

**KAJIAN CEMARAN LOGAM BERAT TIMBAL DARI KEMASAN KERTAS BEKAS KE DALAM MAKANAN GORENGAN  
(THE STUDY OF LEAD LEACHED FROM WASTE PAPER PACKAGING INTO FRIED FOODS)**

Iis Siti Suwaidah<sup>1</sup>, Nana Sutisna Achyadi<sup>2</sup>, dan Wisnu Cahyadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan, Badan POM, Bandung

<sup>2</sup>Pascasarjana Teknologi Pangan, Universitas Pasundan, Bandung

E-mail: isuwaidah@yahoo.com

Diterima: 25-08-2014

Direvisi: 26-11-2014

Disetujui: 03-12-2014

**ABSTRACT**

*The function of packaging is to protect food from contamination that can disrupt, harm and endanger human health. Packaging material could contain dangerous substances such as lead, that could migrate into the food, and consumed by human. Migration test is intended to ensure food safety by controlling the migration rate of unwanted compounds from the packaging into the food. The purposes of the study were to determine lead metal content migrated from packaging made of waste paper into fried foods and to define the model of migrating reaction and the rate of release. The method of the study were kinetics reaction method using Arrhenius equation and lead analysis method using Atomic Absorption Spectrophotometer. The results showed that there was a number of metallic lead migrated from simulation packaging paper into the simulation fried foods. Increasing temperature and storage time, correspond to the lead levels leached from the packaging increased and showed a linear relationship between storage time and the release. The realising rate of lead agree with first order of kinetics reaction, the plot of the number of lead released toward time produced a straight-line. The constant (K) of lead releasing rate in average was  $4.97 \times 10^{-3}$  ppm / min with an activation energy (Ea) of  $3775.3 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .*

**Keywords:** lead, used paper packaging, fried foods

**ABSTRAK**

Fungsi pengemasan pada makanan antara lain untuk melindungi makanan dari kontaminasi yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan kesehatan manusia. Bahan pengemas dapat mengandung senyawa berbahaya seperti logam berat timbal yang dapat mencemari makanan, dan dikonsumsi oleh manusia. Uji cemaran ditujukan untuk memastikan keamanan makanan dengan cara mengontrol laju masuk senyawa yang tidak dikehendaki dari kemasan ke dalam makanan. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan kadar logam timbal yang terikut dari kemasan kertas bekas ke dalam makanan gorengan serta menentukan model reaksi pelepasan dan laju pelepasan. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode kinetika reaksi melalui persamaan Arrhenius dan metoda analisis penentuan timbal menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat sejumlah logam timbal yang terlepas atau berpindah dari kemasan kertas simulasi ke dalam makanan gorengan simulasi. Dengan bertambahnya suhu dan waktu penyimpanan, kadar timbal yang terlepas semakin meningkat dan menunjukkan adanya hubungan yang linier antara waktu penyimpanan dengan pelepasan. Laju pelepasan timbal mengikuti kinetika reaksi orde satu, plot antara jumlah pelepasan timbal terhadap waktu penyimpanan diperoleh garis lurus. Konstanta laju pelepasan timbal (K) rerata sebesar  $4,97 \times 10^{-3}$  ppm/menit dengan energi aktivasi (Ea) sebesar  $3775,3 \text{ kal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . [*Penel Gizi Makan 2014, 37(2): 145-154*]

**Kata kunci:** timbal, kemasan kertas bekas, makanan gorengan

## PENDAHULUAN

Dalam Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2012 tentang Pangan dinyatakan bahwa kemasan pangan adalah bahan yang digunakan untuk mewardahi dan/atau membungkus pangan, baik yang bersentuhan langsung dengan pangan maupun tidak. Pada Bab VII bagian keenam Standar Kemasan Pangan pasal 83, dinyatakan bahwa setiap orang yang melakukan produksi pangan untuk diedarkan dilarang menggunakan bahan apapun sebagai kemasan pangan yang dinyatakan terlarang dan atau yang dapat melepaskan cemaran yang merugikan atau membahayakan kesehatan manusia, dan wajib melakukan pengemasan pangan secara benar untuk menghindari terjadinya pencemaran terhadap pangan<sup>1</sup>.

Pengemasan adalah suatu proses pembungkusan, pewardahan atau pengepakan suatu produk dengan menggunakan bahan tertentu sehingga produk yang ada didalamnya bisa terlindungi, sedangkan kemasan produk adalah bagian pembungkus dari suatu produk yang ada didalamnya.<sup>2</sup> Pengemasan juga merupakan suatu cara atau perlakuan pengamanan terhadap makanan atau bahan pangan, agar makanan atau bahan pangan yang belum diolah maupun yang telah mengalami pengolahan dapat sampai ke tangan konsumen dengan selamat secara kuantitas maupun kualitas<sup>3</sup>.

Fungsi pengemasan diantaranya adalah untuk mengatur interaksi antara bahan pangan dengan lingkungan sekitar, sehingga menguntungkan bagi bahan pangan, dan menguntungkan bagi manusia yang mengkonsumsi bahan pangan tersebut. Sedangkan tujuan pengemasan diantaranya adalah untuk menjaga dan menjamin tingkat kesehatan bahan pangan<sup>4</sup>. Bahan kemasan harus mempunyai syarat-syarat antara lain tidak toksik dan harus menjamin sanitasi dan syarat-syarat kesehatan<sup>3</sup>.

Dalam sistem pengemasan selalu terlibat tiga komponen utama, yaitu produk, kemasan serta lingkungan internal dan eksternal dari produk yang dikemas. Ketiga komponen tersebut saling berinteraksi, oleh karena itu pengemasan merupakan suatu cara dalam memberikan kondisi sekeliling yang tepat bagi bahan pangan sehingga bahan pangan menjadi lebih awet<sup>3</sup>. Interaksi antara pangan atau bahan pangan dengan lingkungan dapat menimbulkan dampak yang merugikan bagi pangan tersebut<sup>4</sup>. Faktor yang merugikan tersebut merupakan unsur perusak bahan pangan sehingga bahan pangan

menjadi tidak aman untuk dikonsumsi. Unsur perusak bahan pangan bisa berasal dari luar bahan diantaranya penggunaan kemasan pangan yang tidak aman<sup>5</sup>.

Secara garis besar, interaksi produk pangan dengan kemasannya meliputi perpindahan komponen kemasan ke dalam pangan<sup>7</sup>. Perpindahan senyawa-senyawa kimia dari bahan kemasan dapat memberikan dampak terhadap keamanan dan kualitas makanan<sup>8</sup>. Interaksi antara kemasan dengan pangan yang dikemas menimbulkan kekhawatiran adanya kemungkinan pengaruh kesehatan dalam jangka panjang bagi seseorang yang mengonsumsi zat-zat kimia tersebut<sup>8</sup>.

Berbagai jenis bahan yang digunakan untuk keperluan kemasan antara lain: bahan-bahan dari logam, kayu, gelas dan kertas<sup>3</sup>. Kertas sering digunakan sebagai kemasan primer, merupakan kemasan yang paling murah dan mudah didapatkan, biasanya digunakan untuk produk pangan yang berbentuk padat dan langsung konsumsi. Kertas mudah rusak terutama bila kontak dengan minyak atau air sehingga tidak digunakan untuk produk pangan yang berminyak atau cairan. Di Indonesia, masih banyak digunakan kemasan kertas yang berasal dari kertas bekas untuk membungkus gorengan, dengan alasan pemanfaatan kertas bekas dan harga yang lebih murah bila dibandingkan dengan kertas yang masih bersih/baru<sup>6</sup>. Fakta di masyarakat menunjukkan bahwa kertas paling banyak digunakan untuk membungkus aneka ragam makanan gorengan atau makanan jajanan.

Makanan gorengan merupakan salah satu bentuk makanan jajanan yang banyak dikonsumsi. Makanan jajanan masih berisiko terhadap kesehatan. Penanganan makanan jajanan sering tidak higienis, serta penggunaan bahan kemasan kertas bekas sebagai kantong pembungkus terutama oleh penjual di pinggir jalan, sekolah, kantor dan terminal, padahal makanan jajanan memegang peranan yang cukup signifikan terhadap asupan energi dan gizi bagi anak-anak usia sekolah. Hasil survei menunjukkan bahwa 36 persen kebutuhan energi anak sekolah diperoleh dari pangan jajanan yang dikonsumsinya<sup>9</sup>.

Karena pemahaman dan pengetahuan yang kurang dari para penjual, kertas bekas banyak digunakan sebagai pembungkus makanan dengan pertimbangan kepraktisan, kemudahan memperoleh dan pertimbangan ekonomis. Hal ini didukung pula oleh perilaku sebagian besar konsumen yang masih belum

menyadari dan memahami dampak dari penggunaan kertas bekas sebagai kemasan terhadap kesehatan.

Bahaya yang ditimbulkan dari kertas bekas adalah adanya kemungkinan kontaminasi mikroorganisme yang sudah berada pada kertas bekas, sehingga dapat merusak produk pangan dan menimbulkan penyakit. Bahaya lain adalah bila kertas yang digunakan mengandung tinta (kertas bekas berupa koran atau majalah), apalagi bila digunakan untuk membungkus produk pangan yang berminyak seperti makanan gorengan, maka minyak yang panas dapat melarutkan timbal sehingga timbal akan berpindah atau terikut ke dalam produk pangan, dan dikonsumsi oleh konsumen. Paparan timbal akan menimbulkan dampak yang berbahaya bagi kesehatan<sup>6</sup>.

Timbal biasa digunakan dalam formulasi cat dan mainan anak-anak. Selain itu timbal juga digunakan di berbagai industri seperti industri baterai, paduan logam, sarung kabel, tinta cetak dan amunisi, zat warna/pigmen, stabilisator pada plastik polivinil klorida, keramik dan gelas kristal<sup>10</sup>. Timbal merupakan zat *xenobiotik* yang asing bagi tubuh, dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Efek toksik timbal terutama terjadi pada jaringan otak dan sistem saraf pusat. Akibat dari keracunan timbal adalah terjadinya gangguan sistem saraf pusat, saluran cerna dan dapat timbul anemia<sup>11</sup>.

Permasalahan yang timbul adalah sejauhmana bahan-bahan tinta dari penggunaan kantung pembungkus makanan yang berasal dari kertas bekas tersebut berpindah atau terikut ke dalam makanan yang dikemas, apalagi jika makanan tersebut diolah menggunakan panas dan minyak, karena adanya panas dapat mempercepat berpindahnya komponen tinta ke dalam makanan yang dikemas tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kadar logam timbal yang terlepas atau terikut dari kemasan kertas bekas ke dalam makanan gorengan serta menentukan model reaksi pelepasan dan laju pelepasannya. Penentuan kadar logam timbal ditentukan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom.

## METODE

Bahan yang digunakan adalah larutan standar timbal 1000 mg/L, *standard reference material* (SRM) dari NIST;  $Pb(NO_3)_2$  dalam  $HNO_3$  0,5 mol/L, asam nitrat p.a, asam sulfat pekat p.a, hidrogen peroksida p.a, air suling bebas mineral, kemasan kertas simulasi (kertas HVS cetak bertinta), kertas HVS polos tanpa tinta, tinta cetak, makanan gorengan simulasi (tahu goreng) dan minyak goreng.

Alat-alat yang digunakan: timbangan analitik, inkubator, kompor gas, labu Kjeldahl, alat-alat penggorengan (wajan *stainless steel*, pisau, susuk penggorengan, alat peniris minyak), alat-alat gelas (labu ukur, corong saring, batang pengaduk, gelas ukur), spektrofotometer serapan atom, dan bahan-bahan lain (pinset, spatel, termometer ruangan, indikator pH universal, kertas saring *whatman*).

## HASIL

Penentuan suhu dan waktu kontak ditujukan untuk mengetahui kisaran suhu makanan gorengan setelah diangkat dan ditiriskan dari penggorengan, waktu kontak yaitu waktu yang diperkirakan untuk kontak makanan gorengan dengan kertas kemasan sebelum dikonsumsi sesuai dengan kenyataan yang sering dilakukan konsumen. Penentuan suhu kontak dan waktu kontak ditentukan dengan melakukan rancangan penelitian seperti pada Tabel 1.

**Tabel 1**  
**Hasil Pengamatan Suhu dan Waktu Kontak dengan Makanan Gorengan**

Kondisi Sampel	Suhu Sampel (° C)						Rata-rata Suhu (° C)
	1	2	3	4	5	6	
Panas (10 menit)*	65	67	65	63	67	66	65,5 ± 1,58
Hangat (2 jam)*	45	43	44	45	46	45	44,7 ± 1,08
Suhu ruang (5 jam)*	25	26	25	25	25	26	25,3 ± 0,54

Keterangan : \* waktu setelah diangkat dan ditiriskan dari penggorengan

Dari hasil pengamatan pada Tabel 1, maka untuk penelitian ini suhu kontak yang digunakan adalah suhu kamar (suhu ruangan 25°C), untuk kondisi hangat digunakan suhu sekitar 45°C dan untuk kondisi panas digunakan suhu sekitar 65°C dengan waktu kontak makanan gorengan dengan kemasan dimulai dari 0,5 jam sampai 5 jam.

Penetapan kadar timbal dilakukan secara spektrofotometer serapan atom atau AAS (*atomic absorption spectrophotometer*) pada panjang gelombang 217,0 nm setelah sampel didestruksi secara destruksi basah<sup>13</sup>.

Verifikasi metode analisis merupakan proses evaluasi kecermatan dan keseksamaan yang dihasilkan oleh suatu prosedur dengan nilai yang dapat diterima, memastikan bahwa suatu prosedur tertulis memiliki detail yang cukup jelas sehingga dapat dilaksanakan oleh analis atau laboratorium yang berbeda dengan hasil yang sebanding, juga untuk memperoleh hasil uji yang dapat dipercaya, menunjukkan kesesuaian dengan tujuan analisis<sup>14</sup>.

Verifikasi unjuk kerja alat AAS dan metode analisis bertujuan untuk menguji dan mengetahui keandalan alat dan metode analisis penetapan kadar timbal sebelum dilakukan penelitian. Parameter kinerja metode analisis yang diverifikasi meliputi : uji linearitas, uji batas deteksi dan batas

kuantitasi, uji presisi (ripitabilitas metode) serta uji akurasi (persentase perolehan kembali)<sup>14</sup>. Hasil verifikasi metoda analisis dan syarat keberterimaan<sup>14</sup> dapat dilihat pada Tabel 2.

Pengujian kandungan timbal dalam bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian dilakukan terhadap sampel makanan gorengan (tahu goreng) yang merupakan sampel simulasi, minyak goreng digunakan untuk menggoreng sampel simulasi, kertas HVS polos dan tinta cetak merupakan bahan untuk pembuatan kemasan kertas simulasi. Hasil analisis disajikan pada Tabel 3.

Analisis kandungan timbal dalam bahan-bahan tersebut digunakan untuk mengetahui seberapa besar kadar timbal yang terkandung dalam bahan penelitian. Kadar timbal dalam kertas kemasan simulasi digunakan untuk menghitung nilai kadar awal (C<sub>0</sub>) timbal dari kemasan. Nilai C<sub>0</sub> kemasan digunakan sebagai dasar untuk menghitung seberapa besar kadar timbal yang berpindah atau terlepas dari kertas kemasan ke dalam makanan gorengan jika terjadi pelepasan, selain itu digunakan untuk menghitung persentase pelepasan dari kertas kemasan ke dalam makanan gorengan dan untuk menghitung nilai K (konstanta laju pelepasan)<sup>12</sup>.

**Tabel 2**  
**Hasil Analisis Unjuk Kerja Alat Spektrofotometer Serapan Atom dan Unjuk Kerja Metoda Analisis**

Parameter Uji	Hasil Uji	Keberterimaan
Linearitas (r)	0,99	∞ 1
Batas deteksi	0,0003 ug/mL	
Batas kuantitasi	0,001 ug/mL	
Ripitabilitas/keterulangan	SD = 1,86	≤ 5,3
Presisi/ketepatan	SD = 1,37	≤ 2
Akurasi / persen perolehan kembali	99,94 %	90 – 107 %

**Tabel 3**  
**Hasil Analisis Kandungan Timbal dalam Bahan Penelitian**

Jenis Bahan	Kadar Timbal
Minyak goreng	0,092 ug/mL
Sampel makanan gorengan	1,854 ug/g
Kertas HVS polos	6,013 ug/g
Tinta cetak	2,012 ug/mL
Kemasan kertas simulasi	10,466 ug/g

Analisis kandungan timbal dalam bahan-bahan tersebut digunakan untuk mengetahui seberapa besar kadar timbal yang terkandung dalam bahan penelitian. Kadar timbal dalam kertas kemasan simulasi digunakan untuk menghitung nilai kadar awal ( $C_0$ ) timbal dari kemasan. Nilai  $C_0$  kemasan digunakan sebagai dasar untuk menghitung seberapa besar kadar timbal yang berpindah atau terlepas dari kertas kemasan ke dalam makanan gorengan jika terjadi pelepasan, selain itu digunakan untuk menghitung persentase pelepasan dari kertas kemasan ke dalam makanan gorengan dan untuk menghitung nilai K (konstanta laju pelepasan)<sup>12</sup>.

Pembuatan model simulasi ini bertujuan untuk menyeragamkan bentuk kemasan dan sampel makanan gorengan sehingga diharapkan diperoleh hasil yang lebih kuantitatif karena spesifikasi (jenis, komposisi bahan, berat sampel dan ketebalan lebih kurang sama). Dengan penyeragaman bentuk dan ukuran diharapkan pelaksanaan analisis menjadi lebih mudah, hasil lebih kuantitatif dan mempermudah perhitungan dalam pengolahan data. Simulasi kemasan kertas dibuat menggunakan kertas HVS bertinta dengan besar tulisan, jenis huruf dan ukuran yang dibuat seragam. Ukuran kemasan dibuat berukuran lebih kurang panjang 6 cm, lebar 6cm dan bertutup. Simulasi makanan gorengan dibuat makanan gorengan jenis tahu goreng berbentuk segi empat dengan ukuran panjang x lebar, lebih kurang 2,5 x 2,5 cm dan tebal lebih kurang 0,75 cm dengan

permukaan yang rata (tidak ada lekuk atau benjolan-benjolan pada permukaan sampel) dan diharapkan mempunyai permukaan yang luasnya lebih kurang sama. Pemilihan bentuk ini berdasarkan pertimbangan bahwa bentuk kotak dengan permukaan yang rata dalam penyiapannya lebih mudah, cepat, praktis dan kontak dengan kemasan lebih merata ke seluruh permukaan sampel.

Pada tahap ini dilakukan pengukuran migrasi timbal dari kemasan kertas simulasi ke dalam makanan gorengan simulasi pada kondisi suhu dan waktu penyimpanan sesuai penelitian pendahuluan (waktu kontak 1-5 jam dengan tiga suhu penyimpanan 25°C, 45°C dan 63°C). Untuk masing-masing kondisi dilakukan 3 kali ulangan sampel (Tabel 4).

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu dan suhu penyimpanan terjadi peningkatan pola pelepasan timbal dari kertas kemasan simulasi ke dalam makanan gorengan simulasi, hal ini terlihat dari kadar timbal yang terlepas dan persentase pelepasan timbal yang meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dan suhu penyimpanan.

Pada tahap ini dilakukan analisis data untuk penentuan: orde reaksi, energi aktivasi ( $E_a$ ) dan nilai K (konstanta laju pelepasan)<sup>11</sup>.

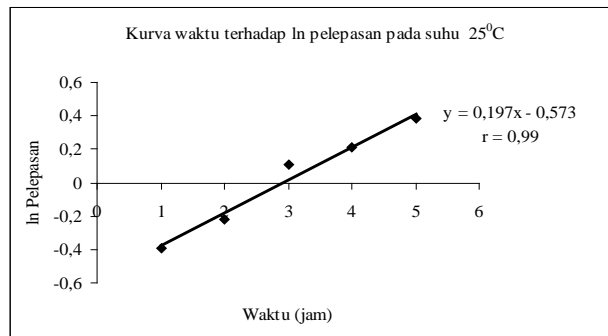
Orde reaksi ditentukan dengan metoda grafik dari plot kurva waktu penyimpanan terhadap nilai kadar atau ln pelepasan timbal pada masing-masing suhu. Hasil *plotting* disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 1 (suhu 25°C), Gambar 2 (suhu 43°C) dan Gambar 3 (suhu 63°C).

**Tabel 4**  
**Hasil Analisis Kandungan Timbal yang Terlepas**  
**pada Waktu dan Suhu Penyimpanan yang Berbeda**

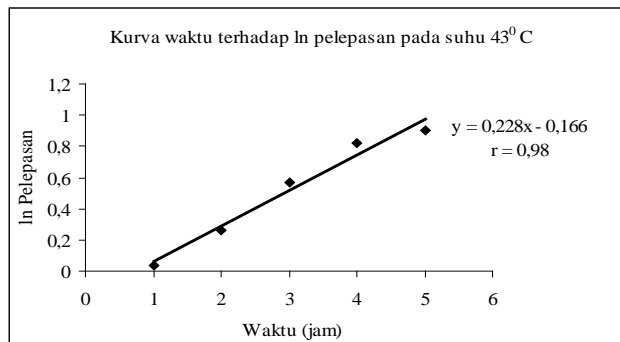
Waktu (jam)	Suhu 25°C		Suhu 43°C		Suhu 63°C	
	Kadar Pb (ug/g)	% Pelepasan	Kadar Pb (ug/g)	% Pelepasan	Kadar Pb (ug/g)	% Pelepasan
1	0,071	0,68	0,109	1,04	0,129	1,23
2	0,084	0,80	0,135	1,29	0,261	2,50
3	0,117	1,12	0,185	1,71	0,364	3,48
4	0,129	1,24	0,237	2,27	0,590	5,64
5	0,153	1,46	0,258	2,47	0,710	6,79

**Tabel 5**  
**Hasil Pengamatan Persentase Pelepasan dan In Pelepasan Timbal pada Waktu dan Suhu Penyimpanan yang Berbeda**

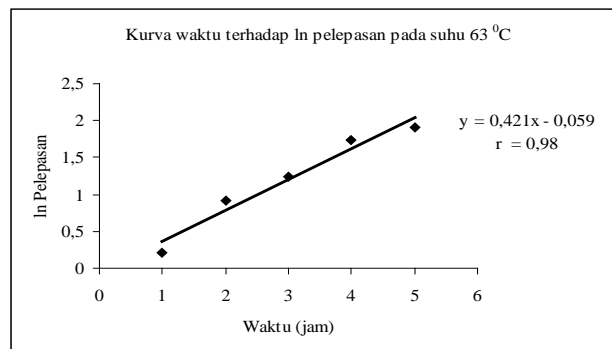
Waktu (jam)	Suhu 25°C		Suhu 43°C		Suhu 63°C	
	% Pelepasan	In Pelepasan	% Pelepasan	In Pelepasan	% Pelepasan	In Pelepasan
1	0,68	- 0,39	1,04	0,04	0,13	0,21
2	0,80	- 0,22	1,29	0,26	0,26	0,92
3	1,12	0,11	1,77	0,57	0,36	1,25
4	1,24	0,21	2,27	0,82	0,59	1,73
5	1,46	0,38	2,47	0,90	0,71	1,91
		$y = 0,197x - 0,573$ $r = 0,99$	$y = 0,228x - 0,166$ $r = 0,98$		$y = 0,421x - 0,059$ $r = 0,98$	



**Gambar 1**  
**Kurva Regresi Linier Hubungan Waktu dengan In Pelepasan Timbal pada Suhu 25°C**



**Gambar 2**  
**Kurva Regresi Linier Hubungan Waktu dengan In pelepasan Timbal pada Suhu 43°C**



**Gambar 3**  
**Kurva Regresi Linier Hubungan Waktu dengan In Pelepasan Timbal pada Suhu 63°C**

Dari hasil *plotting* ketiga suhu analisis dapat dilihat bahwa laju pelepasan timbal dari kemasan kertas simulasi ke dalam makanan gorengan simulasi mengikuti kecepatan reaksi orde satu, hal ini terlihat dari masing-masing plot kurva  $\ln$  pelepasan terhadap waktu penyimpanan diperoleh garis lurus. Dari ketiga *plotting* tersebut diperoleh nilai  $r = 0,98$  dan  $0,99$  (nilai  $r$  mendekati 1) yang berarti dapat dinyatakan bahwa adanya hubungan yang linier antara waktu penyimpanan dengan  $\ln$  pelepasan timbal. Nilai energi aktivasi ( $E_a$ ) diperoleh dari perhitungan menggunakan persamaan Arrhenius<sup>11</sup>:

$$k = A e^{-E_a/RT}$$

$$\ln k = - (E_a/R) (1/T) + \ln A ;$$

setara dengan persamaan garis

$$y = bx + a,$$

nilai  $b$  merupakan slope/kemiringan garis =  $E_a/R$ .

Energi aktivasi ( $E_a$ ) merupakan energi minimum yang harus dimiliki oleh molekul-molekul pereaksi agar menghasilkan reaksi jika saling bertabrakan. Energi aktivasi merupakan selisih antara energi pereaksi dan energi tertinggi dari keadaan teraktifkan dalam proses tersebut. Kemiringan garis dari persamaan garis waktu versus  $\ln$  pelepasan dari masing-masing Gambar 1,2 dan 3 merupakan nilai  $k$  (tetapan laju), nilai  $k$  ini digunakan untuk perhitungan energi aktivasi ( $E_a$ ). Interpretasi  $E_a$  memberikan gambaran mengenai besarnya pengaruh temperatur terhadap reaksi.

Besarnya energi aktivasi ( $E_a$ ) diperoleh dari plot kurva  $\ln k$  terhadap suhu ( $1/T$ ), pada

Tabel 6 dan Gambar 4. Dari hasil perhitungan pada Tabel 6 dan kemiringan dari persamaan garis pada Gambar 4 diperoleh nilai energi aktivasi ( $E_a$ ) sebesar  $3775,3 \text{ kal mol}^{-1}\text{K}^{-1} = 3,8 \text{ Kkal mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Nilai energi aktivasi ini termasuk reaksi dengan golongan energi aktivasi rendah ( $2-15 \text{ Kkal mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ )<sup>12</sup>.

Untuk menentukan nilai  $K$  (konstanta laju pelepasan) digunakan metode ASLT. Metode ASLT menggunakan suatu kondisi lingkungan yang dapat mempercepat (*accelerated*) reaksi deteriorasi (penurunan *usable quality*) produk pangan. Metode ini dilakukan dengan mempercepat proses atau reaksi pertambahan pelepasan (persentase pelepasan kadar timbal) dengan menaikkan suhu kontak pada beberapa tingkat suhu yaitu  $25^\circ, 43^\circ, 63^\circ\text{C}$  dengan lama kontak sampai 5 jam. Nilai  $K$  (konstanta laju pelepasan) dihitung menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Linsen<sup>11</sup>:

$$M_t = K C_0 \sqrt{t} e^{-E/RT}$$

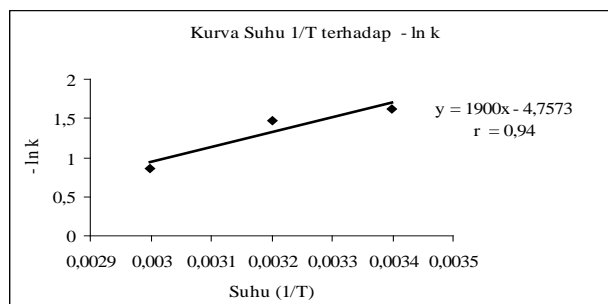
Keterangan:

$M_t$  = massa logam berat timbal yang dilepaskan (berpindah) dari kemasan kertas ke dalam makanan gorengan dalam waktu  $t$ ,  
 $K$ = konstanta kompleks (laju reaksi pelepasan timbal),  
 $C_0$ =konsentrasi awal logam berat timbal dalam kemasan kertas simulasi,  
 $t$ =waktu (jam/hari/minggu/bulan),  
 $e$ =tetapan (2,718).  $E_a$ =energi aktivasi (kal/mol atau J/mol),  
 $R$ =konstanta gas (8,314 J/K/mol) dan  $T$ =suhu absolut ( $^\circ\text{K}$ ).

Dari Tabel 7 diperoleh nilai rerata konstanta laju pelepasan timbal  $K$  sebesar  $4,97 \times 10^3$ .

**Tabel 6**  
**Hubungan Konstanta Laju Pelepasan Timbal (K) dengan Suhu (1/T)**

Suhu (1/T)	K	$\ln K$	$-\ln K$
0,0034	0,197	- 1,625	1,625
0,0032	0,228	- 1,478	1,478
0,0030	0,421	- 0,865	0,865



**Gambar 4**  
**Kurva regresi linier hubungan antara konstanta laju pelepasan (k) dengan suhu (1/T)**

**Tabel 7**  
**Laju Pelepasan Timbal ( $C_o = 10,664 \text{ ug/g}$ ) dari Kemasan Kertas Simulasi ke dalam Makanan Gorengan Simulasi pada Waktu Penyimpanan 5 Jam pada Suhu yang Berbeda**

Suhu (K) (1/T)	Kandungan timbal yang terlepas (ug/g)	Konstanta Laju Pelepasan (K) (ppm/menit)
0,0034	0,153	$2,65 \times 10^{-3}$
0,0032	0,258	$3,71 \times 10^{-3}$
0,0030	0,710	$8,54 \times 10^{-3}$

Ket: rerata konstanta laju pelepasan timbal K :  $4,97 \times 10^{-3}$  ppm/menit

## BAHASAN

Dari hasil analisis kandungan timbal pada Tabel 3 diperoleh kadar timbal dalam kertas HVS sebesar 6,013 ug/g dan dalam tinta cetak sebesar 2,012 ug/mL. Adanya timbal dalam kedua bahan tersebut menunjukkan bahwa dalam proses pembuatan bahan-bahan tersebut digunakan logam berat timbal.

Potensi untuk mencemari makanan sebagian besar berasal dari penggunaan tinta cetak yang menempel pada kertas kemasan karena logam timbal dalam kertas HVS kemungkinan bergabung dengan komponen-komponen lain dalam bahan baku kertas yang akan sulit untuk melepas ikatannya, sedangkan dalam tinta cetak yang hanya menempel pada kertas kemasan akan sangat mudah terlepas, apalagi didukung dengan adanya panas dan minyak yang akan langsung melarutkan tinta dan menempel pada makanan, sehingga tinta yang ada mudah mencemari makanan yang dikemasnya.

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu dan suhu penyimpanan, terjadi peningkatan pola pelepasan timbal dari kemasan kertas ke dalam makanan gorengan. Hal ini terlihat dari kadar timbal yang terlepas dan persentase pelepasan timbal yang meningkat. Peningkatan pola pelepasan ini ada hubungannya dengan sifat dari minyak (lemak) yang terkandung dalam makanan gorengan, yaitu sifat titik cair minyak. Titik cair minyak ini didukung dengan adanya pengaruh panas (suhu penyimpanan) akan mempengaruhi tingkat kelarutan dari minyak<sup>15</sup>. Tingkat kelarutan minyak akan memperbesar kelarutan komponen-komponen dari tinta cetak yang menempel pada kemasan kertas dan memperbesar kontak dengan makanan, hal ini dibuktikan dengan meningkatnya suhu penyimpanan diperoleh

jumlah timbal yang terlepas semakin meningkat.

Minyak merupakan medium penggoreng bahan pangan yang berfungsi sebagai penghantar panas. Dengan adanya minyak pada permukaan makanan gorengan, maka ketika makanan tersebut kontak dengan kertas kemasan, hal tersebut akan mempermudah kelarutan tinta dan bersatunya komponen-komponen minyak yang berasal dari kertas kemasan dan makanan gorengan, apalagi didukung dengan meningkatnya suhu dan waktu penyimpanan kelarutan tinta akan semakin besar. Hal ini terlihat dari meningkatnya pola migrasi pelepasan timbal seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu penyimpanan.

Dari Gambar 1, 2 dan 3 diperoleh bahwa masing-masing plot kurva  $\ln$  pelepasan terhadap waktu penyimpanan, diperoleh kurva berbentuk garis lurus, dengan bertambahnya suhu dan waktu penyimpanan maka pertambahan timbal yang terlepas terjadi secara eksponensial, terbukti dari adanya peningkatan nilai *slope*/kemiringan garis (nilai b) dan pengurangan nilai a (titik potong garis atau *intersept* dari masing-masing persamaan garis yang diperoleh). Dari ketiga *plotting* tersebut diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = 0,98$  dan  $0,99$  (nilai  $r$  mendekati 1) yang berarti dapat dinyatakan bahwa adanya hubungan yang linier antara waktu penyimpanan dengan  $\ln$  pelepasan timbal sehingga laju pelepasan timbal dari kemasan kertas ke dalam makanan gorengan mengikuti kecepatan reaksi orde satu.

Dari hasil perhitungan pada Tabel 6 dan grafik pada Gambar 4 diperoleh nilai koefisien korelasi  $r = 0,94$  (mendekati 1) yang berarti terdapat korelasi yang sempurna antara suhu penyimpanan dengan nilai  $\ln k$  pelepasannya. Nilai energi aktivasi ( $E_a$ ) pelepasan timbal sebesar  $3775,3 \text{ kal mol}^{-1}\text{K}^{-1} = 3,8 \text{ Kkal mol}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Dari Tabel 7 dapat dilihat bahwa laju reaksi pelepasan dipengaruhi oleh suhu, dengan



bertambahnya suhu, maka laju reaksi bertambah, sehingga konstanta laju pelepasan juga bertambah. Konstanta laju pelepasan (K) timbal rata-rata yang diperoleh yaitu sebesar  $4,97 \times 10^{-3}$  ppm/menit. Nilai K (konstanta laju pelepasan) dan  $E_a$  (energi aktivasi) yang diperoleh cukup rendah menunjukkan bahwa ikatan timbal dalam kertas kemasan terutama yang berasal dari tinta cetak bersifat tidak stabil, logam mudah terlepas atau berpindah terutama dengan adanya kondisi panas kelarutannya akan semakin mudah sehingga timbal mudah menempel pada kertas kemasan dan berpindah ke makanan yang dikemasnya.

### KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan bertambahnya waktu dan suhu penyimpanan semakin banyak logam timbal yang terlepas atau berpindah dari kemasan kertas simulasi ke dalam makanan gorengan simulasi. Laju pelepasan timbal dari kemasan kertas simulasi ke dalam makanan gorengan simulasi mengikuti kecepatan reaksi orde satu dengan nilai konstanta laju pelepasan (K) timbal sebesar  $4,97 \times 10^{-3}$  ppm/menit dan energi aktivasi ( $E_a$ ) sebesar  $3775,3 \text{ kal mol}^{-1} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1} = 3,78 \text{ Kkal mol}^{-1} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$ . Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kertas bekas sebagai kantung pembungkus makanan tidak aman karena adanya unsur timbal yang dapat terlepas atau terikut ke dalam makanan yang dikemas.

### SARAN

Penggunaan kemasan kertas bekas sebagai pembungkus makanan harus dihindari, apalagi makanan gorengan yang mengandung unsur minyak. Konsumen harus proaktif meningkatkan pengetahuan aspek keamanan penggunaan kemasan untuk makanan. Produsen jajanan agar tidak menggunakan kertas bekas sebagai pengemas, dan mencari alternatif kemasan lain yang lebih aman.

Perlu kerjasama antara instansi terkait melalui berbagai media untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya keamanan pangan dan mengubah perilaku produsen dan konsumen.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada jajaran Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan di Bandung dan

Program Pascasarjana Magister Teknologi Pangan Universitas Pasundan Bandung yang telah memberikan dukungan kepada penulis sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

### RUJUKAN

1. Indonesia, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia. *Undang-Undang Republik Indonesia nomor 18 tentang pangan*. Jakarta: Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, 2012.
2. Agustina W. Teknologi pengemasan, desain dan pelabelan kemasan produk makanan. Juli 2011 [sitasi: 01 Juli 2014]. Dalam: <http://wanwa03.wordpress.com/2011/07/07>
3. Indonesia, Badan Pengawas Obat dan Makanan. *Tanya jawab tentang kemasan pangan*. Jakarta: Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya, BPOM 2013.
4. Indonesia, Badan Pengawas Obat dan Makanan. Tinjauan umum tentang keamanan kemasan pangan. *Buletin Info POM*. 2010;11:6.
5. Faoji Y. Bahan kemasan pangan, amankah?. 26 Juni 2012 [sitasi: 12 Juli 2014]. Dalam: <http://kesehatan.kompasiana.com/medis/2012/06/26/bahan-kemasan-makanan-amankah-472683.html>
6. Novianti K. Bahaya kemasan produk pangan. Oktober 2009 [sitasi: 12 Juli 2014]. Dalam: <http://www.bbpp-lembang.info/index.php/en/arsip/artikel/artikel-pertanian/110-bahaya-kemasaproduk-pangan>.
7. Ladauda A. Pengaruh makanan jajanan terhadap perkembangan kognitif dan fisik siswa. *Laporan Penelitian*. Jakarta: Universitas Pelita Harapan, 2011.
8. Riani TF, Hetty Restika Sari, dan Teddy Tarudin. Pengaruh, proses interaksi dan terjadinya migrasi bahan pengemas terhadap bahan pangan yang dikemasnya. [sitasi: 12 Juli 2014]. Dalam <http://ml.scribd.com/doc/132230870>.
9. Fitri CN. Faktor-faktor yang berhubungan dengan kebiasaan konsumsi makanan jajanan pada siswa Sekolah Dasar di SDN Rawamangun 01 Pagi Jakarta Timur Tahun 2012. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia, 2012.
10. Badan Pengawas Obat dan Makanan. Pengawasan keamanan pangan jajanan anak sekolah. *Majalah Keamanan Pangan*. 2011;19:1-3.

11. Wallach MD. *Interpretation of diagnostic test, eight edition*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2007.
12. Cahyadi W. Kajian eksperimental pelepasan timbal dari bahan kemasan ke dalam makanan kemasan kaleng. *Tesis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2000.
13. Indonesia, Badan Standardisasi Nasional. *SNI 01-2896-1998 cara uji cemaran logam dalam makanan*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 1998.
14. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official methods of analysis of AOAC International: guidelines for standard method performance requirements* In: Latimer GW, editor. Maryland: AOAC, 2012.
15. Ketaren S. *Minyak dan lemak pangan*. Jakarta: UI Press, 2005.