

STUDI LITERATUR: STABILITAS MUTU DAN PERHITUNGAN KINETIKA REAKSI PENURUNAN KADAR IODIUM PADA GARAM

Chalista Octavianty Lumban Tobing, Heny Dewajani
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
chalistaoctavianty@gmail.com, [henyhp@yahoo.com]

ABSTRAK

Garam adalah salah satu bahan pelengkap masakan yang digunakan oleh seluruh orang di dunia. Di Indonesia kebutuhan garam dipenuhi oleh berbagai perusahaan swasta dan perusahaan negara. PT. Garam (Persero) adalah satu – satu perusahaan milik negara yang bergerak dalam industri *manufacture* garam. Iodium memiliki peran penting untuk membentuk hormon tiroksin yang berperan dalam metabolisme tubuh. Kestabilan kadar iodium dalam garam dapat turun selama proses pendistribusian, penyimpanan, dan pemasakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui laju reaksi penurunan kadar iodium, maksimum waktu penyimpanan garan, dan stabilitas mutu garam. Kondisi penyimpanan garam yang paling baik adalah dalam wadah berbahan kaca, berwarna gelap atau jauh dari cahaya matahari langsung, tertutup, dan disimpan pada suhu ruang antara 25°C - 30°C. Proses pemasakan dapat menurunkan kadar iodium pada garam sebesar $\pm 12,855\%$. Kadar Ca dan Mg pada garam menurun selama proses penyimpanan, namun kadar air pada garam meningkat. Kadar NaCl pada garam harus $\geq 97\%$ agar kadar pengotornya semakin rendah, dan garam memiliki kualitas yang baik. Berdasarkan hasil perhitungan, laju reaksi penurunan kadar iodum pada garam adalah 0,08312 ppm/hari dan waktu maksimum penyimpanan garam adalah 16 bulan.

Kata kunci: Garam, iodium, kinetika reaksi, kondisi penyimpanan.

ABSTRACT

Salt is one of the complementary ingredients used by all people in the world. In Indonesia, salt needs are met by various private companies and state companies. PT. Garam (Persero) is the only state-owned company engaged in the salt manufacturing industry. Iodine has an important role to form thyroxine hormone which plays a role in the body's metabolism. The stability of iodine levels in salt can decrease during the process of distribution, storage and cooking. The purpose of this study was to determine the rate of reaction to decrease iodine content, maximum storage time of salt, and salt quality stability. The best salt storage conditions are in glass containers, dark in color or away from direct sunlight, closed, and stored at room temperatures between 25 °C- 30 °C. The cooking process can reduce iodine levels in salt by $\pm 12,855\%$. Ca and Mg levels in salt decrease during the storage process, but the water content in salt increases. The level of NaCl in salt must be $\geq 97\%$ so that the levels of impurities in the salt get lower, and the salt has good quality. Based on the results of the calculation, the rate of reaction to decrease levels of iodum in salt is 0.08312 ppm/day and the maximum time of salt storage is 16 months.

Keywords: Iodine, kinetic reaction, salt, storage conditions.

1. PENDAHULUAN

Garam adalah kristal putih yang terbuat dari proses kristalisasi air laut. Di Indonesia kebutuhan garam dipenuhi oleh berbagai perusahaan swasta dan perusahaan negara. PT.

Garam (Persero) adalah satu – satu perusahaan milik negara yang bergerak dalam industri *manufacture* garam. Kandungan senyawa pada garam selain NaCl yaitu iodium. Iodium adalah salah satu mineral penting yang dibutuhkan oleh tubuh untuk pembentukan hormon tiroksin yang berperan dalam metabolisme tubuh. Senyawa iodium yang difortifikasi ke dalam garam adalah KIO_3 (Kalium Iodat). Dibandingkan dengan KI (Kalium Iodida) kalium iodat merupakan senyawa yang lebih stabil. Namun, kalium iodat adalah senyawa yang mudah menguap dan larut dalam air [1].

Kekurangan iodium dapat menyebabkan berkurangnya tingkat kecerdasan, pertumbuhan terhambat, penyakit gondok, kretin endemik (cebol), berkurangnya kemampuan mental dan psikologi, meningkatnya angka kematian prenatal, dan keterlambatan perkembangan fisik anak [2]. Sedangkan kelebihan iodium dapat menyebabkan *iodine-induced hyperthyroidism* (IIH), penyakit autoimun tiroid, dan kanker tiroid [3]. Menurut UNICEF (*The United Nations Children's Fund*), ICCIDD (*International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders*), WHO (*World Health Organization*), kebutuhan iodium setiap harinya yaitu 90 μg untuk anak usia 0 – 59 bulan, 120 μg untuk anak usia 6 – 12 tahun, 150 μg untuk dewasa diatas 12 tahun, dan 250 μg untuk wanita hamil dan menyusui [4].

Kadar iodium pada garam mudah hilang selama proses penyimpanan dan pemasakan, karena sifat dari iodium yaitu mudah menyublim pada suhu ruang [5]. Rasdiyanto, [6] melakukan penelitian pengaruh suhu dan waktu pemasakan terhadap kadar iodium dalam garam dan mendapatkan hasil sekitar 3 ppm sampai 9 ppm kadar iodium akan hilang saat proses pemasakan. Cahyadi, [7] melakukan penelitian pengaruh suhu, waktu, dan kelembaban terhadap penurunan kadar iodium pada garam. Adapun hasil yang didapatkan yaitu pada suhu 26°C dengan kelembaban 60% garam disimpan selama 2 minggu kadar iodiumnya menurun 2,48%, sedangkan pada suhu 40°C dengan kelembaban dan waktu sama penurunan iodium garam mencapai 32,22%.

Mengacu pada beberapa penelitian di atas, kajian ini dilakukan untuk mengetahui stabilitas mutu garam terhadap beberapa faktor selama proses penyimpanan dan proses pemasakan. Standar mutu garam yang akan dikaji adalah kadar iodium, kadar air, kadar Ca dan Mg, serta kadar NaCl. Pada studi literatur ini juga akan dilakukan proses perhitungan laju reaksi penurunan kadar iodium garam. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui waktu simpan maksimum penyimpanan garam, sehingga saat dikonsumsi kebutuhan iodium tubuh dapat tetap terpenuhi. Gbassi dkk., [8] melakukan penelitian penentuan kinetika reaksi penurunan kadar iodium pada garam dan mendapatkan hasil bahwa reaksi penurunan kadar iodium pada garam berorde satu dan memiliki nilai $k = 8,14 \pm 3,88 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. Cahyadi, [9] melakukan penelitian penentuan konstanta laju reaksi penurunan kadar iodat pada garam dan mendapatkan hasil nilai $k = 2,55 \times 10^{-8} \text{ mg kg}^{-1} \text{ hari}^{-1}$.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Prosedur Penelitian

Tahapan analisa kadar iodium mengacu pada prosedur penelitian di PT. Garam (Persero) dan mengacu pada penelitian Emelike dkk., [10], Prodhan dkk., [11], Bashar, [12], Amanati, [13], dan Wihardika, [14]. Tahapan Analisa kadar iodium, dimulai dengan melarutkan garam 25 gram kedalam aquadest 125 mL. Kemudian ditambahkan H_3PO_4 2mL dan

KI 0,0001 gram, lalu dititrasi dengan Na₂S₂O₃ hingga berwarna sedikit kuning. Ditambahkan amilum 2 mL dan titrasi kembali dengan Na₂S₂O₃ hingga berwarna bening.

2.2. Analisa Data

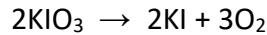
2.2.1. Analisa Kadar Kualitas Garam

Analisa kadar iodium, kadar NaCl, kadar Ca dan Mg mengacu pada prosedur analisa di PT. Garam (Persero) dan mengacu pada penelitian Abebe Ayelign, [15] dan Emelike dkk., [10]. Perhitungan kadar iodium, dengan rumus sebagai berikut :

$$iodium (ppm) = \frac{volumen\ titran \times 21.15 \times normalitas\ Na_2S_2O_3 \times 1000}{sampel\ garam (g)} \tag{1}$$

2.2.2. Analisa Kinetika Reaksi

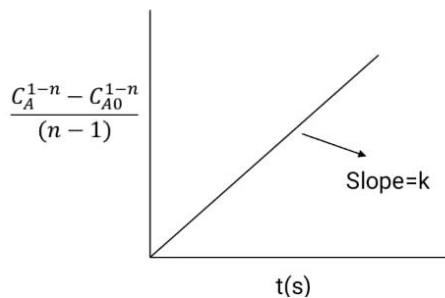
Perhitungan penentuan laju reaksi penurunan kadar iodium pada garam, akan dilakukan dengan menggunakan data pengamatan dari salah satu jurnal yang didapatkan. Reaksi penurunan kadar iodium pada garam [16] yaitu sebagai berikut:



Penentuan laju reaksi dngan metode integral orde ke – n akan mengacu pada persamaan 2 [17] yaitu,

$$\frac{C_A^{n-1} - C_{A0}^{n-1}}{(n-1)} = kt \tag{2}$$

Dari persamaan diatas akan dibuat dalam bentuk grafik untuk menentukan orde reaksi dan konstanta laju reaksi, sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Grafik tes untuk persamaan empiris orde ke – n
Sumber : Levenspiel, [17]

Persamaan laju reaksi penurunan kadar iodium pada garam dengan orde ke-n [17] yaitu:

$$-r_{KIO_3} = -\frac{dC_{KIO_3}}{dt} = kC_{KIO_3}^n \tag{3}$$

Penentuan waktu penyimpanan maksium digunakan persamaan deret aritmatika yaitu:

$$Un = a + (n - 1)b \tag{4}$$

Dimana:

- Un = Kadar iodium minimum sesuai SNI
- a = Kadar iodium awal / kadar iodium maksium sesuai SNI
- n = waktu maksium penyimpanan garam
- b = laju reaksi penurunan kadar iodium

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

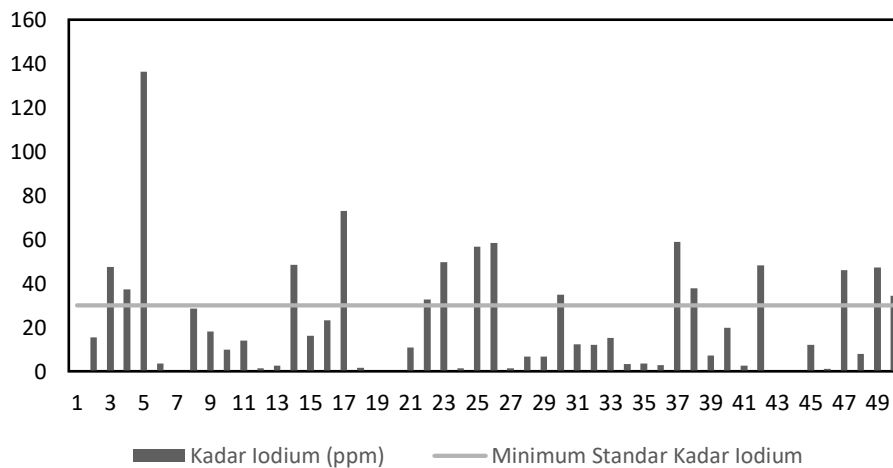
Garam sebagai penyuplai iodium, sudah seharusnya memiliki kandungan iodium yang sesuai untuk kebutuhan tubuh. Di Indonesia sendiri nyatanya masih terdapat beberapa merek garam yang memiliki kandungan iodium dibawah Standar Nasional Indonesia (SNI). Menurut hasil penelitian [19] yang disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil penelitian kadar iodium yang beredar di Kota Denpasar

No	Kadar Iodium	Jumlah Merek Garam
1.	< 30 ppm	14
2.	30 – 80 ppm	39
3.	> 80 ppm	7
Total		60

Sumber : Prihatiningsih, dkk [19]

Berdasarkan Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa masih terdapat 14 merek garam dari 60 sampel merek garam yang dijual di kota Denpasar memiliki kadar iodium dibawah standar. Hal ini dimungkinkan karena telah disimpan terlalu lama dalam toko sehingga kadarnya menurun.



Gambar 1. Kadar iodium pada beberapa merek garam yang dijual di Kota Blitar
 Sumber : Amanati, [13]

Dilihat dari grafik hasil penelitian Amanati, [13], menunjukkan bahwa 28 merek garam dari 50 sampel merek garam yang dijual di kota Blitar memiliki kandungan iodium dibawah standar dan terdapat 6 merek garam tidak mengandung iodium.

Beberapa penelitian penurunan kadar iodium pada garam menurut faktor cara penyimpanannya, disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil penelitian penurunan kadar iodium selama penyimpanan

No	Kondisi Penyimpanan			Penurunan iodium (%)	Sumber
	Waktu (minggu)	Suhu (°C)	Kondisi		
1.	3	25 - 30	-	8,84	Sugiani, H., dkk [16]
2.	4	25 - 30	terbuka	11,55	Prodhan., dkk [11]
3.	6	25 - 30	-	12,80	Emelike, dkk., [10]
4.	8	25 - 30	terbuka	62,8	O, Agu V., [18]
			tertutup	28,6	
5.	10	25 - 30	terbuka	26,55	Fallah, [20]
			tertutup	24,25	
6.	24	25 - 30	tertutup	12%	Bashar, [12]

Cara penyimpanan garam dengan kondisi terbuka menyebabkan penurunan iodium lebih cepat dari pada cara penyimpanan tertutup. Garam yang disimpan dalam kondisi terbuka, menyebabkan kandungan iodiumnya turun sebesar 11,55% hingga 62,8%. Sedangkan garam yang disimpan dalam kondisi tertutup, menyebabkan kadar iodiumnya turun sebesar 12% – 28,6%.

Hasil penelitian lainnya yang menunjukkan penurunan kadar iodium adalah hasil penelitian Wijawati dkk, [21], disajikan pada Tabel 3, berikut:

Tabel 3. Hasil penelitian penurunan kadar iodium

Wadah penyimpanan	Cara penyimpanan	Kondisi penyimpanan	Penurunan iodium (%)	Rata – Rata penurunan iodium (%)
Kaca bening	Terbuka	Terpapar cahaya	15,14	14,34
Kedap udara			8,12	
Kantong plastic			19,60	
Toples plastik			14,49	
Kaca bening	Tertutup	Terpapar cahaya	8,75	9,87
Kedap udara			1,73	
Kantong plastic			17,05	
Toples plastik			11,95	
Kaca bening	Terbuka	Tidak terpapar cahaya	9,39	11,95
Kedap udara			6,20	
Kantong plastic			18,33	
Toples plastik			13,86	
Kaca bening	Tertutup	Tidak terpapar cahaya	8,12	7,64
Kedap udara			0,46	
Kantong plastic			13,86	
Toples plastik			8,12	

Sumber : Wijawati dkk, [21]

Menurut Tabel 3, menunjukkan terdapat faktor kondisi penyimpanan dengan terpapar cahaya dan tidak terpapar cahaya yang juga mempengaruhi penurunan kadar iodium pada garam. Hal ini juga didukung oleh hasil penelitian Fallah, [20], yang menunjukkan jika garam disimpan pada kondisi tidak terpapar cahaya penurunan iodiumnya lebih rendah yaitu 14,61%, sedangkan jika pada kondisi terpapar cahaya penurunannya mencapai 26,55%.

Menurut hasil penelitian Wijawati dkk, [21], wadah penyimpanan yang paling baik secara berurutan adalah kedap udara, kaca bening, toples plastik, dan kantong plastik.

Hasil beberapa penelitian diatas, menunjukkan bahwa untuk menjaga kestabilan iodium, garam juga harus disimpan dalam kondisi tertutup. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kontak garam dengan udara secara langsung, karena udara mengandung uap air yang dapat meningkatkan kadar air pada garam, dimana karena kadar air dalam garam juga merupakan faktor yang mempengaruhi kestabilan iodium. Garam juga sebaiknya disimpan pada wadah kedap udara atau wadah kaca bening dan tidak terpapar cahaya, sehingga dapat juga digunakan wadah kaca gelap. Untuk suhu ruang penyimpanan garam juga dapat disimpan pada ruangan yang sejuk dengan suhu ruang antara 25-30°C. Ayelign, [15], juga menunjukkan bahwa jenis plastik pengemasan garam juga dapat menjadi faktor penurunan iodium. Hasil penelitian Ayelign, [15], disajikan pada Tabel 4 berikut:

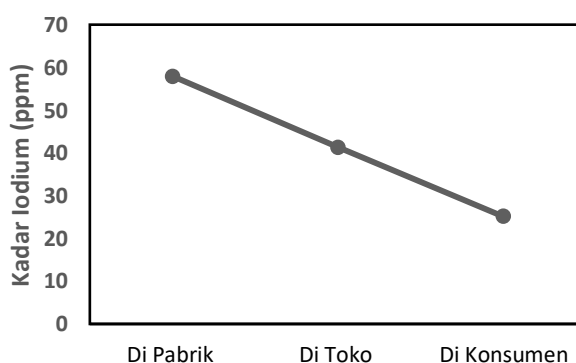
Tabel 4. Hasil penelitian penurunan kadar iodium terhadap faktor jenis plastik pengemasan

Suhu penyimpanan (°C)	Waktu penyimpanan	Bahan Pengemas Garam	Penurunan iodium
20 – 25	6 bulan	LDPE	22,55%
		HDPE	15,12%
		WHDPE	23,88%
40	18 hari	LDPE	17,58%
		HDPE	10,84%
		WHDPE	18,91%

Sumber : Ayelign, [15]

Berdasarkan tabel di atas, menunjukkan bahwa bahan plastik pengemas garam yang paling baik dalam menjaga kadar iodium garam adalah HPDE (*High Density Polyethylene*). Hal ini dikarenakan HDPE memiliki kepadatan atau densitas lebih besar dibandingkan LDPE yaitu 0,95 – 0,97 g/cm³, sedangkan LDPE hanya 0,91 – 0,94 g/cm³. Jika kemasan yang digunakan memiliki kerapatan partikel yang padat dapat membantu mencegah molekul air untuk masuk ke dalam garam dan menyebabkan kadar iodium garam turun.

Shawel dkk., [22], melakukan penelitian penurunan kadar iodium pada garam selama proses pendistribusian garam dan penyimpanan di dalam rumah. Hasil penelitian Shawel dkk., [22] dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Hasil penelitian penurunan kadar iodium pada proses pendistribusian

Sumber : Shawel dkk., [22]

Berdasarkan hasil penelitian Shawel dkk., [22] kadar iodium pada saat proses produksi yaitu $57,9 \pm 15,31$ ppm. Kadar iodium pada saat di *retailer* dan telah dicampur dengan garam yang telah disimpan kurang lebih 2 – 3 bulan yaitu $41,3 \pm 14,3$ ppm. Sedangkan kadar iodium pada garam setelah disimpan di rumah selama 1 – 2 bulan yaitu $25,1 \pm 22,5$ ppm. Pada bagian produksi ke bagian *retailer* kadar iodium turun kurang lebih 28,7% dan kadar iodium garam turun kurang lebih 39,2% dari bagian *retailer* ke bagian konsumen.

Kadar iodium pada garam juga dapat turun selama proses pemasakan. Berikut beberapa hasil penelitian penurunan kadar iodium pada garam selama proses pemasakan, disajikan pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil penelitian penurunan kadar iodium selama proses pemasakan

No.	Suhu (°C)	Persentase penurunan iodium (%)	Sumber
1.	50	0,76	Sugiani dkk, [16]
	100	1,66	
2.	100	1,52	Wihardika, [14]
	>100 (10 menit setelah mendidih)	1,56	
3.	60	1,62	Novitasari, [23]
	85	2,04	
	95	3,07	

Penurunan iodium pada proses pemanasan menunjukkan bahwa persentase penurunan iodiumnya tidak terlalu besar dibandingkan saat proses penyimpanan. Namun menurut hasil penelitian Sikdar dkk, [24], proses pemasakan pada berbagai jenis masakan menunjukkan penurunan kadar iodium yang cukup signifikan. Saat proses pemasakan dengan metode *pressure cooking* kadar iodium turun 13,28%, pemasakan dengan metode *boiling* kadar iodium turun 23,46%, pemasakan dengan metode *deep frying* kadar iodium turun 9,5%, dan pemasakan dengan metode *shallow frying* kadar iodium turun 5,18%.

Faktor yang dapat menurunkan kadar iodium pada garam yaitu adanya pengotor Ca dan Mg. Pengotor Ca dan Mg ini umumnya dalam bentuk senyawa CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 . Menurut Helmyati dkk, [25], senyawa pengotor tersebut merupakan senyawa higroskopis yang mudah menyerap molekul air di udara sehingga dapat meningkatkan kadar air pada garam. Kadar air juga merupakan faktor yang dapat menurunkan kadar iodium pada garam. Sugiani dkk., [16], menunjukkan bahwa kadar air pada garam semakin meningkat setelah disimpan selama 3 minggu, sedangkan kadar Ca dan Mg pada garam semakin menurun setelah disimpan, dan kadar iodium pada garam semakin menurun pula. Hasil penelitian Sugiani dkk., [16], dapat dilihat pada Tabel 6 hingga Tabel 8 berikut:

Tabel 6. Hasil penelitian kadar air setiap minggu

Minggu ke	Sesudah kristalisasi
I	6,3426%
II	7,1639%
III	7,8400%

Sumber : Sugiani dkk., [16]

Tabel 7. Hasil penelitian kadar Ca

Minggu ke	Konsentrasi Ca (ppm)			
	27°C	30°C	50°C	100°C
I	110,58	109,57	106,29	105,08
II	61,2	29,06	36,04	32,47
III	37,17	13,5	4,78	1,95

Sumber : Sugiani dkk., [16]

Tabel 8. Hasil penelitian kadar Mg

Minggu ke	Konsentrasi Mg (ppm)			
	27°C	30°C	50°C	100°C
I	3,1092	2,6537	2,2632	2,0872
II	2,0872	2,0123	1,9585	1,7535
III	0,71	0,45	0,31	0,12

Sumber : Sugiani dkk., [16]

Garam juga mengandung pengotor lain berupa Fe, Cu, dan Zn yang dapat mereduksi iodium pada garam [26]. Hal ini akan menyebabkan iodium berubah menjadi I_2 yang mudah menyulim dan hilang di udara. Jika kadar pengotor – pengotor pada garam ini cukup besar maka akan menyebabkan kadar iodium cepat untuk turun. Oleh karena itu, kadar NaCl pada garam harus tinggi, PT. Garam (Persero) menstandarkan kadar NaCl pada garam beriodium harus 97% agar kadar pengotornya rendah.

Penentuan laju reaksi penurunan kadar iodium pada garam juga telah dilakukan oleh Gbassi dkk, [8], menunjukkan bahwa reaksi penurunan kadar iodium pada garam berorde satu dan memiliki nilai $k = 8,14 \pm 3,88 \times 10^{-3} s^{-1}$. Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan laju]reaksi penurunan iodium pada garam dengan hasil penelitian dari Bashar, [12], yang disajikan pada Tabel 9, berikut:

Tabel 9. Hasil penelitian penurunan kadar iodium

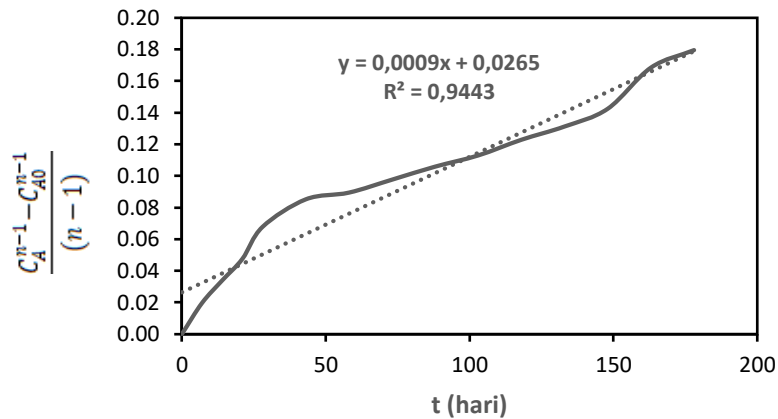
Waktu penyimpanan (hari)	Konsentrasi iodium (ppm)
0	39,19
7	38,66
14	38,28
21	37,92
28	37,39
43	36,94
58	36,83
73	36,62
88	36,41
103	36,23
118	35,98
133	35,77
148	35,49
163	34,85
178	34,58

Sumber : Bashar, [12]

Data pada Tabel 9 dilakukan perhitungan laju reaksi dengan metode perhitungan integral orde ke-n. Laju reaksi yang didapatkan akan digunakan untuk menghitung waktu penyimpanan garam maksimum. Perhitungan waktu penyimpanan maksimum ini didasarkan

pada kadar iodium minimum yang sesuai SNI yaitu 40 mg/kg. Kadar iodium menurut SNI adalah 80-30 mg/kg. Pada perhitungan waktu penyimpanan maksimum digunakan kadar minimum 40 mg/kg karena saat proses pemasakan kadar iodium akan Kembali turun kurang lebih sebanyak 12,88%. Sehingga jika saat proses pemasakan kadar iodium masih 40 mg/kg maka saat dikonsumsi kadar iodium akan menjadi 34,858% dan kadar ini masih sesuai dengan SNI. Sehingga diharapkan masyarakat tidak akan kekurangan iodium.

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai orde reaksi dari perhitungan dengan metode integral orde ke - n adalah 1,1 dan nilai konstanta laju reaksinya adalah 0,00158 hari⁻¹.



Gambar 3. Grafik perhitungan orde reaksi dengan metode integral orde ke-n

Hasil dari perhitungan laju reaksi disajikan pada Tabel 10 berikut:

Tabel 10. Hasil perhitungan laju reaksi

Ca (ppm)	-rA (ppm/hari)
39,19	0,08923
38,66	0,08790
38,28	0,08695
37,92	0,08605
37,39	0,08473
36,94	0,08361
36,83	0,08333
36,62	0,08281
36,41	0,08229
36,23	0,08184
35,98	0,08122
35,77	0,08070
35,49	0,08001
34,85	0,07842
34,58	0,07775
Rata – Rata Laju Reaksi	0,08312

Dari hasil perhitungan laju reaksi menunjukkan bahwa kadar iodium pada garam turun sebanyak 0,08312 mg/kg setiap harinya. Sehingga waktu maksimum penyimpanan garam adalah 16 bulan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil studi literatur stabilitas mutu garam selama proses penyimpanan mengalami penurunan pada parameter konsentrasi Ca, konsentrasi Mg, dan konsentrasi iodium. Sedangkan untuk parameter konsentrasi air mengalami kenaikan. Stabilitas mutu garam pada parameter konsentrasi iodium juga mengalami penurunan selama proses pemasakan. Penurunan konsentrasi iodium selama proses penyimpanan sebesar 12 – 28,6% dan selama proses pemasakan turun sebesar 12,86%. Laju reaksi penurunan kadar iodium pada garam yaitu 0,08312 ppm/hari. Berdasarkan hasil perhitungan laju reaksi menunjukkan bahwa garam dapat disimpan selama 16 bulan.

REFERENSI

- [1] Subhan., 2014, *Analisis Kandungan Iodium Dalam Garam Butiran Konsumsi yang Beredar di Pasaran Kota Ambon*, Jurnal Fikratuna, Vol. 6, No. 2, Juli – Desember, 290–295.
- [2] Lindawati., 2006, *Pengaruh Waktu Penyimpanan dan Pemanasan terhadap Kadar Iodium dalam Garam Beriodium*, Laporan Tugas Akhir II Jurusan Kimia, Universitas Negeri Semarang.
- [3] Safitri, R., 2019, *Analisa Kadar Iodium pada Garam Dapur dari Berbagai Merek di Pasar Sukaramai Medan*, Karya Tulis Ilmiah, Politeknik Kesehatan Kemenkes Medan.
- [4] Chowdhury, S., 2015, *Iodine Deficiency and Excess: Effect on Health*, Journal of Enam Medical College, Vol. 5, No. 2, Mei, 68 – 70.
- [5] Liu, Y., 2007, *Determination of Iodide and Iodate in Aqueous Solution*, Thesis in Chemistry, Texas Tech University.
- [6] Rasdiyanto, A., 2018, *Pengaruh Variasi Waktu Pemanasan terhadap Penurunan Kadar Iodium dalam Garam Dapur dengan Metode Iodometri*, Karya Tulis Ilmiah, Politeknik Kesehatan Bhakti Setya Indonesia.
- [7] Cahyadi, W., 2008, *Pengaruh Lama Penyimpanan, Kelembaban Relatif (RH) dan Suhu terhadap Kestabilan Garam Beriodium*, Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, Vol. 19, No. 1, 40-46.
- [8] Gbassi, G.K., Yao, T.N.S.J., Atheba, P.G., Yehe, M.D., Brou, G.A., Ake, M., Trokourey, A., 2017, *Kinetic Approach of Iodine Quantification in Dietary Salts*, Open Journal Physical Chemistry, Vol. 7, 27–34.
- [9] Cahyad, W., 2006, *Penentuan Konstanta Laju Penurunan Iodat dalam garam Beriodium*, Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, Vol. 17, No.1, 38-43.
- [10] Emelike, N. J. T., Achinewhu, S. C., Ebere, C. O., 2017, *Effect of Storage on the Iodine Content of some Table Salts Sold at a Local and a Super Market in Port Harcourt, Nigeria*, Sky Journal of Food Science, Vol. 6 No. 1, 1 – 6.
- [11] Prodhan, U. K., Alim, Md. A., Kabir, Md. H., Pulak, M. R., 2014, *Measurement of Iodine Availability and Stability of some Iodized Salts in Bangladesh*, International Journal of Research in Engineering and Technology, Vol. 3, No. 1, Januari, 470 – 474.
- [12] Bashar, A. K. M. K., Ahmed, M. W., Uddin, M. B., 2016, *Assessment of Iodine Content in Three Different Brands of Commercial Sodium Chloride at Retailer and Consumer Level*, International Journal of Animal Resources, Vol. 1, No. 2, Juli, 9 – 16.
- [13] Amanati, L, 2017, *Karakteristik Kandungan KIO₃ pada Garam Konsumsi Beryodium yang Beredar di Kota Blitar*, Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri, Vol. 2, No. 2,

November, 64 – 70.

- [14] Wihardika, L., 2017, *Pengaruh Lama Pendidihan Terhadap Kadar Kio3 Pada Garam Beryodium Merk "X"*, Jurnal Wiyata Peneliti Sains dan Kesehatan, Vol. 2, No. 2, 146–150.
- [15] Ayelign, A., Urga, K., Retta, N., 2012, *The Stability of Micronutrients in Fortified Food Stuffs After Processing and Storage: Iodine in Salt and Iron in Wheat Flour*, African Journal of Microbiology Research, Vol. 6, No. 20, Mei, 4226 – 4323.
- [16] Sugiani, H., Previanti, P., Sukrido, S., Pratomo, U., 2015, *Penentuan Pengaruh Pemanasan Dan Waktu Penyimpanan Garam Beriodium Terhadap Kalium Iodat*, Chimica et Natura Acta, Vol. 3, No. 2, Agustus, 66–69.
- [17] Levenspiel, O., 1999. *Chemical Reaction Engineering*, 3th edition. John Wiley & Sons, Oregon State University.
- [18] O, Agu. V., 2019, *Stability of Iodine in Selected Commercial Iodized Salt Samples Sold in Anambra State, Nigeria*, Specialty Journal of Knowledge Management, Vol. 4, No.3, 1 – 3.
- [19] Prihatiningsih, D., Novitasari, S., 2017, *Hubungan Kondisi Penyimpanan terhadap Kualitas Iodium dalam Garam di Tingkat Penjual yang Beredar di Pasar Tradisional di Denpasar Utara Tahun 2017*, Jurnal Chemistry, Vol. 4, No.1, Juli, 10 – 15.
- [20] Fallah, S. H., Khalilpour, A., Amouei, A., Rezapour, M., Tabarinia, H., 2020, *Stability of Iodine in Iodized Salt Against Heat, Light, and Humidity*, International Journal of Health and Life Science, Vol. 6, No. 1, 1 – 6.
- [21] Wijawati, A., Asiarini, W. D., 2017, *Pengaruh Wadah, Kondisi dan Cara Penyimpanan terhadap Perubahan Kadar Iodium dalam Garam*, Jurnal Ilmu Kesehatan, Vol. 9, No. 1, Maret, 7–14.
- [22] Shawel, D., Hagos, S., Lachat, C. K., Kimanya, M. E., Kolsteren, P., 2010, *Post – Production Losses in Iodine Concentration of Salt Hamper the Control of Iodine Deficiency Disorders: A Case Study in Northern Ethiopia*, Journal of Health Population and Nutrition, Vol. 28, No. 3, Januari, 238 – 244.
- [23] Novitasari, A. E., Muslimah, H., 2015, *Pengaruh Suhu Dan Waktu Pemanasan Terhadap Kadar Kalium Iodat (KIO3) Dalam Larutan Garam Beriodium*, Jurnal Sains, Vol. 5, No. 10, 1-8.
- [24] Sikdar, K. M. Y. K., Ganguly, A., Monjur-Al-Hossain, A. S. M., Faroque, A. B. M., 2016, *Estimation of Loss of Iodine from Edible Iodized Salt During Cooking of Various Bangladesh Food Preparations*, Dhaka University Journal of Pharmaceutical Sciences, Vol. 15, No. 2, Desember, 161 – 165.
- [25] Helmiyati, S., Narendra, Y. H., Septi, P., Rochyana, I., Endri, Y., 2014. *The Stability of Double Fortification of Salt with Iodine and Iron in Different Storage Conditions*, International Food Research Journal, Vol. 21, No. 6, 2183 – 2187.
- [26] Li, Y. O., Diosady, L. L., Wesley, A. S., 2010, *Iodine Stability in Iodized Salt Dual Fortified with Microencapsulated Ferrous Fumarate Made by an Extrusion-Based Encapsulation Process*, Journal of Food Engineering, Vol. 99, 232 – 238.