ISSN 2579-8588
Darussalam Nutrition Journal, Mei 2017, 1(1):8-15

STABILITAS KADAR IODIUM DALAM GARAM FORTIFIKASI KALIUM IODIDA(KI) MENGGUNAKAN NaFeEDTA

(*Iodine stability in fortified salt of potassium iodide (KI) using NaFeEDTA*)

Sinta Mukti Permatasari[1], Siti Helmiyati[2], Slamet Iskandar[3]

ABSTRACT

One of nutritional problems that responsible to the growth quality and quantity of human body is IDD (Iodine Deficiency Disorders). It needs more attention, because the effect of IDD is very large. One of them is related to mental and intelligent development. Many intervention have done in Indonesia to handle IDD, such as iodine fortification in salt. But iodine in salt is easy to evaporated. Therefore, we need an effective method to protect iodine so that iodine in salt can be stable for a long time. The aim of this study was to find a simple fortification method of iodine and ferrum. This Study have done experimentally in a laboratory for a month, by pre-post test with control. Salt was fortified with potassium iodide 50 ppm and variation of NaFeEDTA (0%; 0,02%; 0,05%; 0,1%). Salt was stored in closed packages and analyzed with iodometri method every 7 days for a month, repeated twice. Retention of KI was increased every exams. The increase of KI from the highest to the lowest after 28 days are concentration 0%; 0,05%; 0,1%; and 0,02%, p value >0,05. No KI reductionduring storage. Statistically, there was no effect variation of NaFeEDTA concentration to the stability of iodine in fortified salt with potassium iodide in close storage condition.

Keywords: *stability of KI, fortification, NaFeEDTA, closed storage.*

ABSTRAK

Salah satu masalah gizi yang bertanggungjawab terhadap terhadap kualitas pertumbuhan dan kuantitas tubuh manusia adalah GAKI (Gangguan Akibat Kekurangan Iodium). Masalah ini membutuhkan perhatian khusus, karena efek GAKI sangat luas. Salah satunya terkait perkembangan mental dan kecerdasan. Banyak intervensi yang dilakukan di Indonesia untuk mengatasi GAKI, misalnya fortifikasi iodium di garam. Akan tetapi iodium sangat mudah menguap. Oleh karena itu, kita memerlukan metode efektif untuk melindungi iodium agar iodium dalam garam dapat stabil untuk waktu yang lama. Tujuan penelitian ini adalah menemukan metode fortifikasi sederhana untuk iodium dan ferrum. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium selama 1 bulan, dengan *pre-post test with control*. Garam difortifikasi dengan Kalium Iodida 50 ppm dan variasi NaFeEDTA (0%; 0,02%; 0,05%; 0,1%). Garam disimpan dalam tempat tertutup dan dianalisa dengan metode iodometri setiap 7 hari dalam 1 bulan, diulang dua kali. Retensi KI meningkat setiap pemeriksaan. Peningkatan KI dari yang tertinggi sampai terendah selama 28 hari adalah pada konsentrasi 0%; 0,05%; 0,1%; and 0,02%, *p value* >0,05. Tidak ada pengurangan kadar KI yang terjadi selama penyimpanan. Hasil uji statistik mengatakan bahwa tidak ada pengaruh variasi penambahan NaFeEDTA terhadap kestabilan iodium dalam garam fortifikasi KI pada penyimpanan tertutup.

Kata kunci: stabilitas KI, fortifikasi, NaFeEDTA, penyimpanan tertutup

***Korespondensi:**
[1]·Program Studi S1 Ilmu Gizi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Darussalam Gontor. Surel: sinta.mukti.p@gmail.com
[2]·Program Gizi dan Kesehatan, Fakultas Kedokteran, Universitas Gadjah Mada
[3]·Program Studi Ilmu Gizi, Poltekkes, Yogyakarta

PENDAHULUAN

Salah satu masalah gizi yang terkait dengan kualitas dan kuantitas hidup manusia adalah GAKI (Gangguan Akibat Kekurangan Iodium). Gangguan akibat kekurangan iodium (GAKI) adalah gangguan tubuh yang disebabkan oleh kekurangan iodium sehingga tubuh tidak dapat menghasilkan hormon tiroid (Rusiawati *et al.* 1993).

Salah satu cara penanggulangan kekurangan iodium adalah melalui fortifikasi garam dapur dengan iodium (Almatsier, 2013). Fortifikasi pangan adalah penambahan satu atau lebih zat gizi (nutrien) kepangan. Tujuan utama adalah untuk meningkatkan tingkat konsumsi dari zat gizi yang ditambahkan untuk meningkatkan status gizi populasi (Siagian, 2003). Fortifikan utama yang digunakan dalam fortifikasi iodium dalam garam adalah kalium iodida (KI) dan kalium iodat (KIO_3) (Howson *et al.* 1998).

Adanya zat-zat pengotor dalam garam seperti Fe, Pb, Ca, Mn, dan Sr akan mempercepat terjadinya pelepasan I_2.Iodium bebas akan mudah menguap ke udara (Day *et al.* 1999). Kemasan selama penyimpanan garam akan mempengaruhi kandungan iodium. Selain itu suhu dan kelembaban udara juga berpotensi untuk mengurangi kadar iodium di dalam garam. Penyimpanan garam di tempat terbuka dan tertutup rapat dalam kemasan juga akan mempengaruhi kandungan iodium garam dapur (Soetrisno, 1988).

NaFeEDTA merupakan pengkelat besi yang berhasil digunakan sebagai fortifikan makanan pada beberapa penelitian di negara berkembang (Mendoza *et al.* 2001). NaFeEDTA memiliki bioavailabilitas besi yang tinggi, khususnya pada makanan yang mengandung inhibitor besi. Sehingga NaFeEDTA sangat efektif sebagai fortifikan dalam mengatasi masalah anemia defisiensi besi (Zhu, 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi NaFeEDTA pada garam fortifikasi Kalium Iodida (KI) terhadap stabilitas kadar iodium pada kondisi penyimpanan terbuka. Sejauh pengetahuan peneliti, penelitian tentang stabilitas kadar iodium dalam garam fortifikasi kalium iodida (KI) dengan penambahan NaFeEDTA belum pernah dilakukan sebelumnya.

METODE

Desain, tempat dan waktu

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimental murni dengan design penelitian *pre-post with control design*. Variasi NaFeEDTA yang ditambahkan yaitu 0%, 0,02%, 0,05%, 0,1%. Penelitian dilakukan dengan 1 unit perlakuan, 4 unit percobaan, 5 kali pemeriksaan dan 2 kali ulangan pemeriksaan sehingga terdapat 40 satuan percobaan titrasi iodometri sampel. Penelitian dilakukan di Laboratorium Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, yang berlangsung selama 28 hari. Pertimbangan penelitian dilakukan selama satu bulan berkaitan dengan bioavailabilitas garam dapur.

Jumlah dan cara mendapatkan bahan

NaFeEDTA dibuat dengan metode yang dikemukakan oleh Layrisse *et al.* (1977). Kompleks NaFeEDTA disiapkan dengan mencampurkan mol per mol larutan Na_2EDTA dan larutan pembawa ferri nitrat dan sejumlah tracer $FeCl_3$. Na_2CO_3 kemudian ditambahkan ke dalam larutan sampai mencapai pH 5. Komplek NaFeEDTA yang terbentuk diendapkan menggunakan etanol, setelah itu supernatan dibuang dan endapan dilarutkan dengan air. Komplek EDTA diendapkan kembali dengan etanol dan dicuci tiga kali dengan etanol[9].

Bahan utama penelitian adalah garam kasar (krosok) yang belum di fortifikasi

iodium. Jumlah garam yang digunakan adalah 5 kg. Garam ini dibeli di salah satu pasar tradisional di Yogyakarta. Sebelum difortifikasi, garam krosok dicuci dengan menggunakan aquades bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang ada pada garam. Pencucian akan efektif untuk menghilangkan zat pereduksi dalam garam apabila ukuran partikel garamnya diperkecil (Saksono, 2002). Lalu garam dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari dan dilakukan pengovenan agar lebih cepat kering. Garam kemudian dihaluskan dengan cara diblender, dan diukur kadar airnya menggunakan metode thermogravimetri. Garam dan NaFeEDTA diukur kadar Fe-nya dengan metode AAS.

Fortifikasi

Tahap berikutnya yaitu fortifikasi garam yang telah dihaluskan dengan penambahan KI 50 ppm (50 mg KI/kg garam). Fortifikasi iodium pada garam menggunakan metode *spray mixing* yaitu dengan menyemprotkan KI pada sampel garam. Pertama-tama KI sebanyak 250 mg dilarutkan dalam 25 ml aquades. Kemudian larutan KI dimasukkan ke dalam sprayer dan selanjutnya disemprotkan pada sampel garam. Kemudian garam tersebut diaduk dengan alat sejenis *mixer* selama ± 15 menit agar garam dan KI diharapkan dapat tercampur homogen. Kemudian menambahkan NaFeEDTA dengan variasi konsentrasi 0% (tanpa penambahan NaFeEDTA), 0,02% (200 mg NaFeEDTA/1 kg garam), 0,05% (500 mg NaFeEDTA/1 kg garam) dan 0,1%(1000 mg NaFeEDTA/1 kg garam). Garam yang telah difortifikasi KI dan NaFeEDTA kemudian dimasukkan ke dalam plastik rekatan untuk selanjutnya disimpan di dalam ruangan yang tidak terkena sinar matahari secara langsung yaitu pada suhu kamar 25^0C dan kelembapan sekitar 50-70%. Setelah itu dilakukan analisa kadar KI dengan metode iodometri sebanyak 8 kali setiap 7 hari.

Pengolahan dan analisis data

Data hasil pengujian kadar KI dihitung berdasarkan rumus perhitungan kadar KI. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi NaFeEDTA terhadap stabilitas kadar KI selama 28 hari penyimpanan dilakukan uji One Way Anova karena data terdistribusi normal. Analisa statistik dilakukan dengan komputer menggunakan program olah data.

HASIL

Kadar air, Fe, dan warna garam fortifikasi

Sebelum dilakukan fortifikasi, garam yang sudah dihaluskan lebih dahulu diukur kadar air dan kadar Fe. Hasil pengukuran terdapat pada Tabel 1 dan 2. Garam yang telah difortifikasi KI+NaFeEDTA kemudian di lihat penampakan warna garam yang terjadi.

Hubungan lama waktu dengan kadar KI

Dari hasil penelitian dengan metode iodometri diperoleh kadar iodium yang berbeda-beda antar variasi penambahan NaFeEDTA. Persentase retensi kadar KI pada kondisi penyimpanan tertutup dengan pemeriksaan selama 28 hari dapat dilihat pada tabel 4.

Hubungan variasi konsentrasi NaFeEDTA dengan retensi KI

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi konsentrasi penambahan NaFeEDTA terhadap stabilitas iodium dalam garam fortifikasi kalium iodida (KI) pada penyimpanan tertutup dilakukan uji statistik Anova karena data terdistribusi normal. Hasil uji Anova dapat dilihat pada tabel 5.

Dari hasil uji anova pada tabel 5, didapatkan nilai p sebesar 0,634. Dari nilai p ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa tidak ada pengaruh variasi kadar NaFeEDTA terhadap kestabilan iodium dalam garam

fortifikasi iodium pada kondisi penyimpanan tertutup. Hal ini ditunjukkan dengan nilai p > 0,05 (tidak bermakna). Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi kadar NaFeEDTA sebesar 0%; 0,02%; 0,05%; dan 0,1%, belum cukup mempertahankan kadar KI dalam garam dapur di tempat tertutup.

Tabel 1. Pengukuran kadar air pada garam

Sample	*Wet basis*	*Dry basis*
Garam 1 g	3,41%	3,53%

Tabel 2. Pengukuran kadar Fe dengan metode AAS

Sample	Kadar Fe
Garam 1 g	0.000174185 mg
NaFeEDTA 1 g	0,0571 mg

Tabel 3. Warna garam fortifikasi

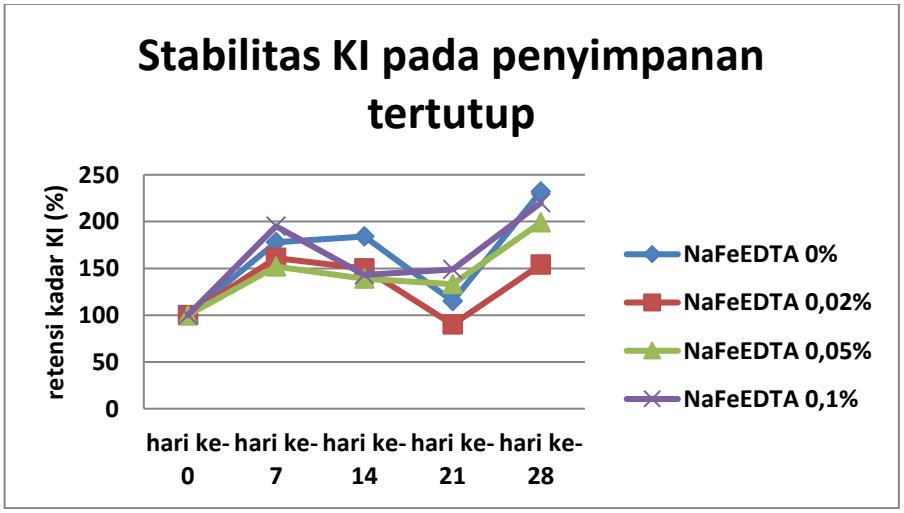
Konsentrasi	Warna
0%	Putih
0,02%	Putih keruh
0,05%	Agak kekuningan
0,1%	Kuning kusam

Tabel 4. Persentase retensi kadar KI pada penyimpanan tertutup

Hari Pemeriksaan	Variasi konsentrasi NaFeEDTA yang ditambahkan			
	0 %	0,02 %	0,05 %	0,1 %
0	100	100	100	100
7	178	161	152	195
14	184	150	139	143
21	115	90	133	149
28	232	154	199	220

Tabel 5. Hubungan perbedaan stabilitas KI antar variasi NaFeEDTA pada penyimpanan tertutup

Konsentrasi NaFeEDTA	Mean (rata-rata)	SD (standar deviasi)	Signifikan (p)
0 %	161,80	54,067	
0,02 %	131	33,287	0,634
0,05 %	144,60	35,949	
0,1 %	161,40	46,971	



Gambar 1. Stabilitas KI pada penyimpanan tertutup

PEMBAHASAN

Pada gambar 1 dapat dilihat grafik stabilitas KI pada penyimpanan tertutup. Grafik memperlihatkan retensi KI seiring dengan lama penyimpanan. Hasil ini ditunjukkan dengan 5 garis berbeda, yang memuat konsentrasi NaFeEDTA. Grafik yang terlihat rata-rata meningkat seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Peningkatan sudah terjadi pada hari ke-7 penyimpanan, kemudian mengalami fluktuasi sampai peningkatan rata-rata tertinggi pada hari ke-28. Peningkatan kadar KI tertinggi setelah 28 hari adalah pada konsentrasi 0%. Kemudian berturut-turut dibawahnya adalah konsentrasi 0,05%; konsentrasi 0,1%; dan terendah pada konsentrasi 0,02%.

Warna garam yang difortifikasi KI dan NaFeEDTA pada masing-masing konsentrasi penambahan NaFeEDTA berbeda. Perubahan warna ini berasal dari penambahan NaFeEDTA yang berwarna kuning. Penurunan derajat kecerahan ini juga diteliti oleh Soeid (2006), yang menyatakan bahwa selama 6 bulan penyimpanan, garam fortifikasi ganda iodium dan besi (GFG) akan mengalami perubahan derajat *brightness* dari 92% menjadi 86% (GFGa), dan 91% menjadi 84% (GFGb), serta 98% menjadi 97% (kontrol).

Pengukuran kadar air garam fortifikasi perlu dilakukan karena faktor kelembaban sangat berpengaruh terhadap stabilitas garam. Disamping itu, faktor kelembaban memacu terbentuknya warna kuning kecoklatan pada garam. Maka dengan hasil penelitian kadar air kurang dari 5% akan menjaga tingkat kekeringan garam fortifikasi ganda iodium dan besi (GFG) (Sulchan, 2005). Seperti kita ketahui bahwa keadaan yang kering akan meminimalkan turunnya kadar iodium pada garam.

Dari tabel 4 dapat dilihat persentase retensi kadar KI pada penyimpanan tertutup. Hasil yang terlihat pada tabel menunjukkan bahwa retensi kadar KI ada pada garam semakin besar karena kadar iodium tidak mengalami penurunan. Persentase yang didapat seiring dengan bertambahnya waktu penyimpanan justru semakin meningkat, jika dibandingkan dengan hari pertama. Hasil ini tidak berbeda untuk tiap konsentrasi NaFeEDTA yang ditambahkan.

Adapun grafik retensi iodium pada penyimpanan tertutup dapat dilihat dibawah ini:

(i) KI awal + $KIO_3 \rightarrow I_2$ (hilang dengan pemanasan)

(ii) KIO_3 sisa + KI 10% $\rightarrow I_2$ (titrasi)

Jika kadar KI awal semakin turun, maka iodium terikat pada KIO_3 sisa semakin banyak, sehingga I_2 akhir yang terbentuk semakin banyak. Volume titrasi akan menyesuaikan jumlah I_2 yang terbentuk. Sedangkan volume titrasi berbanding terbalik dengan ppm KI (rumus), sehingga semakin banyak I_2 yang terbentuk, ppm KI akan semakin kecil.

Hasil pada tabel 4 dapat dilihat pada gambar 1. Hasil tersebut dapat dijelaskan oleh konsep titrasi. Pada saat KIO_3 direduksi oleh KI dalam suasana asam akan terbentuk I_2, yang nantinya akan diukur dengan titrasi. Iodium terikat yang ada pada KIO_3 semakin lama waktu penyimpanan, akan semakin banyak seiring dengan berkurangnya kadar KI awal pada garam. Reaksinya adalah sebagai berikut:

Hubungan dengan lama penyimpanan dalam satu konsentrasi yang sama adalah, semakin lama penyimpanan, KI yang terdapat dalam garam akan semakin hilang (sedikit). Semakin lama penyimpanan, sisa

KIO_3 pun akan semakin banyak pada saat titrasi. Kandungan iodium dalam garam juga semakin banyak.

Ada beberapa penjelasan yang memungkinkan terjadinya fluktuasi kadar iodium pada garam, yaitu:

1. Homogenitas

   Pada gambar 1. grafik yang didapatkan tidak beraturan. Hal ini dapat dikarenakan homogenitas yang kurang pada saat pencampuran kalium iodida. Pada penelitian ini, pencampuran dilakukan dengan alat mixer. Pencampuran ini dilakukan dengan mencampur KI ke dalam 1 kg garam krosok, kemudian dicampur dengan 4 kg sisanya. Kemungkinan terjadinya kurang homogenitas sangat besar, mengingat alat yang digunakan adalah mixer sederhana. Hal ini menjelaskan bentuk kurva yang naik turun secara tidak signifikan.

2. Peningkatan kadar air

   Pada penelitian ini, pengukuran hari ke-0 tidak dilakukan langsung pada hari pertama garam dikemas. Hal ini dikarenakan terjadinya kesalahan prosedur titrasi yang harus diulang sampai 4 kali. Pengambilan garam pada tempat plastik HDPE yang sama. Pada saat pengambilan garam untuk dititrasi (25 gram), akan sangat memungkinkan adanya penambahan kadar air dari lingkungan. Pengambilan ini dilakukan selama 4 kali dalam rentan waktu 3 hari. Peningkatan kadar air akan membuat kadar KI semakin turun. Sehingga, kadar KI pada garam untuk pengukuran hari ke-0 akan lebih rendah daripada hari ke-7.

   Peningkatan kadar air masih dapat terjadi walaupun garam disimpan dalam plastik rekatan. Menurut Sulchan (2005), penyimpanan bahan pangan dalam kemasan plastik yang kedap air tetap mengalami proses kerusakan karena peningkatan kadar air. Hal ini disebabkan karena Polietilen (PE) atau PVC sebagai bahan baku plastik mempunyai permeabilitas yang cukup untuk keluar masuknya udara (turn over) yang lembab. Hal ini menjelaskan penurunan yang terjadi setelah pengukuran hari ke-7 sampai hari ke-21.

3. Peningkatan pH

   Pada penelitian ini, tidak dilakukan pengukuran pH setiap kali reaksi. Peningkatan pH oleh KIO_3 mungkin terjadi, sebagaimana penelitian Saksono (2002) dengan peningkatan hasil retensi KIO_3.

   Saksono (2002) juga meneliti tentang pengaruh waktu terhadap pH garam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH garam akan turun dalam penyimpanan 0 sampai 1 bulan, kemudian terus mengalami peningkatan sampai bulan 6. Pada penelitian ini, titrasi dilakukan setelah garam fortifikasi dibiarkan selama ±1,5 bulan. pH akan meningkatat paling drastis pada pemeriksaan hari ke-28, karena tepat 2 bulan garam disimpan.

   Adanya peningkatan pH disebabkan karena adanya kesetimbangan dari iodat yang menghasilkan ion OH^-, dengan reaksi sebagai berikut:

   $I^- + 6OH^- \leftrightarrow IO_3^- + 3H_2O + 6e$

   Dengan demikian, kadar iodium terikat pada KIO_3 sisa yang ada pada larutan akan semakin sedikit. Jumlah I_2 yang terbentuk juga sedikit, sehingga ppm KI akan lebih besar. Jumlah I_2 yang sedikit juga dapat dikarenakan I_2 yang dilepaskan larut dalam air dan membentuk kesetimbangan membentuk ion-ion atau senyawa

iodium lain selain I_2. Maka spesi-spesi tersebut tidak akan terdeteksi.

4. Sifat KI

   Pengaruh lain ketidakstabilan kadar KI yaitu sifat kalium iodida itu sendiri. Kalium iodida adalah bentuk yang paling tidak stabil (Sivakumar *et al.* 2001). Kalium iodida merupakan bentuk yang tidak stabil karena kelarutannya tinggi dalam air, kandungan iodium mudah hilang pada kondisi ekstrim, seperti cahaya, panas, dan kelembaban (Diosady *et al.* 1998).

Kalium iodida juga lebih mudah hilang jika garam beriodium terpapar sinar matahari, panas, temperatur yang tinggi, oksidator, kelembaban tinggi, keasaman tinggi, atau terdapat ketidakmurnian (kotoran) dalam garam (Sivakumar *et al.* 2001). Ketidakstabilan KI ini juga dikatakan dalam penelitian Diossady *et al.* (1998), yang menyatakan bahwa berdasarkan literatur, ditunjukkan bahwa iodat lebih stabil daripada iodida dalam fortifikasi garam.

Penurunan kadar KI juga disebabkan oleh adanya reduktor pada garam. Secara umum proses pencucian dapat mengurangi kandungan zat pereduksi. Pencucian menggunakan air bersih menunjukkan kandungan zat pereduksi yang lebih rendah dibanding pencucian menggunakan larutan garam. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi jumlah garam (NaCl) dalam larutan pencuci semakin kecil efek solvasi air. Bila senyawa pereduksi dalam garam adalah suatu senyawa polar, maka akan semakin banyak zat pereduksi tersebut tersolvasi oleh larutan air bersih dibandingkan larutan garam. Akibatnya pencucian dengan menggunakan air bersih akan lebih efektif untuk mengurangi kandungan zat pereduksi dalam garam. Akan tetapi pengaruh peningkatan jumlah garam dalam air bersih terhadap jumlah zat pereduksi yang hilang tidak begitu Nampak (Saksono, 2002).

KESIMPULAN

Dari penelitian didapat kesimpulan bahwa variasi konsentrasi penambahan NaFeEDTA tidak mempengaruhi stabilitas iodium dalam garam fortifikasi Kalium Iodida pada penyimpanan tertutup. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai stabilitas kadar iodium dengan lebih meminimalkan faktor-faktor resiko, dan dengan lama waktu pengukuran lebih dari 1 bulan.

DAFTAR PUSTAKA

Almatsier S. 2013. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Gramedia. Jakarta.

Day, RA.JR dan Underwood A.L. 1999. Analisa Kimia Kuantitatif. Erlangga. Jakarta.

Diosady LL, Alberti JO, Mannar MG, FitzGerald, S. 1998. Stability of Iodine Salt Used for Correction Iodine Deficiency Disorder.Food and Nutrition Bulletin. 18:388-396. The United Nations University.

Howson P, Christoper, Eileen T, Kennedy, Abraham H. 1998. Prevention of Micronutrient Deficiencies. National Academy Press. Wahington DC.

Layrisse, Miguel, Torres dan Carlos M. 1977. Fe(III)-EDTA Complex as Iron Fortification. American Journal

Lotfi, Mahshid; Manner MG, Venkatesh, Merx, Richard JHM, Heuvel, Petra Naber Van Den. 1996. Micronutrient Fortification of Food Current Practices, Research and Opportunities. The Micronutrient Initiative. Canada.

Mendoza, Concepcion; Viteri, Fernando E, Lonnerdal Bo, Raboy, Victor; Young, Kevin A, Brown, Kenneth

H. 2001. Absorption of Iron from Unmodified Maize and Genetically Altered, Low-Phytate Maize Fortified with Ferrous Sulfate or Sodium Iron EDTA. American Journal of Clinical Nutrition 73: 80-5.

Rusiawati, Yuyus dan Sutomo SM. 1993. Penanggulangan Gangguan Akibat Kekurangan Iodium di Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Departemen Kesehatan RI. Jakarta.

Saksono N. 2002. Studi Pengaruh Proses Pencucian Garam terhadap Komposisi dan Stabilitas Yodium Garam Konsumsi. Makara, Teknologi Vol. 6 No. 1.

Siagian A. 2003. Pendekatan Fortifikasi Pangan untuk Mengatasi Masalah Kekurangan Zat Gizi Mikro. USU digital library. Sumatra Utara.

Sivakumar B, Brahman GNV, Nair KM, Ranganathan,S, Rao M, Vishnuvardan, Vijayaraghavan K, Krishnaswamy K. 2001. Prospect of Fortification of Salt with Iron and Iodine. British Journal of Nutrition 85(2): 167-173.

Soeid NL. 2006. Pembuatan dan Uji Stabilitas Garam Fortifikasi Ganda dengan Kalium Iodat dan Besi Elemental Mikroenkapsulasi. Akta Komindo Vol.1 No.2: 123-130.

Soetrisno G. 1988. Pengaruh Jenis Kemasan Terhadap Stabilitas Kandungan Iodat Dalam Garam Konsumsi. Jurusan Pengolahan Hasil Pertanian FTP UGM. Yogyakarta.

Sulchan M. 2005. Efek Variasi Tempat dan Lama Penyimpanan terhadap Stabilitas Iodat Garam Dapur. Jurnal GAKY Indonesia 4 (1-3): 17-24.

Zhu L. 2007. NaFeEDTA as a Food Fortificant: From Mechanism to Application. School of Physical dan Mathematical Sciences, Division of Chemistry dan Biological Chemistry. Cornell University. New York.