

Research Paper

Inovasi Tambak Garam Tradisional Skala Laboratorium dengan Percepatan Laju Penguapan Menggunakan Limbah Sabut Kelapa

Innovation of Traditional Salt Pond by Enhancing Evaporation Rate using Coconut Coir Waste

Setyawati Yani*, Syamsuddin Yani, Andi Artiningsih, Rifani Rabiatal Adawiah, Tarisa Ramadhani

*Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia Jl. Urip Sumoharjo KM 05
Panaikang, Kec. Panaikang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia*

Artikel Histori : Submitted: 18 July 2024, **Revised:** 15 August 2024, **Accepted:** 18 November 2024, **Online:** 30 November 2024

 <https://doi.org/10.33096/jcpe.v9i2.967>

ABSTRAK: Kapasitas produksi garam secara nasional didominasi oleh produksi garam rakyat melalui proses kristalisasi pada tambak garam tradisional. Salah satu daerah penghasil garam di Provinsi Sulawesi Selatan adalah terletak di Kabupaten Jeneponto. Petani garam di Kabupaten Jeneponto menghasilkan garam melalui tambak garam tradisional. Kabupaten Jeneponto juga merupakan salah satu daerah utama penghasil kelapa di Provinsi Sulawesi Selatan. Sabut kelapa dari industri Perkebunan rakyat, saat ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada industri rumah kecil menengah atau hanya dibuang sebagai limbah. Sabut kelapa memiliki kemampuan untuk menyerap air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan inovasi pemanfaatan pada limbah sabut kelapa untuk memperbesar luas permukaan penguapan air pada tambak garam tradisional skala laboratorium. Penelitian ini juga dilakukan dengan melakukan analisis di tambak tradisional di Kabupaten Jeneponto untuk mempelajari faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses penggaraman. Selanjutnya dilakukan proses penggaraman dengan skala laboratorium dengan membuat replica pada proses penggaraman tambak tradisional yang dilengkapi dengan penambahan sabut kelapa untuk memperbesar luas muka penguapan. Hasil pada penelitian menunjukkan bahwa proses penggaraman di Tambak garam tradisional di Kabupaten Jeneponto sangat dipengaruhi oleh musim. Matahari sangat berperan pada proses penguapan pada tambak garam tradisional hingga terbentuk kristal garam pada tambaknya. Pada alat tambak garam skala laboratorium menunjukkan bahwa penggunaan sabut kelapa sangat berperan dalam mempercepat proses penguapan dan berpotensi dalam meningkatkan produksi garam pada tambak garam tradisional.

Kata Kunci: Industri Garam Tradisional, Luas Muka Penguapan; Percepatan Penguapan; Sabut Kelapa.

ABSTRACT: National salt production capacity is dominated by smallholder salt production through the crystallization process in traditional salt ponds. One of the salt producing areas in South Sulawesi Province is located in Jeneponto Regency. Salt farmers in Jeneponto Regency produce salt through traditional salt ponds. Jeneponto Regency is also one of the main coconut producing areas in South Sulawesi Province. Coconut coir from the people's plantation industry is currently only used as fuel in small and medium home industries or is simply thrown away as waste. Coconut coir has the ability to absorb water. The aim of this research is to innovate the use of coconut coir waste to increase the surface area for water evaporation in traditional laboratory-scale salt ponds. This research was also carried out by conducting analysis on traditional ponds in Jeneponto Regency to study the factors that influence the salting process. Next, the salting process was carried out on a laboratory scale by making a replica of the traditional pond salting process which was equipped with the addition of coconut coir to increase the evaporation surface area. The results of the research show that the salting process in traditional salt ponds in Jeneponto Regency is greatly influenced by the season. The sun plays a very important role in the evaporation process in traditional salt ponds until salt crystals form in the ponds. Laboratory scale salt pond equipment shows that the use of coconut coir plays a very important role in speeding up the evaporation process and has the potential to increase salt production in traditional salt ponds

Keywords: Traditional Salt Industry; Evaporation Surface Area; Evaporation Acceleration; Coconut Coir

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI) Makassar- Sulawesi Selatan

e-mail : jcpe@umi.ac.id

Corresponding Author *
wati.yani@umi.ac.id



1. PENDAHULUAN

Potensi untuk mengembangkan industri garam pada tambak garam tradisional di Kabupaten Jeneponto Sulawesi Selatan masih terbuka karena Indonesia masih melakukan impor garam [1]. Produksi garam di Indonesia sebagian besar dilakukan secara konvensional yang dilakukan dengan metode penguapan di tambak garam oleh para petani garam. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan proses penguapan adalah luas muka perpindahan panas [2]. Laju penguapan akan lebih besar jika luas perpindahan panas juga besar. Pada proses penguapan air di lahan tambak garam, luas perpindahan panas hanya sebesar luasan lahan tambaknya. Penggunaan penyerap air dapat dilakukan untuk memperbesar luas muka perpindahan panas sehingga mempercepat penguapan air.

Garam merupakan bahan pokok kebutuhan masyarakat dan bahan baku berbagai industri. Sebagai bangsa dengan mayoritas penduduk beragama Islam dan merupakan salah satu dari 3 (tiga) negara dengan pasar makanan halal di dunia [3], maka diperlukan proses industri halal termasuk pada industri garam. Inovasi penambahan kain pencilup dengan menggunakan kain yang berbasis bahan alami dan halal, akan berkontribusi pada produksi garam tradisional secara halal.

Garam merupakan komoditas bahan pokok nasional baik untuk keperluan pangan maupun industri [4][5]. Berdasarkan kandungan zat kimia yang diperlukan oleh masing-masing penggunaannya maka garam diklasifikasikan menjadi garam konsumsi [6] dan garam industri. Kebutuhan garam untuk industri digunakan antara lain pada industri kimia, industri pangan, industri farmasi, dan industri petrokimia. Garam konsumsi harus mengandung natrium klorida (NaCl) sebesar 94-97 %, sedangkan garam untuk kebutuhan industri kandungan NaCl minimal 97% [7][8]. Secara demografis, Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar yang memiliki 17.506 pulau dan garis pantai terpanjang keempat di dunia. Namun, luas pantai tersebut tidak menjamin tercukupinya kebutuhan garam. Indonesia masih melakukan impor garam yang mengalami kenaikan sebesar 300.000 ton/tahun dari tahun 2019 sampai 2020 [9].

Kenaikan impor garam dikarenakan kualitas garam lokal Indonesia masih belum memenuhi syarat kandungan NaCl garam industri. Garam dari Indonesia berasal dari bahan baku air laut. Kualitas garam dengan konsentrasi NaCl yang tinggi umumnya berasal dari garam yang diperoleh dari tambak garam [10]. Pertimbangan lain impor garam adalah besarnya kebutuhan garam yang belum terpenuhi oleh industri garam di Indonesia yang dihasilkan oleh petani garam konvensional dan PT Garam. Kementerian Kelautan dan Perikanan menegaskan kebutuhan garam untuk industri diimpor dari Australia [11]. Hal ini karena Australia menggunakan teknologi tinggi dalam pengolahan garam sehingga garam yang dihasilkan berkualitas tinggi serta harganya terjangkau [12]. Produksi garam nasional berasal dari industri garam rakyat sebesar 70% dan sisanya diproduksi oleh Badan Usaha Milik Negara yaitu PT. Garam [13]. Ada tiga metode proses pembuatan garam berdasarkan sumbernya, yaitu sistem kristalisasi total air laut, pembuatan garam dari larutan garam alamiah, dan pengambilan garam dari batuan garam atau melalui penambangan [14][15].

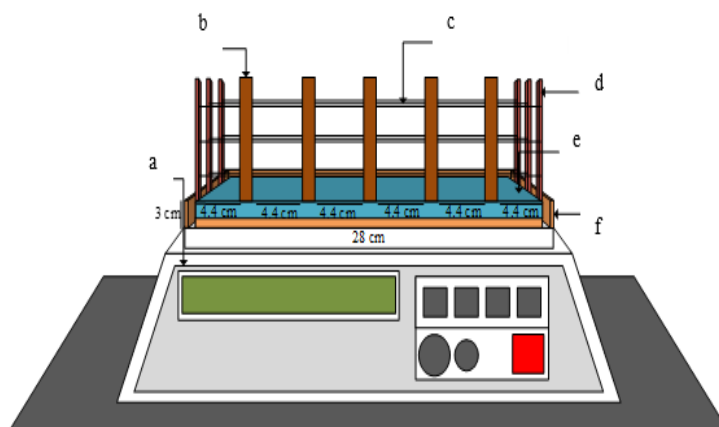
Metode yang umum dilakukan di negara tropis termasuk Indonesia, yaitu sistem kristalisasi total air laut. Prinsip utama metode ini adalah kristalisasi garam dari air laut dengan menggunakan sinar matahari untuk menguapkan air laut. Metode ini memerlukan tiga kolam utama, yaitu kolam penampungan air laut, kolam pemekatan, dan kolam kristalisasi [16][17]. Umumnya di Indonesia, baik petani garam tradisional maupun PT Garam menggunakan metode penguapan dalam memperoleh garam dari air laut. Pada proses pembuatan garam dengan cara penguapan, pada prinsipnya air laut ditampung dan diuapkan airnya dengan bantuan sinar matahari di tambak garam. Mula-mula air laut dialirkan ke areal penguapan. Proses penguapan dipengaruhi oleh pemanasan sinar matahari dan hembusan angin. Setelah air laut mengalami kejenuhan yang ditandai dengan konsentrasi air garam tinggi selanjutnya air laut jenuh dialirkan ke petak kristalisasi untuk mengkristalkan garam. Proses pengkristalan untuk memperoleh produk garam mentah memerlukan waktu antara 4-10 hari untuk dipanen [11].

Teknologi pembuatan garam dengan metoda penguapan ini masih tradisional, baik ditinjau dari peralatannya maupun proses produksinya. Faktor-faktor teknis yang mempengaruhi produksi garam rakyat diantaranya adalah tata letak tambak, mutu air laut, keadaan cuaca, sifat porositas tanah tambak, laju aliran air laut dan teknik pungutan/pemanenan [5]. Sebagai upaya untuk meningkatkan produksi garam, dapat dilakukan dengan memperluas permukaan penguapan yaitu dengan menambahkan limbah sabut kelapa. Sabut kelapa merupakan bahan lignoselulosa yang berpori sehingga memiliki kemampuan sebagai penyerap, termasuk penyerap air [18]. Kemampuan sabut kelapa sebagai bahan penyerap dapat dimanfaatkan sebagai penyerap air pada tambak garam. Setelah air terserap, maka penyerap sabut kelapa tersebut memberikan tambahan luas muka penguapan pada tambak garam sehingga diharapkan akan mempercepat penguapan dan memberikan peningkatan produksi garam. Secara khusus, penelitian ini akan mempelajari faktor-faktor yang berpengaruh dalam produksi garam secara tradisional di Kabupaten Jeneponto dan melakukan analisis terhadap potensi penggunaan sabut kelapa dalam meningkatkan luas muka penguapan sehingga dapat meningkatkan kapasitas produksi pada proses penggaraman secara tradisional..

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, alat-alat utama yang digunakan adalah rangkaian alat penggaraman yang terdiri dari Neraca Analitik, Sabut Kelapa, Tali Tasi, Bambu dan Wadah Plastik. Bahan yang digunakan di dalam penelitian ini yaitu Air Laut.



Gambar 1. Rangkaian Alat Penggaraman; a. Neraca Analitik; b. Sabut Kelapa; c. Tali Tasi; d. Bambu; e. Air Laut; f. Wadah Plastik.

2.2. Proses Penggaraman Secara Tradisional

Penelitian dilakukan dengan memasukkan air laut sebanyak 700 ml pada bak yang dibuat sebagai replika tambak (Gambar 1). Proses penggaraman dilakukan dalam 4 (empat) bak replika tambak yang berbeda yang disebut bak penampang. Pada bak penampang A tidak dipasang sabut kelapa, sedangkan pada bak penampang B, C dan D ditambahkan sabut kelapa dengan luas sabut kelapa berbeda-beda sesuai variabel yang telah ditetapkan. Luas sabut kelapa pada bak penampang A, B, C, dan D, berturut-turut adalah 0 cm^2 , 29.04 cm^2 , 38.72 cm^2 , dan 48.4 cm^2 . Selanjutnya dilakukan pengamatan proses penggaraman, dengan melihat pengurangan air yang terjadi pada tiap bak selama waktu pengamatan. Dilakukan pencatatan hasil penimbangan air laut dengan pengambilan data sebanyak 6 kali dalam sehari. Proses pengamatan laju penguapan air pada proses penggaraman dilakukan hingga proses penggaraman selesai dan terbentuk garam..

2.3. Analisa Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan dengan memanaskan cawan petri beserta tutupnya dalam oven pada suhu $(110 \pm 2)^\circ\text{C}$ selama kurang lebih satu jam dan mendinginkan dalam desikator selama 20 hingga 30 menit. Selanjutnya cawan Petri kosong beserta tutupnya (W0) ditimbang. Sebanyak 20g garam hasil proses

penggaraman dimasukkan ke dalam cawan dan ditimbang (W_1). Cawan kemudian dipanaskan menggunakan oven pada temperatur (110 ± 2)°C sehingga diperoleh bobot tetap (W_2). Kadar air yang dihitung sesuai dengan Persamaan (1) SNI 4435:2017 [18].

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

W_0 = Bobot cawan kosong dan tutupnya, dinyatakan dalam

W_1 = Bobot cawan, tutupnya, dan sampel sebelum dikeringkan, dinyatakan dalam gram (g)

W_2 = Bobot cawan, tutupnya, dan sampel sesudah dikeringkan, dinyatakan dalam gram (g) [18].

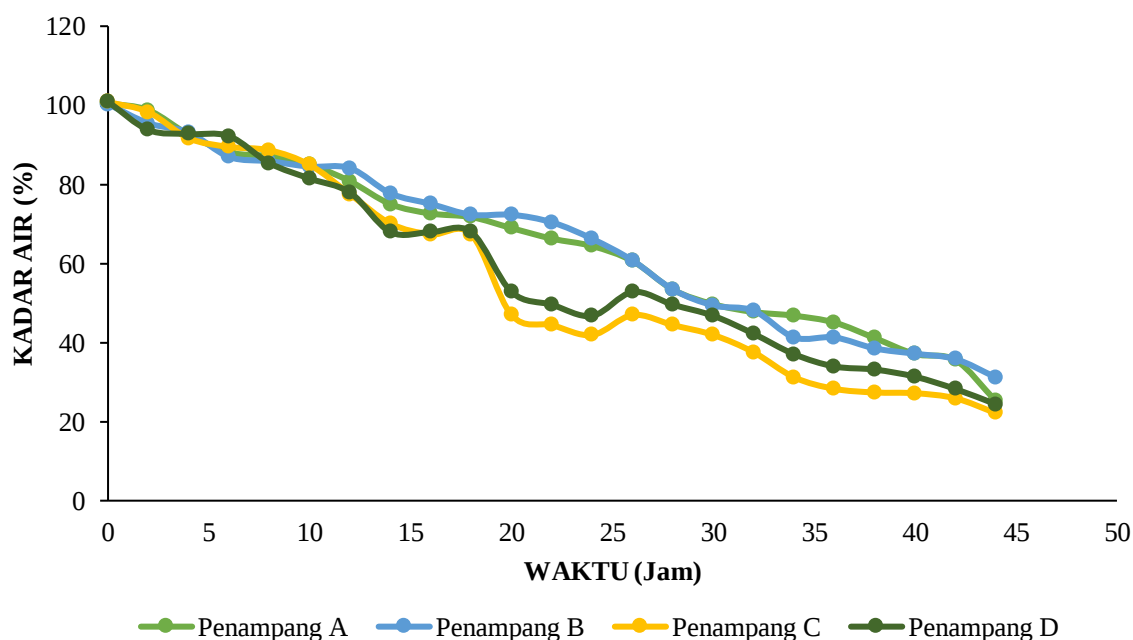
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Studi Awal Tambak Garam

Tahap awal penelitian dilakukan studi kasus ke tambak garam didesa Pallenggu, Kecamatan Bangkala, Kabupaten Jeneponto, Provinsi Sulawesi Selatan. Diperoleh banyak informasi mengenai proses pembuatan garam secara tradisional. Proses penggaraman secara tradisional dilakukan dengan memanfaatkan sumber panas dari matahari dan mengatur alur air dengan memanfaatkan kincir angin sebagai pompa. Faktor-faktor yang mempengaruhi terbentuknya garam secara tradisional yaitu kualitas air laut, cuaca dan tanah [19].

3.2 Pengaruh Luas Muka Bahan Penyerap Sabut Kelapa Terhadap Laju Penguapan.

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap pengaruh penambahan luas muka sabut kelapa terhadap kecepatan penguapan air laut. Penelitian dilakukan dengan menempatkan bak replika proses penggaraman di bawah sinar matahari. Kecepatan angin, kelembaban udara dan radiasi matahari berpengaruh terhadap laju pada air yang menguap saat proses pembuatan garam. Kecepatan pada angin menjadi penentu karena angin membawa uap air melintasi permukaan pada air sehingga proses penguapan berlangsung. Pada proses penguapan air pada tambak garam ini, cahaya matahari akan memanaskan permukaan air, sehingga terjadi peristiwa perpindahan panas yang menyebabkan air kan berubah fase menjadi uap air menguap hingga terjadi kristalisasi sehingga terbentuk kristal-kristal garam [20].



Gambar 2. Pengaruh waktu terhadap pengurangan kadar air di bak penampang pada proses penggaraman dengan bahan penyerap sabut kelapa..

Gambar 2 menunjukkan laju pengurangan kadar air akibat terjadinya proses penguapan air pada masing-masing bak replika tambak garam. Secara umum terlihat bahwa semakin luas permukaan penyerap sabut kelapa yang ditambahkan maka semakin meningkat laju pengurangan air garam. Terlihat bahwa bak replika tambak C memberikan laju penguapan yang paling optimum. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat dilihat bahwa pada proses penguapan, laju penguapan dipengaruhi juga oleh luas muka perpindahan panas. Penambahan bahan penyerap dengan bahan yang memanfaatkan limbah sabut kelapa meningkatkan luas muka perpindahan panas dan berpengaruh pada meningkatnya laju penguapan. Bak replica tambak garam skala laboratorium yang telah di rancang memiliki luas permukaan penyerap kelapa yang berbeda-beda. Secara teori semakin luas permukaan perpindahan panas, maka semakin cepat pula laju penguapannya dan hal ini dibuktikan dari hasil pengamatan yang dilakukan.

Selain penambahan luas muka penguapan, laju penguapan air garam juga dipengaruhi oleh kecepatan angin dan radiasi matahari. Kecepatan angin sangat menentukan karena angin membawa uap air dari permukaan sehingga proses penguapan terus berlangsung [21]. Radiasi matahari mempunyai pengaruh sebagai sumber energi dalam proses penguapan. dengan bantuan sabut kelapa maka pengkristalan terjadi lebih cepat dibandingkan penampang kosong yang tidak ditambahkan bantuan bahan penyerap [22].

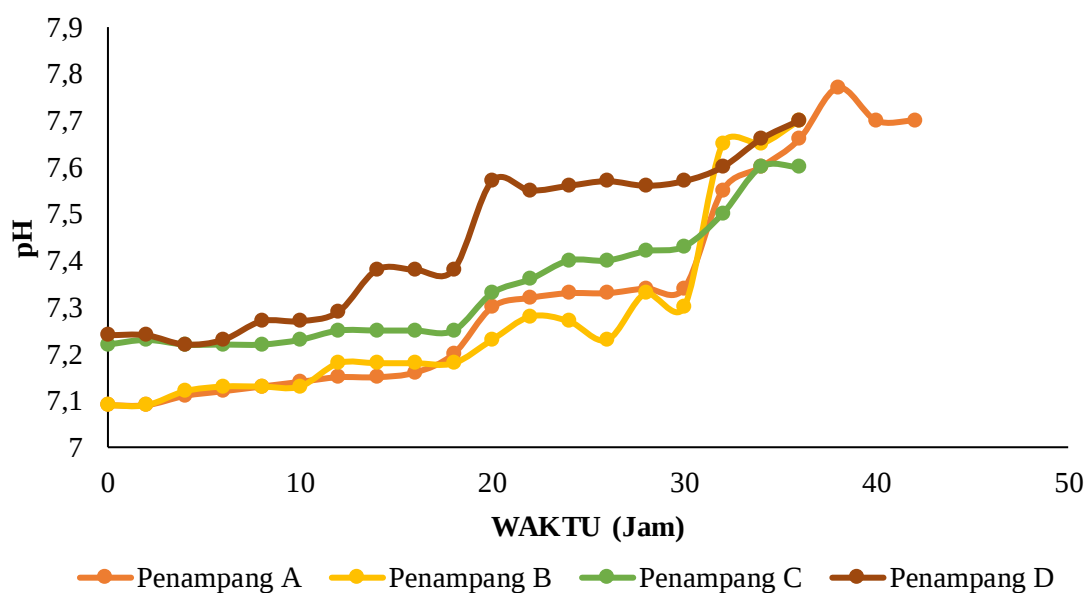
Gambar 2 menunjukkan menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu, laju penguapan terus terjadi dan berhenti ketika terjadi proses kristalisasi garam. Semakin banyak penguapan yang terjadi maka udara disekitarnya akan semakin lembab dan semakin tinggi salinitas air laut pada bak replika tambak. Dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu penguapan maka semakin banyak air yang menguap dan semakin besar luas permukaan bahan maka semakin besar pula kadar air yang menguap ke udara [23].

3.3 Pengaruh Faktor Lingkungan pada Proses Penggaraman

Pada proses penggaraman, waktu yang diperlukan untuk menghasilkan garam dari air laut mentah hingga menghasilkan kristal garam dipengaruhi oleh parameter cuaca seperti intensitas cahaya matahari, curah hujan, kelembaban dan angin, serta parameter kualitas air laut baku seperti densitas dan slinitas. Oleh karena itu, pada penelitian ini juga dilakukan pengamatan terhadap beberapa parameter yang berpengaruh pada proses penggaraman yaitu perubahan pH air garam, derajat salinitas, densitas dan juga kelembaban udara. Hasil pengamatan dipaparkan pada bagian berikut ini.

3.3.1 Derajat keasaman

Keasaman adalah skala yang digunakan untuk menyatakan derajat keasaman atau kebasaaan suatu larutan. Pada proses penggaraman, perubahan pH menunjukkan perubahan kepekatan garam pada air garam.

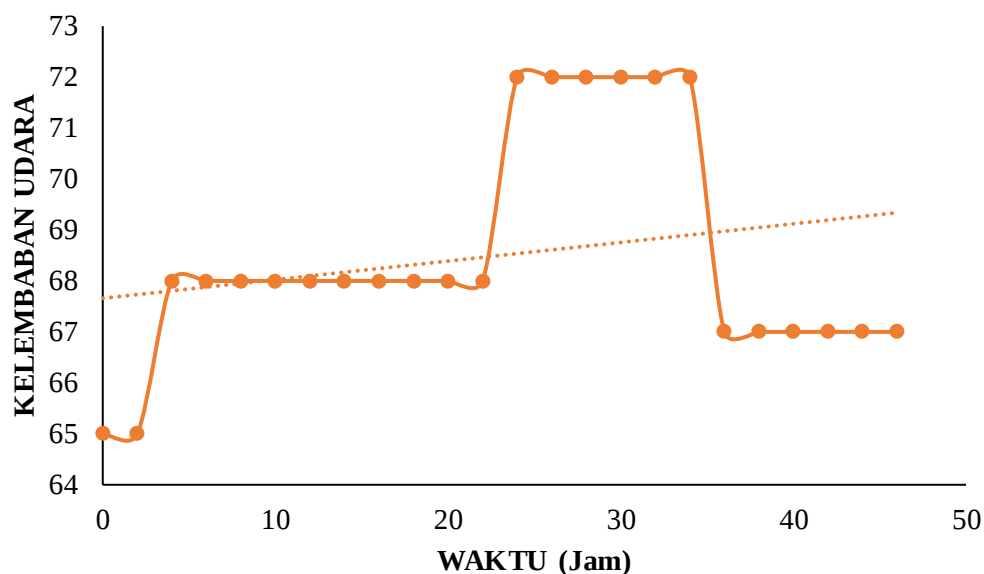


Gambar 3. Hubungan antara waktu dan pH pada proses penggaraman.

Bertambahnya waktu penguapan maka semakin banyak air yang menguap dari tambak. Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu juga mempengaruhi pH air laut pada replika tambak. Semakin tinggi kadar garam, maka semakin tinggi juga pH air tambak. Penambahan sabut kelapa sebagai bahan penyerap air berpengaruh pada kecepatan penguapan yang selanjutnya juga berpengaruh pada perubahan pH. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa dengan semakin besar luas muka sabut kelapa yang ditambahkan, maka semakin tinggi nilai pH air tambak pada waktu penguapan yang sama. Semakin lama waktu penguapan maka semakin rendah kadar air bahan tersebut. Hasil analisa menunjukkan, berdasarkan kajian pH meter, semakin lama waktu penguapan maka pH air laut akan semakin tinggi.

3.3.2 Kelembaban Udara

Faktor lingkungan yaitu kelembaban udara berpengaruh juga terhadap laju penguapan air laut. Pada tambak garam tradisional, laju penguapan air sangat dipengaruhi oleh kelembapan udara (*humidity*). Jika kelembapan tinggi maka laju penguapan akan rendah karena udara menjadi lebih cepat jenuh yang menimbulkan penguapan tidak dapat terjadi lagi [24].



Gambar 4. Data Kelembaban udara selama proses penggaraman berlangsung

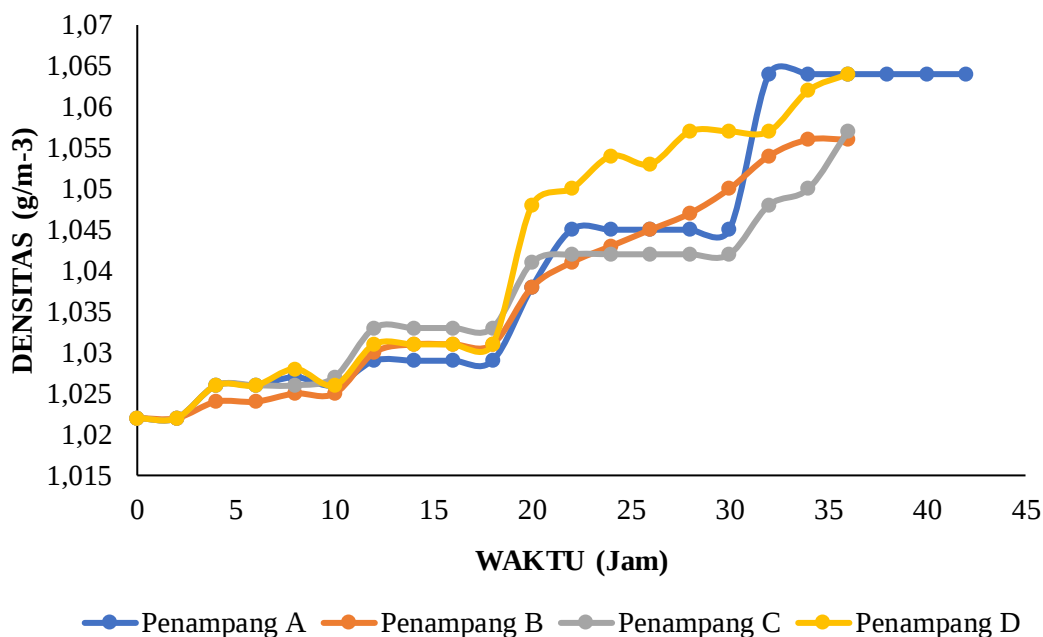
Kelembaban adalah jumlah uap air di udara atau atmosfer. Besarnya tergantung pada banyaknya uap air yang masuk ke atmosfer akibat uap air yang menguap dari lautan, danau, sungai, dan juga air tanah. Selain itu juga terjadi pada proses evaporasi yaitu proses penguapan pada tumbuhan. Kelembapan udara yang tinggi merupakan indikasi bahwa udara mengandung banyak uap air atau udara lembab, sehingga proses penguapan pada daerah tersebut tidak dapat berlangsung secara efektif. Komponen iklim sangat berpengaruh pada produktivitas garam yang dihasilkan pada tambak garam [25].

Tambak garam akan berjalan dengan baik jika kelembaban udara pada daerah tersebut berkisar pada 50% atau kurang [26]. Gambar 4 menunjukkan data kelembaban selama penelitian berlangsung. Dari gambar tersebut, kelembaban terpantau pada kisaran 60-70%. Untuk meningkatkan produktivitas garam maka sebaiknya proses penggaraman dilakukan pada Lokasi yang memiliki kelembaban udara <50%.

3.3.3 Salinitas

Besaran (intensitas) kelembaban udara dan sebarannya rata-rata sepanjang tahun merupakan indikator yang berkaitan erat dengan lamanya musim kemarau, yang kesemuanya mempengaruhi kapasitas penguapan air laut. Kecepatan angin, kelembaban dan suhu udara sangat mempengaruhi laju penguapan air, dimana semakin tinggi penguapan maka semakin banyak kristal garam yang mengendap [26]. Pada proses penggaraman ini, terbentuknya kristal garam dapat diamati dari parameter densitas dan salinitas air tambak.

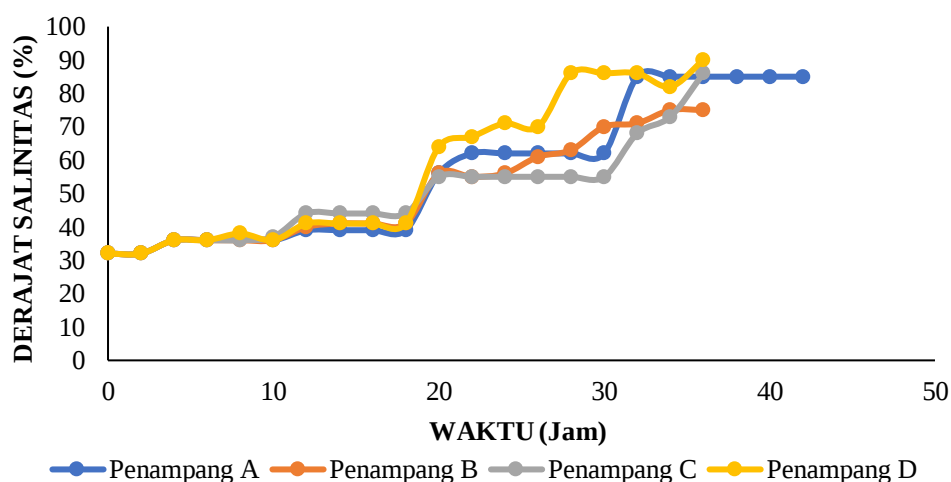
Densitas merupakan besaran kerapatan massa benda yang dinyatakan dalam berat benda per-satuan volume benda tersebut [26]. Densitas air pada proses penggaraman diamati dan hasilnya ditampilkan pada Gambar 5. Gambar tersebut menunjukkan bahwa dengan berjalannya waktu maka densitas air laut akan meningkat. Penambahan sabut kelapa sebagai bahan penyerap dapat mempengaruhi kecepatan penguapan air yang berpengaruh pada meningkatkan densitas air tambak. Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin besar luas muka penguapan yang ditunjukkan dengan semakin besar luas muka bahan penyerap sabut kelapa, maka densitas juga akan semakin meningkat. Dengan melihat fenomena ini, replica tambak penampang C terlihat yang paling efektif dalam meningkatkan densitas air tambak untuk waktu penggaraman yang sama.



Gambar 5. Hubungan antara Waktu dan Densitas Air Laut.

Salinitas (tingkat keasinan) air laut berhubungan dengan densitas air laut. Pada penelitian ini, perubahan salinitas air tambak juga dimatai dan ditampilkan pada Gambar 6. Seperti halnya densitas, salinitas akan meningkat dengan bertambahnya waktu dan juga dengan bertambahnya luas muka bahan penyerap. Pada Gambar 6 terlihat bahwa bak penambang C memberikan peningkatan salinitas yang paling tinggi untuk waktu yang sama. Hal ini berpengaruh terhadap proses kristalisasi garam yang lebih cepat.

Salinitas dan densitas air laut dan air tambak ini akan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pemanasan sinar matahari, curah hujan, dan limpahan air dari daratan. Densitas dan salinitas akan meningkat seiring dengan penurunan kadar air akibat proses penguapan [27]. Apabila tingkat penguapannya rendah maka laju peningkatan densitas dan salinitas juga rendah [28].



Gambar 6. Hubungan Antara Waktu dan Kadar Salinitas Air Laut.

Salinitas adalah jumlah total bahan terlarut (dalam gram) yang terkandung dalam 1 kg air laut. Salinitas adalah tingkat kandungan garam atau garam terlarut dalam air. Salinitas juga terkadang digunakan untuk menunjukkan kandungan garam pada suatu tanah, danau, sungai, dan saluran air tawar [29].

Semakin tinggi laju penguapan air laut maka salinitas air laut pun semakin tinggi, begitu pula sebaliknya. Jika laju penguapannya rendah maka kandungan garam pada air laut juga rendah. Salinitas dan densitas sangat erat kaitannya, karena densitas meningkat seiring dengan peningkatan salinitas [30]. Pada prakteknya, pembangunan kolam garam dilakukan bertahap agar terjadi penguapan terus menerus hingga airnya menguap seluruhnya dan tercapai titik kristalisasi. Semakin tinggi laju penguapan maka semakin tinggi pula salinitas [27].

3.4 Persamaan Empiris Proses Penggaraman

Proses penggaraman akan selesai jika terjadi kristal garam atau terjadi peristiwa kristalisasi. Kristalisasi merupakan peristiwa terbentuknya partikel padat dalam fasa homogen. Kristalisasi dapat terjadi ketika partikel padat terbentuk di dalam uap, seperti pada pembentukan salju dan terbentuknya kristal garam [31] [32].

Pada penelitian ini, proses penggaraman pada skala laboratorium dilakukan dengan 4 replika tambak tambak yang berbeda. Bak penampang A dilakukan dengan tanpa menggunakan bahan penyerap sabut kelapa untuk membantu proses penguapan. Bak penampang B, C, dan dilakukan dengan penambahan bahan penyerap sabut kelapa dengan ukuran luas yang berbeda-beda. Pada proses penggaraman, kristal garam akan terjadi jika air tambak memiliki nilai salinitas atau densitas tertentu. Pada penelitian ini, untuk memprediksi waktu kristalisasi air garam dilakukan dengan mengamati perubahan densitas air tambak (Gambar 5).

Persamaan empiris untuk memprediksi waktu penggaraman dikembangkan berdasarkan Gambar 5. Nilai persamaan empiris untuk memprediksi lama proses penggaraman ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persamaan empiris pada proses penggaraman untuk berbagai jenis proses

No	Jenis Proses Penggaraman	Persamaan Empiris (*)	R ² (*)
1.	Penampang 1 (Tanpa bahan penyerap)	$y = 0.0024x + 1.0143$	$R^2 = 0.9115$
2.	Penampang 2 (Menggunakan dengan bahan penyerap)	$y = 0.0021x + 1.0155$	$R^2 = 0.9618$
3.	Penampang 3	$y = 0.0017x + 1.0189$	$R^2 = 0.9428$

	(Menggunakan dengan bahan penyerap)		
4.	Penampang 4	$y = 0.0026x + 1.0149$	$R^2 = 0.9243$
	(Menggunakan dengan bahan penyerap)		

Keterangan : y = densitas, kg/m^3 ; x = waktu (s) ; R^2 = ketepatan garis linearitas

Tabel 1 memperlihatkan persamaan empiris pada proses penggaraman yang menghubungkan antara data densitas air tambak pada berbagai waktu pada proses penggaraman dengan tanpa tambahan sabut kelapa sebagai bahan penyerap dan dengan sabut kelapa.

Penerapan persamaan empiris pada Tabel 1 dapat digunakan untuk memprediksi proses penggaraman dari model yang dikembangkan. Pada proses penggaraman pada tambak penampang A atau jenis penggaraman tanpa penambahan bahan penyerap sabut kelapa, menurut persamaan empiris maka pada waktu 24 jam sudah mulai terjadi pengkristalan dengan dicapainya densitas 1.045. Proses penggaraman pada bak A akan selesai pada waktu 40 jam dengan densitas 1.064. Sedangkan penggaraman pada bak penampang yaitu B dengan menggunakan bahan penyerap sabut kelapa, dari data empiris menunjukkan pada waktu 6 jam sudah mulai terjadinya pengkristalan dengan densitas 1.024 dan penggaraman selesai pada waktu 34 jam dengan densitas 1.056. Peristiwa kristalisasi dan waktu penggaraman untuk bak penampang C dan D dapat diprediksi berdasarkan persamaan pada Table 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa waktu kristalisasi dan waktu yang dibutuhkan untuk proses penggaraman dapat dilakukan dengan mengamati perubahan densitas pada air tambak garam. Lama waktu penggaraman dipengaruhi oleh keadaan lingkungan seperti panas matahari, kelembaban dan angin. Selain itu dari hasil penelitian yang dilakukan, waktu penggaraman juga dipengaruhi oleh penambahan luas muka penguapan yang dilakukan dengan penambahan penyerap air dari sabut kelapa.

3.5 Analisa Kadar Air pada Produk Garam

Kadar air suatu bahan pangan dapat berpengaruh pada kualitas dan umur simpannya. Kadar air bahan pangan merupakan hal penting yang perlu diperhatikan dalam proses pengolahan dan distribusi bahan pangan tersebut. Semakin tinggi kandungan kadar air suatu bahan pangan maka umur simpannya semakin pendek. Hal ini karena jika bahan pangan banyak mengandung air maka memungkinkan untuk tumbuhnya bakteri pada bahan tersebut. Oleh karena itu, perlu diketahui kadar air suatu bahan untuk memperkirakan umur simpannya [33].

Pada penelitian ini, kadar air produk garam yang dihasilkan ditentukan dengan metode dalam oven konvensional. Pada metode ini air dikeluarkan dari bahan dengan menguapkan air dengan energi panas. Prinsip pengeringan dengan metode oven adalah air yang terkandung dalam bahan akan menguap bila bahan dipanaskan dalam waktu tertentu pada suhu $110 \pm 2^\circ \text{C}$ [34].

Tabel 2. Kadar Air Pada Sampel

No	Jenis Proses Penggaraman	Kadar Air (%)
1.	Bak Penampang A (Tanpa bahan penyerap)	26,74
2.	Bak Penampang B (Menggunakan dengan bahan penyerap)	11,34
3.	Bak Penampang C (Menggunakan dengan bahan penyerap)	13,14
4.	Bak Penampang D (Menggunakan dengan bahan penyerap)	13,06

Tabel 2 menunjukkan data kadar air dari produk garam yang dihasilkan. Terlihat bahwa kadar air pada garam yang dihasilkan masih cukup tinggi, yaitu berkisar antara 11,34-26,74%. Menurut SNI 3556-34 2016 dan persyaratan mutu garam meja beryodium SNI 4435-2017, kadar air maksimal untuk produk garam adalah 7% [35]. Pada saat proses kristalisasi masih terdapat air pada produk. Tingginya kadar air pada produk membutuhkan proses penguapan lanjutan untuk menguapkan air yang ada [36]. Produk garam yang dihasilkan pada penelitian ini masih perlu dilakukan pengeringan dan juga purifikasi serta penambahan yodium agar memenuhi standar yang ditentukan.

4 KESIMPULAN

Telah dilakukan penelitian dengan mengamati proses penggaraman secara tradisional pada tambak garam rakyat di Kabupaten Jeneponto dan proses penggaraman dengan replica tambak di laboratorium. Secara tradisional, faktor kualitas air laut, cuaca dan intensitas Cahaya matahari menjadi hal yang menentukan pada proses penggaraman secara tradisional. Pada penelitian dengan menambahkan luas muka penguapan dari penyerap sabut kelapa, terlihat bahwa sabut kelapa dapat mempercepat laju penggaraman. Replica tambak bak penampang C terlihat yang paling efektif dalam mempercepat terjadinya kristalisasi dan juga memperpendek waktu yang diperlukan untuk proses penggaraman. Persamaan empiris telah dikembangkan pada penelitian ini untuk memprediksi lama waktu penggaraman. Produk garam yang dihasilkan dari penelitian ini masih perlu untuk diturunkan kadar airnya agar memenuhi standar yang ditetapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LP2S Universitas Muslim Indonesia yang telah menyediakan dana Penelitian Unggulan Fakultas tahun 2023 untuk membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Junas dan Fadhil Surur, 2018, Arahan Kesesuaian Lahan Pertambakan Garam Di Kecamatan Bangkala Kabupaten Jeneponto. Jurnal OPTIMA. Vol.3. No. 2. Hal 17-23
- [2] Tibor Poos & Evelin Varju, 2020, *Mass transfer coefficient for water evaporation by theoretical and empirical correlations*, *International Journal of Heat and Massa Transfer*, Vol. 153. Pp. 1-10
- [3] Yuliana Ulfidatul Hoiriyah, 2019, Peningkatan Kualitas Produksi Garam Menggunakan Teknologi Geomembran, Jurnal Studi Manajemen dan Bisnis, Vol.6. hal 35-42
- [4] Suhendra A. (2016). *Increasing The Productivity of Salt Trought HDPE Geomembrane Indonesia Case History in Salt Evaporation Pond*, *EJGE Journal*, Vol. 11, 4272-4280.
- [5] Flavia Fayet-Moore, Cintya Wibisono, Prudence Carr, 2020, *An Analysis of the Mineral Composition of Pink Salt Available in Australia*, *Food Journal*, 9101490, doi:10.3390/foods9101490
- [6] *FAO, 2013, Standart for Food Grade Salt*, CODEX STAN 150-1985
- [7] Zamroni Salim, 2016, Info Komoditi Garam, Badan Pengkajian dan Pengembangan Perdagangan
- [8] Badan Pusat Statistik, 2020, Volume dan Nilai impor Garam
- [9] T. Akinaga, S.C. Generalis, O.N. Igobo, P.A. Davies, 2018, *Brine utilisation for cooling and salt production in wind-driven seawater*.
- [10] BRKP (2006). Buku panduan pengembangan usaha terpadu garam dan artemia. Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumber Daya Non Hayati. Badan Riset Kelautan dan Perikanan Departemen Kelautan dan Perikanan
- [11] Lukman Baihaki, 2013, Ekonomi-Politik Kebijakan Impor Garam Indonesia Periode 2007-2012, Jurnal Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Vol 17 No 1 , <https://doi.org/10.22146/jsp.10890>

- [12] Luthfi Assadad & Bagus Sediadi Bandol Utomo, 2011, Pemanfaatan Garam Dalam Industri Pengolahan Produk Perikanan, *Jurnal Squalen*, Vol 6 No 1, hal 27-37
- [13] Danu Ariono, Mubiar Purwasasmita & I gede Wenten, 2016, *Brine Effluents: Characteristics, Environmental Impacts, and Their Handling*, *Journal Eng. Technol. Sci.*, Vol. 48, No. 4, pp. 267-387
- [14] Heru Susanto, Nur Rokhati, Gunawan W. Santosa, 2015, *Development of Traditional Salt Production Process for Improving Product Quantity and Quality in Jepara District, Central Java, Indonesia*, *Journal Procedia Environmental Science*, Vol. 23, pp. 175-178
- [15] Renaldi Bahri Tambunan, Hariyadi, Adi Santoso, 2012, Evaluasi Kesesuaian Tambak Garam Ditinjau Dari Aspek Fisik Di Kecamatan Juwana Kabupaten Pati, *Journal of Marine Research*, Vol 1 No 2 hal 181-187
- [16] M. Gozan, Y. Rochwulaningsih, S.T. Sulistiyono et al, 2021, *High-Productivity Traditional Bali Palung Salt Method for Small Production Fields*, *Journal of Hunan University*, Vol. 48 No 6, 26-32
- [17] La Ifa, Frans Rante Pakala, Fitra Jaya, Rafdi Abdul Majid, 2020, Pemanfaatan Sabut Kelapa sebagai Bioadsorben Logam Berat Pb(II) pada Air Limbah Industri, *JCPE*, Vol. 5, No. 1, 54-60
- [18] Santosa, I. (2014) *Pembuatan Garam Menggunakan Kolam Kedap Air Berukuran Sama*, *Spektrum Industri*. Yogyakarta.
- [19] Saputra, D., Jannifar, A., & Fakhriza, F. (2022). Rancang Bangun Mekanisme Transmisi Daya Kincir Angin Penggerak Pompa Air Manual. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 6(1), 4–7.
- [20] Afandi, F. N., Siswanto, B., & Nuraini, Y. (2015). Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Bahan Organik Terhadap Sifat Kimia Tanah Pada Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Ubi Jalar Di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 2(2), 237–244.
- [21] Kurniawan, A., Amin, A. A., Ardian, G., Mahasin, M. Z., & Kuncoro, R. D. (2021). *Analysis Of Salt Production Location Using The Salt Location Suitability Index To Apply The Continuously Dynamic Mixing In The Greenhouse Salt Tunnel In North Aceh And East Aceh*. *Jurnal Segara*, 17(2), 97.
- [22] Agung Nugroho (2009) 'Laju Perpindahan Panas Pada Radiator Dengan Fluida Campuran 80% Air Dan 20% Radiator Coolant Pada Putaran Konstan', *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 4(2), pp. 65–75.
- [23] Kumesan, E. C., Pandey, E. V, & Lohoo, H. J. (2017). Analisa Total Bakteri, Kadar Air Dan Ph Pada Rumput Laut (*Kappaphycus Alvarezii*) Dengan Dua Metode Pengeringan. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 5(1), 30–35.
- [24] Ikram, N. J. (2017). Karakteristik Garam Krosok dan Garam Komersial Karakteristik Garam Krosok dan Garam Komersial (Issue 4512044035).
- [25] Kurniawan, A., Jaziri, A. A., Amin, A. A., & Salamah, L. N. (2019). *Salt suitability index (Ikg) to determine the suitability of salt production sites; analysis of salt production locations in Tuban and Probolinggo Regencies*. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(2), 119–127 Gadi, D., L., D. U. P., Mada, L., Bessie, D., Arisando, S., Dewanta, Seran, Y., Rohi, A., Ndelu, A., Karaji, A., & Dauki, T. Rambu. (2021). Analisis Mutu Garam Tradisional Menggunakan Alat Masak Modifikasi Pada Kelompok Tiberias Di Kelurahan Oesapa Barat Kelapa
- [26] Fadholi, A. (2013). Pemanfaatan Suhu Udara dan Kelembaban Udara dalam Persamaan Regresi untuk Simulasi Prediksi Total Hujan Bulanan di Pangkalpinang. *Cauchy: Jurnal Matematika Murni Dan Aplikasi*, 3(1), 1–9.
- [27] Tambunan, R. B., Hariyadi, H., & Santoso, A. (2012). Evaluasi Kesesuaian Tambak Garam Ditinjau

- Dari Aspek Fisik Di Kecamatan Juwana Kabupaten Pati. *Journal Of Marine Research*, 1(2), 181–187.
- [28] Ismail, M. F. A., & Taofiqurohman, A. (2020). Sebaran Spasial Suhu, Salinitas dan Densitas di Perairan Kepulauan Sangihe Talaud Sulawesi Utara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(2), 191–198.
- [29] Prakoso, F.D. (2016) ‘Studi Pola Sebaran Salinitas, Temperatur, Dan Arus Perairan Estuari Sungai Wonokromo Surabaya’, *Teknik Kelautan*, pp. 1–64.
- [30] Caroline, J., Putra, K. H., & Tavares, M. E. D. C. (2017). Pengolahan Air Laut Dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Akar Mangrove. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan V*.
- [31] Widhi Ria, M., Heryoso, S., & Wahyu, B. S. (2014). Studi Distribusi Suhu, Salinitas Dan Densitas Secara Vertikal Dan Horizontal Di Perairan Pesisir, Probolinggo, Jawa Timur. *Jurnal -Alat Masak Modifikasi Pada Kelompok Tiberias Di Kelurahan Oesapa Barat Kelapa Lima Kota Kupang*.
- [32] Jumari, A., Moertanto, G., & Nursigit, S. N. (2016). Kinetika Kristalisasi Larutan Kalium Sulfat. *Ekulilibrium*, 3(1), 1–
- [33] Hani, A. M. (2018). Pengeringan Lapisan Tipis Kentang (*Solanum tuberosum. L*) Varietas Granola. In - (Vol. 15, Issue 1).
- [34] Kardiman, K., La Ifa, L. I., & Rasyid, R. (2020). Pembuatan Adsorben Dari Sabut Kelapa Sebagai Penyerap Logam Berat Pb(Ii). *Iltek : Jurnal Teknologi*, 14(2), 2083–2087.
- [35] Badan Standardisasi Nasional. (2017). Garam Bahan Baku untuk Garam Konsumsi Beriodium. 1–17.
- [36] Rositawati, A. L., Taslim, C. M., & Soetrisnanto, D. (2013). Rekristalisasi Garam Rakyat dari Daerah Demak untuk Mencapai SNI Garam Industri. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 2(4), 217–225.