

**Penentuan Kondisi Optimum Pada Pemurnian Kristal Garam Rakyat  
Menjadi Garam Industri Secara Hidroekstraksi (*batch*)**

***Determination of Optimum Condition on the Traditional Salt Purification  
into Industrial Salt by Hydroextraction Batch***

**Judy R.B. Witono, Angela Martina, Arry Miryanti, Daniel, Christophorus Tan  
dan Putri Lintang**

Jurusan Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan

Email : judy@unpar.ac.id

**Abstrak**

Produksi garam di Indonesia saat ini dilakukan melalui proses penguapan air laut oleh petani disepanjang pantai. Namun, kualitas garam yang dihasilkan masih belum memenuhi standar garam industri (kadar NaCl  $\geq$  98,5%). Sedangkan kadar NaCl yang dihasilkan dari garam rakyat biasanya maksimum 94%. Untuk memenuhi kebutuhan industri, proses pemurnian garam yang umum dilakukan adalah dengan cara melarutkan kembali kristal garam, filtrasi dan mereaksikan pengotor (ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ ) dengan bahan pengikat. Kemudian diikuti dengan rekristalisasi. Metoda ini membutuhkan sumber air dan energi yang sangat banyak, sehingga sangat tidak ekonomis.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan operasi ekstraksi menggunakan pelarut air garam jenuh dalam proses pemurnian garam rakyat kualitas K1 dan K3 serta menentukan kondisi optimumnya. Dengan cara ini tidak dibutuhkan lagi proses penguapan pelarut sehingga dapat menghemat penggunaan air dan energi. Variabel yang dipelajari dalam penelitian ini adalah rasio umpan terhadap pelarut (F:S) dan ukuran partikel.

Metodologi dalam penelitian ini adalah mengontakkan kristal garam dengan larutan garam jenuh secara *batch* dalam tangki berpengaduk dengan kecepatan pengadukan 50 rpm. Rancangan percobaan yang digunakan adalah *Central Composite Design* dengan variasi rasio F:S (1:40 – 1:70) dan ukuran

partikel (-2,5+5 mesh – -25+35 mesh). Analisa yang dilakukan terhadap bahan baku dan produk adalah analisa kadar pengotornya  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  menggunakan titrasi kompleksometri (ASTM E534-98) yang kemudian divalidasi menggunakan instrumen AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Sedangkan kadar NaCl ditentukan melalui perhitungan neraca massa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa reduksi pengotor maksimal terjadi bila proses hidroekstraksi dilakukan pada kristal garam dengan ukuran -20+30 mesh. Sedang bagi garam kualitas K1, penurunan maksimum kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  (~ 50% dan 70%) dicapai pada kondisi optimum F:S 1:42,2. Dan bagi garam kualitas K3 penurunan maksimum kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  (~ 70% dan 95%) dicapai pada kondisi optimum F:S 1:46,4.

**Kata Kunci** : *Central Composite Design*, Garam industri, Garam rakyat, Hidroekstraksi, NaCl

#### *Abstract*

*Salt production in Indonesia is currently done through the evaporation of sea water by farmers along the coast. However, the quality of salt produced has not met the standards of industrial salt ( $\text{NaCl} \geq 98.5\%$ ) yet. The NaCl content which is produced from traditional salt is maximum 94%. The common salt purification process consist of dissolving salt crystals, filtrating it and reacting the impurity ( $\text{Ca}^{2+}$  &  $\text{Mg}^{2+}$ ) with the binding agent, then is followed by recrystallization. This method consumes a lot of water and energy.*

*The goal of this research is to purify traditional salt using an extraction method by saturated brine. Therefore, it is no longer needed solvent evaporation process, which can save water and energy. The variables studied in this research is the ratio of the feed to the solvent (F: S) and particle size.*

*The methodology used in this experiment was the extraction of crude salt crystals with saturated brine in a batch stirred tank with a stirring speed of 50 rpm. The experimental design used was Central Composite Design with 2 variables i.e. (1) the ratio F: S in the range 1:40 – 1:70, and (2) the particle size in the range -2.5 + 5 mesh – -25 + 35 mesh. The analysis method of raw*

materials and products used a complexometric titration (ASTM E534-98) to analyze the concentration of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  and were validated with AAS (Atomic Absorption Spectroscopy). The concentration of NaCl was determined by mass balance calculation.

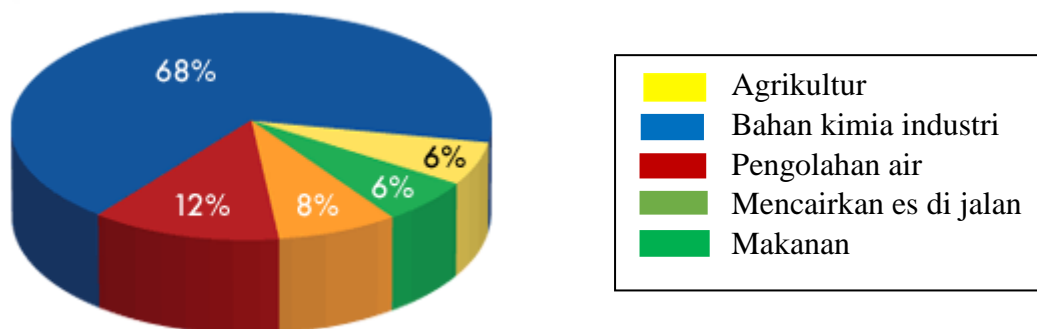
The results showed that the highest impurities reduction was achieved at the -20+30 mesh of particle size. The maximum reduction of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  for the salt quality K1 (50% and 70%) were achieved at F: S 1:42.2 and for the salt quality K3 (70% and 95%) were achieved at F:S 1:46.4. It can be seen that the hydro extraction technology has a prospect for further development.

**Keywords :** Central Composite Design, Hydro extraction, Industrial salt, NaCl, Traditional salt.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang

Aplikasi garam NaCl dalam berbagai industri saat ini mencapai  $\pm 14.000$  jenis industri, hal tsb. dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 1.** Penggunaan Garam Industri di Dunia (Maldonsalt 2015)

Masih rendahnya produksi garam di Indonesia sampai saat ini adalah karena produksi garam yang dilakukan oleh petani hanya lewat penguapan air laut yang hanya mampu menghasilkan garam dengan kadar NaCl 85-95%. Kualitas garam rakyat ini masih belum dapat memenuhi standar kualitas garam industri yang membutuhkan garam dengan kadar  $\pm 99\%$ .

Teknologi pemurnian garam yang banyak digunakan umumnya melibatkan proses pencucian, pelarutan, pengendapan, evaporasi, dan kristalisasi yang membutuhkan:

- penggunaan air proses (tawar) dalam jumlah yang besar untuk proses pelarutan kembali Kristal garam (Mayasari 2011)
- bahan kimia tambahan untuk dapat mengikat pengotor dalam kristal garam tsb. (Lesdantina 2009, Sugiyo 2010)
- energi panas yang cukup besar dalam proses rekristalisasi garam

Karena prosesnya yang cukup mahal, maka untuk keperluan industri sebagian pemenuhannya dari impor. Oleh karena itu penting adanya teknologi tepat guna dalam proses pemurnian garam rakyat menjadi garam industri yang hemat energi agar nilai jual garam dapat meningkat. Dengan demikian ada insentif bagi para penduduk disekitar pantai untuk memproduksi garam. Demikian pula bagi para investor lokal untuk memproduksi garam industri untuk keperluan ekspor.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Dengan potensi Indonesia yang sangat besar untuk dapat memproduksi garam laut tetapi sampai saat ini masih impor merupakan suatu tantangan yang sangat besar bagi kami para akademisi. Penelitian yang mendalam dan terstruktur terhadap proses pemurnian garan yang hemat air dan energi menjadi fokus penelitian tim kami. Salah satu teknologi yang kami kembangkan adalah teknologi hidroekstraksi.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum proses hidroekstraksi berdasarkan variabel rasio umpan terhadap pelarut (F:S) dan ukuran partikel.

## **1.3. Tinjauan Pustaka**

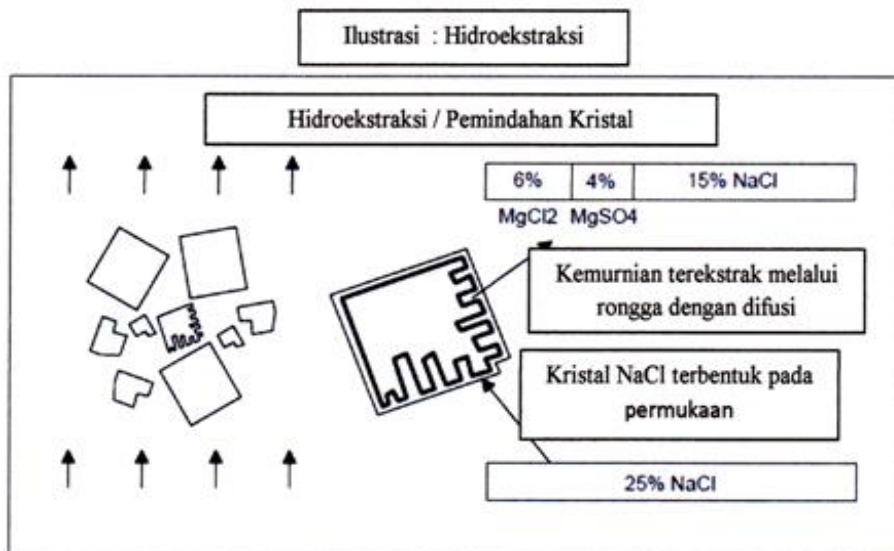
Garam dari sumbernya (baik air laut maupun batuan) merupakan kumpulan senyawa kimia dengan bagian terbesar natrium klorida (NaCl) serta senyawa pengotor seperti magnesium klorida ( $MgCl_2$ ), magnesium sulfat ( $MgSO_4$ ), kalsium klorida ( $CaCl_2$ ), kalsium sulfat ( $CaSO_4$ ) dan lain-lain.

Apabila air laut diuapkan maka dihasilkan kristal garam krosok yang banyak mengandung zat-zat pengotor seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ . Kualitas garam lokal yang dihasilkan petani garam dengan metode evaporasi air laut mempunyai kadar  $\text{NaCl}$  85-95% sehingga masih di bawah standar garam industri.

Kristal  $\text{NaCl}$  merupakan kristal ionik yang dibentuk oleh gaya tarik-menarik antara ion bermuatan positif (kation) dan negatif (anion). Anion klorida akan membentuk susunan kisi berpusat muka dengan jarak antar atom yang agak panjang, sehingga ion  $\text{Na}^+$  yang memiliki jari-jari lebih kecil dapat diakomodasi dalam ruangnya dengan mudah. Setiap ion  $\text{Na}^+$  dikelilingi oleh enam ion  $\text{Cl}^-$ , demikian pula setiap ion  $\text{Cl}^-$  dikelilingi oleh enam ion  $\text{Na}^+$ . Kristal garam yang terbentuk dari larutannya umumnya berbentuk kubik. Bentuk kristal ini dapat diubah, namun lapisan kristalnya selalu berbentuk kubik padat tertutup. Sehingga untuk mengusir kation pengotor yang ikut melekat dalam kristal tsb. banyak digunakan bahan kimia lain yang dapat mengikatnya. Sedangkan dalam penelitian ini kami mencoba menggunakan larutan garam itu sendiri sebagai pengikatnya.

Metode yang kami eksplorasi disini dan hampir belum pernah dilakukan oleh peneliti lain adalah metode hidroekstraksi. Metode ini menggunakan prinsip ekstraksi padat cair menggunakan pelarut air, dilakukan dengan mengontakkan kristal garam dengan larutan garam murni jenuh sehingga diharapkan pengotor yang larut akan terlepas dan terbawa oleh larutan jenuh sedangkan natrium akan tertahan dan mengendap. Ilustrasi pemurnian pengotor yang larut (Sedivy 2010) dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.

Ada dua tahap dalam proses ekstraksinya yaitu : kontak pelarut dengan zat padat sehingga zat padat yang diekstraksi dipindahkan ke pelarut dan pemisahan larutan dari zat padat sisa. Tanpa melewati proses pelarutan kristal garam di cuci menggunakan larutan garam murni jenuh, sehingga pengotor yang berada dipermukaan kristal (terutama  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ ) ikut terbawa dalam larutan garam murni jenuh. Ukuran kristal juga memegang peran penting untuk mengeluarkan pengotor yang terjebak dalam kristal garam. Dalam metode ini, energi panas hanya dibutuhkan untuk proses pengeringan kristal saja sehingga metode hidroekstraksi dapat meminimalisasi penggunaan energi panas.



**Gambar 2.** Ilustrasi pemurnian pengotor yang larut

Proses pelarutan menjadi faktor yang ikut menentukan hasil proses hidroekstraksi dan berlangsung hingga larutan tersebut berada pada kondisi jenuhnya. Pada awal proses pelarutan, kristal NaCl dengan cepat larut dalam air, namun proses ini semakin lambat seiring dengan penambahan kristal NaCl ke dalam air hingga proses berhenti saat terjadi kesetimbangan, dimana jumlah ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> yang berpindah dari kristal ke larutan sama dengan jumlah ion yang berpindah dari larutan ke kristal. Saat inilah larutan dikatakan dalam keadaan jenuh. Jika proses dilanjutkan hingga keadaan lewat jenuh maka terbentuk endapan. Prinsip inilah yang dimanfaatkan dalam proses hidroekstraksi. Keadaan kesetimbangan pada proses pelarutan dipengaruhi beberapa faktor antara lain kelarutan, konsentrasi, tekanan, temperatur, pH, pembentukan ion kompleks, dan ukuran partikel.

**Tabel 1.** Standar kualitas garam industri (ASTM-E534 1998, BPPI-Dept.Perindustrian 2002)

Parameter	Kadar, %			
	SNI	SII	Amerika	
			min	maks
NaCl	min. 98,5	min. 98,5	99,488	99,787
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	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 <sub>2</sub> O	maks. 3	maks. 4	0,023	0,293

Kualitas garam industri harus memenuhi standar yang ditetapkan berdasarkan SNI, SII, Amerika. Standar masing masing dapat dilihat pada tabel 1 diatas.

## 2. METODE PENELITIAN

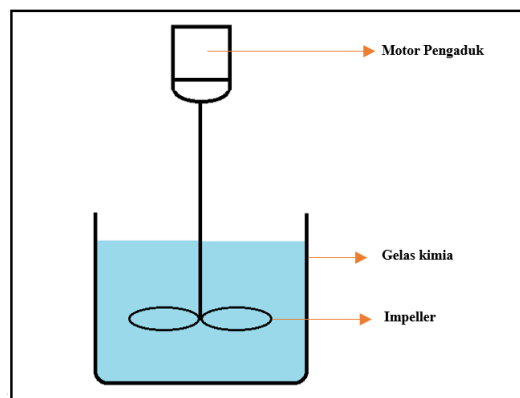
### 2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Bahan baku utama berupa garam rakyat K1 (kadar pengotor  $\text{Ca}^{2+}$  0,2192% dan  $\text{Mg}^{2+}$  0,4874%) dan K3 (kadar pengotor  $\text{Ca}^{2+}$  0,8039% dan  $\text{Mg}^{2+}$  3,7454%) dan garam industri murni (kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  ~ 0)
2. Bahan kimia untuk keperluan analisis berupa  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl-NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , KCN, HCl, KOH, EDTA,  $\text{CaCO}_3$ , indikator *murexide*, dan indikator EBT.

### 2.2 Alat

Skema peralatan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat dalam gambar 3 dibawah ini.



**Gambar 3.** Skema alat hidroekstraksi secara *batch*

### 2.3 Prosedur

Proses ekstraksi dilakukan terhadap 50 gr kristal garam rakyat (K1 dan K3) secara *batch* menggunakan larutan garam murni jenuh dalam gelas kimia 5L. Kecepatan pengadukan 50 rpm dan larutan pengestrak dianalisis kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  nya setiap 5 menit hingga diperoleh hasil 3 kali konstan.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah *Central Composite Design* dan pengolahan datanya menggunakan program *design expert ver.7.0*.

Variabel dalam penelitian ini adalah ukuran partikel kristal garam dengan range -5+10 mesh dan -20+30 mesh; dan rasio umpan terhadap pelarut (F:S) dalam massa/volume dengan range 1:40 (~ 2L) dan 1:70 (~ 3,5L).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Kadar Akhir ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Mg}^{2+}$  sesudah hidroekstraksi secara batch

(a) Untuk garam rakyat kualitas K1

Run	F:S	Ukuran Partikel	Kadar akhir $\text{Ca}^{2+}$	Kadar akhir $\text{Mg}^{2+}$
1	2,75	5,86	0,152308	0,335854
2	2,00	10,00	0,124913	0,275444
3	3,50	10,00	0,118877	0,288349
4	1,69	20,00	0,124952	0,286245
5	2,75	20,00	0,115790	0,124827
6	2,75	20,00	0,117321	0,133394
7	2,75	20,00	0,115817	0,122905
8	2,75	20,00	0,116924	0,115217
9	2,75	20,00	0,117403	0,124589
10	3,81	20,00	0,117052	0,115343
11	2,00	30,00	0,117398	0,142380
12	3,50	30,00	0,131736	0,133142
13	2,75	34,14	0,117128	0,062148

(b) Untuk garam rakyat kualitas K3

Run	F:S	Ukuran Partikel	Kadar akhir $\text{Ca}^{2+}$	Kadar akhir $\text{Mg}^{2+}$
1	2,75	5,86	0,313717	0,368596
2	2,00	10,00	0,254895	0,463681
3	3,50	10,00	0,274503	0,344817
4	1,69	20,00	0,333297	0,285366
5	2,75	20,00	0,274503	0,261429
6	2,75	20,00	0,254895	0,225848
7	2,75	20,00	0,274503	0,225848
8	2,75	20,00	0,274503	0,190266
9	2,75	20,00	0,274503	0,237833
10	3,81	20,00	0,254895	0,202252
11	2,00	30,00	0,274503	0,190266
12	3,50	30,00	0,235288	0,178281
13	2,75	34,14	0,215681	0,166296



Selama proses hidroekstraksi kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam garam rakyat (K1 dan K3) diukur setiap 5 menit sampai didapatkan 3x harga yang konstan. Tabel 2 menggambarkan kadar akhir  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam kristal garam sesudah melewati proses hidroekstraksi.

Hasil perhitungan ANOVA menggunakan program design expert dapat dilihat pada tabel 3 untuk pengaruh rasio F:S dan ukuran partikel terhadap kadar  $\text{Ca}^{2+}$  sedangkan tabel 4 terhadap kadar  $\text{Mg}^{2+}$ .

**Tabel 3.** Hasil perhitungan ANOVA pengaruh rasio F:S dan ukuran partikel terhadap kadar  $\text{Ca}^{2+}$

(a) Untuk garam rakyat kualitas K1

ANOVA for Response Surface Cubic Model (Aliased)						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1.210E-003	7	1.728E-004	19.04	0.0025	significant
A-F:S	3.120E-005	1	3.120E-005	3.44	0.1229	
B-ukuran partikel	6.188E-004	1	6.188E-004	68.17	0.0004	
AB	1.038E-004	1	1.038E-004	11.43	0.0196	
A <sup>2</sup>	7.211E-006	1	7.211E-006	0.79	0.4136	
B <sup>2</sup>	4.315E-004	1	4.315E-004	47.54	0.0010	
A <sup>2</sup> B	3.794E-004	1	3.794E-004	41.80	0.0013	
AB <sup>2</sup>	4.741E-005	1	4.741E-005	5.22	0.0711	
A <sup>3</sup>	0.000	0				
B <sup>3</sup>	0.000	0				
Residual	4.539E-005	5	9.077E-006			
Lack of Fit	4.286E-005	1	4.286E-005	67.86	0.0012	significant
Pure Error	2.526E-006	4	6.315E-007			
Cor Total	1.255E-003	12				

(b) Untuk garam rakyat kualitas K3

ANOVA for Response Surface Quadratic Model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	3.656E-003	5	7.312E-004	0.90	0.5319	not significant
A-F:S	1.895E-003	1	1.895E-003	2.32	0.1714	
B-ukuran partikel	5.539E-004	1	5.539E-004	0.68	0.4372	
AB	6.250E-004	1	6.250E-004	0.77	0.4105	
A <sup>2</sup>	3.288E-004	1	3.288E-004	0.40	0.5458	
B <sup>2</sup>	3.288E-004	1	3.288E-004	0.40	0.5458	
Residual	5.713E-003	7	8.162E-004			
Lack of Fit	3.713E-003	3	1.238E-003	2.48	0.2009	not significant
Pure Error	2.000E-003	4	5.000E-004			
Cor Total	9.369E-003	12				

**Tabel 4.** Hasil perhitungan ANOVA pengaruh rasio F:S dan ukuran partikel terhadap kadar Mg<sup>2+</sup>

(a) Untuk garam rakyat kualitas K1

ANOVA for Response Surface Quadratic Model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	0.084	5	0.017	12.95	0.0020	significant
A-F:S	7.082E-003	1	7.082E-003	5.44	0.0524	
B-ukuran partikel	0.057	1	0.057	43.81	0.0003	
AB	1.226E-004	1	1.226E-004	0.094	0.7678	
A <sup>2</sup>	0.012	1	0.012	8.89	0.0205	
B <sup>2</sup>	0.011	1	0.011	8.51	0.0225	
Residual	9.110E-003	7	1.301E-003			
Lack of Fit	8.943E-003	3	2.981E-003	71.21	0.0006	significant
Pure Error	1.674E-004	4	4.186E-005			
Cor Total	0.093	12				

(b) Untuk garam rakyat kualitas K3

ANOVA for Response Surface Quadratic Model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	0.075	5	0.015	8.59	0.0067	significant
A-F:S	8.274E-003	1	8.274E-003	4.74	0.0658	
B-ukuran partikel	0.049	1	0.049	28.26	0.0011	
AB	3.025E-003	1	3.025E-003	1.73	0.2293	
A <sup>2</sup>	1.894E-003	1	1.894E-003	1.09	0.3320	
B <sup>2</sup>	0.013	1	0.013	7.72	0.0273	
Residual	0.012	7	1.744E-003			
Lack of Fit	7.530E-003	3	2.510E-003	2.15	0.2373	not significant
Pure Error	4.680E-003	4	1.170E-003			
Cor Total	0.087	12				

Dari tabel 3 dapat terlihat bahwa untuk garam kualitas K1, rasio F:S tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap reduksi kadar pengotor  $\text{Ca}^{2+}$ , sedangkan ukuran partikel garam berpengaruh signifikan. Juga terlihat adanya interaksi antara rasio F:S dengan ukuran partikel yang memberikan pengaruh terhadap reduksi kadar  $\text{Ca}^{2+}$ . Hal tsb. berbeda dengan yang diamati pada garam kualitas K3. Pada garam kualitas K3 tidak terlihat adanya pengaruh F:S maupun ukuran partikel terhadap reduksi kadar pengotor  $\text{Ca}^{2+}$ .

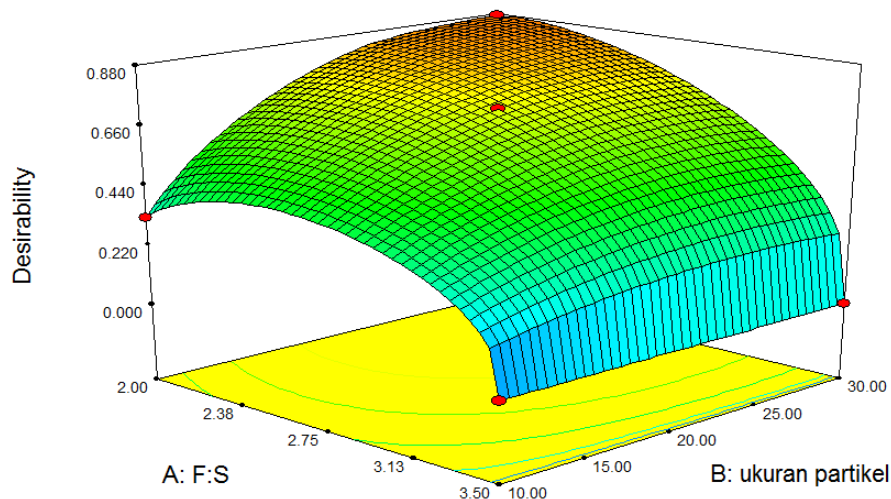
Tidak berpengaruhnya rasio F:S baik pada garam kualitas K1 maupun K3 menunjukkan bahwa range F:S yang dipilih terlalu kecil sehingga larutan pengestrak sudah lebih dahulu jenuh sebelum dapat mengekstrak (mereduksi) ion pengotor  $\text{Ca}^{2+}$  yang lebih banyak. Pada garam kualitas K1 efek ukuran partikel masih terlihat karena jumlah pengotor (ion  $\text{Ca}^{2+}$ ) nya lebih sedikit dari kualitas K3. Disini terlihat bahwa pada ukuran kristal garam yang lebih kecil, luas permukaan kontak antara kristal garam dengan larutan garam jenuh akan semakin besar, sehingga pengotor  $\text{Ca}^{2+}$  pun akan semakin mudah untuk tereduksi dari kristal garam.

Efek rasio F:S dan ukuran partikel pada reduksi pengotor ion  $\text{Mg}^{2+}$  untuk garam kualitas K1 menunjukkan kecenderungan yang sama dengan reduksi pada ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Rasio F:S tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap

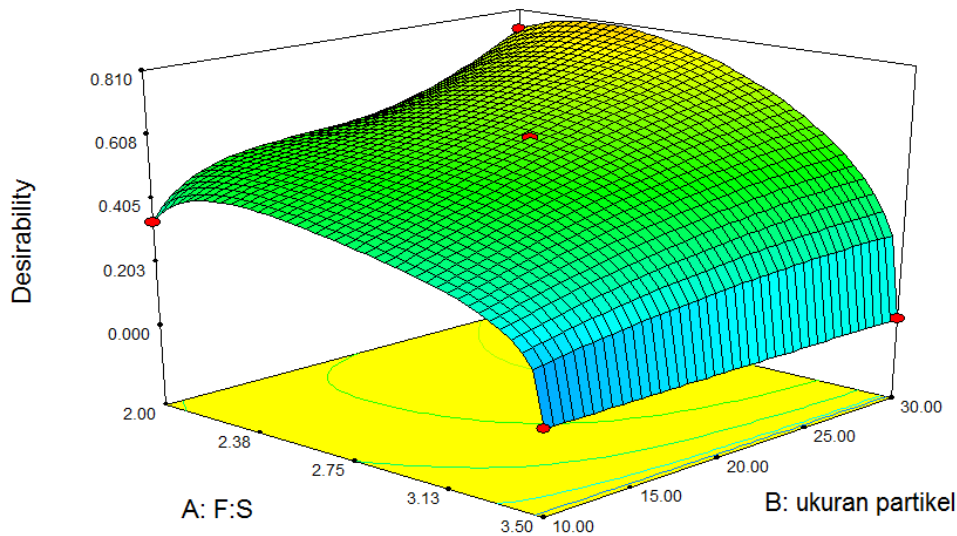
reduksi kadar pengotor  $Mg^{2+}$ , sedangkan ukuran partikel garam berpengaruh signifikan terhadap reduksi kadar pengotor  $Mg^{2+}$ . Sedangkan untuk garam kualitas K3 efek ukuran partikel yang tidak signifikan terhadap reduksi  $Ca^{2+}$  menjadi signifikan terhadap reduksi  $Mg^{2+}$ . Hal tsb. diperkirakan karena kelarutan  $Mg^{2+}$  kelarutan  $Ca^{2+}$  dalam larutan garam.

Pada F:S yang semakin kecil, jumlah larutan garam jenuh sebagai larutan pencuci semakin banyak sehingga *driving force* perpindahan massa pengotor baik  $Ca^{2+}$  maupun  $Mg^{2+}$  akan semakin besar. Demikian pula pada ukuran kristal garam yang semakin kecil, luas permukaan kontak antara kristal garam dengan larutan garam jenuh akan semakin besar sehingga sehingga perpindahan massa pengotor  $Mg^{2+}$  dari kristal garam menuju larutan garam jenuh pun akan semakin mudah. Hal ini juga membuat ion ion  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  yang terperangkap dalam Kristal dapat berada pada posisi di permukaan.

Karena adanya efek interaksi antara kedua variabel tsb. maka perlu ditentukan kombinasi terbaik dari kedua variabel tsb. (kondisi optimum) dalam mereduksi ion pengotor yang semaksimal mungkin. Dari hasil pengolahan data menggunakan program *design expert*, diperoleh kurva 3-dimensi yang menggambarkan hubungan antara kedua variabel tsb. (lihat gambar 4).



(a) Garam kualitas K1



(b) Garam kualitas K3

**Gambar 4.** Kurva optimasi permukaan respon 3D rasio F:S dan ukuran partikel terhadap kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$

Gambar 4(a) menunjukkan nilai respon optimum proses hidroekstraksi ditunjukkan oleh wilayah berwarna merah. Kondisi optimum proses pemurnian garam rakyat K1 dengan metode hidroekstraksi *batch* diperoleh pada ukuran partikel -20+30 mesh dengan rasio F:S = 1:42,2 dengan kadar akhir pengotor  $\text{Ca}^{2+}$  0,1156% (reduksi ~ 50%) dan  $\text{Mg}^{2+}$  0,1400% (reduksi ~ 70%).

Sedangkan gambar 4(b) menunjukkan kondisi optimum proses pemurnian garam rakyat K3 dengan metode hidroekstraksi *batch* diperoleh pada ukuran partikel -20+30 mesh dengan rasio F:S = 1:46,4 dengan kadar akhir pengotor  $\text{Ca}^{2+}$  0,2514 % (reduksi ~ 70%) dan  $\text{Mg}^{2+}$  0,1825% (reduksi ~ 95%).

Secara umum dapat dikatakan bahwa proses hidroekstraksi dapat mereduksi ion pengotor sampai sekitar 70% bahkan untuk ion  $\text{Mg}^{2+}$  dapat mencapai 95%. Rendahnya reduksi  $\text{Ca}^{2+}$  pada garam kualitas K1 kemungkinan karena ion pengotor tsb. sudah dalam jumlah yang sangat kecil dan terperangkap dalam kristal garam sehingga pelarut pengeksrak sulit mencapai lokasinya. Ada variabel lain yang bisa dipertimbangkan seperti ukuran partikel, waktu ekstraksi dll. untuk diteliti lebih jauh.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian terlihat bahwa proses hidroekstraksi secara *batch* mampu mereduksi  $\text{Ca}^{2+}$  hingga 50% pada garam K1 dan 70% pada garam K3, serta mereduksi 70%  $\text{Mg}^{2+}$  pada garam K1 dan 95% pada garam K3. Namun hasil ekstraksi ini masih belum dapat menaikkan kualitas garam K1 dan K3 menjadi garam industri.

Untuk dapat meningkatkan kualitas garam, teknik operasi hidroekstraksi ini masih harus dikembangkan lebih jauh a.l. dengan mempertimbangkan variabel variabel proses yang lain, operasi dilakukan secara kontinu dll. Namun teknologi ini mempunyai prospek untuk diaplikasikan pada proses pemurnian garam rakyat karena hemat energi dan air.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan pada DRPM Kementerian RISTEKDIKTI yang telah membantu mendanai penelitian ini lewat skema Hibah Produk Terapan dan juga Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Katolik Parahyangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM-E534 (1998). Standard Test Methods for Chemical Analysis of Sodium Chloride. USA.
- BPPI-Dept.Perindustrian (2002). SNI dan SII Garam Untuk Industri, Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia.
- 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.
- Lesdantina, D., Istikomah (2009). Pemurnian NaCl dengan Menggunakan Natrium Karbonat, UNDIP.
- Maldonsalt. (2015). "The many uses of salt." Retrieved 19 April, 2016, from <http://www.maldonsalt.co.uk>.
- Martina, A., dan Witono, J.R. (2015). Pemurnian Garam dengan Metode Hidroekstraksi Batch. The 1st University Research Colloquium 2015, Surakarta.
- Mayasari, V. A., Lukman, R. (2011). Studi Peningkatan Mutu Garam dengan Pencucian.
- Othmer, K. (1969). Encyclopedia of Chemical Technology. USA, John Wiley and Sons Inc.
- Perdagangan, K. (2014). Data Impor Produk Kelautan Indonesia.

Sedivy (2010). Recent Developments in International Salt Trade : Review of International Salt Trade Developments in Asia-Pasific Region. International Salt Summit, Ahmedabad, Gujarat.

Sugiyono, W., Jumaeri, Kurniawan C. (2010). Perbandingan Penggunaan NaOH-NaH dengan NaOH-Na<sub>2</sub> sebagai Bahan Pengikat Impurities pada Pemurnian Garam Dapur.

Sulistyaningsih, T., Sugiyono, W., Sedyawati, S.M.R. (2010). Pemurnian Garam Dapur Melalui Metode Kristalisasi Air Tua dengan Bahan Pengikat Pengotor Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – NaHCO<sub>3</sub> dan Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Widayat (2009). "Production of Industry Salt with Sedimentation-Microfiltration Process : Optimization of Temperature and Concentration by Using Surface response Methodology." Teknik **30**(1): 11-18.

*Sertifikat*

diberikan kepada

**Judy Retti B. Witono**

Atas partisipasinya sebagai

**Pemakalah**

**SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI INDUSTRI HIJAU 2**

**“Peran Teknologi Ramah Lingkungan untuk Mendukung Industri Hijau”**

Tanggal 18 Mei 2017 di Hotel Santika Premiere Semarang

diselenggarakan oleh

**Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPI)**



Semarang, 18 Mei 2017  
Kepala BBTPI

Ir. Titik Purwati Widowati, MP

