



TRITON

JURNAL MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Volume 7, Nomor 1, April 2011

ANALISIS PENGARUH KEBIJAKAN PEMERINTAH
TERHADAP PENGEMBANGAN KAWASAN PERIKANAN
DI KABUPATEN MALUKU TENGAH

TEKNOLOGI PROSES PEGARAMAN DI INDONESIA

VULNERABILITY INDICES AND
SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SMALL ISLANDS
THEIR UTILIZATION, USEFULNESS AND PROBLEMS : MALUKU CASE

KONSENTRASI KLOOROFIL-a PERMUKAAN
PERAIRAN TELUK AMBON DALAM

DISTRIBUSI STROMBIDAE DI ZONA INTERTIDAL
SEKITAR PERAIRAN PULAU-PULAU LEASE, MALUKU TENGAH

POLA SEBARAN SEDIMEN PANTAI PADA
PERAIRAN PANTAI HUTUMURI DAN WAYAME

PENGUJIAN SENSITIVITAS DAN EFEKTIVITAS ANTIBIOTIK
TERHADAP PENYAKIT VIBRIOSIS PADA
KERAPU TIKUS *Chromileptes altivelis*

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS PATTIMURA
AMBON

TRITON

Vol. 7

No. 1

Hlm. 1-65

Ambon, April 2011

ISSN 1693-6493

TEKNOLOGI PROSES PEGARAMAN DI INDONESIA

(Process Technology Saltern in Indonesia)

Sudarto

*Program Doktor Manajemen Sumberdaya Pantai
Universitas Diponegoro*

ABSTRACT : Technology is an instrument or instruments that make use of resources is more useful in maintaining the necessities of life. In the salt production activities, technology transfer saltern has an important role in improving the competence of human resources, productivity and product quality of salt which can increase the value-added. In Indonesia, there are three types of process technology saltern, namely: (1) the total crystallization system, (2) multilevel crystallization systems, and (3) a system of cooking salt.

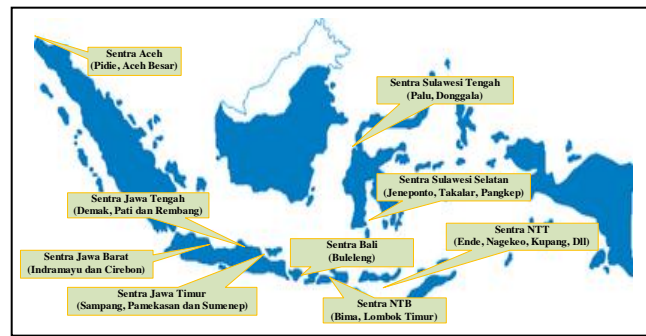
Keywords: Salt, total crystallization system, multilevel crystallization, salt cooking

PENDAHULUAN

Hampir keseluruhan pegaraman di Indonesia diperoleh dari penguapan air laut dengan memanfaatkan tenaga sinar matahari (*solar evaporation*) yang dipengaruhi oleh iklim tropis. Dapat dikatakan bahwa, iklim sangat berpengaruh terhadap proses produksi garam karena sebagai sumber energi yang mempengaruhi kecepatan penguapan air laut di ladang garam. Secara umum Indonesia mempunyai musim kemarau 4 – 5 bulan dalam setahun dengan kelembaban 60 – 80 %. Air laut di Indonesia cukup berlimpah, namun di beberapa tempat air laut banyak tercampur dengan air tawar maupun polutan lainnya karena merupakan muara aliran sungai tawar. Lahan/ areal pegaraman hektar yang dimanfaatkan untuk memproduksi garam adalah sekitar 20.000 ha dari potensi areal yang ada sebesar 35.000 ha, hal ini berarti kurang lebih setengah dari lahan yang ada baru dimanfaatkan untuk areal pegaraman.

Potensi lahan pegaraman tersebar di seluruh Indonesia yang terkonsentrasi di 9 (sembilan) provinsi yaitu: Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Bali dan Aceh (Gambar 1).

Umumnya di Indonesia, peralatan dan teknik produksi garam masih konvensional/tradisional yaitu dengan lahan relatif sempit dengan menggunakan sistem/teknik kristalisasi total, sehingga berdampak pada produktivitas lahan dan kualitas hasil produksi yang relatif rendah.



Gambar 1. Peta Persebaran Sentra Garam di Indonesia

Tabel 1. Produksi Garam Tiap Sentra Tahun 2007 – 2009

No	Lokasi	2007	2008	2009
1	Jawa Barat	90,000	90,000	95,000
2	Jawa Tengah	150,000	154,000	155,000
3	Jawa Timur	577,000	636,000	725,000
4	NTB	45,000	42,000	50,000
5	NTT	50,000	48,000	60,000
6	Sulsel	50,000	47,000	52,000
7	Sulteng	15,000	14,000	18,000
Total		977,000	1,031,000	1,155,000

Sumber : diolah dari Depperin, 2009 dan Dinas, 2009

Berdasarkan tabel produksi garam (Tabel 1) dapat dilihat bahwa rata-rata produksi tahunan antara 60 – 70 ton/ha/tahun. Kualitas garam lokal sebagian besar belum memenuhi standar SNI dan masih memerlukan proses pencucian lebih lanjut, sehingga untuk keperluan garam industri dengan kadar NaCl diatas 98% masih dipenuhi dengan impor. Produktivitas dan kualitas garam dapat di tingkatkan dengan penerapan teknologi proses pegaraman dengan sistem kristalisasi bertingkat seperti yang telah di lakukan PT. Garam dan pegaram di Madura yang dapat menghasilkan produktivitas lahan yang tinggi, kualitas garam yang baik dan kuantitas garam yang melimpah. Peningkatan produktivitas lahan dapat dicapai dengan manajemen mutu pegaraman dengan dilengkapi sarana prasarana serta infrastruktur yang memadai seperti pintu air, pompa air dan pompa kincir angin. Kualitas garam dapat ditingkatkan melalui uji salinitas air pada tiap kolam penguapan dengan *boume* meter dan mengadakan mini lab untuk mengetahui kadar NaCl dalam garam.

Secara umum, kebutuhan garam nasional dibagi menjadi dua yaitu: garam konsumsi beryodium dan garam konsumsi untuk industri. Garam konsumsi untuk industri seperti untuk industri CAP, industri aneka pangan, industri pengeboran minyak dan lain-lain (Tabel 2).

Pemenuhan kebutuhan garam nasional terutama untuk industri khlor alkali (CAP), farmasi dan sebagian makanan minuman memerlukan garam dengan kemurnian tinggi mayoritas dipenuhi dari garam impor karena produksi dalam negeri kurang memenuhi syarat baik kualitas maupun kuantitas.

Tabel 2. Perkembangan Kebutuhan Garam

No	Lokasi	2007	2008	2009
1	Industri CAP	1,320,000	1,350,000	1,560,000
2	Garam Rumah Tangga	680,000	687,000	693,000
3	Industri Aneka Pangan	443,250	455,060	460,000
4	Pengeboran Minyak	125,000	125,000	125,000
5	Lain-lain	50,000	50,000	50,000
Total		2,618,250	2,667,060	2,888,000

Sumber: Departemen Perindustrian

Garam maupun garam rakyat yang belum mampu menerapkan teknologi proses secara optimal dalam melakukan kegiatan produksi yang didukung oleh faktor eksternal berupa iklim dan cuaca serta faktor internal yang terdiri dari manajemen mutu lahan dan manajemen proses produksi serta sistem panen yang didasarkan pada teknologi proses pembuatan garam dengan bahan baku air laut yang menghasilkan garam NaCl tinggi (Tabel 3).

Tabel 3. Impor Garam (ton)

No	Uraian	2005	2006	2007	2008	2009
1	Konsumsi	139	177	191	88	99
2	Industri	1,856	1,529	1,635	1,543	1,639
Total		1,995	1,706	1,826	1,631	1,738

Sumber : BPS, 2009

Selain teknologi proses kristalisasi total dan kristalisasi bertingkat, dikenal teknologi proses sistem garam masak, yaitu teknologi proses pegaraman melalui proses ekstraksi NaCl dari air laut melalui media pasir/lumpur, pelarutan NaCl/melalui filter pasir/lumpur dengan air yang dilanjutkan dengan proses penguapan melalui metode perebusan atau masak sehingga terbentuk kristal garam. Teknologi proses pegaraman ini merupakan skala usaha kecil pegaraman karena hanya di daerah tertentu saja dan produktivitasnya juga dalam skala yang kecil untuk konsumsi masyarakat lokal. Proses ekstraksi lebih rumit karena ada penyaringan dan perebusan yang membutuhkan lebih banyak waktu dan biaya produksi serta bahan bakar jika dibandingkan dengan teknologi proses kristalisasi total atau kristalisasi bertingkat yang memanfaatkan proses evaporasi air laut dilahan pegaraman untuk memperoleh kristal garam dengan bantuan sinar matahari. Teknologi proses sistem garam masak dapat dijumpai di sentra garam kecil Aceh (Pidie, Bireun dan Langsa), Bali (Klungkung), NTB (Lombok Barat dan Lombok Timur) dan NTT (Kupang).

Teknologi Proses Produksi Garam

Proses produksi garam dimulai dari bahan baku air laut yang akan digunakan untuk proses pembuatan garam akan mempengaruhi kualitas garam yang dihasilkan karena kualitas air laut di masing-masing daerah berbeda (kadar NaCl). Hal ini dipengaruhi oleh iklim dan cuaca, juga ada tidaknya serta besar kecilnya sungai di daerah tersebut. Bahan baku air laut mengandung beberapa unsur utama seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Unsur Utama/Dominan Kadarnya Dalam Air Laut

No.	Unsur Kimia	Kadar dalam Mg per Kg Air Laut
1.	Chlorine – Cl	19.000
2.	Sodium – Na	10.500
3.	Magnesium – Mg	1360
4.	Sulfur / Belerang – S	885
5.	Calsium – Ca	400
6.	Potassium – K	380
7.	Bromine – Br	65

Sumber : Bahan Diklat Demplot Pegaraman Depperin, 2001.

Unsur-unsur kimia tersebut dalam air saling mengikat membentuk senyawa kimia tertentu yang disebut juga garam. Pengertian garam ini adalah khusus secara kimiawi, sedangkan garam yang kita kenal sehari-hari adalah garam *natrium chloride* (NaCl). Pengukuran kualitas air laut secara umum dapat diukur dalam skala Boume ($^{\circ}\text{Be}$) maupun alat ukur densitas cairan dengan hygrometer, namun yang banyak digunakan dalam pembuatan dari air laut adalah alat dengan $^{\circ}\text{Be}$. Dengan memakai tolak ukur $^{\circ}\text{Be}$ maka pengontrolan konsentrasi air laut di lahan garam bisa lebih teliti dibandingkan dengan densitas yang angkanya kecil. Contohnya: untuk pengontrolan proses penguapan air laut sampai terkristalnya sebagian besar garam NaCl, dengan alat ukur densitas hanya memberikan selisih densitas sekitar 0,26 saja. Sebaliknya kalau memakai Boume Meter, air laut awal sekitar 2,3 $^{\circ}\text{Be}$ sedangkan saat kristalisasi selesai bisa terbaca sekitar 30 $^{\circ}\text{Be}$. Jumlah gram garam-garam tersebut diatas yang bisa larut dalam 100 gram air murni pada suhu tertentu disebut dengan kelarutan. Semakin kecil nilai kelarutan akan semakin mudah garam tersebut mengkristal/mengendap atau bisa dikatakan garam tersebut akan mengendap/mengkristal terlebih dahulu. Tabel dibawah ini mencantumkan urutan garam-garam yang akan mengendap berdasarkan pada kelarutannya.

Tabel 5. Urutan Garam yang Mengendap Berdasarkan Kelarutannya

No.	Jenis Garam	Kelarutan Pada 30 $^{\circ}\text{C}$, Gram/100 Gram Air
1.	Calsium Carbonat : CaCO_3	Sangat Kecil
2.	Calsium Sulfat : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,2
3.	Sodium Chloride : NaCl	36,6
4.	Potassium Chloride : KCl	37,0
5.	Magnesium Sulfat : MgSO_4	40,8
6.	Magnesium Chloride : MgCl_2	56,0
7.	Magnesium Bromide : MgBr_2	104,0

Sumber : Bahan Diklat Demplot Pegaraman Depperin, 2001.

Dengan melihat tabel di atas maka yang akan mulai mengendap diawal proses kristalisasi adalah Calsium Carbonate, karena kelarutannya kecil sekali, kemudian disusul Calsium sulfat akan mengendap. Setelah itu baru garam NaCl yang akan menyusul mengendap dan diikuti Potasium Chloride serta yang paling akhir adalah garam-garam magnesium, baik magnesium sulfat, magnesium klorida maupun magnesium bromida.

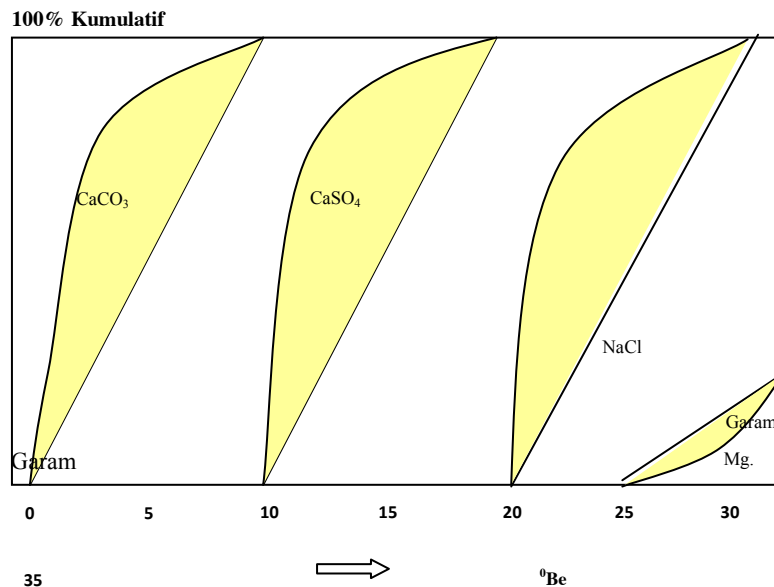
Proses pembentukan kristal garam NaCl akan diperoleh dari proses penguapan air laut melalui tahapan perubahan konsentrasi air laut yang diukur dalam $^{\circ}\text{Be}$ dari masing-masing kolam penguapan yang disesuaikan dengan

tahapan proses kristalisasi dari seluruh jenis garam-garam yang terkandung dalam air laut agar diperoleh kristal garam NaCl yang tinggi atau optimal.

Tabel 6. Pengkristalan Garam Air Laut

⁰ Be	Garam Yang Mengkristal Gram/Liter Air Laut					
	Lumpur/Besi Oksida	CaCO ₃	Gips	NaCl	Mg ₂ SO ₄	MgCl ₂
7.1	70.003	0.06	-	-	-	-
16.1	-	0.05	0.56	-	-	-
20.6	-	-	0.56	-	-	-
22.0	-	-	0.18	-	-	-
25.0	-	-	0.16	-	-	-
26.2	-	-	0.05	3.25	0.005	-
27.0	-	-	0.147	9.65	0.01	0.03
28.2	-	-	0.07	7.89	0.02	0.04
30.0	-	-	0.01	2.62	0.01	0.015
32.4	-	-	-	2.27	0.025	0.024
35.0	-	-	-	1.4	0.54	0.027
	70.03	0.11	1.737	27.08	0.61	0.136

Sumber : Bahan Diklat Demplot Pegaraman Depperin, 2001.



Gambar 2. Diagram Pengkristalan Garam Air Laut

Berdasarkan grafik % pengkristalan kumulatif dan hubungannya dengan ⁰Be diatas terlihat bila pengkristalan garam NaCl bisa tumpang tindih dengan pengkristalan Calcium Sulfat CaSO₄ dan garam-garam Mg, tetapi dengan mengatur ⁰Be dari air laut yang boleh dimasukkan ke lahan kristalisasi dan membuang air laut dengan kadar yang sudah mencapai 32⁰Be dari lahan kristalisasi maka diharapkan kristal garam yang diperoleh mempunyai kemurnian yang tinggi. Dengan memahami kelarutan dan urutan serta saling tumpang tindihnya pengkristalan ini akan mudah memahami bagaimana caranya memperoleh garam NaCl yang kadarnya tinggi serta pengontrolan yang ketat pada densitas atau ⁰Be air laut yang akan mulai dikristalkan dan densitas atau ⁰Be air laut sisa pengkristalan (*bittern*) yang akan/harus dikeluarkan dari lahan

kristalisasi. Berdasarkan sifat fisiknya terdapat campuran garam-garam yang mengkristal dalam proses produksi garam yang kadarnya berbeda satu dengan yang lain (Tabel 7).

Tabel 7. Kadar Garam-Garam dalam Air Laut & Prosentase dalam Campuran yang Mengkristal

No	Garam Terlarut	Kadar : Gram / Liter Air Laut	% dari Total yang Terlarut
1.	Calcium Carbonat : CaCO_3	0,12	0,34
2.	Calcium Sulfat : CaSO_4	1,26	3,61
3.	Sodium Chloride : NaCl	27,21	77,74
4.	Magnesium Sulfat : MgSO_4	1,66	4,74
5.	Potassium Chloride : KCl	0,86	2,46
6.	Magnesium Chloride : MgCl_2	3,81	10,88
7.	Magnesium Bromide : MgBr_2	0,08	0,23

Sumber : Bahan Diklat Demplot Pegaraman Depperin, 2001.

Berdasarkan data diatas dapat diketahui bahwa dalam 1 (satu) liter air laut dengan berat jenis sekitar 1,034 gram/ml mengandung sekitar 35 gram garam-garam yang terlarut, dengan garam NaCl mendominasinya yaitu sekitar 78%. Berarti apabila kita menguapkan air laut yang jernih sekalipun hanya akan memperoleh garam NaCl yang kemurniannya 77,74%, karena garam-garam yang lain masih banyak walaupun kristal garamnya kelihatan putih jernih. Kalau air lautnya kotor/tidak jernih karena adanya lumpur, sebagainya diuapkan maka sudah pasti garam NaCl yang diperoleh akan lebih rendah lagi kadarnya.

Teknologi dan Pemanfaatannya

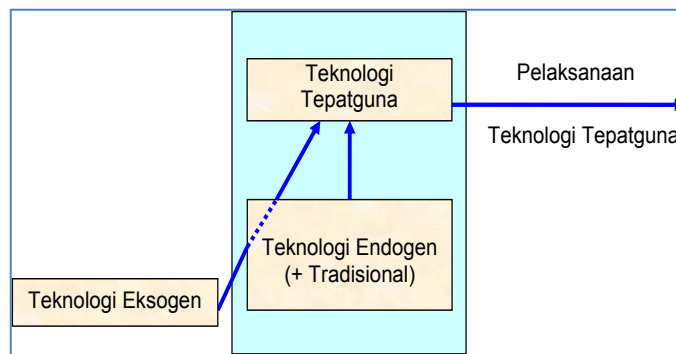
Ilmu pengetahuan dan teknologi sangat dibutuhkan diberbagai bidang kehidupan saat ini karena mempunyai banyak manfaat dalam memenuhi kebutuhan hidup. teknologi merupakan buah pikir manusia dalam menciptakan suatu instrument atau cara untuk mempermudah segala macam kegiatan atau usaha manusia. Penciptaan teknologi berhubungan erat dengan tingkat penguasaan sumber daya manusia karena membutuhkan pola pikir yang lebih maju dan modern. Dibutuhkan usaha yang kreatif dan sistematis dalam menciptakan teknologi yang tepat guna sesuai kebutuhan.

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong manusia untuk selalu menyesuaikan diri dengan memanfaatkan teknologi untuk pembangunan. Teknologi merupakan perkembangan suatu media / alat yang dapat digunakan dengan lebih efisien guna memproses serta mengendalikan suatu masalah. Pendapat ini diperkuat oleh pernyataan Chiras (1991) yang menyatakan bahwa teknologi merupakan suatu instrumen atau peralatan yang membuat penggunaan sumber daya lebih bermanfaat dalam mempertahankan kebutuhan hidup. Jadi teknologi mempunyai banyak manfaat dalam memenuhi kebutuhan hidup manusia dalam segala aspek kehidupan.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi seiring dengan peningkatan sumber daya manusia yang maju. Menurut Siagian (1995), perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mempunyai peranan yang penting dalam peningkatan produksi dan juga mempunyai dampak yang sangat kuat terhadap manajemen sumber daya manusia. Sedangkan menurut Soerjani (2000), kemajuan teknologi

harus sejalan dengan peningkatan sumber daya manusia dan pemanfaatan sumber daya alam agar mempunyai dampak yang bagus bagi kelangsungan kehidupan manusia.

Untuk meningkatkan pegaraman di Indonesia harus menerapkan teknologi tepat guna yang disesuaikan dengan kondisi yang terjadi selama ini. Artinya, penerapan teknologi tepat guna tetap dengan keterbukaan terhadap alih teknologi eksogen yang diperoleh dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan melalui proses seleksi, evaluasi, adaptasi, maupun modifikasi sesuai dengan kondisi yang ada, disamping itu juga tetap menyeraskannya dengan teknologi endogen, termasuk teknologi tradisional (Gambar 3).



Gambar 3. Pemberdayaan Teknologi Tepatguna

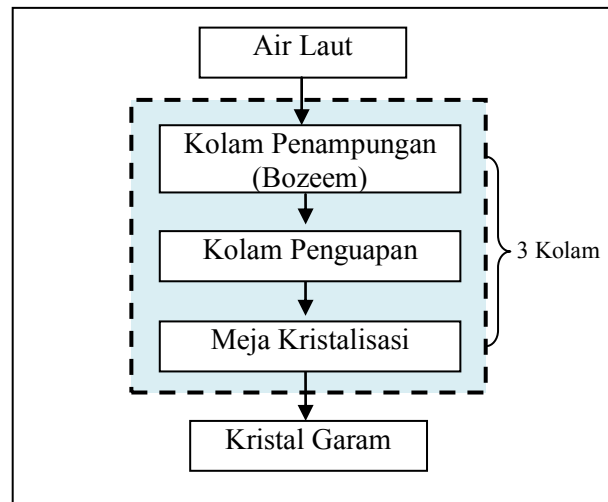
Pentingnya pemilihan teknologi secara tepat guna, baik dalam arti bentuk dan intensitasnya akan tetap memungkinkan pemberdayaan sumber daya manusia. Teknologi tepat guna merupakan penyempurnaan teknologi yang telah ada sebelumnya dan merupakan cara yang terbaik untuk mengembangkan teknologi baru. Hal ini dikarenakan teknologi tepat guna menjawab berbagai permasalahan (*problem solving*) yang ada dan terjadi selama ini.

Teknologi Proses Pegaraman

Di Indonesia, dikenal 3 jenis teknologi pegaraman yaitu teknologi proses pegaraman dengan sistem kristalisasi total, teknologi proses kristalisasi total dan teknologi sistem garam masak.

Teknologi Proses Sistem Kristalisasi Total

Teknologi proses kristalisasi total disebut juga teknologi konvensional yang merupakan teknologi pegaraman paling sederhana yang diterapkan oleh masyarakat sentra garam di Indonesia. Sarana proses kolam penguapan kristalisasi total kurang sempurna, biasanya hanya 3 (tiga) kolam yaitu kolam penampungan, penguapan, dan meja kristal (Gambar 4).



Gambar 4. Diagram Alir Teknologi Proses Kristalisasi Total

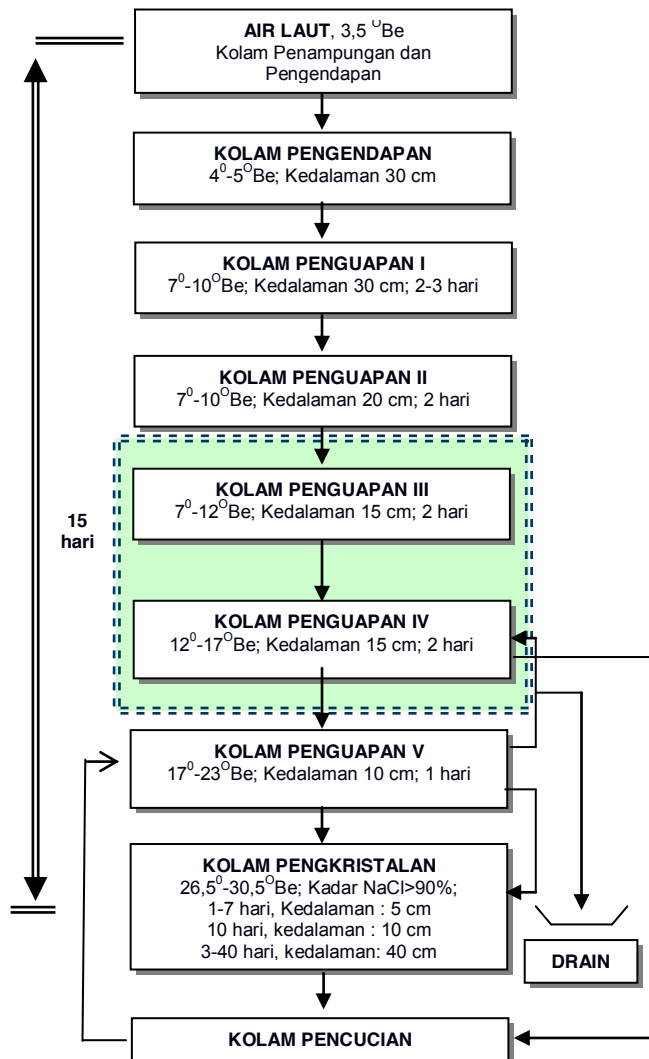
Berdasarkan diagram di atas dapat diketahui bahwa proses produksi garam teknologi proses kristalisasi total sangat sederhana. Air laut sebagai bahan baku utama produksi garam ditampung dalam lahan garam yang sudah dipersiapkan (waduk bozeem). Hal ini dilakukan untuk mengendapkan kotoran atau lumpur yang terbawa oleh aliran air laut pada kolam penampungan. Setelah mengendap sekitar 1 (satu) hari endapan air baku tersebut dialihkan atau dialirkan kedalam kolam penguapan sampai menjadi air tua. Setelah itu di alirkan menuju meja kristalisasi untuk mendapatkan kristal-kristal garam yang akan menjadi garam siap panen.

Proses produksi garam dengan teknologi kristalisasi total berlangsung sekitar 5 (lima) hari dengan masing-masing lamanya air di setiap kolam sekitar 1 hari. Seperti diketahui, proses produksi dengan teknologi kristalisasi total menghasilkan produktivitas lahan pegaraman yang kurang optimal yaitu sekitar 60 – 70 ton/ha/tahun. Selain itu, kualitas garam NaCl yang dihasilkan kurang memenuhi syarat SNI bahan baku dan garam beryodium (kadar NaCl dibawah 94%) sehingga diperlukan proses pencucian dan penanganan pasca produksi lebih lanjut. Hal ini dipengaruhi oleh kurangnya pengetahuan tentang monitoring kualitas air di setiap kolam penguapan dan proses produksi yang efisien dengan memperhatikan kandungan senyawa lain dalam garam. Diketahui, ada banyak senyawa atau zat lain dalam garam seperti CaCO_3 , CaSO_4 , MgSO_4 , KCl , MgCl_2 , MgBr_2 dan lain-lain. Selain itu, dalam proses teknologi kristalisasi total masih terdapat sisa kotoran (*impurities*) yang seharusnya dipisahkan tetapi dalam prakteknya tidak diketahui oleh para pegaram.

Sarana dan prasarana proses pegaraman juga kurang memadai, seperti guluk dan sorkot hanya menggunakan kayu sebagai bahan dasarnya sehingga diperlukan waktu yang lama untuk memadatkan lahan yang akan diisi dengan air baku dan air tua serta penanganan waktu panen. Sarana pemindahan air dari kolam satu kekolam lainnya masih menggunakan tenaga manusia (senggot) yang memerlukan energi manusia untuk operasionalnya, sehingga menguras waktu dan biaya dalam pelaksanaannya. Tidak adanya pintu air juga menjadi masalah tersendiri karena pasokan air ke lahan pegaraman menjadi tidak teratur dan tidak optimal, sehingga menghambat produktivitas lahan pegaraman.

Teknologi Proses Sistem Kristalisasi Bertingkat

Berbeda dengan teknologi proses kristalisasi total, teknologi proses kristalisasi bertingkat merupakan teknologi tepat guna sebagai penyempurnaan teknologi proses kristalisasi total. Hal ini bisa dilihat dari penyempurnaan kolam untuk menghasilkan kualitas garam dengan kadar NaCl yang tinggi dan monitoring kualitas air disetiap kolam penguapan sampai meja kristal serta memperhatikan stabilitas pasokan air baku. Disamping itu, teknologi proses kristalisasi bertingkat ini didukung dengan sarana dan prasarana serta infrastruktur yang memadai.



Gambar 5. Proses Pembuatan Garam Bahan Baku dengan Teknologi Kristalisasi Bertingkat

Kolam penguapan dengan teknologi proses pegaraman kristalisasi bertingkat dan monitoring setiap kolam penguapan dengan boume meter akan menghasilkan derajat atau suhu kolam yang baik untuk proses kristalisasi garam. Penyempurnaan kolam merupakan tahapan proses air baku untuk memperoleh kadar NaCl yang baik dan untuk mengetahui zat atau senyawa lain di dalam garam yang akan mengkristal serta meminimalisir kandungan air dan *impurities*

dalam kristal garam (Gambar 5). Berdasarkan gambar proses pembuatan garam dengan teknologi bertingkat diatas dapat dibuat perbandingan luas lahan menurut yang disarankan sesuai dengan kepemilikan pegaram seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Perbandingan Luas Lahan Menurut Fungsi Disarankan

No.	Jenis Kolam	Luas (%)	Kedalaman (cm)
1.	Penampungan dan pengendapan	20	50 – 100
2.	Penguapan I	15	30
3.	Penguapan II	15	20
4.	Penguapan III	16	15
5.	Penguapan IV	14	15
6.	Penguapan V	12	10
7.	Kristalisasi	8	4 – 5

Selain penyempurnaan kolam penguapan dan meja kristalisasi, untuk menghasilkan produksi garam yang optimal harus memperhatikan faktor lainnya seperti berikut:

1. Lahan harus, datar, elevasi lahan tidak boleh lebih dari 3 meter dibandingkan dengan tinggi permukaan pasang surut rata-rata air laut (*mean sea level*) agar memudahkan proses pemasukan air laut ke lahan pegaraman.
2. Luas lahan harus cukup, untuk skala kecil sebaiknya > 5 – 10 hektar, untuk skala menengah kecil > 10 – 50 ha dan untuk skala menengah besar > 50 – 200 ha, untuk skala besar > 1.000 ha namun kepemilikan lahan disentra garam rakyat rata-rata dibawah 2 ha per orang.
3. Lahan pegaraman yang ideal adalah apabila digunakan tanah yang kedap air (*bocoran/seepage* = 0), tetapi tanah semacam ini tidaklah mudah dapat diketemukan. Bocoran ini akan sangat berpengaruh pada produksi air tua, karena air laut selalu sering meresap ke dalam tanah sehingga selalu harus di supply dengan air laut baru yang konsentrasinya rendah.

Dalam teknologi proses kristalisasi bertingkat terdapat pengendalian mutu pegaraman. Pengendalian mutu merupakan kegiatan yang sangat penting agar mendapatkan produktivitas dan kualitas garam yang optimal mulai dari pintu air masuk saluran primer, saluran sekunder (air laut) ke kolam penampungan, kolam penguapan 1 sampai 5 kemudian air tua dan meja kristal. Disamping itu, untuk menjaga kejernihan dan ukuran salinitas sesuai dengan standar yang telah ditentukan berdasarkan sifat fisika dan kimia serta kondisi dan tahapan kristalisasi masing-masing garam yang mengendap. Pengendalian mutu pada teknologi proses kristalisasi bertingkat meliputi pengendalian pada kualitas air di masing-masing tahapan, pengendalian tata lahan pegaraman, sistem dan waktu panen serta kualitas garam yang dihasilkan.

Pengendalian mutu pada lahan pegaraman digunakan untuk mengatur tata saluran air dan kualitas lahan untuk menjaga porositas tanah seminimal mungkin sehingga air tidak terbuang meresap kedalam tanah. Pengendalian mutu pada sistem panen adalah memonitor kualitas air tua (^{24}Be) yang masuk dalam meja kristal serta kristal yang terbentuk dalam waktu tertentu >10 hari akan diperoleh kualitas garam dengan NaCl sesuai dengan garam bahan baku untuk konsumsi.

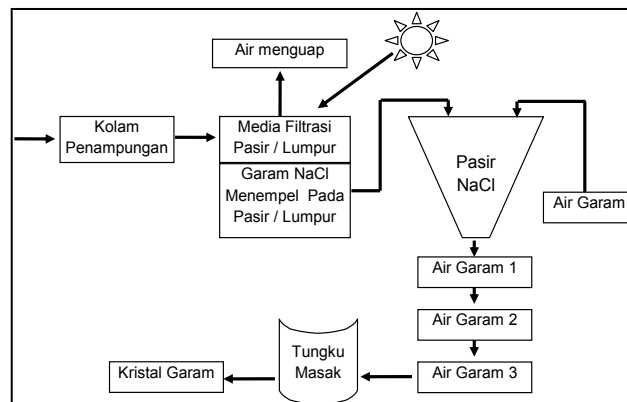
Sarana, prasarana, infrastruktur, perlengkapan dan peralatan yang dibutuhkan dalam proses pembuatan garam dengan teknologi proses kristalisasi bertingkat adalah:

1. Saluran primer dan sekunder yang dilengkapi dengan pintu air untuk mengamankan kebutuhan bahan baku air laut dengan luas lahan tertentu.
2. Guluk untuk penyiapan/pemadatan lahan garam (kolam penguapan dan meja kristalisasi).
3. Sorkot (sorkot kesap untuk meratakan lahan, sorkot racak dan sorkot pungut untuk panen garam).
4. Sarana pengolahan air (pompa air dan pompa kincir angin).
5. Alat uji kualitas air (*boume meter*), alat uji kadar NaCl (*refractory meter*) dan mini laboratorium.

Dalam perkembangannya, untuk meningkatkan keseragaman kualitas dan produktivitas garam nasional, perlu dikembangkan teknologi proses pegaraman sistem kristalisasi bertingkat melalui penyempurnaan kualitas meja kristal seperti meja kristal dengan lapisan garam dan meja kristal dilapisi plastik berwarna hitam dengan lapisan standar *food grade*. Hal ini merupakan penyempurnaan meja kristal karena akan cepat diperoleh kristal garam dengan kadar NaCl yang optimal.

Teknologi Sistem Garam Masak

Selain dari teknologi kristalisasi total sudah umum diterapkan masyarakat pegaram selama ini dan teknologi kristalisasi bertingkat yang merupakan penyempurnaan teknologi kristalisasi total, ternyata ditemukan teknologi pegaraman skala kecil dengan cara ekstraksi NaCl dari air laut melalui media pasir atau lumpur. Teknologi ini merupakan teknik pelarutan NaCl/melalui filter pasir/lumpur dengan air yang dilanjutkan dengan proses penguapan dengan cara direbus atau masak sehingga terbentuk kristal garam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam bentuk diagram seperti dibawah ini.



Gambar 6. Diagram Alir Teknologi Garam Masak

Langkah-langkah produksi garam dengan menggunakan teknologi garam masak dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menampung air laut di kolam penampungan yang telah disediakan dengan proses evaporasi sampai air laut mengering.

2. Pasir atau lumpur tersebut yang mengandung NaCl tersebut kemudian diambil dan ditempatkan dalam filter khusus berbentuk corong.
3. Ambil air garam kemudian disaring dalam filter tersebut sampai beberapa kali hingga didapatkan air tua yang siap untuk dimasak.
4. Air tua tersebut dimasukkan kedalam nampan (alat pemasak) sebagai media untuk tempat perebusan air tua tersebut.
5. Garam dimasak hingga menjadi kristal garam.

Teknologi proses pegaraman melalui proses ekstraksi NaCl dari air laut melalui media pasir/lumpur merupakan usaha skala kecil pegaraman yang biasanya untuk konsumsi masyarakat lokal. Umumnya kadar NaCl dari teknologi proses ini rendah, sehingga diperlukan perhatian terhadap yodisasi garam. Sarana dan prasarana teknologi proses ini berbeda dengan proses teknologi kristalisasi pada umumnya yang memerlukan beberapa peralatan khusus seperti nampan untuk merebus air garam yang akan menjadi kristal garam. Selain itu, diperlukan alat filtrasi khusus dan tempat penampungan khusus untuk menampung sisa air laut hasil penyulingan. Proses ekstraksi lebih rumit karena ada penyaringan dan perebusan yang membutuhkan lebih banyak waktu dan biaya produksi melalui bahan bakar, sehingga berdampak pada kerusakan lingkungan akibat pemanfaatan kayu yang digunakan sebagai bahan bakar garam masak. Teknologi proses sistem garam masak dapat ditemukan di sentra garam kecil Aceh (Pidie, Bireun dan Langsa), Bali (Klungkung), NTB (Lombok Barat dan Lombok Timur) dan NTT (Kupang).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uraian di atas maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Prinsip proses kristalisasi dengan menggunakan energi matahari untuk proses penguapan dan pengendapan garam-garam selain NaCl sampai terbentuknya garam NaCl sangat efektif dan efisien serta tidak mengeluarkan biaya langsung. Hal ini dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal, faktor internal adalah faktor yang dipengaruhi oleh kemampuan dan keahlian sumber daya manusia dalam mempersiapkan sarana dan prasarana proses produksi yaitu berupa penataan lahan, infrastruktur dan sarana proses produksi sedangkan faktor eksternal adalah faktor alam seperti curah hujan, kecepatan angin, suhu dan kelembaban udara dan lamanya penyinaran matahari.
2. Teknologi proses pegaraman dengan sistem kristalisasi bertingkat akan menghasilkan kualitas garam NaCl yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kristalisasi total. Hal ini dipengaruhi oleh manajemen tata lahan pegaraman (perencanaan kolam penguapan, kolam air tua dan meja kristal), manajemen produksi (sarana produksi, pengendalian mutu air pada tiap kolam, sistem dan waktu panen) dan kompetensi sumber daya manusia.
3. Teknologi proses pegaraman dengan sistem garam masak adalah suatu proses pembuatan garam yang diperoleh melalui tahapan ekstraksi, pelarutan dan penguapan sampai terbentuknya kristal garam NaCl dengan cara direbus pada suatu tungku, sehingga mempunyai masalah yang sangat kritis terhadap energi

dan kekurangan bahan bakar serta kerusakan lingkungan akibat pemanfaatan kayu yang digunakan sebagai bahan bakar.

Adapun saran yang dapat disampaikan yaitu :

1. Pengembangan teknologi proses pegaraman dengan sistem kristalisasi bertingkat perlu disebarluaskan dan diterapkan diseluruh sentra garam rakyat agar diperoleh keseragaman/homogenitas kualitas garam
2. Untuk meningkatkan produktivitas lahan diperlukan fasilitasi infrastruktur, sarana dan prasarana produksi yang optimal serta peningkatan kompetensi sumber daya manusia.
3. Untuk mempercepat alih teknologi pegaraman dengan sistem kristalisasi bertingkat perlu dikembangkan kompetensi sumber daya manusia melalui pelatihan.
4. Sentra garam masak perlu disosialisasikan teknologi pegaraman dengan sistem kristalisasi bertingkat (substitusi proses dan diversifikasi produk) untuk mengatasi penurunan nilai tambah dan kerusakan lingkungan yang dihadapi baik pegaram maupun masyarakat.
5. Untuk meningkatkan keseragaman kualitas dan produktivitas garam nasional, perlu dikembangkan teknologi proses pegaraman sistem kristalisasi bertingkat melalui penyempurnaan kualitas meja kristal seperti meja kristal dengan lapisan garam dan meja kristal dilapisi plastik berwarna hitam dengan lapisan standar UV serta *food grade*.

DAFTAR PUSTAKA

- Chiras, D. D., 1991. *Enviromental Science: Action for a Suistainable Future*. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Siagian, S. P. 1995. *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Soeriaatmadja, R. E., 1987. *Our Common Future*. New York: Oxford University Press.
- Soerjani, M., 2000. *Perkembangan Kependudukan dan Pengelolaan Sumber Daya Alam*. Jakarta: IPPL.
- Soetrisnanto, D. 2001. *Bahan Baku Air Laut untuk Pembuatan Garam (Fisik – Kimia)*. Jakarta: Bahan Diklat Demplot Pegaraman Departemen Perindustrian.