

Perjanjian No: III/LPPM/2014-03/06-P

**PEMURNIAN GARAM DENGAN METODE
HIDROEKSTRAKSI *BATCH***



Disusun Oleh:

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

Dr. Ir. Judy Retti Witono, M.App.Sc.

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Universitas Katolik Parahyangan

2014

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	ii
ABSTRAK.....	iv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar belakang.....	1
I.2 Masalah yang dikaji.....	3
I.3 Tujuan penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Natrium klorida (NaCl).....	4
II.2 Manfaat NaCl.....	5
II.3 Kualitas garam.....	5
II.4 Proses permurnian garam.....	6
II.5 Pemilihan metode penelitian.....	7
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.....	12
V.3.1 Hidroekstraksi <i>batch</i> pada berbagai ukuran kristal garam ...	13
V.3.2 Hidroekstraksi <i>batch</i> pada berbagai F:S.....	15
V.3.3 Hidroekstraksi <i>batch</i> pada berbagai waktu ekstraksi.....	17
V.4 Kualitas garam hasil hidroekstraksi batch.....	18
V.5 Hilang garam.....	18
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	20
VI.1 Kesimpulan.....	20

VI.2 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21

ABSTRAK

Garam merupakan salah satu komoditi besar Indonesia. Garis pantai perairan Indonesia dapat menjadi salah satu modal untuk memproduksi garam dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan garam nasional. Namun, kualitas garam industri di Indonesia masih menjadi kendala, sehingga kebutuhan garam industri masih mengandalkan garam impor, terutama dari Australia. Pengembangan teknologi pemurnian di Indonesia sendiri masih menggunakan bahan pengendap, dimana proses ini membutuhkan energi yang cukup besar dan hasilnya pun masih belum dapat memenuhi SNI. Penelitian ini bertujuan untuk mencari teknologi pemurnian garam yang dapat dilakukan dengan proses yang sederhana. Pemurnian garam dilakukan dengan proses hidroekstraksi secara *batch*, dimana kristal garam K2 berukuran kasar, -20+30 mesh, dan -10+20 mesh dicuci menggunakan larutan garam jenuh dengan F:S divariasikan 1:10, 1:20, dan 1:40. Proses ekstraksi dilakukan selama 10, 30, dan 60 menit. Kualitas garam hasil pemurnian ditentukan berdasarkan analisis kadar NaCl, Ca²⁺, dan Mg²⁺. Kadar NaCl tertinggi 98,34% diperoleh pada proses menggunakan kristal garam berukuran -20+30 mesh, F:S = 1:20, dan waktu ekstraksi selama 30 menit. Proses hidroekstraksi *batch* dapat menurunkan 78,21% Ca²⁺ dan 76,09% Mg²⁺.

Kata kunci : garam, pemurnian, hidroekstraksi

BAB I. PENDAHULUAN

I.1 Latar belakang

Garam (NaCl) dapat diperoleh dari bahan baku berupa air laut, batuan garam, dan larutan garam alamiah. Teknologi pemurnian garam yang diterapkan di masing-masing negara bergantung pada ketersediaan bahan baku ini. Hal ini pulalah yang mempengaruhi produksi dan kualitas garam yang dihasilkan. Indonesia sendiri sebenarnya memiliki modal untuk memproduksi dan memenuhi kebutuhan garam nasional secara mandiri, baik untuk kebutuhan konsumsi maupun industri. Dari total luas area produksi di seluruh Indonesia, PT. Garam mengelola 5.116 Ha dengan produksi garam mencapai 60 ton/Ha/tahun, sedangkan sisanya seluas 25.542 Ha dikelola secara tradisional oleh rakyat dengan produksi hanya 40 ton/Ha/tahun (Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2010). Hingga saat ini, petani garam hanya dapat menghasilkan garam dengan kadar 85-95% NaCl melalui proses evaporasi air laut (Kusnarjo, 2000). Kadar ini masih masih belum memenuhi standar kualitas garam industri yang membutuhkan garam dengan kadar 98,5%. Standar garam industri dapat dilihat pada Tabel I.1.

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

Teknologi pemurnian garam yang masih dikembangkan di Indonesia umumnya masih melibatkan proses pencucian, pelarutan, pengendapan, evaporasi, dan

kristalisasi, di mana proses-proses ini dilakukan untuk mereduksi pengotor yang terkandung dalam kristal garam. Reduksi pengotor yang terdapat di permukaan kristal dapat dilakukan dengan proses pencucian, baik menggunakan air ataupun larutan garam jenuh. Proses pencucian menggunakan air dapat mengakibatkan hilang garam 10-40% (Wilarso, 1996 dan Sedivy, 1996). Persentase kehilangan garam ini bergantung pula pada kondisi garam dan kadar NaCl yang terkandung dalam garam yang dicuci. Sedangkan pencucian menggunakan larutan garam jenuh dapat meminimalisasi kehilangan garam karena pada proses ini kristal garam yang dicuci menggunakan larutan garam jenuh, sehingga hanya pengotor saja yang akan melarut sedangkan kristal garam tidak akan ikut melarut.

Reduksi pengotor yang terdapat di dalam kristal umumnya dilakukan dengan proses pelarutan, pengendapan, evaporasi, dan kristalisasi. Kristal garam dilarutkan dalam air, dilanjutkan dengan penambahan bahan pengendap, seperti NaOH, NaH, Na_2CO_3 , NaHCO_3 , dan $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ untuk mengendapkan pengotor yang kemudian dapat difiltrasi untuk memisahkan pengotor tersebut dari larutan garam bersihnya. Larutan garam bersih ini kemudian dipanaskan hingga membentuk kristal garam yang lebih murni. Proses ini membutuhkan energi panas yang cukup besar untuk dapat menguapkan sisa air dan mengkristalkan kembali garam yang sudah dimurnikan.

Pada tahun 1996, KREBBS Swiss memulai teknologi pemurnian garam dengan metode hidroekstraksi. Pengotor pada permukaan kristal garam direduksi dengan proses pencucian menggunakan larutan garam jenuh. Bahan baku yang digunakan berupa garam yang masih segar, sehingga memungkinkan hilang garam hanya 1-2%. Selanjutnya, reduksi pengotor yang terdapat di dalam kristal dilakukan dengan metode *hydromilling*, dimana kristal garam dikecilkan ukurannya dan dicuci kembali menggunakan larutan garam jenuh. Pengecilan ukuran ini berfungsi untuk melepaskan pengotor yang terjebak di dalam kisi kristal.

Teknologi ini memungkinkan pemurnian garam dengan perpindahan massa dan energi yang lebih efisien karena luas kontak antara larutan garam jenuh dan partikel kristal garam lebih besar. Untuk memperoleh garam hasil pemurnian pun tidak dibutuhkan energi panas yang besar karena garam hasil pemurnian sudah berupa kristal, sehingga hanya dibutuhkan panas untuk proses pengeringan saja.

I.2 Masalah yang dikaji

Kualitas garam di Indonesia masih berada di bawah standar mutu yang ditetapkan oleh SNI, sehingga kebutuhan garam industri di Indonesia pun masih mengandalkan garam impor. Penelitian ini mengkaji mengenai teknologi pemurnian garam industri yang dapat diterapkan di Indonesia untuk meningkatkan kualitas garam industri.

I.3 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Memanfaatkan sumber daya alam (garam rakyat) untuk diproses lebih lanjut menjadi produk dengan nilai jual lebih tinggi (garam industri murni).
2. Mencari metode pemurnian garam yang dapat diterapkan di Indonesia untuk meningkatkan kualitas garam rakyat.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Natrium klorida (NaCl)

Natrium klorida (NaCl) merupakan garam yang paling banyak ditemukan di dunia. NaCl murni berbentuk kristal kubik berwarna putih dengan sifat fisik seperti pada Tabel III.1.

Tabel II.1 Sifat 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

Umumnya NaCl mengandung pengotor berupa magnesium klorida, magnesium sulfat, kalsium klorida, kalsium sulfat, dan air. Pengotor-pengotor ini dapat berada di permukaan kristal maupun terjebak di dalam kisi kristal. Pengotor di permukaan kristal umumnya direduksi dengan proses pencucian, sedangkan pengotor di dalam kristal umumnya direduksi dengan cara rekristalisasi, yaitu dengan melarutkan kristal kemudian mengkristalkannya kembali (Setyoprato dkk., 2003). Cara lain untuk mereduksi pengotor di dalam kristal adalah dengan *hydromilling*, dimana kristal garam dikesilkan ukurannya atau dipecah, sehingga pengotor di dalam kristal dapat dipisahkan (Sedivy, 1996).

II.2 Manfaat NaCl

NaCl dapat diklasifikasikan berdasarkan manfaat utamanya, yaitu garam proanalisis, garam konsumsi, dan garam industri. Garam proanalisis merupakan garam dengan kemurnian tinggi (>99%) yang digunakan sebagai reagen dalam analisis di laboratorium dan industri farmasi. Garam konsumsi umumnya digunakan untuk konsumsi rumah tangga (garam dapur) sebagai bahan peningkat rasa makanan. Untuk konsumsi rumah tangga, garam ditambahkan zat aditif berupa Kalium Iodida (KI) dan Kalium Iodat (KIO_3). Selain digunakan untuk meningkatkan rasa makanan, garam digunakan pula sebagai pengawet, penguat warna, bahan pembentuk tekstur, dan sebagai bahan pengontrol fermentasi.

Garam industri umumnya digunakan dalam industri perminyakan, metalurgi, tekstil, 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.

II.3 Kualitas garam

Di Indonesia, garam dikualifikasikan menjadi garam K1, K2, dan K3.

1. Garam K1 merupakan garam hasil proses kristalisasi pada larutan 26 – 29,5^oBe. Garam K1 memiliki kadar NaCl minimum 97,1%.
2. 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%. Secara fisik, garam K2 berwarna kecoklatan.
3. 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%. Secara fisik, garam K3 berwarna coklat dan masih bercampur lumpur.

II.4 Proses pemurnian garam

Untuk memperoleh garam industri dengan standar yang diinginkan, dibutuhkan proses pengolahan lebih lanjut. Beberapa penelitian yang pernah dilakukan berkenaan dengan proses pemurnian garam umumnya melibatkan proses pengendapan (Widayat, 2009; Lesdantina, 2009; Sulistyaningsih, dkk, 2010; Sugiyo, 2010; Mayasari, 2011). Berbagai bahan pengendap ditambahkan ke dalam larutan garam untuk mengendapkan pengotor. Selanjutnya, larutan garam yang sudah bersih diuapkan kembali untuk mendapatkan kristal garam. Proses penguapan dan kristalisasi ini membutuhkan energi panas yang besar. Dan hasilnya pun masih belum dapat memenuhi standar garam industri yang diinginkan.

Hidroekstraksi merupakan proses ekstraksi padat-cair menggunakan pelarut air. Ekstraksi padat-cair meliputi 2 tahap, yaitu :

1. Kontak pelarut dengan zat padat sehingga zat padat yang diekstraksi dipindahkan ke pelarut
2. Pemisahan larutan dari zat padat sisa

Dalam ekstraksi padat-cair terdapat beberapa faktor yang data mempengaruhi proses ini, yaitu :

1. Jumlah padatan yang ingin diekstrak
2. Ukuran partikel padatan
3. Jenis pelarut
4. Waktu ekstraksi
5. Metode ekstraksi

Proses pemurnian garam dengan hidroekstraksi memanfaatkan sifat kelarutan NaCl sebagai komponen utama dari garam. Dalam proses ini, pengotor dalam garamlah yang akan diekstrak keluar menggunakan pelarut berupa larutan garam murni (99%). Larutan garam murni akan melarutkan pengotor dalam kristal garam, sedangkan garam (NaCl) tidak akan ikut melarut.

Proses pemurnian garam yang mengaplikasikan metode hidroekstraksi adalah proses SALEX (KREBBS Swiss) (Sedivy, 1996). Proses ini dapat mereduksi kandungan pengotor, baik pengotor terlarut maupun tidak terlarut di permukaan dan di dalam kristal garam. Proses ini dapat menghasilkan garam dengan kemurnian 99,7-99,8% NaCl.

II.5 Pemilihan metode penelitian

Berdasarkan beberapa teknologi dan penelitian mengenai proses pemurnian garam yang pernah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode tersebut dapat dilihat pada Tabel II.6.

Berdasarkan Tabel II.6, pemurnian garam dilakukan lebih efektif dan efisien dengan metode hidroekstraksi. Proses ini melibatkan prinsip kelarutan garam dan pengotor yang terkandung di dalamnya. Pengontakan larutan garam jenuh sebagai larutan pencuci dengan unggun kristal garam pun ikut memberikan efek pada hasil proses pemurnian ini.

Tabel II.6 Kelebihan dan kekurangan beberapa metode pemurnian garam

Metode	Keuntungan	Kerugian
Pengendapan	Proses mudah Tidak ada kebutuhan energi / kecil Alat sederhana	Butuh bahan kimia tambahan Kemurnian maks. 96,46%
Evaporasi-kristalisasi	Kemurnian maks. 99,01%	Proses relatif lama Butuh energi (panas) Alat khusus (evaporator/kristaliser) Hilang garam > 10%
Pencucian dengan larutan garam jenuh (hidroekstraksi)	Kemurnian maks. 99,79% Hilang garam 1-2%	Teknologi ini belum berkembang

BAB III. METODE PENELITIAN

III.1 Metodologi penelitian

Pada penelitian ini, pemurnian garam dilakukan menggunakan proses hidroekstraksi, dimana kristal garam yang akan dimurnikan dicuci menggunakan larutan garam murni jenuh (larutan pengestrak). Pencucian kristal garam menggunakan larutan garam murni jenuh memungkinkan pengotor dalam kristal garam tereduksi tanpa membuat kristal garam ikut melarut, sehingga hilang garam dalam proses pencucian dapat diminimalisasi, pemisahan kristal garam hasil pemurnian pun akan lebih mudah dilakukan.

Analisis garam bahan baku (garam rakyat K3) 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 pada temperatur dan tekanan ruang dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pengeringan kristal garam bahan baku menggunakan oven.
2. Analisis garam bahan baku.
3. Pembuatan larutan garam jenuh.
4. Pemurnian garam dengan metode hidroekstraksi *batch*.

Variabel penelitian meliputi :

- a. ukuran kristal garam K3 (kasar, -10+20 mesh, -20+30 mesh)
 - b. F:S (1:10; 1:20; 1:40)
 - c. waktu ekstraksi (10, 30, 60 menit)
5. Pemisahan garam hasil pemurnian dari larutan pengestrak secara filtrasi.
 6. Pengeringan garam hasil pemurnian menggunakan oven.
 7. Analisis garam hasil pemurnian.

Analisis garam bahan baku dan garam hasil pemurnian meliputi analisis kadar NaCl dengan AAS, analisis Ca^{2+} dan Mg^{2+} menggunakan metode titrasi kompleksometri,.

III.3 Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bahan baku dan bahan analisis. Bahan baku yang digunakan adalah garam rakyat K3 dan garam industri murni. Bahan analisis yang digunakan dalam proses hidroekstraksi garam adalah aqua dm, NaCl, AgNO_3 , EDTA, CaCO_3 , HCl, NH_4Cl , NH_4OH , KCN, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, indikator EBT, indikator murexide, dan KOH.

III.4 Alat penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian meliputi alat utama dan alat penunjang. Alat utama yang digunakan adalah gelas kimia. Alat penunjang yang digunakan adalah *stopwatch*, ayakan, oven, necara, labu takar, erlenmeyer, buret, gelas kimia, dan gelas ukur.

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 menjadi bahan baku penelitian ini merupakan garam rakyat K3. Sebelum digunakan sebagai bahan baku, garam rakyat K3 diayak sehingga didapat partikel garam berukuran -10+20 mesh dan -20+30 mesh. Pada penelitian ini juga digunakan garam kasar tanpa perlakuan pengayakan.

Ukuran kristal garam yang lebih kecil akan memperpendek jarak tempuh pengotor (Ca^{2+} dan Mg^{2+}) yang terdapat di dalam kisi kristal garam, sehingga pengotor-pengotor tersebut akan lebih mudah terekstraksi. Selain itu, luas permukaan kontak kristal garam dengan larutan garam murni jenuh menjadi lebih besar, sehingga proses hidroekstraksi dapat berjalan lebih optimal.

Di sisi lain, karena sifatnya yang higroskopis, ukuran kristal garam yang lebih kecil akan membuat garam tersebut lebih mudah menyerap air. Hal ini mengakibatkan proses pengecilan ukuran dan pengayakan menjadi lebih sulit, karena kristal garam cenderung lebih basah dan saling menempel.

Setelah diperoleh ukuran kristal yang seragam, pengeringan kristal garam dilakukan di dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam. Supaya kristal garam tidak saling menempel satu sama lain, selama proses pengeringan, garam harus disebar merata pada *tray*.

V.2 Analisis bahan baku

Analisis bahan baku garam K3 dan garam murni meliputi analisis kadar NaCl, Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Tabel IV.1 memperlihatkan hasil analisis kadar NaCl, Ca^{2+} dan Mg^{2+} garam K3, garam industri murni, serta garam pro analisis dan perbandingannya dengan standar SNI.

Tabel V.1 Perbandingan kadar NaCl, Ca²⁺ dan Mg²⁺ garam K3, garam industri murni, serta garam pro analisis dengan standar SNI

Parameter	Kualitas garam	Hasil analisis	SNI garam industri
NaCl (%b)	K3	89,2	min. 98,5
	Industri	98,9	
	Pro analisis	99,5	
Ca ²⁺ (%b)	K3	0,35	maks. 0,1
	Industri	0,09	
	Pro analisis	-	
Mg ²⁺ (%b)	K3	0,80	maks. 0,06
	Industri	0,06	
	Pro analisis	-	

Berdasarkan hasil analisis, garam industri murni yang akan digunakan sebagai larutan pengekstrak dalam proses hidroekstraksi sudah memenuhi SNI. Diharapkan kristal garam K3 yang diekstraksi memiliki standar kualitas yang tidak begitu berbeda jauh dengan garam industri murni ini.

V.3 Hidroekstraksi garam secara *batch*

Proses hidroekstraksi garam secara *batch* dilakukan dengan mengontakkan kristal garam K3 dengan larutan garam murni jenuh (larutan pengekstrak) di dalam gelas kimia. Proses ekstraksi dilakukan berdasarkan variasi waktu ekstraksi, yaitu selama 10, 30, dan 60 menit. F:S divariasikan 1:10, 1:20; dan 1:40. Hasil analisis kadar NaCl, Ca²⁺, dan Mg²⁺ kristal garam hasil proses hidroekstraksi dapat dilihat pada Tabel V.2.

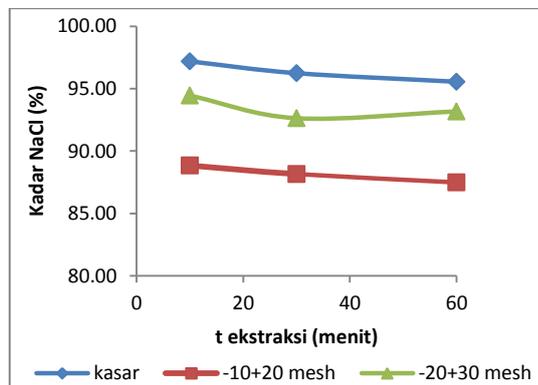
Tabel V.2 Kadar NaCl, Ca²⁺, dan Mg²⁺ kristal garam hasil proses hidroekstraksi

Ukuran partikel (mesh)	Kualitas garam hasil hidroekstraksi						
	F:S	waktu ekstraksi (menit)	Kadar Ca (%)	Kadar Mg ²⁺ (%)	% penurunan Ca ²⁺	% penurunan Mg ²⁺	Kadar NaCl (%)
-20+30	1:10	10	0,20	0,29	45,53	64,13	94,45
-20+30	1:10	30	0,24	0,22	34,64	73,70	92,63
-20+30	1:10	60	0,19	0,26	47,71	68,44	93,18
-20+30	1:20	10	0,12	0,37	67,32	54,57	93,92
-20+30	1:20	30	0,20	0,20	45,53	76,09	98,34
-20+30	1:20	60	0,14	0,24	60,78	71,31	98,08
-20+30	1:40	10	0,21	0,24	41,18	71,31	96,14
-20+30	1:40	30	0,09	0,21	73,86	74,18	95,22
-20+30	1:40	60	0,09	0,24	73,86	71,31	96,33
-10+20	1:10	10	0,12	0,33	67,32	59,35	88,84
-10+20	1:10	30	0,14	0,29	61,87	64,13	88,16
-10+20	1:10	60	0,21	0,31	41,18	62,70	87,49
-10+20	1:20	10	0,08	0,33	78,21	59,35	92,39
-10+20	1:20	30	0,10	0,31	72,77	61,74	93,11
-10+20	1:20	60	0,19	0,26	47,71	68,44	93,87
-10+20	1:40	10	0,14	0,28	60,78	65,57	93,95
-10+20	1:40	30	0,16	0,31	54,25	62,70	93,50
-10+20	1:40	60	0,14	0,26	60,78	68,44	95,23
kasar	1:10	10	0,20	0,35	45,53	56,96	97,19
kasar	1:10	30	0,16	0,31	56,43	61,74	96,24
kasar	1:10	60	0,21	0,42	41,18	48,35	95,56
kasar	1:20	10	0,18	0,41	50,98	49,78	94,13
kasar	1:20	30	0,24	0,35	34,64	56,96	94,71
kasar	1:20	60	0,19	0,26	47,71	68,44	97,03
kasar	1:40	10	0,12	0,40	67,32	51,22	96,11
kasar	1:40	30	0,16	0,31	54,25	62,70	95,48
kasar	1:40	60	0,19	0,28	47,71	65,57	94,98

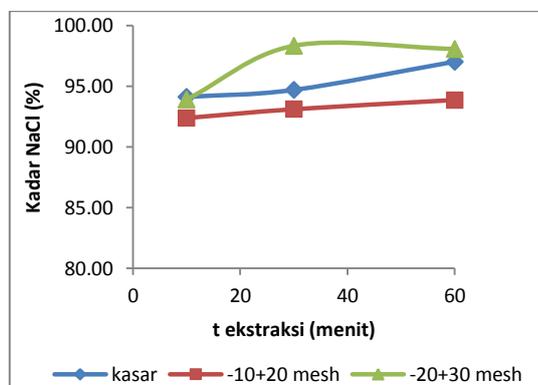
V.3.1 Hidroekstraksi *batch* pada berbagai ukuran kristal garam

Berdasarkan Tabel V.2, kadar NaCl tertinggi, yaitu 98,34% diperoleh pada ukuran partikel terkecil (-20+30 mesh). Pada ukuran partikel yang lebih kecil, luas permukaan kontak kristal garam dengan larutan pengekrak menjadi lebih besar,

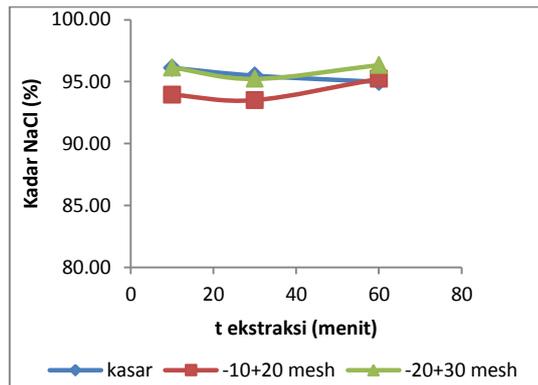
sehingga pengotor yang terdapat di permukaan kristal dapat dengan mudah tereduksi. Selain itu, pengotor yang terdapat di dalam kisi kristal pun akan lebih mudah terkestrak karena jarak tempuh pengotor dari dalam kisi kristal keluar menjadi lebih pendek. Gambar 1, gambar 2, dan gambar 3 menunjukkan kadar NaCl pada berbagai ukuran partikel. Ukuran partikel kecil (-10+20 mesh) cenderung menghasilkan garam dengan kadar NaCl lebih tinggi, namun pada F:S = 1:40 perbedaan kadar garam yang dihasilkan tidak terlalu signifikan karena perbedaan ukuran partikel yang digunakan tidak begitu berbeda. Untuk mendapatkan hasil yang lebih signifikan, penelitian dapat dilakukan menggunakan perbedaan ukuran partikel yang lebih signifikan.



Gambar 1. Kadar NaCl pada F:S = 1:10



Gambar 2. Kadar NaCl pada F:S = 1:20



Gambar 3. Kadar NaCl pada F:S = 1:40

% penurunan kadar Mg^{2+} cenderung lebih besar dibandingkan % penurunan Ca^{2+} . Kadar Mg^{2+} di dalam kristal garam lebih tinggi dibandingkan Ca^{2+} , sehingga perbedaan konsentrasi Mg^{2+} dengan larutan pengestrak pun lebih besar. Hal ini mengakibatkan *driving force* lebih besar dan perpindahan massa Mg^{2+} dari kristal garam menuju larutan pengestrak menjadi lebih mudah dibandingkan perpindahan massa Ca^{2+} . Selain itu, kelarutan Mg^{2+} jauh lebih besar dibandingkan kelarutan Ca^{2+} . Hal ini pulalah yang mengakibatkan Mg^{2+} lebih mudah ikut melarut ke dalam larutan pengestrak.

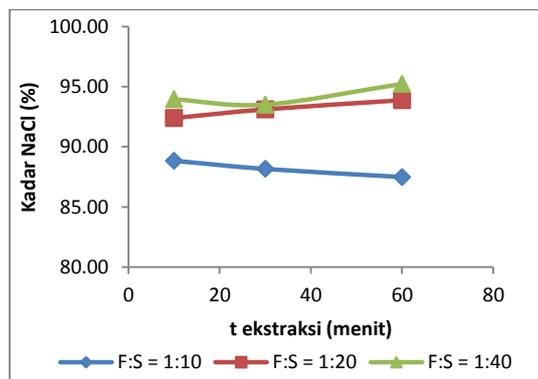
V.3.2 Hidroekstraksi *batch* pada berbagai F:S

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel V.4, penurunan Ca^{2+} dan Mg^{2+} pada ukuran partikel *-20+30 mesh* dan *-10+20 mesh* cenderung lebih besar dibandingkan pada partikel kasar. Namun, % penurunan Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang diperoleh pada kedua ukuran tersebut tidak begitu berbeda jika dibandingkan dengan ukuran partikel kasar. Perbedaan ukuran partikel yang tidak terlalu signifikan mengakibatkan perbedaan hasil analisis ini menjadi tidak terlalu signifikan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk perbedaan ukuran partikel yang lebih besar.

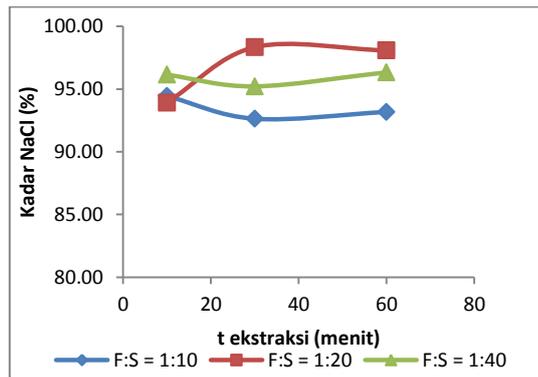
Perbandingan F:S pun mempengaruhi kualitas garam yang dihasilkan pada proses pemurnian dengan hidroekstraksi ini. Semakin besar F:S, semakin besar pula kadar NaCl dan % penurunan Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang diperoleh. Pada F:S yang

semakin besar, larutan pengestrak yang digunakan untuk proses hidroekstraksi pun semakin banyak, maka pengotor yang dapat diekstrak dari kristal garam pun akan semakin banyak pula. Akibatnya, pada akhir proses hidroekstraksi, Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang tersisa di dalam kristal garam hanya tinggal sedikit dan garam pun menjadi lebih murni (kadar NaCl lebih tinggi). Pada berbagai F:S pun, % penurunan Mg^{2+} pun cenderung lebih tinggi dibandingkan % penurunan Ca^{2+} . Dari hasil penelitian pada berbagai F:S, kadar Ca^{2+} dan Mg^{2+} terendah serta kadar NaCl tertinggi diperoleh pada perbandingan F:S terbesar (1:40). Kadar NaCl pada berbagai F:S dapat dilihat pada gambar 4, gambar 5, dan gambar 6.

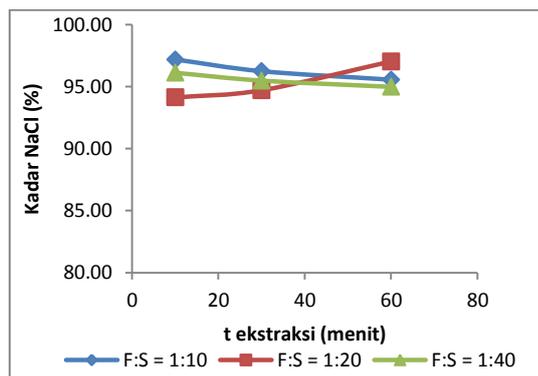
Perbandingan F:S ikut menentukan seberapa efisien dan efektif proses hidroekstraksi dapat dilakukan. Banyaknya larutan pengestrak yang digunakan dalam proses ini bergantung dari banyaknya garam yang ingin dimurnikan dan seberapa besar kadar pengotor (Ca^{2+} dan Mg^{2+}) yang ingin direduksi. Untuk mengetahui F:S optimum perlu dilakukan penelitian untuk mengamati profil perubahan konsentrasi Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam larutan pengestrak selama proses hidroekstraksi berlangsung. Pengamatan ini akan memberikan informasi banyaknya volume larutan pengestrak yang dibutuhkan untuk mereduksi pengotor hingga larutan tersebut tidak mampu lagi mengekstrak (mereduksi pengotor) pada jumlah bahan baku garam kotor tertentu.



Gambar 4. Kadar NaCl pada Ukuran Partikel -20+30 mesh



Gambar 5. Kadar NaCl pada Ukuran Partikel -10+20 mesh



Gambar 6. Kadar NaCl pada Ukuran Partikel Kasar

V.3.3 Hidroekstraksi *batch* pada berbagai waktu ekstraksi

Waktu ekstraksi pun menjadi salah satu faktor yang menentukan kualitas garam hasil pemurnian dengan metode hidroekstraksi. Semakin lama waktu ekstraksi akan semakin lama pula waktu kontak antara kristal garam dengan larutan pengeksrak, sehingga pengotor yang terdapat di permukaan kristal maupun di dalam kisi kristal akan lebih banyak tereduksi, sehingga pada akhir proses hidroekstraksi Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang tertinggal di dalam kristal garam hanya tinggal sedikit dan garam menjadi lebih murni (kadar NaCl lebih tinggi).

Tabel IV.2 menunjukkan kualitas garam hasil pemurnian dengan hidroekstraksi pada berbagai waktu reaksi. % penurunan Mg^{2+} lebih besar dibandingkan % penurunan Ca^{2+} , baik pada waktu ekstraksi 10, 30, maupun 60 menit. Mg^{2+} yang lebih mudah larut dalam larutan pengeksrak mengakibatkan Mg^{2+} lebih mudah tereduksi dibandingkan Ca^{2+} . Namun, kadar Ca^{2+} dan Mg^{2+} pada garam hasil

pemurnian tidak begitu berbeda, terutama pada waktu ekstraksi 30 dan 60 menit. Pada waktu ekstraksi yang terlalu lama, larutan pengeksrak yang digunakan akan semakin banyak mengandung pengotor (Ca^{2+} dan Mg^{2+}) sehingga perpindahan masa Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari kristal garam menuju larutan pengeksrak pun semakin lambat. Hal inilah yang mungkin mengakibatkan Ca^{2+} dan Mg^{2+} sulit atau bahkan sudah tidak dapat tereduksi lagi. Pengamatan profil konsentrasi Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam larutan pengeksrak selama proses hidroekstraksi berlangsung dapat ikut menentukan waktu optimum proses hidroekstraksi.

V.4 Kualitas garam hasil hidroekstraksi *batch*

Garam hasil hidroekstraksi dianalisis untuk membandingkan kualitas dengan garam industri murni yang ada di pasaran berdasarkan standar kualitas SNI. Analisis produk garam dilakukan berdasarkan uji visual, analisis kadar NaCl, Ca^{2+} , dan Mg^{2+} . Perbandingan kualitas garam hasil hidroekstraksi *batch* dengan standar SNI dan standar pasar dapat dilihat pada Tabel V.6.

Tabel V.6 Perbandingan kualitas garam hasil hidroekstraksi dengan SNI dan standar pasar

	Hasil hidroekstraksi	SNI	Standar pasar
Warna	putih kecoklatan	putih	putih
NaCl (%b)	87,49-98,34	min. 98,5	98,9
Ca^{2+} (%b)	0,08-0,24	maks. 0,1	0,09
Mg^{2+} (%b)	0,20-0,42	maks. 0,06	0,06

Berdasarkan Tabel V.6, kualitas garam hasil hidroekstraksi masih belum memenuhi SNI.

V.5 Hilang garam

Proses pemurnian garam dengan hidroekstraksi memungkinkan terjadinya hilang garam. Dalam hal ini hilang garam dapat berupa pengotor (Ca^{2+} , Mg^{2+} , debu, tanah, dan pasir) yang tereduksi maupun NaCl yang ikut melarut. Jika proses pemurnian dilakukan dengan metode pencucian dengan air, hilang garam berkisar

10-40%. Pada proses hidroekstraksi, hilang garam dapat diminimalisasi hingga 1-2% saja (Sedivy, 2006). Dalam hal ini, proses pemurnian dilakukan dengan pencucian menggunakan larutan garam murni jenuh, sehingga hanya pengotor saja yang akan ikut terlarut dan tereduksi, sedangkan NaCl tidak ikut melarut. Pada penelitian hilang garam masih berkisar 0,2-7,4%.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Semakin kecil ukuran partikel, semakin tinggi kadar NaCl yang diperoleh.
2. Semakin besar F:S, semakin tinggi kadar NaCl yang diperoleh.
3. Semakin lama waktu ekstraksi, semakin tinggi kadar NaCl yang diperoleh.
4. Proses hidroekstraksi batch dapat menghasilkan garam dengan kadar NaCl maksimum 98,34%
5. Proses hidroekstraksi *batch* dapat menurunkan 78,21% Ca^{2+} dan 76,09% Mg^{2+} .
6. Berdasarkan warna, kadar NaCl, Ca^{2+} , dan Mg^{2+} garam hasil penelitian masih belum memenuhi SNI.

VI.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan perbedaan ukuran partikel yang lebih signifikan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan kondisi optimal proses hidroekstraksi.
3. Perlu dilakukan penelitian dengan metode hidroekstraksi secara kontinu.

DAFTAR PUSTAKA

American Society for Testing and Materials, (1998) : *Standard Test Methods for Chemical Analysis of Sodium Chloride*, <http://en.blijoil.com/UserFiles/Uploads/E534.PDF>, diakses tanggal 27 April 2012

Anonim, (2002) : *SNI dan SII Garam Untuk Industri*, Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia.

Kementrian Perindustrian dan Perdagangan, <http://www.kemenperin.go.id/artikel/433/Kenenperin-Genjot-produksi-Garam-Nasional-Cheetam-Salt-Ltd-kabupaten-Nagekeo-Tandatangan-Mou>, diakses tanggal 23 September 2012

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

Lesdantina, D., dan Istikomah, (2009) : *Pemurnian NaCl dengan Menggunakan Natrium Karbonat*, Seminar Tugas Akhir S1 Teknik Kimia UNDIP 2009, Semarang, http://eprints.undip.ac.id/1337/1/paper_isti_mahda_pdf.pdf, diakses tanggal 6 September 2011

Mayasari, V.A., dan Lukman, R., (2011) : *Studi Peningkatan Mutu Garam dengan Pencucian*, <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-10536-Paper.pdf>, diakses tanggal 13 Oktober 2011

Sedivy, (2010) : *Recent Developments in International Salt Trade : Review of International Salt Trade Developments in Asia-Pasific Region*, International Salt Summit, Ahmedabad, Gujarat, <http://www.salt->

partners.com/pdf/Ahmedabad2010_PresentationTradeMin.pdf, diakses tanggal 23 September 2012

Setyoprato, P., Siswanto, W., dan Ilham, H.S., (2003) : *Studi Eksperimental pemurnian Garam NaCl dengan Cara Rekrystalisasi*, Surabaya, http://repository.ubaya.ac.id/28/1/Art0002_Puguh.pdf, diakses tanggal 16 September 2012

Sugiyono, W., Jumaeri, dan Kurniawan C., (2010) : *Perbandingan Penggunaan NaOH-NaH dengan NaOH-Na₂ sebagai Bahan Pengikat Impurities pada Pemurnian Garam Dapur*, <http://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fjournal.unnes.ac.id%2Fnju%2Findex.php%2Fsaintekno1%2Farticle%2Fdownload%2F339%2F322&ei=bRb-UM-XMJCsrAf5soG4Cg&usq=AFQjCNGWdK7eDYIYYfruG6OKhY1WijWwrQ&bv=vm=bv.41248874,d.bmk>, diakses tanggal 29 September 2011

Sulistyaningsih, T., Sugiyono, W., dan Sedyawati, S.M.R.,(2010) : *Pemurnian Garam Dapur Melalui Metode Kristalisasi Air Tua dengan Bahan Pengikat Pengotor Na₂C₂O₄ – NaHCO₃ dan Na₂C₂O₄ – Na₂CO₃*, <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/saintekno1/article/download/335/319>, diakses tanggal 6 September 2011

U.S. Geological Survey, *Mineral Commodity Summaries*, (2012) : 134-135 <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2012/mcs2012.pdf>, diakses tanggal 10 Januari 2013

Widayat, (2009) : Production of Industry Salt with Sedimentation-Microfiltration Process : Optimization of Temperature and Concentration by Using Surface response Methodology, *TEKNIK* Vol 30 No.1 tahun 2009, 11-

18, <http://eprints.undip.ac.id/20179/1/Widayat.pdf>, diakses tanggal 6 September 2011

Widayat, D.S. Retnowati, Feter Himawan, dan Marissa Widiyanti, (2005) : Pembuatan garam Industri dari Air Laut Kota Rembang dengan Metode Pengandapan dan Evaporasi, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, Yogyakarta

Wilarso, D., (1996) : Peningkatan Kadar NaCl pada Proses Pencucian Garam Rakyat di Pabrik, *Buletin Penelitian dan Pengembangan Industri* No.21, Agustus 1996, 23-26, <http://isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/21962326.pdf>, diakses tanggal 20 September 2012