkan. M-DAG memiliki struktur molekul yang terdiri dari bagian hidrofilik pada gugus OH dan bagian lipofilik

pada gugus ester asam lemak. M-DAG dapat diproduksi dengan tiga proses yang berbeda yaitu hidrolisis, gliserolisis, dan esterifikasi (Hartley, 1977).

Proses hidrolisis pada umumnya disebabkan oleh aktivitas enzim dan mikroba. Sedangkan pada proses gliserolisis terjadi transesterifikasi trigliserida dengan gliserol menggunakan katalis kimia maupun enzim. Proses gliserolisis dengan katalis kimia berlangsung pada suhu tinggi, berkisar antara 220-250°C sehingga kebutuhan energi besar dan secara langsung mempengaruhi tingginya biaya produksi. Pada proses esterifikasi gliserol dengan asam lemak bebas, jika reaksi esterifikasi tidak berjalan secara keseluruhan dimana tidak semua gugus OH pada gliserol digantikan oleh gugus asam lemak, maka akan terbentuk monogliserida, digliserida, dan air (Bernardini, 1985).

Dalam penelitian ini M-DAG diproduksi melalui esterifikasi distilat asam lemak (PFAD) hasil samping pengolahan minyak goreng sebagai sumber asam lemak dan gliserol hasil samping pengolahan biodiesel dengan bantuan katalis asam. Kelebihan teknik ini adalah proses esterifikasi berlangsung pada suhu lebih rendah dibandingkan gliserolisis, dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan hidrolisis enzimatik. Selain itu bahan baku yang digunakan relatif murah karena merupakan produk samping industri turunan sawit. Ketersediaan bahan baku gliserol terjamin dengan adanya potensi peningkatan produksi biodiesel akibat mandatori target substitusi BBN dalam BBM sebesar 30%. Demikian halnya dengan PFAD, karena 70% pengolahan minyak goreng menghasilkan PFAD sebanyak 2.5-3.5% dari total bobot produksi. Dengan demikian diharapkan teknologi ini mampu menyediakan produk yang kompetitif baik dari segi mutu maupun harga.

Aplikasi M-DAG yang disasar dalam penelitian adalah sebagai emulsifier dalam adonan beras analog. Indonesia merupakan negara dengan tingkat konsumsi beras mencapai 139 kg/kapita/tahun, sehingga perlu dilakukan upaya diversifikasi pangan untuk mengurangi impor beras dan mencapai ketahanan pangan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melalui produk inovatif beras analog sebagai substitusi beras. Beras analog dibuat dari sumber karbohidrat dari bahan baku non-beras dengan penambahan air (Budijanto dan Yulianti 2012). M-DAG yang ditambahkan dalam pembuatan beras analog berperan sebagai pelumas atau *lubricant* karena dapat mengurangi gaya friksi antara permukaan partikel dalam adonan sehingga produk yang dihasilkan tidak saling lengket. Dengan demikian akan terbentuk kompleks amilosa-*lipid* sehingga membuat tekstur adonan menjadi kenyal dan tidak mudah retak atau hancur.

2. METODOLOGI

1. Bahan

Bahan untuk pembuatan M-DAG adalah gliserol hasil samping biodiesel yang dimurnikan, *palm fatty acid distillate* (PFAD), katalis *methyl ester sulfonic acid* (MESA) dan zeolite. Untuk pemurnian M-DAG digunakan natrium bikarbonat (NaHCO_3), n-heksana teknis, dan etanol 96%.

Bahan yang digunakan pada pembuatan beras analog adalah tepung jagung, tepung sagu, minyak nabati, air, *jelly powder*, GMS dan M-DAG.

2. Metode

2.1. Sintesis dan Pemurnian MDAG

Sintesis M-DAG dilakukan melalui esterifikasi antara gliserol produk samping proses biodiesel dan PFAD sebagai sumber asam lemak bebas. Proses berlangsung pada suhu 130°C selama 2 jam. Pemurnian M-DAG menggunakan metode fraksinasi pelarut heksan dan etanol (1:1), dilanjutkan saponifikasi menggunakan NaHCO₃ 15% dan kristalisasi pada suhu rendah.

2.2. Formulasi Beras Analog

Formulasi beras analog menggunakan perbandingan tepung jagung dan tepung sagu 8:2. Pada setiap formulasi ditambah emulsifier sebagai perlakuan yakni M-DAG 1%, 1.5%, 2%, dan 3%, serta GMS 2% sebagai kontrol. Beras analog diproduksi dengan ekstrusi menggunakan *twin screw extruder*.

2.3. Karakterisasi Beras Analog

2.3.1. Rendemen

Rendemen sampel dihitung dengan persamaan:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat Akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

2.3.2. Bobot seribu butir

Sampel yang dipilih memiliki butir yang utuh, baik, dan memiliki panjang hampir sama. Sampel tersebut diambil sebanyak seribu butir kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik untuk diketahui bobotnya. Bobot seribu butir tersebut dibagi jumlah butir (1 000) sehingga diketahui bobot rata-rata beras per butir.

2.3.3. Densitas kamba

Sampel dengan ukuran yang sama dimasukkan ke dalam gelas ukur hingga volume 10 mL dan diketuk-ketuk sebanyak 25 kali. Sampel tersebut kemudian ditimbang.

$$\text{Densitas kamba (g/mL)} = \frac{\text{bobot bahan (g)}}{\text{volume bahan (mL)}} \dots\dots\dots (2)$$

2.3.4. Daya Serap Air

Sebanyak 5 g beras analog direndam dalam air hangat (80°C) selama 5 menit. Beras diangkat dan tiriskan lalu ditimbang kembali. Daya serap air dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Daya Serap Air} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Dimana

A = Berat sampel sebelum perendaman (g)

B = Berat sampel setelah perendaman (g)

2.3.5. Waktu Rehidrasi

Sampel ditimbang 50 g kemudian dicelupkan dalam air hangat 200 ml, diangkat kemudian dikukus. Dicatat waktu yang diperlukan beras analog ini sampai tanak (tidak ada *spot* putih ditengah butiran nasi).

2.3.6. Laju air yang hilang

Beras analog ditimbang sebanyak 50 gram lalu dimasak dalam 50 mL air. Diukur bobot bahan setiap 30 menit selama 5 jam.

2.4. Uji Keamanan Produk

Pengujian keamanan produk dilakukan dengan pengujian kandungan logam berat MDAG murni menggunakan ICP.

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Sintesis dan Pemurnian Mono Diasil Gliserol (M-DAG)

Alternatif proses sintesis M-DAG yang dipilih adalah esterifikasi, dengan mereaksikan gliserol dan *Palm fatty acid destillate* (PFAD) menggunakan katalis *methyl ester sulfonic acid* (MESA). PFAD pada sintesis M-DAG berfungsi sebagai sumber asam lemak bebas. MDAG kasar hasil sintesis kemudian dimurnikan dengan metoda fraksinasi pelarut dan saponifikasi untuk memisahkan monogliserida dan digliserida dari trigliserida, asam lemak bebas dan senyawa lain. Karakterisasi M-DAG kasar dan setelah pemurnian dapat dilihat pada Tabel 1.

Rendemen yang dihasilkan dipengaruhi oleh penggunaan pelarut etanol dan saponifikasi. Pencucian dengan etanol teknis 96% bertujuan untuk mengikat sisa basa yang ikut mengendap bersama M-DAG. Pelarut etanol dan M-DAG bersifat non-polar, sehingga sebagian M-DAG ikut larut dalam etanol pada saat pencucian. Kadar abu M-DAG menjadi lebih tinggi setelah pemurnian disebabkan adanya sisa basa dari proses saponifikasi. Nilai pH M-DAG murni disebabkan adanya proses saponifikasi basa yang menyabunkan ALB sehingga nilai pH naik. Kadar ALB dari M-DAG

kasar sangat tinggi disebabkan adanya asam lemak bebas yang tidak bereaksi dengan gliserol pada proses esterifikasi. Setelah proses pemurnian, kadar ALB lebih rendah akibat saponifikasi. Kandungan ALB pada produk perlu diminimalkan karena mengakibatkan produk mudah rusak dan menimbulkan bau tengik yang tidak disukai.

M-DAG kasar berwarna coklat akibat pemanasan selama proses, warna katalis dan rasio bobot gliserol dan PFAD yang besar (1:6). Menurut Hermanda (2015), semakin tinggi rasio antara gliserol dan PFAD akan menyebabkan tekstur M-DAG kasar menjadi berminyak dan berwarna gelap. Setelah proses pemurnian, TAG dan ALB berkurang sehingga tekstur M-DAG menjadi tidak lengket dan berwarna putih. M-DAG kasar berbau tengik dikarenakan kandungan ALB tinggi. Sehingga setelah proses pemurnian, M-DAG menjadi tidak berbau. Dari hasil analisa diketahui kadar gliserol bebas rendah sementara gliserol terikat kandungannya lebih tinggi sehingga menunjukkan reaksi esterifikasi berlangsung.

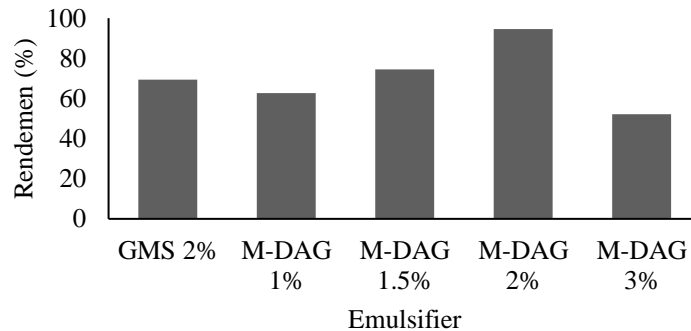
Tabel 11. Karakteristik M-DAG Kasar dan M-DAG Murni

Jenis uji	M-DAG kasar	M-DAG murni
Rendemen (%)	-	6.64
Kadar abu (%)	0.05	1.91
Nilai pH	4	8
Kadar ALB (%)	36.19	15.94
Stabilitas emulsi (%)	2.14	63.70
Penampakan		
Warna	Coklat	Putih
Tekstur	Semi padat dan lengket	Bubuk dan tidak lengket
Bau	Bau tengik	Tidak berbau
Kadar gliserol		
Gliserol total (%)	0.39	0.38
Gliserol bebas (%)	0.03	0.03
Gliserol terikat (%)	0.36	0.35

Analisis Sifat Fisiko-Kimia Produk

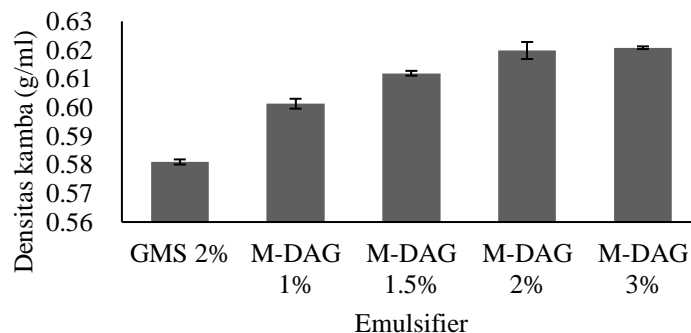
Evaluasi karakteristik visual beras analog dilakukan terhadap parameter warna, bau, dan tekstur. Penampakan warna dan bau beras analog dengan penambahan M-DAG 1%, 1.5%, dan 2% hampir sama dengan kontrol yakni berwarna putih-kuning dan beraroma jagung. Penambahan M-DAG yang lebih tinggi menyebabkan produk mudah gosong akibat ALB yang masih ada di M-DAG murni. Penambahan M-DAG mempengaruhi pembutiran beras pada mesin ekstruder. Pembutiran beras

mempengaruhi rendemen produk. Semakin kecil konsentrasi M-DAG maka pembutiran semakin sulit dan butir beras lengket satu sama lain. Beras analog dengan konsentrasi 2% dan 3% memiliki pembutiran yang baik dibandingkan M-DAG 1% dan 1.5%. Perlakuan MDAG 3% memberikan pembutiran beras yang baik namun beras gosong sehingga rendemen yang diperoleh juga rendah (Gambar 2).



Gambar 4. Rendemen beras analog

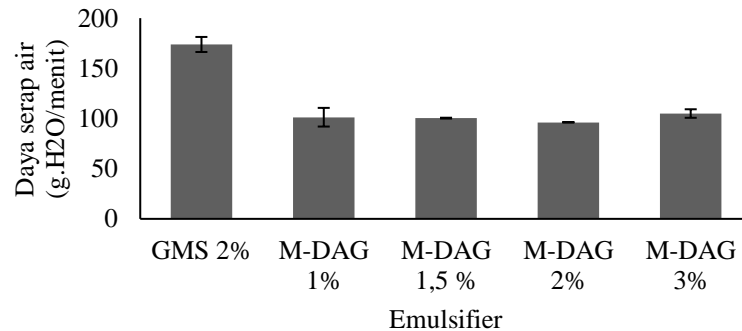
Densitas kamba merupakan berat jenis produk kering yang dihitung berdasarkan bobotnya dalam suatu wadah. Perhitungan densitas kamba dilakukan untuk mengetahui volume dan porositas beras analog. Beras analog yang dikehendaki adalah beras analog dengan porositas yang rendah, ditandai dengan densitas kamba tinggi. Beras analog dengan penambahan GMS 2% memiliki densitas kamba yang lebih kecil dibandingkan dengan semua perlakuan penambahan M-DAG. Semakin tinggi penambahan M-DAG maka densitas kamba semakin tinggi. Penambahan M-DAG 3% mengalami sedikit penurunan namun tidak signifikan dibandingkan dengan penambahan M-DAG 2% (Gambar 3).



Gambar 5. Densitas kamba beras analog

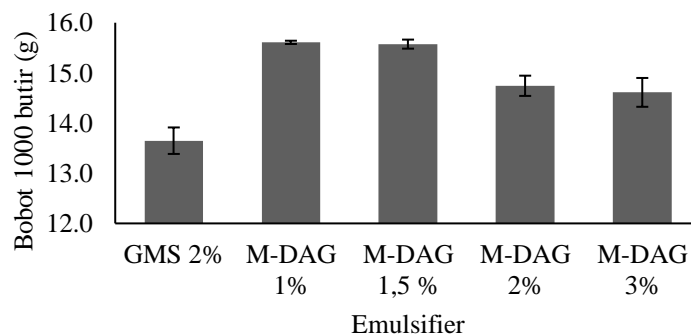
Semakin tinggi porositas suatu produk maka daya serap airnya akan semakin tinggi (Gambar 4). Beras analog kontrol dengan penambahan GMS 2% memiliki daya serap air lebih besar dibandingkan dengan semua perlakuan. Daya serap air dipengaruhi oleh densitas kamba. Semakin

tinggi densitas kamba, semakin kecil porositas sehingga menyebabkan daya serap air semakin rendah. Daya serap air beras analog dengan penambahan M-DAG 1% dan 1.5% lebih tinggi dibandingkan beras analog dengan penambahan M-DAG 3%. Ketidaksesuan tersebut disebabkan beras analog dengan penambahan M-DAG 1% dan 1.5% tidak mengalami pembutiran yang sempurna sehingga penyerapan air kurang optimal.



Gambar 6. Daya serap air beras analog

Perhitungan bobot 1000 butir dilakukan untuk mengetahui keseragaman butiran beras yang dihasilkan dari penambahan *emulsifier* yang berbeda. Bobot 1000 butir beras analog kontrol lebih kecil dibandingkan dengan semua perlakuan. Gambar 5 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi M-DAG yang ditambahkan maka bobot 1000 butir semakin kecil karena pembutiran yang terbentuk pada mesin ekstruder semakin sempurna. Ketidakeragaman butiran menyebabkan bobot 1000 butir menjadi tinggi.



Gambar 7. Bobot 1000 butir beras analog

Data bobot seribu butir dipengaruhi oleh dimensi beras analog (Tabel 2). Beras analog dengan penambahan M-DAG 1% memiliki panjang, lebar, dan tebal tertinggi. Hal tersebut menyebabkan perhitungan bobot seribu butir menjadi tinggi. Tingginya dimensi beras analog dengan penambahan

M-DAG 1% disebabkan beras analog susah mengalami pembutiran sempurna. Pemisahan butiran dilakukan secara manual, sehingga butiran beras yang dihasilkan memiliki dimensi yang tinggi dan bobot seribu butir yang tinggi.

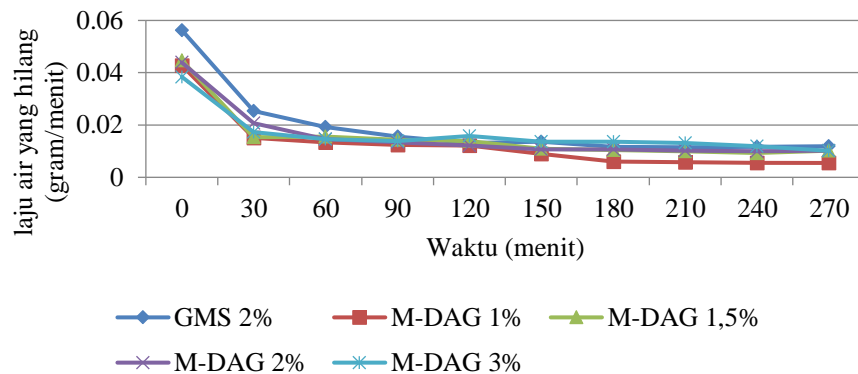
Waktu rehidrasi merupakan waktu yang diperlukan suatu produk untuk menyerap air kembali setelah mengalami proses pengeringan. Waktu rehidrasi dari semua nasi analog yaitu ± 9 menit. Hal itu sesuai dengan pernyataan Lumba (2012), yakni beras instan adalah beras yang dapat cepat diproses menjadi nasi, dalam waktu sekitar 5-10 menit.

Tabel 2. Dimensi beras analog

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal
GMS 2%	6.23±0.06a	2.87±0.03a	1.87±0.28a
M-DAG 1%	6.24±0.07a	3.00±0.05a	2.02±0.45a
M-DAG 1.5%	6.23±0.07a	2.82±0.21a	1.91±0.13a
M-DAG 2%	6.26±0.07a	2.75±0.03a	1.88 0.12a
M-DAG 3%	6.13±0.01a	2.62±0.05a	1.98±0.17a

^aNotasi huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan pada $P < 0.05$. Begitu pula sebaliknya (uji lanjut Duncan)

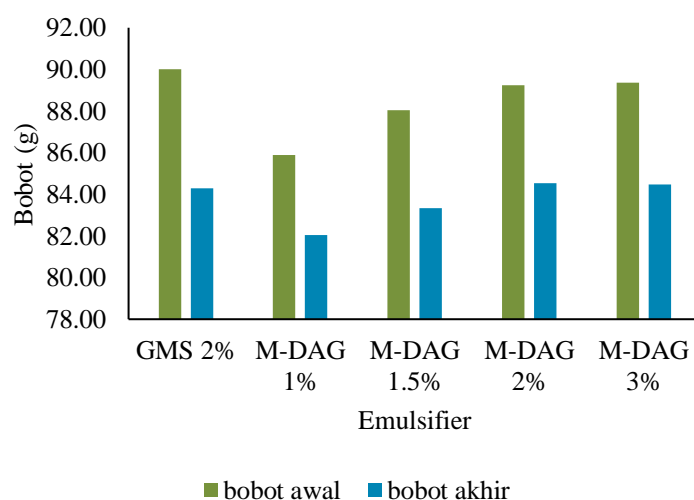
Nasi analog kontrol dan yang ditambahkan M-DAG 1%, 1.5%, dan 2% memiliki warna yang hampir sama yaitu putih kuning pucat. Warna kuning disebabkan karena beras analog menggunakan bahan baku jagung. Terjadi penyimpangan warna pada beras analog dengan penambahan M-DAG 3% yakni berwarna putih keabu-abuan disebabkan beras gosong dan berwarna kehitaman. Semua nasi analog memiliki bau normal, menyerupai produk komersial pada umumnya. Demikian halnya juga dengan parameter rasa. Nasi analog dengan penambahan M-DAG 3% memiliki *aftertaste* yang getir. Hal tersebut disebabkan beras yang gosong dan rasa minyak dari *emulsifier* yang ditambahkan. Tekstur beras analog kontrol normal yaitu pulen. Beras analog dengan penambahan M-DAG 1% dan 1,5% memiliki terkstur yang pera. Sedangkan untuk beras analog dengan penambahan M-DAG 2% dan 3% memiliki tekstur yang pulen seperti kontrol.



Gambar 8. Grafik laju air yang hilang

Laju 1st *faling down* merupakan laju hilangnya air pada 30 menit pertama. Penurunan yang besar pada 30 menit pertama disebabkan perbedaan suhu yang tinggi antara *rice cooker* dengan suhu lingkungan pada suhu ruang. Pada waktu ini, air yang menguap merupakan air yang terdapat pada permukaan beras analog. Gambar 6 menunjukkan grafik laju hilangnya air per 30 menit selama 5 jam. Laju hilangnya air setelah 60 menit menjadi cenderung konstan hingga 300 menit. Hal tersebut disebabkan pada menit 60 hingga 300 menit kadar air yang menguap dari dalam nasi. Tahap ini disebut *Constant Rate Period* (CRP). Semakin lama penyimpanan, maka laju penguapan semakin menurun, disebabkan air pada nasi analog sudah mulai berkurang.

Bobot air yang hilang merupakan selisih antara bobot nasi awal (0 menit) dengan bobot nasi setelah pengukuran selama 5 jam (300 menit). Semakin banyak air yang hilang maka semakin lemah nasi menahan air. Pada Gambar 7 terlihat bahwa kehilangan bobot air yang hilang tertinggi dialami oleh beras analog dengan penambahan GMS 2% dan kehilangan bobot air yang hilang terendah dialami oleh beras analog dengan penambahan M-DAG 1%.



Gambar 9. Grafik bobot awal dan bobot akhir nasi

Berdasarkan analisis terhadap beras analog yang dihasilkan, maka formulasi beras analog yang dipilih adalah dengan penambahan M-DAG 2%. Formulasi beras analog terpilih selanjutnya dilakukan analisis proksimat. Sifat fisikokimia beras analog ditentukan dari kadar proksimat (Tabel 3). Kadar air dari beras analog sudah lebih rendah dari kadar air yang aman untuk penyimpanan beras yaitu <14% (bb). Kadar air lebih rendah dari 14% akan mencegah tumbuhnya kapang pada produk. Kadar karbohidrat beras analog cukup tinggi, yakni 81.73% sehingga beras analog jagung layak digunakan sebagai sumber karbohidrat selain beras. Kadar proksimat beras analog dengan penambahan GMS 2% dan penambahan M-DAG diasumsikan sama karena jumlah bahan yang dimasukkan dalam proses adalah sama.

Tabel 3. Kadar Proksimat Beras Analog

Kadar proksimat	Beras analog penelitian
Kadar air (%)	10.27
Kadar protein (%)	0.77
Kadar lemak (%)	3.95
Kadar abu (%)	0.39
Kadar serat kasar (%)	2.89
Kadar karbohidrat (%) (<i>by difference</i>)	84.62

Kandungan Logam Berat

Keberadaan logam berat merupakan suatu parameter kritis dalam produk pangan, *personal care* dan kosmetik karena akan membawa dampak buruk bagi kesehatan bila terakumulasi dalam jumlah kecil di dalam tubuh manusia. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia No. HK.03.1.23.07.11.6662 Tahun 2011 tentang Persyaratan Cemaran Mikroba dan Logam Berat dalam Kosmetika diketahui bahwa batas minimal kandungan logam berat arsen, timbal dan merkuri adalah sebagai berikut :

- Arsen (As) tidak lebih dari 1 mg/kg atau 1 mg/L (1 ppm)
- Timbal (Pb) tidak lebih dari 20 mg/kg atau 20 mg/L (20 ppm)
- Merkuri (Hg) tidak lebih dari 5 mg/kg atau 5 mg/L (5 ppm)

Sintesis MDAG yang dipilih adalah melalui esterifikasi gliserol dan PFAD, yang merupakan produk samping industri turunan sawit. Selain itu digunakan MESA sebagai katalis sehingga dikhawatirkan terdapat kandungan logam berat yang perlu dieliminasi dari MDAG agar aman diaplikasikan dalam

produk akhir. Hasil pengujian kandungan logam menggunakan ICP menunjukkan pada MDAG murni tidak teridentifikasi logam As, Pb maupun Hg (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil Pengujian Logam Berat Sampel MDAG Murni

Parameter	Satuan	Hasil	Batas cemaran
Pb	ppm	Tidak terdeteksi	0.14
Hg	ppm	Tidak terdeteksi	0.02
As	ppm	Tidak terdeteksi	0.008

4. KESIMPULAN

Sintesis MDAG melalui esterifikasi gliserol dan PFAD menghasilkan MDAG kasar dengan kadar asam lemak bebas tinggi, berwarna coklat tekstur lembek dan berminyak. Pemurnian dengan fraksinasi pelarut dan saponifikasi menghasilkan MDAG murni dengan karakteristik visual menyerupai MDAG komersial (GMS) dan kadar asam lemak bebas lebih rendah. Berdasarkan penelitian formulasi beras analog yang terpilih adalah dengan penambahan M-DAG 2%. Karakterisasi beras analog terpilih yakni rendemen 94.63%, densitas kamba 0.62 g/ml, bobot 1000 butir 14.74 gram, daya serap air 96.20%, laju 1st falling down 0.04 gram air/ menit, dan bobot air yang hilang sebanyak 4.70 gram H₂O/ menit. Analisis Proksimat meliputi kadar air, kadar protein, kadar lemak, kadar abu, kadar serat, dan kadar karbohidrat berturut-turut 10.27%, 0.77%, 3.95%, 0.39%, 2.89%, dan 81.73%. Tidak teridentifikasi adanya logam As, Pb dan Hg dalam MDAG murni, dengan demikian berdasarkan kandungan logam beratnya, produk MDAG murni dan beras analog yang diberikan penambahan MDAG 2% aman untuk dikonsumsi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standarisasi Nasional (ID). 1995. SNI 01-3727-1995: *Tepung Jagung*. Jakarta: SNI.
[BSN] Badan Standarisasi Nasional (ID). 2008. SNI 3729: 2008: *Tepung Sagu*. Jakarta: SNI.
Budijanto S dan Yulianti. 2012. Studi persiapan tepung sorgum (*Sorgum bicolor* L. Moench) dan aplikasinya pada pembuatan beras analog. *J Teknol Pertanian* 13: 177-186.
Cuenca AR, Suarez MJV, Aparicio IM. 2008. Soybean seeds and its by-product okara as sources of dietary fibre. Measurement by AOAC and Englyst methods. *J Fod Chem* 124: 411-421. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.077.

- Damardjati DS. 1995. Karakteristik sifat standarisasi mutu beras sebagai landasan pengembangan agribisnis dan agroindustri padi di Indonesia [*Orasi pengukuhan ahli peneliti utama*]. Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman pangan, Bogor.
- Dasari MA. 2006. Catalytic conversion of glycerol and sugar alcohols to valueadded product. *Disertation*. University of Missouri.
- Foschia M, Peessini D, Sensidoni A, Brennan CS. 2013. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *J Cereal Sci* 58: 216-227. DOI:10.1016/j.jcs.2013.05.010.
- Hambali E, Suryani A, Dadang, Hariyadi, Hanafie H, Reksowardojo IK, Rivai M, Ihsanur M, Suryadarma P, Tjitrosemitro S. 2007. *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Hermanda A. 2015. Sintesis Mono-Diasil Gliserol Berbasis *Crude Glycerol* dan *Palm Fatty Acid Distillate*. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Igoe RS dan YH Hui. 1996. *Dictionary of Food Ingredients*. New York: Chapman and Hall.
- Kamel BS. 1991. Emulsifiers. Di dalam : J. Smith, editor. *Food Additive User's Handbook*. Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK.
- Lumba R. 2012. Kajian pembuatan beras analog berbasis tepung umbi daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk) Schott). *J Teknol Pertanian*.
- Noviasari S, Kusnandar F, dan Budijanto S. 2013. Pengembangan beras analog dengan memanfaatkan jagung putih. *J Teknol. Dan Industri Pangan*. DOI: 10.6066/jtip.2013.24.2.194.
- Sulistiyawati, Wignyanto, Kumalaningsih S. 2012. Produksi tepung buah lindur rendah tanin dan HCN sebagai alternatif bahan pangan. *J Teknol Pertanian* 13:187-198.
- Suwarno M, Astawan M, Wresdiyati M, Widowati S, Bintari SH, Mursyid. 2014. Evaluasi keamanan tempe dari kedelai transgenik melalui uji subkronis pada tikus. *Jurnal Veteriner*. ISSN : 1411-8327.
- Syukur DA. 2015. Pemurnian Mono-Diasilgliserol Dengan Saponifikasi Basa. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Ullah I, ali M, Farooqi A. 2010. Chemical and nutritional properties of some maize (*Zea mays* L.) varieties grown in NWFP, Paskistan. *J Nutr* 9:1113-1117. DOI: 10.3923/pnj. 2010.1113.1117.