

PENGARUH LAMA PENYIMPANAN, KELEMBABAN RELATIF (RH) DAN SUHU TERHADAP KESTABILAN GARAM BERIODIUM

[Effects of Length of Storage, Relative Humidity (RH) and Temperature
on the Stability of Iodized Salt]

Wisnu Cahyadi

Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan
Jl. Dr. Setiabudhi No. 193 Bandung 40153

Diterima 12 Desember 2007 / Disetujui 16 Juni 2008

ABSTRACT

Iodine deficiency disorders (IDD) is still a major public health problem in several areas of the world, especially in developing countries. The problem of iodine decrease or loss in iodized salt and food-stuff during processing is still the a controversial issue, among public, functionary, even the scientist. The stability of iodine is influenced by the food type, water content and cooking temperature. The objective of this research was to determine the effects of length of storage, relative humidity (RH) and temperature on the stability of iodized salt. Analysis of iodium was performed using Ion Pair High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The rate of iodine decrease was influenced by salt origin, temperature, packaging materials and RH during storage. The result of research showed that the percentage of iodate decrease in iodized salt packaged by high density polyethylene (HDPE) were 66.86% and 50.85% during storage for 14 days at temperature of 40°C, RH 60% and 100%. Other result showed that the percentage of iodate decrease in iodized salt was 46.51% during storage for 28 days at temperature of 25.5°C and RH 60-65%.

Key words : Iodine Deficiency Disorders, stability of iodized salt, ion pair-HPLC

PENDAHULUAN

Kekurangan iodium masih menjadi masalah besar di beberapa negara di dunia, khususnya di negara berkembang. Dilaporkan sekitar 38% dari jumlah penduduk dunia terkena resiko gangguan akibat kekurangan iodium, hal ini juga melanda Indonesia. Diperkirakan 140 juta *IQ point* hilang akibat kekurangan iodium, karena sekitar 42 juta orang hidup di daerah endemik, 10 juta di antaranya menderita gondok, 3,5 juta menderita gangguan akibat kekurangan iodium (GAKI) lain, dan terdapat 9000 bayi kretin. Iodium diperlukan tubuh dalam jumlah sangat kecil, tetapi mempunyai peranan yang sangat besar dalam mencegah penyakit gondok. Kebutuhan iodium sangat bervariasi tergantung usia, jenis kelamin dan ekskresi urin (WHO, 1999, Brahmhatt et al., 2001, Muchtadi, 1992, Edmonds and Morita, 1998).

Kestabilan iodat dalam garam beryodium dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kelembaban udara, suhu dan waktu penyimpanan, jenis pengemas, adanya logam terutama besi, kandungan air, cahaya, keasaman, dan terdapatnya zat-zat antitiroid (tiosianat, propiltiourasil dan iodida anorganik konsentrasi tinggi) di dalam bahan pangan. Faktor-faktor tersebut merupakan penyebab terjadinya penurunan mutu garam beryodium selama penyimpanan, proses pengolahan dan pemasakan. Beberapa peneliti telah

melaporkan fenomena *leaching* garam seperti yang dilaporkan oleh Chauhan (1992), namun umumnya masih bersifat kualitatif. Peristiwa *leaching* tidak akan mempengaruhi jumlah iodat dalam garam selama kemasan yang digunakan bagus. Penurunan kadar iodium yang terbesar terjadi pada garam yang disimpan dalam kemasan plastik dari pada di dalam botol gelas, dan yang disimpan pada suhu 37°C dan kelembaban relatif di bawah 76%. Selain itu juga kestabilan iodium akan dipengaruhi oleh jenis makanan, kandungan air dan suhu pemanasan pada saat pemasakan. Menurunnya kandungan iodium pada saat pemasakan ini berkisar antara 36,6% sampai 86,1% (Diosady et al., 1998; Bhatnagar et al., 1997; Chauhan et al., 1992; Wang et al., 1999).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Diosady et al., (1997), menunjukkan bahwa kestabilan kalium iodat dipengaruhi oleh jenis pengemas. Garam beryodium yang dikemas oleh wadah plastik jenis *low density polyethylene* (LDPE) yang disimpan selama enam bulan pada suhu dan kelembaban relatif "normal" dapat menyebabkan kehilangan iodium sebesar 10-15%. Sedangkan penurunan kadar iodat dalam garam yang disimpan selama enam bulan pada kondisi kelembaban relatif (RH) 100% lebih tinggi dari pada disimpan pada kelembaban relatif 60% yang rata-rata penurunannya berkisar 0 dan 20%. Dilaporkan bahwa garam beryodium yang dikemas dalam karung plastik dan disimpan selama

3 bulan pada suhu ruang (iklim tropis), kandungan iodatnya dapat dipertahankan sekitar 75% kandungan iodatnya, dan setelah disimpan selama 9 bulan turun sampai 50% dari kadar semula. Akan tetapi bila kondisi pengepakan, penyimpanan dan penanganannya kurang baik, setelah disimpan selama 9 bulan, kandungan iodatnya yang tertinggal sekitar 10% dari kadar semula (Muchtadi, 1998; Diosady et al., 1997).

METODOLOGI

Bahan dan alat

Pereaksi pasangan ion atau ion lawan yaitu tetra butil ammonium klorida dan tetra metil ammonium hidroksida 0,001 M (E. Merck), pelarut (fase gerak) yang digunakan methanol pro HPLC (JT. Beacker) dan air yang mengandung bufer fosfat 0,01 M, asetonitril pro HPLC (JT. Beacker), KIO_3 p.a (E. Merck), KI p.a (E. Merck), KIO_4 p.a (E. Merck), sampel simulasi (garam beryodium dan makanan yang diolah dengan garam beryodium), aquadest, NaCl p.a (E. Merck), aquabides, KH_2PO_4 0,01 M p.a (E. Merck) dan bahan penunjang penelitian lainnya.

Seperangkat sistem kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) Hitachi-Tokyo Jepang, penyuntik sampel, detektor serapan ultra violet, kolom fase balik (Phenomenex, C 18, Bondclone, 3,9 x 300 mm, ukuran partikel 10 μ m), dan peralatan penunjang penelitian lainnya.

Metode Penelitian

Praperlakuan sampel

Semua sampel yang akan dianalisis dilakukan praperlakuan secara khusus dengan cara penyaringan vakum dan sentrifugasi. Maksud dari perlakuan ini untuk memisahkan senyawa/ion dalam sampel yang akan dianalisis dari bahan-bahan lain yang akan menimbulkan gangguan pada saat dilakukan pengujian dan pengukuran. Penyaringan dilakukan dengan penyaring vakum yang dilengkapi dengan kertas saring khusus (*cellulose membrane filter* 0,45 μ m) dan dilakukan sentrifugasi bila perlu. Hal tersebut dilakukan pada kondisi sampel tetap stabil (kandungan iodium dan larutan sampel masih tetap stabil) (Kathleen et al., 2003).

Optimasi kondisi percobaan

Kondisi optimum analisis menggunakan HPLC pada penelitian ini adalah komposisi fase gerak (metanol : dapar KH_2PO_4 0,01 M = 10 : 90), jenis dan konsentrasi ion lawan adalah tetrabutyl ammonium klorida (TBAK) 0,001 M, pH optimum 7,0, suhu optimum diatur 27°C, laju alir = 1 ml/menit, detektor ultra violet λ 226 nm dan jenis kolom fase balik (Bondclone, C 18, ukuran 300 x 3,9 mm, ukuran partikel 10 μ m).

Pembuatan larutan standar iodat dan iodida

Ditimbang 55,40 mg kalium iodat p.a, dimasukkan ke dalam labu takar 25 ml, lalu dilarutkan dan diencerkan sampai tanda batas dengan aquabides. Kemudian dari larutan induk tersebut dipipet 0,250 ml dan diencerkan sampai tanda batas dalam labu takar 25 ml, maka diperoleh konsentrasi larutan iodat 18,12 ppm. Dari larutan ini dipipet masing-masing 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, dan 1400 μ L, dimasukkan ke dalam labu takar 10 ml dan diencerkan dengan aquabides sampai tanda batas. Larutan ini adalah larutan standar iodat yang mengandung 0,362 ; 0,725 ; 1,087 ; 1,449 ; 1,811 ; 2,173 dan 2,535 ppm.

Ditimbang 41,50 mg kalium iodida p.a, dimasukkan ke dalam labu takar 25 ml, lalu dilarutkan dan diencerkan sampai tanda batas dengan aquabides. Kemudian dari larutan induk tersebut dipipet 0,250 ml dan diencerkan sampai tanda batas dalam labu takar 25 ml, maka diperoleh konsentrasi larutan iodida 12,70 ppm. Dari larutan ini dipipet masing-masing 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400 μ L, dimasukkan ke dalam labu takar 10 ml dan diencerkan dengan aquabides sampai tanda batas. Larutan ini adalah larutan standar iodida yang mengandung 0,254; 0,508; 0,762; 1,020; 1,270; 1,524 dan 1,780 ppm.

Perhitungan kadar iodium

Perhitungan kadar iodium dalam sampel menggunakan perhitungan metode statistik persamaan regresi linear. Perhitungan konsentrasi spesi yodium dalam sampel dengan menggunakan kurva baku dengan persamaan regresi linear sebagai berikut : $y = a + bx$, dimana y = luas kurva, x = konsentrasi sampel, a = intercept (perpotongan garis), b = slope (kemiringan). Sedangkan kadar spesi yodium dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar iodium (ppm)} = \frac{C_s \times \Phi}{W_s}$$

Φ : Faktor pengenceran

C_s : Konsentrasi sampel dari kurva standar

W_s : Berat sampel

Penentuan pengaruh suhu, kelembaban relatif (RH) dan lama penyimpanan terhadap kestabilan garam beryodium

Ditimbang 183,4 mg kalium iodat, dicampurkan ke dalam 1,5 kg natrium klorida p.a. dalam *ribbon blender* dan diaduk selama 10 menit sampai homogen (sampel tersebut adalah garam natrium klorida mengandung iodat 99,98 mg kg⁻¹). Sampel di masukkan ke dalam 32 kantong plastik jenis *high density polyethylene* (HDPE), masing-masing beratnya \pm 50 g, lalu disimpan dalam *climatic chamber* (Hotpack-Dutton Road, Philadelphia) dan diamati kondisi suhu 26°C dan kelembaban relatif (RH) 60 % selama 14 hari. Kemudian dilakukan pengujian dan pengukuran kadar iodat setiap dua hari sekali. Masing-masing sampel ditimbang kurang

lebih 100 mg, dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL, dilarutkan dan diencerkan dengan aquabides sampai tanda batas, lalu dilakukan pengukuran kadar iodat dengan HPLC terhadap luas puncak dan di hitung konsentrasinya (mg/L) secara statistik berdasarkan persamaan regresi linier. Percobaan tersebut dilakukan kembali dengan cara yang sama, tetapi pada kondisi penyimpanan berbeda, yaitu pada suhu 26°C dan masing-masing, RH 100 % ; 40°C, RH 60 %, dan 40°C, RH 100 %. Selain itu juga dilakukan percobaan dengan lama penyimpanan 28 hari pada kondisi ruang pada suhu 25,5°C dan RH 65-70%. Kemudian dilakukan pengujian dan pengukuran terhadap penurunan kadar iodat setiap hari, dan dilakukan perhitungan dengan menggunakan model statistik linier regresi untuk mengetahui kadar iodiumnya. Pengujian statistik ANOVA dengan rancangan acak kelompok *split-split-plot* untuk mengetahui pengaruh ketiga faktor tersebut yaitu suhu, RH dan lama penyimpanan terhadap penurunan iodat garam beryodium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

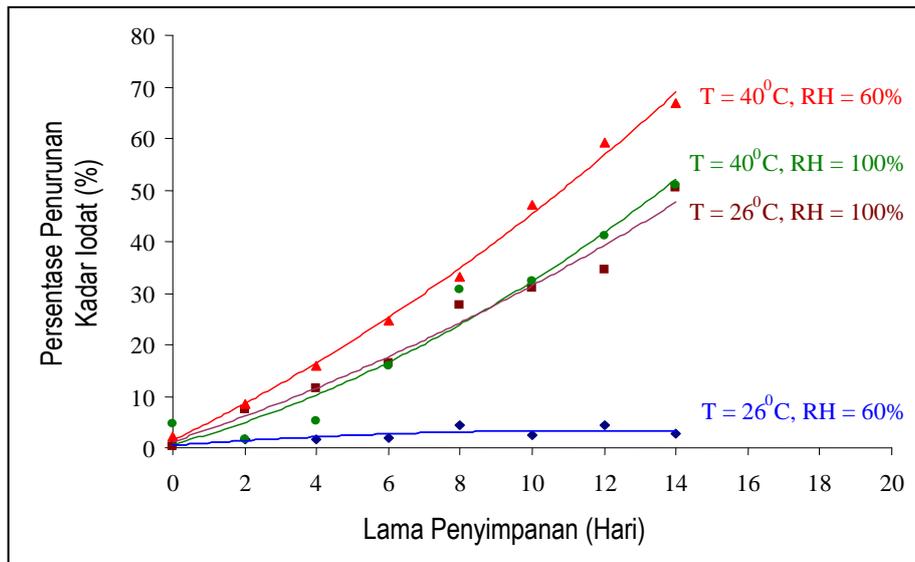
Hasil penelitian menunjukkan persentase penurunan kadar iodat dan penguraian iodat menjadi senyawa iodium lain terbesar dalam garam dapur yang dikemas dalam wadah plastik jenis *high-density polyethylene* (HDPE) terjadi pada kondisi suhu 40°C, RH 60% dan 100%, yaitu 66,86% dan 50,85% selama penyimpanan 14 hari, seperti terlihat pada Tabel 1 dan Gambar 1. Sementara pada kondisi ruang (suhu 26°C dan RH 60%) kadar iodat dalam garam dapur relatif

stabil. Menurut Diosady et al., (1998), jenis pengemas plastik *low-density polyethylene* (LDPE) lebih baik dari pada *high-density polyethylene* (HDPE), karena dapat mempertahankan kestabilan iodat dalam garam dapur. Berdasarkan hasil penelitiannya kadar iodium yang ada dalam garam relatif stabil selama enam bulan sampai satu tahun. Sedangkan pengemas plastik jenis HDPE dapat menyebabkan penurunan kadar iodium lebih tinggi, akan tetapi jenis pengemas ini sering digunakan sebagai bahan mengemas garamberiodium di negara beriklim tropis. Kestabilan iodat dalam garam dapur dipengaruhi juga oleh kadar air, tingkat kemurnian garam, kehadiran zat pereduksi dan pH. Garam beryodium yang dikemas dalam plastik tertutup jenis LDPE kadar iodiumnya akan turun sebesar 20% selama satu tahun bila disimpan pada suhu 40°C dan kelembaban relatif 60%.

Masalah kestabilan iodat dalam garam dapur telah menjadi pertanyaan bagi konsumen industri garam dan pemerintah. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kalium iodat yang ditambahkan dalam garam kadarnya tidak stabil. Upaya mengatasi penguraian iodat menjadi jenis senyawa iodium lain dapat dilakukan dengan penambahan penstabil (kalsium karbonat) pada garam beryodium. Kalsium karbonat yang ditambahkan sebanyak 20:1 dari jumlah kalium iodida atau kalium iodat dapat menjaga kestabilan iodium (sebagai iodat maupun iodida) dengan efektifitas selama satu tahun (Diosady et al., 1998; Saksono et al., 2000).

Tabel 1. Hasil pengujian pengaruh lama penyimpanan, suhu dan kelembaban relatif terhadap

Lama penyimpanan (Hari)	Suhu Penyimpanan			
	26°C		40°C	
	RH = 60%	RH = 100%	RH = 60%	RH = 100%
	Persentase Penurunan Iodat (%)			
0	0,63	0,17	2,17	4,63
2	1,61	7,4	8,39	1,66
4	1,7	11,63	15,87	5,08
6	1,9	16,33	24,77	15,9
8	4,46	27,8	33,25	30,75
10	2,4	30,87	47,21	32,41
12	4,3	34,51	59,25	41,17
14	2,87	50,37	66,86	50,85



Gambar 1. Kurva pengaruh lama penyimpanan, suhu dan kelembaban relatif terhadap persentase penurunan kadar iodid dalam garam beryodium

Pengujian pengaruh lama penyimpanan, suhu dan kelembaban relatif terhadap kestabilan iodid dan terjadinya spesiasi iodid dalam garam beryodium menunjukkan adanya pengaruh interaksi dari ketiga parameter tersebut, yang ditunjukkan dengan terjadinya penurunan kadar iodid dan terbentuknya spesi iodida. Pada Gambar 2. terlihat adanya titik perpotongan di antara kurva masing-masing perlakuan, hal tersebut menunjukkan tidak berbeda nyata pada masing-masing perlakuan. Pada penyimpanan hari kedua antara suhu 26°C, RH 60% dengan 40°C, RH 100% tidak berbeda nyata, tetapi untuk perlakuan yang lainnya berbeda nyata. Hasil pengamatan pada hari keempat dan ke 12 menunjukkan adanya perbedaan yang nyata di antara semua perlakuan. Pada hari ke 6, 10 dan 14 hanya ada dua perlakuan yang berinteraksi atau tidak berbeda nyata yaitu perlakuan penyimpanan pada suhu 26°C, RH 100% dengan 40°C, RH 100%, sedangkan pada perlakuan lainnya saling berbeda nyata. Pada hari kedelapan perlakuan penyimpanan pada suhu yang sama 40°C, tetapi kelembaban berbeda RH 60% dan 100% menunjukkan adanya interaksi atau tidak berbeda nyata, sedangkan pada suhu 26°C, RH 60% dan 100% menunjukkan tidak ada interaksi diantara masing-masing perlakuan begitu juga terhadap perlakuan yang lainnya. Adanya perbedaan yang nyata di antara masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa ketiga faktor yaitu suhu, kelembaban relatif dan lama penyimpanan berpengaruh terhadap kestabilan iodid (sebagai iodid) dalam garam beryodium.

Menurut Wang et al., (1999) Penyimpanan garam beryodium pada suhu 37°C dan kelembaban relatif di bawah 76% menyebabkan penurunan iodid yang lebih besar dari pada disimpan pada suhu 20-25°C dan di bawah kelembaban relatif yang rendah. Retensi

iodid bervariasi tergantung dari jenis makanan dan juga dipengaruhi oleh kandungan air dalam proses pemasakan. Secara umum, retensi iodid selama pemasakan sangat bervariasi (dari 36,6% sampai 86,1%).

Berdasarkan hasil pengujian statistik (ANOVA), adanya perbedaan yang nyata di antara masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa ketiga faktor yaitu suhu, kelembaban relatif dan lama penyimpanan berpengaruh terhadap kestabilan spesi iodid (sebagai iodid) dalam garam beryodium, dan yang paling berpengaruh terhadap kestabilan iodid dalam garam beryodium adalah suhu. Menurut Diosady et al., (1998), suhu mempunyai peranan yang besar terhadap terjadinya penurunan kandungan iodid (sebagai iodid), semakin tinggi suhu penyimpanan atau proses pemasakan semakin tinggi penurunan kandungan iodatnya.

Hasil pengujian pengaruh lama penyimpanan pada kondisi ruang (suhu 25,5°C dan kelembaban relatif 60-65%) terhadap terjadinya penguraian iodid menjadi spesi iodid lain dan kestabilan iodid dalam garam dapur menunjukkan persentase penurunan kadar iodid mulai meningkat terjadi pada minggu kedua dan semakin lama penyimpanan semakin meningkat sampai pada hari ke 28 nilainya sebesar 46,51%, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3. Penurunan kadar iodid ini diikuti pula dengan pembentukan iodida sebagai hasil penguraian dari iodid dan terlihat semakin lama penyimpanan semakin besar kadar iodidnya. Terjadinya proses ini karena dipengaruhi oleh suhu, kelembaban relatif, jenis pengemas dan lama penyimpanan.

Tabel 2. Data analisis variansi (ANOVA) pengaruh interaksi kelembaban relatif, suhu dan lama penyimpanan terhadap kestabilan iodat dan pembentukan spesi iodium lain dalam garam beryodium

Sumber keragaman	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel} ($\alpha = 0,05$)
Petak Utama :					
Kelompok	1	0,01	0,01		
Penyimpanan (P)	7	12882,11	1840,30	78,37	*
Galat (a)	7	164,38	23,48		
Anak Petak :					
Suhu (S)	1	3458,62	3458,62	578,52	*
Interaksi (PS)	7	2375,67	339,38	56,77	*
Galat (b)	8	47,83	5,98		
Anak-anak petak :					
Kelembaban relatif (L)	1	418,61	418,61	27,49	*
Interaksi (PL)	7	476,46	68,07	4,47	*
Interaksi (SL)	1	3524,80	3524,80	231,45	*
Interaksi (PSL)	7	1492,85	213,26	14,00	*
Galat (c)	16	243,67	15,23		
Total	63	25085,01			

Menurut hasil penelitian Diosady et al., (1998), kadar air memiliki peranan yang sangat besar terhadap kestabilan iodat karena dapat menyebabkan terjadinya *leaching*, yaitu air yang terdapat di permukaan garam dapat melarutkan atau melepaskan kalium iodat yang menempel pada permukaan garam. Uap air yang diserap oleh pengotor yang bersifat higroskopis sangat berperan dalam kecepatan terjadinya penguraian iodat menjadi spesi iodium lain apabila garam ditempatkan pada temperatur dan kondisi penyimpanan tertentu. Menurut Chauhan (1992), memperkirakan kemungkinan terjadinya sublimasi atau evaporasi langsung (tanpa melibatkan kondisi asam dan reduktor) dari kalium iodat padat atau terlarut pada garam menjadi gas iodium. Namun hal tersebut sangat kecil kemungkinannya, mengingat padatan kalium iodat sangat stabil pada suhu kamar. Menurut Chauhan et al., (1992), peristiwa *leaching* tidak akan mempengaruhi jumlah iodat dalam garam selama kemasan yang digunakan bagus. Penurunan kadar iodium yang terbesar terjadi pada garam yang disimpan dalam kemasan plastik dari pada di dalam botol gelas, dan yang disimpan pada suhu 37°C dan kelembaban relatif di bawah 76%. Selain itu juga kestabilan iodium akan dipengaruhi oleh jenis makanan, kandungan air dan suhu pemanasan pada saat pemasakan. Menurunnya kandungan iodium pada saat

pemasakan ini berkisar antara 36,6% sampai 86,1% (Chauhan et al., 1992; Diosady et al., 1998).

Kestabilan kalium iodat pada garam juga ditentukan oleh kualitas garam dan kemurnian dari garamnya. Pengaruh kemurnian garam terhadap retensi iodat juga cukup terlihat. Retensi garam dengan kemurnian di atas 87% lebih baik jika dibandingkan dengan yang kemurniannya kurang dari 87% (Diosady et al., 1997; Saksono et al., 2001). Garam beryodium yang telah mengalami penguraian menjadi iodida masih dapat digunakan sebagai sumber asupan iodium, karena senyawa iodium yang dimetabolisme di dalam tubuh adalah dalam bentuk iodida. Terdeteksinya ion iodida dalam garam beryodium tersebut kemungkinan dapat disebabkan oleh terjadinya penguraian iodat menjadi iodida. Kestabilan iodat pada garam beryodium tersebut dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan dan cara pengolahan/penanganan yang kurang tepat. (Jayashree and Naik, 2000; Pandav et al., 2000)

Tabel 3. Hasil pengujian kestabilan dan spesiasi iodat menjadi spesi iodium lain dalam garam beryodium selama penyimpanan 28 hari, suhu 25,5°C dan kelembaban relatif 65-70%

Lama penyimpanan (hari)	Kadar iodat yang didapat (μM)	Kadar iodida yang terbentuk (μM)	Nisbah $\text{I}^- / \text{IO}_3^-$
0	570,33	0,39	0,0007
1	547,34	1,02	0,0019
2	543,34	7,01	0,0129
3	529,33	18,03	0,0341
4	524,30	24,02	0,0458
5	462,26	101,97	0,2206
6	446,26	105,04	0,2354
7	443,28	105,98	0,2391
8	389,25	128,03	0,3289
9	345,23	130,00	0,3766
10	249,17	131,97	0,5296
11	222,13	138,98	0,6257
12	197,14	147,01	0,7457
13	182,10	148,03	0,8129
14	169,13	150,00	0,8869
15	152,09	158,98	1,0453
16	146,08	152,99	1,0473
17	135,11	168,03	1,2437
18	139,11	175,98	1,2650
19	140,08	158,98	1,1349
20	124,07	184,96	1,4908
21	118,07	191,97	1,6259
22	109,09	195,04	1,7879
23	108,06	197,01	1,8232
24	106,06	200,00	1,8857
25	102,06	203,15	1,9905
26	100,80	206,22	2,0458
27	99,09	207,40	2,0930
28	93,65	211,50	2,2584

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan persentase penurunan kadar iodat dan penguraian iodat menjadi spesi iodium lain terbesar dalam garam dapur yang dikemas dalam wadah plastik jenis *high-density polyethylene* (HDPE) terjadi pada kondisi suhu 40°C, kelembaban relatif 60% dan 100%, yaitu 66,86% dan 50,85% selama penyimpanan 14 hari. Hasil pengujian pengaruh lama penyimpanan pada kondisi ruang (suhu 25,5°C dan kelembaban relatif 60-65%) menunjukkan persentase penurunan kadar iodat sebesar 46,51%. Penurunan kadar iodat yang diikuti pula dengan pembentukan iodida sebagai hasil penguraian dari iodat dipengaruhi oleh suhu, kelembaban relatif, jenis pengemas dan lama penyimpanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada (1) *International Foundation for Science* (IFS) Swedia yang telah mendanai penelitian ini melalui *Research Project of First IFS Research Grant*, dengan Kontrak Nomor E/3843-1, tanggal 13 Juni 2005. (2) *Organisation For The Prohibition of Chemical Weapons (OPCW)*, Johan de Wittlaan 32, 2517 JR-The Hague The Netherlands, sebagai salah satu pendonor IFS.

DAFTAR PUSTAKA

Brahmbhatt, S.R., Feamley, R.A., Brahmbhatt, R.M., Eastman, C.J., and Boyages, S.C. 2001.

- Biochemical Assessment of Iodine Deficiency Disorders in Baroda and Dang Districts of Gujarat State. *Indian J. Pediatrics*. 38: 247-255.
- Bhatnagar, A., Maharda, N.S., Ambardar, V.K., Dham, D.N., Magdum, M., and Sankar, R. 1997.** Iodine Loss from Iodised Salt on Heating. *Indian J. Pediatr.* 64(6): 883-885.
- Chauhan, S.A., S.A., Bhatt, A.M., Bhatt, M.P., Majeethia, K.M. 1992.** Stability of Iodized Salt with Respect to Iodine Content. *India Research and Industry*. V 37: 38-41.
- Muchtadi, D., 1992.** Masalah-masalah Fortifikasi Iodium dalam Penanggulangan GAKI. PAU Pangan dan Gizi. IPB. Bogor. 1-12.
- Diosady, L.L., Alberti, J.O., Venkatesh Mannar, M.G. and Stone, T. 1997.** Stability of Iodine in Iodized Salt Used for Correction of Iodine Deficiency Disorders. *Food and Nutrition Bulletin* 18(4): 388-96.
- Diosady, L.L., Alberti, J.O., Venkatesh Mannar, M.G. and Stone, T. 1998.** Stability of Iodine in Iodized Salt Used for Correction of Iodine Deficiency Disorders II. *Food and Nutrition Bulletin*. 19(3): 239-49.
- Edmonds, J.S., and Morita, M. 1998.** The Determination of Iodine Species in Environmental and Biological Samples. *IUPAC. Pure Appl. Chem.* 79(8): 1567-1584.
- Jayashree, S, and Naik, R.K. 2000.** Iodine Losses in Iodised Salt Following Different Storage Methods. *Indian J. Pediatr.* 67(8): 559-561.
- Kathleen, A.S., and Peter H.S. 2003.** Sensitive Determination of Iodine Species, Including Organo-iodine, for Freshwater and Seawater Samples Using HPLC and Spectrophotometric detection. *Analytica Chimica Acta*. 482: 59-71.
- Pandav, C.S, Narendra, K.A., Anand K., Rajan, S., Smita, P., Madhu, G.K. 2000.** Validation of Spot-Testing Kits to Determine Iodine Content in Salt. *Bull. WHO*. 78 (8): 975-980.
- Saksono, N., 2003.** Stabilitas Iodium pada Cabai Ketumbar dan Merica. *J. GAKY Indones*. Vol 4 No. 2. ISSN 1421-5951.
- Wang, G.Y., Zhou, R.H., Wang, Z., Shi L., Sun M. 1999.** Effects of Storage and Cooking on the Iodine Content in Iodized Salt and Study on Monitoring Iodine Content in Iodized Salt. *Biomed. Environ. Sci.* 12 (1): 1-9.
- World Health Organization. 1999.** World Health Organization Sets Out to Eliminate Iodine Deficiency Disorder. WHO. WHA in Geneva.