

Perjanjian No: III/LPPM/2015-02/3-P

**PENGARUH KUALITAS BAHAN BAKU DAN F:S PADA
PROSES PEMURNIAN GARAM DENGAN METODE
HIDROEKSTRAKSI *BATCH***



Disusun Oleh:

Angela Martina, S.T., M.T.

Dr. Ir. Judy R.B. Witono, M.App.Sc.

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Universitas Katolik Parahyangan

2015

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	ii
ABSTRAK.....	iv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar belakang.....	1
I.2 Masalah yang dikaji.....	2
I.3 Tujuan penelitian.....	3
I.4 Target luaran.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Natrium klorida (NaCl).....	4
II.2 Manfaat NaCl.....	4
II.3 Kualitas garam rakyat.....	5
II.4 Proses permurnian garam.....	5
BAB III. METODE PENELITIAN.....	8
III.1 Metodologi penelitian.....	8
III.2 Tata laksana penelitian.....	8
III.3 Bahan penelitian.....	9
III.4 Alat penelitian.....	9
BAB IV. JADWAL PELAKSANAAN.....	10
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	11
V.1 Perlakuan awal garam.....	11
V.2 Analisis bahan baku.....	11
V.3 Hidroekstraksi garam secara batch.....	11
V.3.1 Hidroekstraksi <i>batch</i> pada berbagai kualitas bahan baku.....	12
V.3.2 Hidroekstraksi <i>batch</i> pada berbagai F:S.....	14
V.4 Kualitas garam hasil hidroekstraksi batch.....	17
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	19
VI.1 Kesimpulan.....	19

VI.2 Saran	19
DAFTAR PUSTAKA	20

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk menjadi salah satu produsen garam dunia. Dengan garis pantai terpanjang keempat di dunia, Indonesia memiliki modal yang cukup untuk memproduksi garam dalam jumlah besar. Namun, kualitas garam rakyat yang dihasilkan masih belum dapat memenuhi standar kualitas garam untuk kebutuhan industri sehingga kebutuhan garam industri di Indonesia masih mengandalkan impor. Pengembangan teknologi pemurnian garam saat ini umumnya menggunakan bahan pengendap dan proses rekristalisasi, dimana proses ini membutuhkan energi panas yang cukup besar dan hasilnya pun masih belum dapat memenuhi SNI. Proses hidroekstraksi dapat menghasilkan produk garam dengan kemurnian 99,98% namun teknologi ini masih belum berkembang di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kualitas bahan baku (garam rakyat K1, K2, dan K3) dan F:S (1:30; 1:35; 1:40; 1:45; dan 1:50) terhadap kualitas garam hasil pemurnian menggunakan proses hidroekstraksi secara *batch*. Kualitas garam akan dianalisis berdasarkan kadar NaCl, Ca²⁺, dan Mg²⁺. Kadar NaCl tertinggi 98,89% diperoleh pada proses hidroekstraksi *batch* menggunakan bahan baku garam K2 dengan F:S = 1:45. Proses hidroekstraksi *batch* ini dapat menurunkan 86,90% kadar Ca²⁺ dan 95,65% kadar Mg²⁺.

Kata kunci : garam, pemurnian, hidroekstraksi, *batch*

BAB I. PENDAHULUAN

I.1 Latar belakang

Garam (NaCl) merupakan salah satu komoditi besar Indonesia. Sebagai pemilik garis pantai terpanjang keempat di dunia, Indonesia memiliki modal untuk memproduksi dan memenuhi kebutuhan garam nasional secara mandiri, baik untuk kebutuhan konsumsi maupun industri. Produksi garam nasional Indonesia mencapai 60 ton/Ha/tahun dari lahan seluas 5.116 Ha yang dikelola PT. Garam, sedangkan lahan seluas 25.542 Ha yang dikelola secara tradisional oleh rakyat hanya dapat memproduksi 40 ton/Ha/tahun (Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2010). Teknologi evaporasi air laut yang diterapkan oleh petani garam di Indonesia hingga saat ini hanya mampu menghasilkan garam dengan kadar NaCl 85-95% (Kusnarjo, 2000). Kualitas garam rakyat ini masih belum dapat memenuhi standar kualitas garam industri yang membutuhkan garam dengan kadar 98,5% sehingga Indonesia masih memenuhi kebutuhan garam industri dari impor garam. Standar garam industri dapat dilihat pada Tabel I.1. Impor garam nasional dari tahun 2003-2013 dapat dilihat pada Tabel 1.2 Untuk itu, diperlukan teknologi pemurnian lebih lanjut untuk dapat meningkatkan kualitas garam rakyat.

Tabel I.1 Standar garam industri

Parameter	Kadar, %			
	SNI	SII	Amerika	
			min	maks
NaCl	min. 98,5	min. 98,5	99,488	99,787
SO ₄ ²⁻	maks. 0,2	maks. 0,2	0,091	0,289
Mg	maks. 0,06	maks. 0,06	0,002	0,074
Ca	maks. 0,1	maks. 0,1	0,037	0,076
Partikel tak larut	-	-	0,002	0,066
H ₂ O	maks. 3	maks. 4	0,023	0,293

Sumber : Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia

Tabel I.2 Impor garam nasional

Tahun	Impor (Ton)
2009	1.700.000
2010	2.080.000
2011	2.830.000
2012	2.220.000
2013	1.920.000

Sumber : Kementerian Perdagangan

Hingga saat ini, teknologi pemurnian garam yang dikembangkan di Indonesia umumnya melibatkan proses pencucian, pelarutan, pengendapan, evaporasi, dan kristalisasi, di mana proses-proses ini membutuhkan bahan kimia tambahan untuk dapat mereduksi pengotor di dalam kristal garam. Selain itu, diperlukan pula energi panas yang cukup besar untuk dapat merekristalisasi garam. KREBBS Swiss memulai teknologi pemurnian garam dengan metode hidroekstraksi. Pada proses hidroekstraksi ini, kristal garam dicuci menggunakan larutan garam murni jenuh. Bahan baku berupa kristal garam yang masih segar dikontakkan menggunakan larutan garam murni jenuh secara kontinu, sehingga pengotor dalam kristal garam dapat ikut melarut bersama larutan garam murni jenuh sedangkan kristal garam tidak ikut melarut. Teknologi ini memungkinkan pemurnian garam dengan perpindahan massa dan energi yang lebih efisien. Hilang garam pada proses pencucian umumnya mencapai 10-40% (Wilarso, 1996 dan Sedivy, 2009), namun proses hidroekstraksi mampu mereduksi hilang garam hingga 1-2% saja (Sedivy, 2009). Energi panas pun hanya dibutuhkan untuk proses pengeringan saja karena garam hasil pemurnian sudah berupa kristal.

I.2 Masalah yang dikaji

Kualitas garam rakyat di Indonesia masih belum dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan garam industri, sehingga kebutuhan garam industri di Indonesia masih mengandalkan garam impor. Penelitian ini mengkaji mengenai teknologi pemurnian garam secara hidroekstraksi *batch* yang diharapkan mampu meningkatkan kualitas garam rakyat.

I.3 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Memanfaatkan garam rakyat untuk diproses lebih lanjut menjadi produk dengan kemurnian dan nilai jual lebih tinggi.
2. Mempelajari pengaruh kualitas bahan baku pada proses hidroekstraksi garam secara *batch* terhadap kualitas garam (NaCl , Ca^{2+} , Mg^{2+}) hasil pemurnian.
3. Mempelajari pengaruh F:S pada proses hidroekstraksi garam secara *batch* terhadap kualitas garam (NaCl , Ca^{2+} , Mg^{2+}) hasil pemurnian.

I.4 Target luaran

Hasil penelitian ini akan dipublikasikan melalui seminar nasional.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Natrium klorida (NaCl)

NaCl merupakan garam yang paling banyak ditemukan di dunia. NaCl murni berbentuk kristal kubik berwarna putih dengan sifat fisik seperti pada Tabel II.1.

Tabel II.1Sifat fisik natrium klorida murni

Parameter	
Massa molekul, g/mol	58,44
Bentuk kristal	kubik
Warna	tidak berwarna-putih
Refraksi indeks	1,5442
Densitas, g/mL	2,165
Titik leleh, °C	801
Titik didih, °C	1413
Kekerasan, skala Mohs'	2,5
Kapasitas panas, J/g.°C	0,853
Panas peleburan, J/g	517,1
Panas pelarutan, 1 kg H ₂ O, 25 °C, kJ/mol	3,757
Kelembaban kritis pada 20 °C, %	75,3

Sumber : Othmer, 1969

NaCl dapat diperoleh dari air laut, batuan garam, atau larutan garam alamiah. Umumnya NaCl mengandung pengotor berupa magnesium sulfat, magnesium klorida, kalsium sulfat, kalsium klorida, dan air. Pengotor di permukaan kristal umumnya direduksi dengan proses pencucian, baik menggunakan air maupun larutan garam jenuh. Sedangkan pengotor yang terjebak di dalam kristal umumnya direduksi dengan proses pelarutan, penambahan bahan pengikat pengotor, dan rekristalisasi.

II.2 Manfaat NaCl

NaCl banyak dimanfaatkan, baik dalam bidang industri maupun konsumsi. Industri-industri yang banyak memanfaatkan NaCl antara lain industri tekstil,

perminyakan, metalurgi, penyamakan kulit, pengolahan air, industri pembuatan natrium sulfat (Na_2SO_4), natrium karbonat (Na_2CO_3), natrium bikarbonat (NaHCO_3), dan industri klor alkali, yaitu industri yang menghasilkan klorin dan natrium hidroksida. Industri farmasi memanfaatkan NaCl dengan kemurnian tinggi (>99%) sebagai reagen dalam analisis laboratorium.

Untuk kebutuhan konsumsi rumah tangga, garam dapur dimanfaatkan sebagai bahan peningkat rasa makanan. Garam ditambahkan zat aditif berupa Kalium Iodida (KI) dan Kalium Iodat (KIO_3). Selain itu, garam dapat pula digunakan sebagai pengawet, penguat warna, bahan pembentuk tekstur, dan bahan pengontrol fermentasi.

II.3 Kualitas garam rakyat

Di Indonesia, garam rakyat dihasilkan secara tradisional melalui proses evaporasi air laut dengan bantuan cahaya matahari. Garam rakyat ini dapat diklasifikasikan menjadi garam K1, K2, dan K3. Garam K1 merupakan garam hasil proses kristalisasi pada larutan 26 – 29,5^oBe. Garam K1 memiliki kadar NaCl minimum 97,1% dan kadar air maksimum 4%. Garam K2 merupakan garam dengan kualitas lebih rendah daripada K1. Garam ini merupakan sisa kristalisasi pada konsentrasi larutan 29,5 – 35^oBe dan memiliki kadar NaCl minimum 94,7% dan kadar air maksimum 5%. Secara fisik, garam K2 berwarna kecoklatan. Garam K3 merupakan garam kualitas terendah. Garam ini merupakan sisa kristalisasi pada konsentrasi larutan di atas 35^oBe dan memiliki kadar NaCl kurang dari 94,7% dan kadar air lebih dari 5%. Secara fisik, garam K3 berwarna coklat dan masih bercampur lumpur (Kementrian Kelautan dan Perikanan).

II.4 Proses permurnian garam

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan umumnya melibatkan proses pengendapan Ca^{2+} dan Mg^{2+} menggunakan bahan pengikat pengotor (Widayat, 2009; Lesdantina, 2009; Sulistyanyingsih, dkk, 2010; Sugiyo, 2010; Mayasari,

2011). Kristal garam kotor dilarutkan, kemudian berbagai bahan pengikat pengotor (NaOH, NaH, Na₂CO₃, NaHCO₃, dan Na₂C₂O₄) ditambahkan ke dalam larutan garam kotor untuk mengendapkan pengotor (Ca²⁺ dan Mg²⁺). Endapan pengotor kemudian dapat difiltrasi untuk memisahkannya dari larutan garam bersihnya. Selanjutnya, larutan garam yang sudah bersih diuapkan kembali untuk mendapatkan kristal garam yang lebih murni. Proses penguapan dan kristalisasi ini membutuhkan energi panas yang cukup besar.

Proses pemurnian garam dengan hidroekstraksi memanfaatkan sifat kelarutan NaCl sebagai komponen utama dari garam. Dalam proses ini, pelarut yang digunakan bukan air, melainkan larutan garam (NaCl) murni jenuh. Larutan garam murni jenuh inilah yang dapat mengekstrak pengotor dari dalam kristal garam. Pengotor utama dalam garam yang berupa Ca²⁺ dan Mg²⁺ akan ikut melarut bersama larutan garam jenuh, sedangkan garam (NaCl) tidak akan ikut melarut. Proses pemisahan antara kristal garam hasil hidroekstraksi dengan larutan garam murni jenuh selanjutnya dapat dengan mudah dilakukan secara filtrasi. Energi panas pun tidak diperlukan untuk proses rekristalisasi sebagaimana dibutuhkan pada pemurnian menggunakan bahan pengendap. Panas hanya diperlukan untuk proses pengeringan kristal garam saja.

Proses pemurnian garam yang mengaplikasikan metode hidroekstraksi adalah proses SALEX (KREBBS Swiss) (Sedivy, 2009). Pengotor yang tak larut, seperti debu dan pasir yang ikut mengkristal dalam garam direduksi secara *hydromilling*, dimana kristal garam dihancurkan dan dicuci menggunakan larutan garam murni jenuh, sehingga pengotor yang tak larut yang erjebak di dalam kristal dapat keluar dan ikut terbawa dalam larutan garam murni jenuh. Sedangkan pengotor terlarut (terutama Ca²⁺ dan Mg²⁺) direduksi dengan proses pencucian. Kristal garam dikontakkan dengan larutan garam murni jenuh yang dialirkan secara *counter current*. Proses ini dapat mereduksi pengotor tak larut maupun terlarut di permukaan dan di dalam kristal garam hingga menghasilkan garam dengan kemurnian 99,7-99,8% NaCl.

Pemurnian garam dengan metode hidroekstraksi secara *batch* mampu menurunkan 78,21% Ca^{2+} dan 76,09% Mg^{2+} dengan kadar NaCl maksimum 98,34% (Martina, 2015). Pada percobaan ini, kristal garam yang digunakan adalah kristal garam rakyat K3 dengan ukuran partikel kasar, -10+20 mesh, dan -20+30 mesh. Kristal garam dikontakkan dengan larutan garam murni jenuh (F:S = 1: 10, 1:20, 1:30) di dalam gelas kimia tanpa pengaduk. Proses hidroekstraksi kemudian dilakukan selama 10, 30, dan 60 menit. Kadar NaCl maksimum diperoleh pada percobaan dengan ukuran partikel kristal garam K3 -20+30 mesh, F:S = 1:20, dan waktu ekstraksi 30 menit.

BAB III. METODE PENELITIAN

III.1 Metodologi penelitian

Pada penelitian ini, pemurnian garam dilakukan menggunakan proses hidroekstraksi *batch*. Kristal garam yang akan dimurnikan dikontakkan menggunakan larutan garam murni jenuh (larutan pengestrak). Proses ini memungkinkan pengotor dalam kristal garam tereduksi tanpa membuat kristal garam ikut melarut, sehingga proses pemisahan dan pengeringan kristal garam hasil pemurnian pun akan lebih mudah dilakukan.

Analisis garam bahan baku (garam rakyat) dan garam hasil hidroekstraksi mengacu pada metode analisis standar SNI 01-3556-2000 dan ASTM E534-98. Kualitas garam dinyatakan dalam persentase kadar NaCl, Ca²⁺, dan Mg²⁺.

III.2 Tata laksana penelitian

Penelitian dilakukan dalam gelas kimia 5 L dengan kecepatan pengadukan 50 rpm pada temperatur dan tekanan ruang dengan prosedur sebagai berikut :

1. Penyeragaman ukuran kristal garam bahan baku (-2,5+5 mesh)
2. Pengeringan kristal garam bahan baku menggunakan oven.
3. Analisis garam bahan baku (NaCl, Ca²⁺, Mg²⁺) dan garam industry murni.
4. Pembuatan larutan garam jenuh.
5. Pemurnian garam dengan metode hidroekstraksi *batch*.

Variabel penelitian meliputi :

- a. Kualitas bahan baku (K1, K2, K3)
 - b. F:S (1:30, 1:35, 1:40, 1:45, 1:50)
6. Pemisahan garam hasil pemurnian dari larutan pengestrak secara filtrasi.
 7. Pengeringan garam hasil pemurnian menggunakan oven.
 8. Analisis garam hasil pemurnian (NaCl, Ca²⁺, Mg²⁺).

Analisis kadar NaCl dilakukan menggunakan AAS, sedangkan analisis Ca^{2+} dan Mg^{2+} dilakukan menggunakan metode titrasi kompleksometri.

III.3 Bahan penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi garam rakyat dan garam industri murni, sedangkan bahan analisis yang digunakan meliputi aquaDM, NH_4Cl , $\text{NH}_4\text{Cl} - \text{NH}_4\text{Cl}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KCN, EBT, KOH, EDTA, CaCO_3 , Murexide, dan HCl.

III.4 Alat penelitian

Alat utama yang digunakan pada penelitian meliputi gelas kimia sebagai reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk, sedangkan alat pendukung meliputi gelas kimia, labu ukur, pipet ukur, corong kaca, *stopwatch*, buret, labu erlenmeyer, batang pengaduk, spatula, ayakan, oven, dan neraca digital.

BAB IV. JADWAL PELAKSANAAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, jalan Ciumbuleuit No.94, Bandung. Penelitian dilakukan selama 10 bulan. Jadwal penelitian dapat dilihat pada Tabel IV.1.

Tabel IV.1 Jadwal penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-1	Bulan ke-2	Bulan ke-3	Bulan ke-4	Bulan ke-5	Bulan ke-6	Bulan ke-7	Bulan ke-8	Bulan ke-9	Bulan ke-10
1	Studi pustaka										
2	Persiapan bahan baku dan alat penelitian										
3	Analisis bahan baku										
4	Pengolahan data dan hasil analisis bahan baku										
5	Proses pemurnian garam										
6	Analisis hasil penelitian										
7	Pengolahan data dan hasil penelitian										
8	Penyelesaian akhir laporan										

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

V.1 Perlakuan awal garam

Garam yang digunakan sebagai bahan baku pada penelitian ini merupakan garam rakyat K1, K2, dan K3. Ketiga kualitas garam rakyat ini diayak sehingga diperoleh partikel garam berukuran seragam -2,5+5 mesh. Pada penelitian ini dipilih partikel garam dengan ukuran yang cukup besar, yaitu -2,5+5 mesh. Ukuran ini mendekati ukuran partikel garam lokal yang diproduksi oleh petani garam di Indonesia. Setelah diperoleh ukuran partikel garam yang seragam, kristal garam dikeringkan dalam oven dengan temperatur 110°C selama 24 jam.

V.2 Analisis bahan baku

Analisis bahan baku garam K1, K2, K3 dan garam industri murni meliputi analisis kadar NaCl, Ca²⁺, dan Mg²⁺. Tabel V.1 menunjukkan hasil analisis kadar NaCl, Ca²⁺, dan Mg²⁺ garam K1, K2, K3, dan garam industri murni serta perbandingannya dengan SNI.

Berdasarkan hasil analisis, kualitas garam K1, K2, dan K3 belum memenuhi SNI, sedangkan garam industri murni yang akan digunakan sebagai larutan pengestrak dalam proses hidroekstraksi sudah memenuhi SNI. Diharapkan garam K1, K2, dan K3 yang akan dimurnikan dengan metode hidroekstraksi ini memiliki standar kualitas SNI.

V.3 Hidroekstraksi garam secara *batch*

Proses hidroekstraksi dilakukan dengan mengontakkan kristal garam K3 dengan larutan garam industri murni jenuh (larutan pengestrak) di dalam gelas kimia 5L dengan kecepatan pengadukan 50 rpm. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, kecepatan pengadukan dalam proses hidroekstraksi ini tidak berpengaruh signifikan (Martina, 2015), sehingga pada penelitian ini dipilih kecepatan pengadukan terendah, yaitu 50 rpm. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi variasi kualitas bahan baku garam K1, K2, dan K3 serta variasi F:S 1:30,

1:35, 1:40, 1:45, 1:50. Proses hidroekstraksi dilakukan hingga kadar Ca^{2+} dan Mg^{2+} di dalam larutan pengestrak sudah konstan. Pada kondisi ini dianggap proses telah mencapai kesetimbangan dimana sudah tidak ada perpindahan massa dari kristal garam ke larutan pengestrak. Kualitas garam hasil hidroekstraksi dapat dilihat pada Tabel V.2.

Tabel V.1 Hasil analisis perbandingan Na^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} garam rakyat serta garam industri murni dengan SNI

Parameter	Jenis Garam	Hasil Analisis	SNI Garam Industri
Kadar Na^+ (%b)*	K1	93,62	min. 98,5
	K2	92,11	
	K3	91,5	
	Industri	98,9	
Kadar Ca^{2+} (%b)**	K1	0,84	maks. 0,1
	K2	1,06	
	K3	1,8	
	Industri	0,09	
Kadar Mg^{2+} (%b)**	K1	1,09	maks. 0,06
	K2	1,73	
	K3	4,37	
	Industri	0,06	

*) Analisa menggunakan *atomic absorption spectroscopy* (AAS)

***) Analisa menggunakan metode titrasi kompleksometri

V.3.1 Hidroekstraksi *batch* pada berbagai kualitas bahan baku

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel V.2, rata-rata penurunan Ca^{2+} pada garam K1, K2, dan K3 cenderung lebih kecil dibandingkan penurunan Mg^{2+} . Kandungan Ca^{2+} dalam bahan baku garam K1, K2, dan K3 lebih sedikit dibandingkan dengan kandungan Mg^{2+} . Dalam larutan garam murni jenuh yang digunakan sebagai larutan pengestrak pun kadar Ca^{2+} yang terkandung di dalamnya sangat sedikit. Hal ini mengakibatkan perbedaan konsentrasi Ca^{2+} dalam larutan pengestrak dan kristal garam K1, K2, dan K3 lebih kecil dibandingkan perbedaan konsentrasi Mg^{2+} . Oleh karena perbedaan konsentrasi yang menjadi *driving force* perpindahan massa Ca^{2+} dari kristal garam ke dalam larutan pengestrak menjadi lebih kecil,

maka rata-rata penurunan Ca^{2+} menjadi lebih kecil dibandingkan rata-rata penurunan Mg^{2+} .

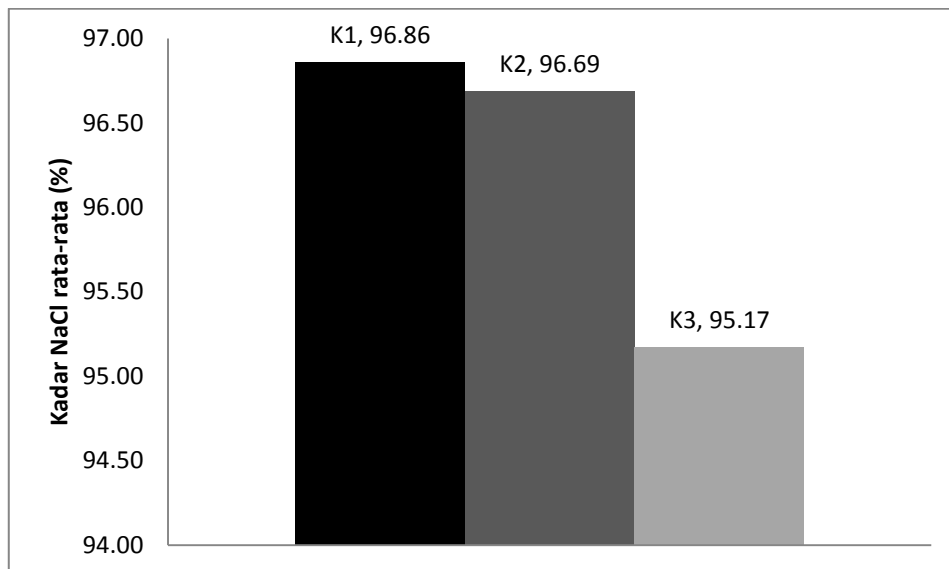
Tabel V.2 Kualitas garam hasil hidroekstraksi

Kualitas bahan baku	F:S	Kualitas garam hasil hidroekstraksi				
		Kadar Ca^{2+} (%)	Kadar Mg^{2+} (%)	%penurunan Ca^{2+}	%penurunan Mg^{2+}	Kadar NaCl (%)
K1	1:30	0,21	0,06	75,00	94,50	96,00
	1:35	0,11	0,19	86,90	82,57	96,88
	1:40	0,21	0,06	75,00	94,50	98,64
	1:45	0,11	0,10	86,90	90,83	96,19
	1:50	0,11	0,06	86,90	94,50	96,58
K2	1:30	0,32	0,19	69,81	89,02	94,13
	1:35	0,32	0,13	69,81	92,49	95,12
	1:40	0,42	0,10	60,38	94,22	97,36
	1:45	0,21	0,26	80,19	84,97	98,89
	1:50	0,32	0,19	69,81	89,02	97,94
K3	1:30	0,85	0,74	52,78	83,07	92,20
	1:35	0,53	0,19	70,56	95,65	94,54
	1:40	0,48	0,32	73,33	92,68	95,64
	1:45	0,37	0,19	79,44	95,65	96,69
	1:50	0,42	0,29	76,67	93,36	96,78

Kualitas bahan baku yang berbeda pun menghasilkan garam dengan kualitas yang berbeda pula. Semakin tinggi kualitas bahan baku semakin tinggi pula kemurnian garam yang dihasilkan. Rata-rata kadar Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang tersisa pada garam K1 (0,15%) paling rendah dibandingkan dengan kadar Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang tersisa pada garam K2 (0,32%) dan K3 (0,53%). Rata-rata kadar NaCl yang diperoleh pada garam K1 pun paling tinggi, yaitu 96,86%. Gambar 1 menunjukkan kadar NaCl rata-rata garam hasil hidroekstraksi pada berbagai kualitas garam.

Kadar Ca^{2+} dan Mg^{2+} pada garam K1 yang memang sudah lebih sedikit dibandingkan dengan garam K2 dan K3 mengakibatkan massa pengotor (Ca^{2+} dan Mg^{2+}) yang harus berpindah dari kristal garam ke dalam pengeksrak menjadi lebih sedikit sehingga larutan pengeksrak masih mampu mereduksi pengotor tersebut. Pada kualitas garam yang lebih rendah (K2 dan K3), massa Ca^{2+} dan

Mg²⁺ yang terkandung di dalamnya lebih banyak, sehingga larutan pengekrak pun harus mereduksi pengotor lebih banyak. Larutan pengekrak dapat mereduksi Ca²⁺ dan Mg²⁺ hingga batas jenuhnya. Seiring berjalannya proses hidroekstraksi, jumlah Ca²⁺ dan Mg²⁺ yang berpindah dari kristal garam ke dalam larutan pengekrak pun semakin banyak, sehingga kecepatan perpindahan massa Ca²⁺ dan Mg²⁺ menjadi lebih lambat.



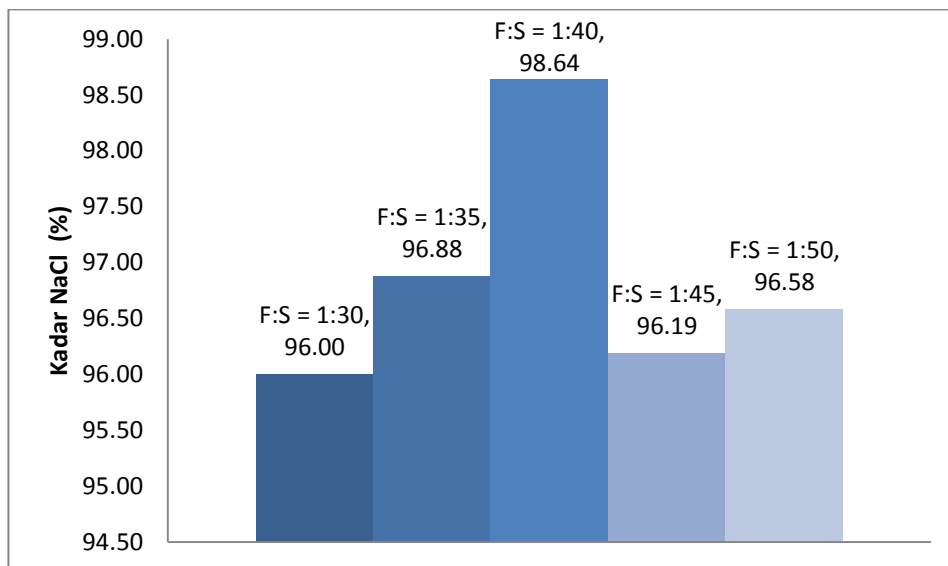
Gambar 1. Kadar NaCl rata-rata garam hasil hidroekstraksi pada berbagai kualitas garam.

V.3.2 Hidroekstraksi *batch* pada berbagai F:S

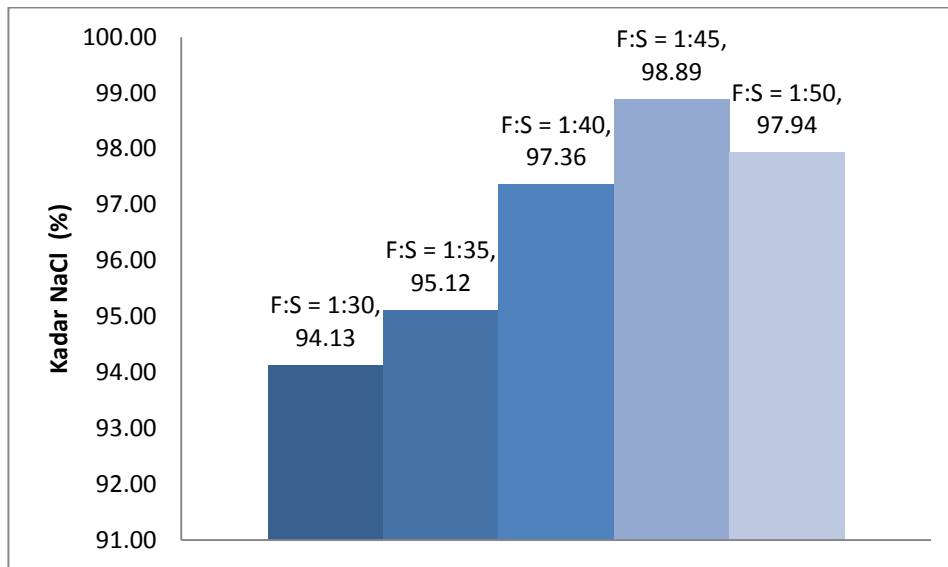
Berdasarkan hasil analisis pada Tabel V.2, penurunan Ca²⁺ dan Mg²⁺ pada F:S yang semakin besar cenderung lebih besar. Pada perbandingan F:S yang semakin besar, volume larutan garam jenuh yang digunakan sebagai larutan pengekrak pun semakin besar sehingga semakin banyak massa Ca²⁺ dan Mg²⁺ yang dapat berpindah dari kristal garam ke dalam larutan pengekrak. Akibatnya, pada akhir proses hidroekstraksi kadar NaCl yang diperoleh akan semakin besar (kemurnian garam lebih tinggi).

Berdasarkan hasil penelitian, kadar NaCl tertinggi dari setiap kualitas bahan baku diperoleh pada perbandingan F:S yang berbeda Kadar NaCl tertinggi bahan baku

garam K1 diperoleh pada F:S = 1:40, sedangkan kadar NaCl tertinggi bahan baku garam K2 diperoleh pada F:S = 1:45, dan kadar NaCl tertinggi bahan baku garam K3 diperoleh pada F:S = 1:50. Semakin tinggi kualitas bahan baku, semakin kecil F:S yang diperlukan untuk menghasilkan garam dengan kadar NaCl tertinggi. Hal ini disebabkan oleh kadar pengotor (Ca^{2+} dan Mg^{2+}) yang terkandung di dalam bahan baku garam. Semakin tinggi kualitas garam bahan baku, semakin sedikit massa Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang masih terkandung di dalamnya, sehingga larutan pengestrak dapat mereduksi Ca^{2+} dan Mg^{2+} hanya dengan volume yang sedikit. Sebaliknya, semakin rendah kualitas garam bahan baku semakin banyak massa Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang harus direduksi sehingga dibutuhkan lebih banyak larutan pengestrak (F:S lebih besar). Akibatnya, untuk memperoleh garam dengan kemurnian yang tinggi (kadar NaCl tinggi) diperlukan F:S yang lebih besar. Kadar NaCl pada berbagai F:S dapat dilihat pada gambar 2, gambar 3, dan gambar 4.



Gambar 2. Kadar NaCl garam hasil hidroekstraksi pada berbagai F:S dengan bahan baku garam K1

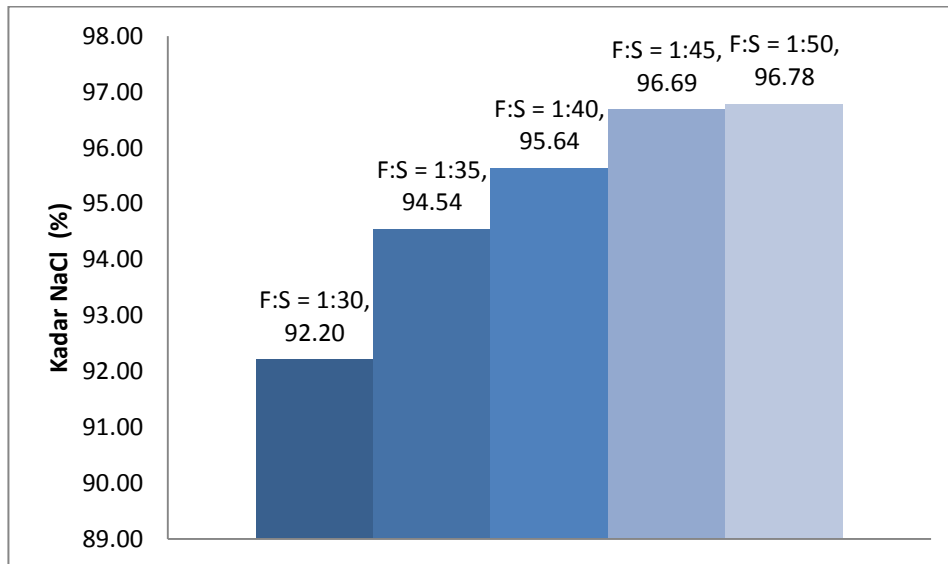


Gambar 3. Kadar NaCl garam hasil hidroekstraksi pada berbagai F:S dengan bahan baku garam K2

Berdasarkan profil pada gambar 2 dan gambar 3, profil kadar NaCl cenderung meningkat seiring peningkatan F:S hingga batas tertentu, kemudian kadar NaCl kembali menurun pada saat F:S terus ditingkatkan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan F:S tidak lagi memberikan hasil garam yang semakin murni. Volume larutan pengestrak mempunyai batas jenuh untuk dapat mereduksi Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang terkandung di dalam kristal garam. Di sisi lain, seiring berjalannya proses hidroekstraksi, perbedaan konsentrasi Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan Na^+ di dalam kristal garam dan larutan pengestrak pun semakin kecil. Hal ini mengakibatkan *driving force* untuk perpindahan massa Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari kristal garam ke dalam larutan pengestrak menjadi lebih kecil dan lebih sulit, sehingga pada batas ini sudah tidak dapat terjadi perpindahan massa Ca^{2+} dan Mg^{2+} lagi walaupun F:S ditingkatkan.

Berdasarkan gambar 4, kadar NaCl garam hasil hidroekstraksi cenderung semakin bertambah seiring peningkatan F:S. Hingga perbandingan F:S = 1:50, kadar NaCl yang diperoleh mencapai 96,78%. Garam hasil hidroekstraksi ini memang masih belum memenuhi SNI. Namun, dari profil peningkatan kadar NaCl terhadap F:S

tersebut, masih dimungkinkan terjadi peningkatan kadar NaCl jika F:S ditingkatkan. Masih perlu dilakukan penelitian dengan peningkatan F:S untuk mengetahui sejauh mana kadar NaCl masih dapat terus meningkat seiring peningkatan F:S.



Gambar 4. Kadar NaCl garam hasil hidroekstraksi pada berbagai F:S dengan bahan baku garam K3

V.4 Kualitas garam hasil hidroekstraksi *batch*

Kualitas garam hasil hidroekstraksi *batch* dibandingkan dengan kualitas garam industri murni yang ada di pasaran dan SNI. Analisis dilakukan berdasarkan uji visual (warna), analisis kadar NaCl, Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Tabel V.3 menunjukkan perbandingan kualitas garam hasil hidroekstraksi *batch* dengan standar pasar dan SNI.

Tabel V.3 Perbandingan kualitas garam hasil hidroekstraksi *batch* dengan SNI dan standar pasar

	Hasil hidroekstraksi	SNI	Standar pasar
Warna	putih kecoklatan	putih	putih
NaCl (%)	92.20-98.89	min. 98,5	98.9
Ca ²⁺ (%)	0.11-0.85	maks. 0.1	0.09
Mg ²⁺ (%)	0.06-0.74	maks. 0.06	0.06

Berdasarkan Tabel V.3, secara umum kualitas garam hasil hidroekstraksi *batch* masih belum memenuhi standar SNI, dimana kualitas garam industri harus memenuhi minimal keempat parameter uji tersebut. Berdasarkan uji visual, kristal garam hasil hidroekstraksi masih berwarna putih kecoklatan. Hal ini menunjukkan bahwa masih ada pengotor tak larut berupa debu atau lumpur yang masih terkandung di dalam kristal garam. Kadar NaCl tertinggi (98,89%) yang diperoleh sudah hampir memenuhi SNI, namun kadar Ca²⁺ dan Mg²⁺ pada run penelitian yang bersangkutan masih di atas SNI, sehingga garam masih dikatakan belum memenuhi SNI. Demikian pula pada kadar Mg²⁺ yang sudah memenuhi SNI (0,06%), kadar NaCl dan Ca²⁺ pada run penelitian yang bersangkutan masih di atas SNI. Namun proses hidroekstraksi *batch* ini dapat menurunkan 86,90% kadar Ca²⁺ dan 95,65% kadar Mg²⁺.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Semakin tinggi kualitas garam bahan baku, semakin tinggi kadar NaCl yang diperoleh.
2. Pada bahan baku garam K3, semakin besar F:S semakin tinggi kadar NaCl yang diperoleh.
3. Proses hidroekstraksi *batch* dapat menghasilkan garam dengan kadar NaCl tertinggi 98,89%.
4. Proses hidroekstraksi *batch* dapat menurunkan 86,90% kadar Ca^{2+} dan 95,65% kadar Mg^{2+} .
5. Berdasarkan warna, kadar NaCl, Ca^{2+} , dan Mg^{2+} , garam hasil penelitian ini masih belum memenuhi SNI garam industri.

VI.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan perbandingan F:S yang lebih besar.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan kinetika dan kondisi optimal proses hidroekstraksi *batch*.
3. Perlu dilakukan penelitian dengan metode hidroekstraksi secara kontinu.

DAFTAR PUSTAKA

Sedivy, V.M., (2006) : Environmental Balance Of Slat Production Speaks in Favour Of Solar Saltworks, <http://www.salt-partners.com/pdf/Beijing2009Paper.pdf> ., diakses tanggal 3 Januari 2015.

Sedivy, V.M., (2009) : *Processing of Salt For Chemical And Human Consumption*, 9th Symposium on Salt (ISBN 978-7-80251-213-9), Vol 2, p. 1385-1402, Beijing

Kementrian Kelautan dan Perikanan, (2007), *Panduan Pengembangan Usaha Terpadu Garam dan Artemia*, Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non Hayati Badan Riset Kelautan dan Perikanan Departemen Kelautan dan Perikanan.

Othmer, K., (1969) : *Encyclopedia of Chemical Technology*, 2nd ed., Vol 18, John Wiley and Sons Inc., USA

Martina, Angela, dan Judy Retti Witono, (2015) : *Pemurnian Garam dengan Metode Hidroekstraksi Batch*, Prosiding The 1st University Research Colloquium 2015 (ISSN 2407-9189), hal. 36-42, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.

Martina, Angela, Ginanjar K.P., Willy, dan Judy Retti Witono, (2015) : *Pemurnian Garam Rakyat Melalui Proses Hidroekstraksi Secara Batch*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia UNPAR 2015, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.