

## SINTESIS DAN KARAKTERISASI KEMASAN JERIGEN PLASTIK POLIETILEN DENGAN PENAMBAHAN NANO PARTIKEL TiO<sub>2</sub>

Rahyani Ermawati, Wiwik Pudjiastuti, Siti Naimah, Evana Yuanita dan Agustina Arianita

Balai Besar Kimia dan Kemasan-Kementerian Perindustrian  
Jl. Balai Kimia I Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur  
e-mail: ermakyoto@yahoo.com

Diterima: 6 June 2012

Diperbaiki: 27 September 2012

Disetujui: 22 November 2012

### ABSTRAK

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KEMASAN JERIGEN PLASTIK POLIETILEN DENGAN PENAMBAHAN NANO PARTIKEL TiO<sub>2</sub>.** Penelitian penambahan nano partikel Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) pada resin plastik polietilen sebagai bahan kemasan pada jerigen bagian dalam untuk kemasan produk pangan olahan telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kemasan plastik yang mempunyai sifat *barrier* yang baik sehingga selain dapat melindungi produk yang dikemas, juga memenuhi persyaratan sesuai peraturan yang berlaku sebagai kemasan makanan. Metode penelitian ini mempergunakan kemasan jerigen yang dibuat dua lapisan dengan ukuran 20 liter. Sedangkan konsentrasi nano partikel TiO<sub>2</sub> yang digunakan adalah sebesar 0,05% ; 0,1% ; dan 0,15 %. Hasil kemasan yang telah dibuat kemudian dilakukan uji morfologi, sifat fisik dan migrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi nano partikel TiO<sub>2</sub> menurunkan ketebalan, *tensile strength*, *elongation at break*, meningkatkan modulus elastisitas dan nilai *izod impact strength* dari jerigen plastik. Hasil percobaan ini juga menunjukkan bahwa uji logam berat termigrasi, fraksi ekstrak n-hexan dan fraksi terlarut xilen dari kemasan yang dihasilkan memenuhi persyaratan untuk kemasan makanan sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK. 03.1.23.07.11.6664 Tahun 2011 tentang Pengawasan Kemasan Pangan.

**Kata kunci:** Nano partikel TiO<sub>2</sub>, Perlakuan awal TiO<sub>2</sub>, Jerigen plastik, Kemasan makanan

### ABSTRACT

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF POLYETHYLENE JERRY CAN PACKAGING WITH TiO<sub>2</sub> NANOPARTICLES ADDITION.** Research on the addition of Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) nanoparticles in polyethylene plastic resin on the inside layer of the jerry cans for the packaging of processed food product has been carried out. This research aims to obtain the plastic packaging that has good barrier properties so in addition that to protecting the packaged product, also meet the requirements or regulations as food packaging. This research uses packaging made of two layers of jerry cans the size of 20 liters, while the concentration of TiO<sub>2</sub> nanoparticles used were 0.05 %, 0.1 % and 0.15 %. Packaging has been test to get data of morphology, physical properties, and migration of heavy metals. The results showed that the addition of TiO<sub>2</sub> nanoparticles affect tensile strength, elongation, modulus of elasticity and the value of izod impact strength of plastic jerry cans. The results also showed that the migrated heavy metals, the fraction of n-hexane extract and xylene soluble fraction of the generated packing meet the requirements for food packaging in accordance with the Regulation of the National Agency of Drug and Food of the Republic of Indonesia Nomor HK. 03.1.23.07.11.6664 in 2011 on the Control of Food Packaging.

**Keywords:** TiO<sub>2</sub> nanoparticles, Pretreatment TiO<sub>2</sub>, Plastic jerry cans, Food packaging

### PENDAHULUAN

Selama dua dasawarsa terakhir, kemasan plastik telah menggantikan kemasan kaleng dan gelas dalam pangsa pasar kemasan dunia. Begitu pula di Indonesia, kemasan plastik sudah mendominasi industri makanan. Keunggulan kemasan plastik pada sifatnya yang kuat,

tetapi ringan, *inert*, tidak karatan, bersifat termoplastik (*heat seal*) dan dapat diberi warna. Kemasan plastik memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan, khususnya daya permeabilitas (*barrier*), terhadap beberapa jenis gas dan uap air yang dapat menimbulkan

berbagai bentuk penyimpangan organoleptik, baik rasa dan bau dari produk yang dikemas [1]. Selain itu, untuk kemasan yang kontak langsung dengan produk makanan atau minuman, juga harus memenuhi persyaratan migrasi sesuai peraturan Kepala BPOM RI Nomor HK. 03.1.123.07.11.6664 tentang Pengawasan Kemasan Pangan [2].

Aplikasi nano teknologi pada kemasan makanan mempunyai prospek yang sangat baik untuk dikembangkan. Konsep nanokomposit mendorong untuk menciptakan material yang baru dan inovatif. Penambahan nano partikel yang sesuai, memungkinkan untuk menghasilkan kemasan dengan sifat mekanik, *barrier* dan *thermal performance* yang lebih baik, mencegah gangguan dari bakteri dan mikroorganisme, terutama untuk keamanan makanan [3]. Nano material yang dapat berfungsi sebagai bahan antimikroba antara lain nano perak [4] dan nano titanium dioksida [5]. Penggunaan metal pada kemasan pangan tidak diketemukan adanya migrasi material logam terhadap makanan tetapi penelitian lebih lanjut masih sangat diperlukan untuk mendukung pernyataan tersebut [6].

Salah satu upaya untuk mempertahankan kesegaran pangan adalah dengan memanfaatkan lapisan tipis nano partikel Titanium dioksida ( $TiO_2$ ) yang dapat memisahkan molekul air menjadi hidrogen dan elektron pada permukaan bahan. Hal ini dikarenakan sudut butiran pada permukaan lapisan tipis  $TiO_2$  setelah disinari menjadi 0 derajat [5]  $TiO_2$  dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme di alam seperti bakteri, virus dan jamur [7], seperti *E-coli* [8], *Salmonella choleraensis*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* dan *Penicillium expansum* [9].

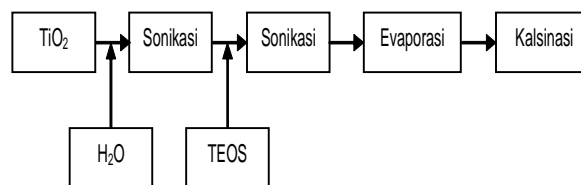
Polietilen (PE) merupakan salah satu polimer sintetik yang paling banyak digunakan, sebagai bahan dasar untuk pembuatan berbagai jenis peralatan rumah tangga, kemasan makanan dan minuman. Selain itu PE memiliki banyak sifat-sifat yang bermanfaat pada daya tahan terhadap zat kimia dan benturan yang baik, mudah dibentuk dan dicetak, ringan dan harganya yang murah [10].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh kemasan plastik yang mempunyai sifat fisik dan *barrier* yang baik sehingga dapat melindungi produk yang dikemas dan memenuhi persyaratan peraturan yang berlaku sebagai kemasan makanan atau minuman.

## METODE PERCOBAAN

### Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah  $TiO_2$  Degussa P25 grade 99,8 (Evonik Degussa GmbH Frankfurt Germany), Tetra Ethyl Ortho Silicate (TEOS) (Merck Schuchardt Germany), resin plastik polietilen



Gambar 1. Diagram alir perlakuan awal  $TiO_2$

(PE) dan saus sambal komersial. Untuk uji migrasi digunakan n-heksan grade ACS, Reag. Ph Eur (Merck), Xylene grade 99% (Smart Lab.), dan asam asetat (glasial) 100% grade ACS (Merck).

Peralatan yang digunakan adalah ultrasonik Chrom Processor UP-800 E-Chrom Tech Co., LTD, Universal Testing Machine Yasuda Seiki, Izod Impact Tester Toyo Seiki, Voltameter Metrohm type 797VA, Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) Shimadzu yang dilengkapi dengan mercury vaporizer unit MVU-1A, UV-Vis Spectrophotometer Shimadzu UV-2201, Drop and Vibration Tester Gaynes, Scanning Electron Microscope (SEM)-EDAX (Electron Dispersive Analysis by X-Ray) merek JEOL-JED-2200 yang beroperasi pada 20 kV.

### Cara Kerja

$TiO_2$  sebelum ditambahkan pada resin plastik polietilen (PE) dilakukan perlakuan awal terlebih dahulu. Diagram proses perlakuan awal dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.  $TiO_2$  (5 gram) dilarutkan dalam 100 mL air demineral (air bebas mineral) untuk menghasilkan  $sol\ TiO_2$ . Rasio  $TiO_2$  : air demineral sebesar 1 : 20. Kemudian  $sol$  tersebut diaduk menggunakan ultrasonikasi selama 30 menit. Setelah disonikasi, ditambahkan beberapa tetes larutan TEOS ke dalam  $sol$  tersebut sebagai sumber  $SiO_2$  yang berfungsi sebagai pelindung  $TiO_2$  supaya tidak terjadi aglomerasi. Setelah TEOS ditambahkan,  $sol$  tersebut kembali diaduk dengan menggunakan ultrasonikasi selama 30 menit.  $Sol$  tersebut lalu dipanaskan pada suhu  $90^\circ C$  di atas hot plate stirrer hingga berbentuk pasta, kemudian dikalsinasi pada suhu  $300^\circ C$  selama 2 jam lalu dilakukan penggerusan.

Bahan PE yang ditambahkan nano partikel  $TiO_2$  pada lapisan bagian dalam, disintesis dalam bentuk kemasan jerigen dua lapis yang dilakukan di salah satu industri yang ada di Banten. Variabel  $TiO_2$  yang digunakan adalah 0% (tanpa  $TiO_2$  sebagai kontrol); 0,05%; 0,1 %; dan 0,15%. Kemasan dibuat dalam bentuk jerigen dua lapis dengan ukuran 20 L dan lapisan bagian dalam ditambahkan  $TiO_2$  yang divariabelkan dan dicampur dengan resin PE. Lapisan tersebut kurang lebih 30% berat dari total bahan untuk membuat satu jerigen. Kemudian jerigen yang dihasilkan diaplikasikan untuk produk pangan olahan yang berupa saus sambal komersial dari salah satu industri yang ada di Bekasi.

## Karakterisasi dan Pengujian Kemasan

Pada percobaan ini dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh penambahan nano partikel TiO<sub>2</sub> pada lapisan bagian dalam dari jerigen plastik. Pengujian yang dilakukan meliputi uji morfologi, sifat fisik (mekanik), migrasi dan uji simulasi transportasi. Uji sifat fisik (mekanik) yang dilakukan terdiri dari kuat tarik (*tensile strength*), kuat mulur (*elongation at break*), modulus elastisitas, dan uji *izod impact strength*. Uji migrasi terdiri dari uji fraksi terlarut ksilen, uji fraksi terlarut n-heksan dan logam berat termigrasi (Pb, Cd, Cr<sup>+6</sup> dan Hg). Sedangkan uji simulasi transportasi yang dilakukan meliputi uji jatuh, uji tumpuk dan uji getar.

Karakterisasi morfologi lapisan dalam jerigen yang ditambahkan nano partikel TiO<sub>2</sub> juga dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. *Elongation at break*, *Tensile strength* dan modulus elastisitas diuji menggunakan alat *universal testing machine* Yasuda Seiki berdasarkan *ASTM D 638* [11], sedangkan *izod impact strength* diuji menggunakan *izod impact tester* Toyo Seiki berdasarkan *ASTM D 256* [12]. Uji logam berat termigrasi Pb dan Cd menggunakan voltameter Metrohm tipe 797 VA (metode uji voltametri), Hg menggunakan *MVU-IA-AAS Shimadzu* (metode uji AAS) dan Cr<sup>+6</sup> menggunakan spektrometer *Shimadzu* tipe UV-2201 (metode uji spektrofotometri). Uji fraksi ekstrak n-heksan dan fraksi terlarut xilen menggunakan metode uji BPOM Nomor HK. 03.1.23.07.11.6664 tahun 2011 [2]. Sedangkan untuk uji jatuh menggunakan alat *drop test* Gaynes berdasarkan *ISO 2248-1985* [13] dan *ISO 4180-2009 (E)* [14], uji getar menggunakan alat *vibration test* Gaynes berdasarkan *ISO 8318-2000(E)* [15] dan uji tumpuk menggunakan beban berdasarkan *ISO 2234-2000 (E)* [16]. Seluruh pengujian kemasan tersebut dilakukan di laboratorium Balai Besar Kimia dan Kemasan.

## Uji Fraksi Ekstrak N-Heksan

Uji fraksi ekstrak n-heksan pertama kali dilakukan dengan menimbang gelas piala kosong yang sebelumnya sudah dipanaskan selama 2 jam. Kemudian simulan n-heksan sebanyak 120 mL dimasukkan ke dalam contoh uji (jerigen plastik yang sudah dilapisi nano partikel TiO<sub>2</sub>) yang telah disiapkan, selanjutnya n-heksan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 50 °C selama 30 menit. Setelah itu simulan dituangkan ke dalam gelas piala

yang telah ditimbang lalu dipanaskan sampai kering. Gelas piala dan residu didalamnya dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105 °C selama 2 jam, setelah itu gelas piala dan residu dimasukkan ke dalam desikator, setelah dingin kemudian ditimbang sampai mencapai bobot tetap.

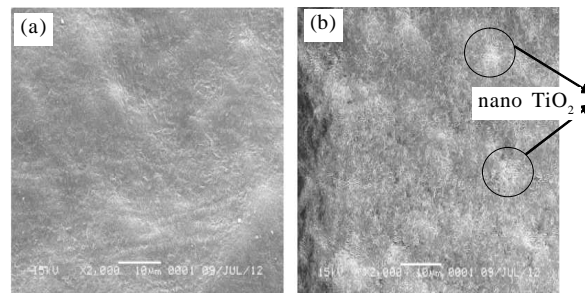
## Uji Fraksi Terlarut Xilen

Uji fraksi terlarut xilen pertama kali dilakukan dengan menimbang gelas piala kosong yang sudah dipanaskan selama 2 jam. Kemudian simulan xilen dimasukkan ke dalam jerigen (contoh uji) lalu diletakkan di ruang dengan suhu 25 °C selama 30 menit. Kemudian simulan xilen dituang ke dalam gelas piala yang telah ditimbang dan dipanaskan sampai kering (dimasukkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 2 jam). Setelah itu gelas piala dan residu dimasukkan ke dalam desikator, setelah dingin kemudian ditimbang sampai mencapai bobot tetap.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Morfologi Kemasan

Karakterisasi morfologi nano partikel TiO<sub>2</sub> pada kemasan *film* pada penelitian ini dianalisis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* untuk mengetahui tingkat penyebarannya. Morfologi permukaan TiO<sub>2</sub> merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi fotokatalis [17]. Hasil analisis morfologi menggunakan SEM dengan pembesaran 2000 kali tersaji pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2(b) dapat dilihat



**Gambar 2.** Hasil uji morfologi dengan menggunakan SEM dengan pembesaran 2000 kali, (a). lembar jerigen tanpa menggunakan nano partikel TiO<sub>2</sub> dan (b). lembar jerigen dengan menggunakan nano partikel TiO<sub>2</sub>.

**Tabel 1.** Uji sifat fisik (mekanik) jerigen plastik tanpa dan dengan penambahan nano partikel TiO<sub>2</sub>

No	Konsentrasi Nano TiO <sub>2</sub> (%)	Tebal (µm)	Tensile Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Modulus Elastisitas (kgf/cm <sup>2</sup> )	Izod impact strength	Keterangan
1.	0	1639,78	204,64	665,11	24,06	12,41	Untuk pengujian izod impact, sample tidak patah sempurna
2.	0,05	1538,00	189,00	652,71	24,29	14,73	
3.	0,10	1533,06	180,21	642,69	24,85	17,17	
4.	0,15	1531,60	177,61	640,08	25,40	17,85	

**Tabel 2.** Hasil uji logam berat termigrasi, fraksi ekstrak n-heksan dan fraksi terlarut xilen

No	Sample	Logam berat termigrasi dengan simulasi asam asetat 4% pada suhu 60°C, selama 30 menit (mg/L)				Fraksi ekstrak n-heksana pada suhu 50°C terhadap berat polimer (%)	Fraksi terlarut ksilen, pada suhu 25°C terhadap berat polimer (%)
		Pb	Cd	Hg	Cr +6		
1	TiO <sub>2</sub> 0%	< 0.0025	< 0.0025	< 0.0001	< 0.001	0	0
2	TiO <sub>2</sub> 0,05%	< 0.0025	< 0.0025	< 0.0001	< 0.001	0	0
3	TiO <sub>2</sub> 0,1%	< 0.0025	< 0.0025	< 0.0001	< 0.001	0	0
4	TiO <sub>2</sub> 0,15%	< 0.0025	< 0.0025	< 0.0001	< 0.001	0	0
Syarat Mutu BPOM		Total maks 1 bpj				Batas maks 5,5%	Batas maks 11,3%

bahwa adanya nano partikel TiO<sub>2</sub> yang menyebar merata pada lapisan dalam jerigen, dengan kandungan TiO<sub>2</sub> berdasarkan hasil EDAX terbaca sebesar 0,14%.

### Analisis Sifat Fisik Kemasan

Hasil pengujian untuk mengetahui pengaruh penambahan nano partikel TiO<sub>2</sub> terhadap sifat fisik dari plastik PE tersaji pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 dari uji sifat fisik jerigen plastik menunjukkan bahwa dengan adanya TiO<sub>2</sub> dan penambahan konsentrasi TiO<sub>2</sub> yang semakin besar pada bahan plastik PE menunjukkan penurunan ketebalan plastik dan nilai *tensile strength* (sama dengan hasil penelitian sebelumnya [18]), penurunan *elongation at break*, menaikkan modulus elastisitas dan *izod impact strength*.

Pada waktu pembuatan lapis tipis TiO<sub>2</sub> pada jerigen, process pencetakannya memerlukan suhu yang tinggi hal ini menyebabkan jerigen yang ditambahkan nano partikel TiO<sub>2</sub> menyebabkan kestabilan termal dan film jerigen tersebut

Hasil pengujian yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi nano partikel TiO<sub>2</sub> yang mengakibatkan nilai ketebalan jerigen dan *tensile strength* yang menurun diduga akan mempengaruhi kemampuan tumpuk maupun jatuhnya pada uji transportasi dan kekuatan jerigen dalam menanggung beban (berat) dari isi atau produk yang dikemas. Sedangkan hasil pengujian yang mendapatkan nilai *izod impact strength* yang

meningkat diduga akan mempengaruhi kekuatan jerigen pada jatuhnya.

### Uji Logam Berat Termigrasi, Fraksi Ekstrak N-Heksan dan Fraksi Terlarut Xilen

Selain pengujian sifat fisik kemasan, dilakukan juga pengujian logam berat termigrasi, fraksi ekstrak n-heksan dan fraksi terlarut xilen. Limit deteksi alat yang digunakan untuk Pb 0,0025 mg/L, Cd 0,0025 mg/L, Hg 0,0001 mg/L, dan Cr<sup>+6</sup> 0,001 mg/L. Dari hasil pengujian logam berat termigrasi menunjukkan bahwa migrasi untuk masing-masing logam masih berada dibawah batas maksimal yang dipersyaratkan oleh BPOM yaitu 1 bpj (1 mg/L), yang berarti tidak ada migrasi dari logam Pb, Cd, Hg dan Cr<sup>+6</sup> dari jerigen ke produk yang akan dikemas di dalam jerigen tersebut.

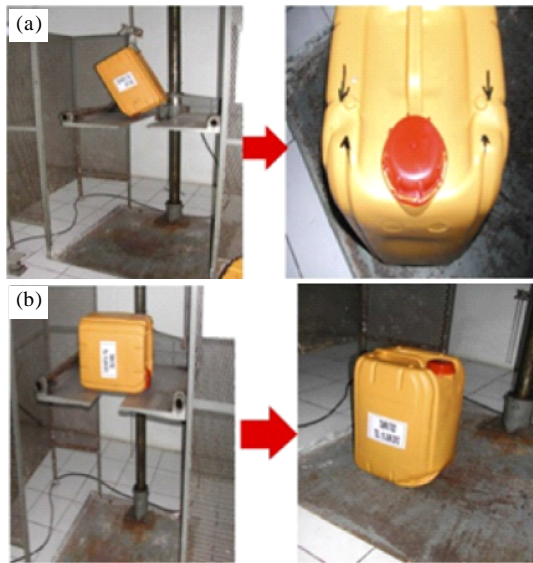
Berdasarkan hasil pengujian logam berat termigrasi, fraksi ekstrak n-heksan dan fraksi terlarut xilen (Tabel 2) menunjukkan bahwa jerigen yang ditambahkan nano partikel TiO<sub>2</sub> aman digunakan untuk mengemas produk olahan karena telah memenuhi persyaratan BPOM Nomor HK. 03.1.23.07.11.6664 tahun 2011 tentang pengawasan kemasan pangan [2]. Komposisi bahan pembuat plastik dan jenis polimer serta aditif yang ditambahkan dalam pembuatan kemasan tidak termigrasi ke dalam produk jika jerigen tersebut digunakan.

### Uji Simulasi Transportasi

Pada penelitian ini juga dilakukan uji simulasi transportasi dan penyimpanan yang meliputi uji jatuh,

**Tabel 3.** Hasil uji jatuh, uji tumpukan, uji vibrasi

No	Sampel	Uji jatuh	Hasil Uji Tumpukan	Hasil Uji Vibrasi
1	Tanpa TiO <sub>2</sub>	Longitudinal Seam : baik Edge : Baik	Jerigen : baik (tidak terjadi deformasi) isi : baik	Jerigen : baik isi : baik tidak bocor
2	TiO <sub>2</sub> 0,05%	Longitudinal Seam : baik Edge : Baik	Jerigen : baik (tidak terjadi deformasi) isi : baik	Jerigen : baik isi : baik tidak bocor
3	TiO <sub>2</sub> 0,10%	Longitudinal Seam : baik Edge : Baik	Jerigen : baik (tidak terjadi deformasi) isi : baik	Jerigen : baik isi : baik tidak bocor
4	TiO <sub>2</sub> 0,15%	Longitudinal Seam : baik Edge : Baik	Jerigen : baik (tidak terjadi deformasi) isi : baik	Jerigen : baik isi : baik tidak bocor



Gambar 3. Hasil uji jatuh jerigen (a). Edge dan (b). Longitudinal

uji tumpuk, dan uji getar. Uji jatuh ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan untuk hasil uji jatuh, uji tumpukan, dan uji vibrasi tersaji pada Tabel 3.

Data hasil uji jatuh (Gambar 3) memperlihatkan bahwa contoh uji yang dikondisikan pada suhu 29 °C dan -18 °C selama 24 jam, orientasi jatuhnya *longitudinal seam*, jerigen dalam keadaan baik yang berarti jerigen tidak terjadi kebocoran. Sedangkan untuk hasil jatuhnya *edge* terjadi deformasi namun jerigen tidak bocor dan tidak mengganggu stabilitas produk dan kemasan.

Berdasarkan hasil uji jatuh dengan tinggi jatuhnya 80 cm dalam percobaan ini menunjukkan bahwa jerigen tetap dalam keadaan baik, artinya tidak terjadi kerusakan dengan posisi jatuhnya *longitudinal* dan posisi *edge* yang berarti jerigen yang dibuat dengan menggunakan lapisan dalam yang ditambahkan nano partikel TiO<sub>2</sub> cukup kuat menahan jatuhnya yang kemungkinan terjadi selama transportasi.

Sedangkan untuk uji tumpukan yang dilakukan dengan menggunakan berat beban uji 211,6 kg, dengan lama pengujian 24 jam, suhu ruang uji 23 °C ± 2 °C dan RH ruang uji 50 % ± 2 % menunjukkan bahwa tidak terjadi deformasi pada jerigen dan isi (saus sambal) dalam jerigen tidak rusak, baik pada jerigen tanpa penambahan nano partikel TiO<sub>2</sub> dan pada jerigen dengan penambahan konsentrasi nano partikel TiO<sub>2</sub> (Tabel 3).

Berdasarkan hasil uji tumpukan seperti tersaji pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa jerigen yang dibuat dengan menggunakan lapisan dalam yang ditambahkan nano partikel TiO<sub>2</sub> dan tanpa penambahan nano partikel TiO<sub>2</sub> kuat menahan tumpukan yang kemungkinan terjadi selama transportasi. Hal ini sesuai dengan standar yang dipersyaratkan yaitu ISO 2248 1985 [13] dan ISO 4180-2009 (E) [14] untuk uji jatuh dan ISO 8318-2000 (E) [15] untuk uji getar.

Selanjutnya untuk hasil uji vibrasi yang dilakukan dengan menggunakan tipe alat *Gaynes*, untuk angkutan darat dan laut, suhu ruang uji 23 °C ± 2 °C dan RH ruang uji 50 % ± 2 %. Dari hasil uji vibrasi menunjukkan bahwa tidak terjadi kerusakan dan kebocoran pada jerigen serta isi (saus sambal) dalam jerigen tidak bocor, baik pada jerigen tanpa penambahan nano partikel TiO<sub>2</sub> dan pada jerigen dengan penambahan konsentrasi nano partikel TiO<sub>2</sub> (Tabel 3). Berdasarkan hasil uji vibrasi seperti tersaji pada Tabel 3 dapat disimpulkan juga bahwa jerigen yang dibuat dengan menggunakan lapisan dalam yang ditambahkan nano partikel TiO<sub>2</sub> kuat menahan vibrasi atau getaran yang kemungkinan terjadi selama transportasi.

## KESIMPULAN

Penggunaan nano partikel TiO<sub>2</sub> pada plastik polietilen (PE) berpengaruh terhadap *tensile strength*, *elongation at break*, modulus elastisitas dan nilai *izod impact strength* dari jerigen plastik. Semakin banyak penambahan konsentrasi nano partikel TiO<sub>2</sub> dapat menurunkan ketebalan plastik, nilai *tensile strength*, *elongation at break* dan meningkatkan nilai modulus dan *impact strength* jerigen plastik yang dihasilkan, artinya kekuatan jerigen dalam menahan jatuhnya juga semakin meningkat. Sifat-sifat fisik kemasan tersebut (*tensile strength*, *elongation at break*, modulus elastisitas dan nilai *izod impact strength*) akan berpengaruh terhadap kekuatan jerigen selama penyimpanan dan transportasi terutama kemampuannya dalam menahan jatuhnya, tumpukan dan getaran yang ditunjukkan dari uji tumpuk dan uji getar jerigen yang masih dalam kondisi baik.

Hasil uji logam berat termigrasi, fraksi ekstrak n-heksan dan fraksi terlarut xilen dari kemasan yang dihasilkan memenuhi persyaratan untuk kemasan makanan sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK. 03.1.23.07.11.6664 Tahun 2011 tentang Pengawasan Kemasan Pangan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Pusat Pengkajian Teknologi dan Hak Kekayaan Intelektual Kementerian Perindustrian yang telah membiayai penelitian ini.

## DAFTARACUAN

- [1]. SULCHAN, MOHAMMAD and ENDANG NUR W, *Majalah kedokteran Indonesia*, **57**(2) (2007)54-59.
- [2]. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor

- HK.03.1.23.07.11.6664 tanggal 12 Juli 2011 tentang Pengawasan Kemasan Pangan
- [3]. GOYAL, SUMIT and GYANENDRA KUMAR GOYAL, *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, **10**(10) (2012)14-24.
- [4]. DAMM, C., MUNSTEDT H. and ROSCH A., *Material Chemistry and Physics*, **108** (2008) 61-66.
- [5]. FUJISHIMA, A., RAO TN. and TRYK DA., *Journal of Photochemistry and Phytobiology C : Phytochemistry Reviews*, **1**(1) (2000) 1-21.
- [6]. AVELLA, M., DE VLIIEGER. J. J., ERRICO, M.E., FISCHER, S., VACCAP., VOLPE, M. G., *Food Chemistry*, **93** (2005) 467-474.
- [7]. KIM D. K., DAEN. H., JAEB. L., HEET. K., *Scripta Materialia*, **54** (2006) 143-146.
- [8]. CHAWENGIJWANICH, C. and HAYATA, Y., *International Journal of Food Microbiology*, **123**(3) (2008) 288-292.
- [9]. EMAMIFAR, A., *Advances in Nanocomposites Technology*, (2008) 299-318.
- [10]. MUSTAFA, IRFAN, *Jurnal Natural*, **10**(1) (2010) 7-13.
- [11]. ASTM D 638, *Standard Test Methode for Tensile Properties of Plastik*, American Society for Testing Materials, Philadelphia, P.A., (2003)
- [12]. ASTM D 256, *Standard Test Methode for Determining Charpy Impact Strength of Plastik*, American Society for Testing Materials, Philadelphia, P.A., (2003)
- [13]. ISO 2248, *Packaging; Complete, Filled Transport Packages, Vertical Impact Test by Dropping*, (1985)
- [14]. ISO 4180, *Packaging; Complete, Filled Transport Packages, General Rules for The Compilation of Performance test Schedules*, 02(E) (2009)
- [15]. ISO 8318, *Packaging; Complete, Filled Transport Packages and Unit Loads, Sinusoidal Vibration Tests Using a Variable Frequency*, (2000)
- [16]. ISO 2234, *Packaging; Complete, Filled Transport Packages and Unit Loads, Stacking Tests Using a Static Load*, (2000)
- [17]. SUWANNAHONG, KOWIT, W. LIENGCHARERNSIT, W. SANONGRAJ and J. KRUEENATE, *Journal of Environmental Biology*, **33** (2012) 955-959.
- [18]. MANANGAN, T., S. SHAWAPHUN, D. SANGSANSIRI, J. CHANGCHAROEN, S. WACHARAWICHANANT, *Science Journal Ubon Ratchathani University*, **1**(2) (2010) 14-20