

Parameter Lingkungan, Kadar Air dan NaCl Bunga Garam (*Fleur De Sel*)

Bisri Khairul Mu'min , Makhfud Efendy, Ary Giri Dwi Kartika*

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura
Jl. Raya Telang BO BOX 2, Kamal-Bangkalan, Jawa Timur 69162 Indonesia

*Corresponding author, e-mail : arygiri.dwikartika@trunojoyo.ac.id

ABSTRAK: Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu, parameter lingkungan terbentuknya bunga garam, kadar air, kadar NaCl serta ukuran luas rata-rata kristal bunga garam. Penelitian dilakukan di meja kristalisasi dengan sistem katup PT. Anta Tirta Karisma, Sumenep. Parameter lingkungan yang terdiri dari kelembapan, suhu udara, suhu air, laju penguapan, kecepatan angin dan intensitas cahaya diukur tiap 6 jam. Analisa kadar NaCl dan air menggunakan SNI 8207-2016. Bunga garam pertama kali terbentuk di meja kristalisasi pada saat malam hari sekitar pukul 19.00 WIB - 01.00 WIB dan mengendap sekitar pukul 07.00 WIB pada derajat konsentrasi air laut antara yaitu 25^oBe - 26^oBe. Rata-rata nilai parameter lingkungan selama hari pengamatan dalam proses pembentukan bunga garam (*fleur de sel*) diantaranya adalah kecepatan angin 2,56-2,58 knots dengan arah angin 115,71^o (timur menenggara), kelembaban udara 70,33%-70,43%, intensitas cahaya matahari 6,47-10,47 KJ/m², suhu air 34,8-36,18 °C, suhu udara 30,63-31,40°C, laju penguapan 0,4-2,6 mm/hari, dengan lama penyinaran matahari 9,27 jam perhari tanpa terjadi hujan (curah hujan = 0). Kadar air dan NaCl bunga garam masing-masing adalah 4.2%-6.01% kadar air dan 88.92%-90.47%.

Kata kunci: curah hujan; garam; kristalisasi; Sumenep

Environmental Parameters, Moisture Content and NaCl of Salt Flowers (Fleur De Sel)

ABSTRACT: The purpose of this study was to determine the time, environmental parameters for the formation of salt flowers, water content, NaCl content and the average size of salt flower crystals. The research was carried out at the crystallizer with a tunnel system owned by PT. Anta Tirta Karisma, Sumenep. environmental parameters consisting of humidity, air temperature, water temperature, evaporation rate, wind speed and light intensity were measured every 6 hours. Analysis of NaCl and moisture content using SNI 8207-2016. The salt flowers first forms on the crystallizer at night around 19.00 WIB - 01.00 WIB and settles at around 07.00 WIB at a seawater density between 25^oBe - 26^oBe. The average value of environmental parameters during the day of observation in the flower formation process salt (*fleur de sel*) including wind speed 2.56-2.58 knots with wind direction 115.71^o (east-southeast), air humidity 70.33%-70.43%, sunlight intensity 6.47-10, 47 KJ/m², water temperature 34.8-36.18 oC, air temperature 30.63-31.40°C, evaporation rate 0.4-2.6 mm/day, with 9.27 hours of sunshine per day without any rain (rainfall = 0). The water content and NaCl of flower salt were 4.2%-6.01% water content and 88.92%-90.47%, respectively.

Keywords: rainfall; salt; crystallization; Sumenep

PENDAHULUAN

Garam merupakan kristal padatan berwarna putih yang terbentuk karena adanya reaksi antara senyawa asam dan basa. Produksi garam dapat dilakukan salah satunya dengan cara penguapan air laut dibawah sinar matahari. Menurut Arwiyah *et al.* (2015), metode yang biasa digunakan dalam produksi garam yaitu metode madurese dan metode portugese. Tahapan produksi garam secara singkat yaitu meliputi pengaliran air laut ke kolam penampungan air muda (Bozem), kemudian dialirkan ke lahan peminihan (evaporator) hingga mencapai target derajat konsentrasi tertentu dan sementara disimpan pada kolam penampungan air tua (brain tank), dan pengendapan kristal garamnya pada meja kristalisasi (Adiraga, 2013).

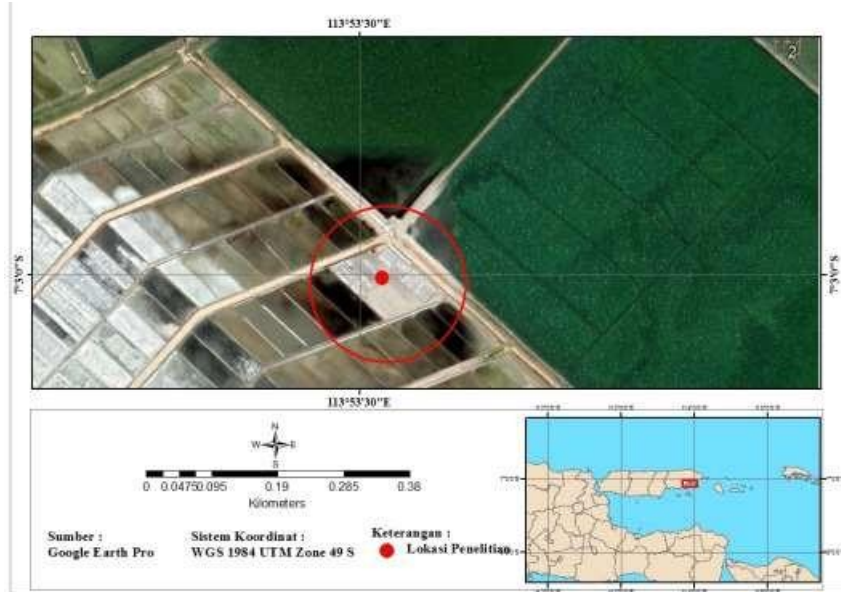
Pada tahap tertentu dalam produksi garam, akan terbentuk lapisan kristal tipis yang dapat terlihat dalam bentuk 2 dimensi berbentuk “*Hopper Pyramids*”. Fontana *et al.* (2015) mendeskripsikan tentang bentuk yang disebut “*Hopper Pyramids*” yang merupakan bentuk piramida terbalik yang pada awalnya berbentuk persegi kemudian terbentuk dimensi ketiga yang makin mengerucut dibawah permukaan air garam sehingga membentuk piramida berongga terbalik yang disebut dengan istilah “*inverted hollow mayan pyramids*”. Lapisan pada sisi piramida ini diibaratkan seperti lambung kapal yang menahan air masuk kebagian dalamnya yang menyebabkan kristal ini mengapung pada permukaan air garam. Kristal garam ini biasa disebut oleh petambak lokal di Negara Indonesia dengan sebutan bunga garam. Kristal bunga garam akan terus mengapung pada permukaan perairan sampai mencapai ukuran maksimal 2-5 mm. Kristal bunga garam yang telah lebih tinggi dari massa jenis permukaan air garam pada batas ukuran tersebut mengakibatkan kristal bunga garam mengendap pada dasar meja kristalisasi. Menurut Lopez dan Boski (2019), kristal ini biasa disebut oleh petambak garam di daerah Castro Marim, Negara Portugal dengan sebutan “*Flor de Sal*” yang berasal dari serapan Bahasa Perancis “*Fleur de Sel*” yang berarti bunga garam. Berdasarkan penelitian Lee (2013), mengemukakan bahwa bunga garam sangat diminati di pasar internasional karena rasanya yang lebih gurih dibandingkan dengan kristal garam biasa (garam krosok). Menurut Burton (2015) mengatakan bahwa restoran-restoran terkenal di Negara Perancis menjadikan kristal bunga garam sebagai bahan tambahan pada makanan di restoran karena rasanya yang asin dan gurih. Penambahan kristal bunga garam pada proses memasak menurut Burton (2015) dapat menghilangkan ciri khas rasa dari bunga garam sehingga rasanya akan sama seperti kristal garam pada umumnya terhadap masakan. Selain itu, dijelaskan pula bahwa penaburan bunga garam murni yang baru dipanen tanpa campuran zat kimia lain pada buah dan sayuran akan meningkatkan ciri khas rasa yang alami dari buah atau sayuran tersebut sehingga bunga garam lebih cocok disajikan berupa garam akhir pada masakan ataupun buah-buahan dengan cara ditaburkan di atasnya. Sangat sedikitnya kuantitas dari produksi bunga garam ini mengakibatkan harga dari bunga garam sangatlah mahal di pasar internasional.

Kurangnya studi literatur mengenai kapan terbentuknya dan parameter lingkungan yang optimum dalam pembentukan bunga garam menurut Lee (2013), mengakibatkan rendahnya pengetahuan di kalangan para petambak garam tentang bunga garam. Varnavas dan Lekkas (1996), menyimpulkan bahwa kondisi meteorologi dan parameter lingkungan memainkan peranan penting dalam kualitas akhir dari bunga garam yang dihasilkan.. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu, parameter lingkungan terbentuknya bunga garam, kadar air, kadar NaCl serta ukuran luas rata-rata kristal bunga garam.

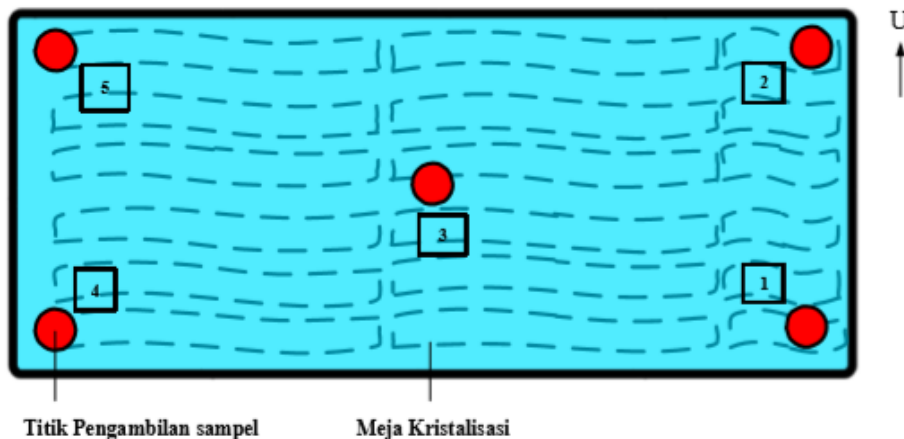
MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan pada tanggal 18 Januari - 17 Juli 2020 di lahan tambak garam PT. Anta Tirta Karisma yang berlokasi di Desa Karang Anyar Kecamatan Kalianget, Kabupaten Sumenep (Gambar 1). Pengamatan bunga garam dilakukan pada 3 meja kristalisasi dengan 5 titik pengukuran parameter lingkungan pada masing-masing meja kristalisasi. Titik pengukuran dilakukan pada meja kristalisasi dengan katup berbentuk *tunnel*. Peta lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1.

Pengukuran parameter lingkungan tambak garam (kelembapan, suhu udara, suhu air, laju penguapan, kecepatan angin dan intensitas cahaya) dilakukan sebanyak 4 kali dalam 24 jam dimana pengukuran dilakukan pada pukul 01.00 WIB, pukul 07.00 WIB, pukul 13.00 WIB, dan pukul 18.00 WIB. Pengukuran parameter lingkungan dimulai ketika air tua masuk ke meja kristalisasi. Bunga garam diambil ketika pertama kali terbentuk di permukaan air tua. Pengambilan sampel bunga garam dilakukan di 5 titik pada setiap meja kristalisasi, masing-masing titik diambil sebanyak 20 butir kristal garam. Pengukuran rata-rata ukuran luas kristal bunga garam dilakukan dengan mengambil sejumlah 100 butir kristal berdasarkan penelitian Alwi (2015) yang mengemukakan bahwa ukuran sampel minimal 100 dapat digunakan untuk mewakili populasi. Pengukuran ukuran rata-rata kristal bunga garam dilakukan menggunakan alat jangka sorong dengan tingkat ketelitian 0.05 mm. Gambar titik pengambilan bunga garam di meja kristalisasi ditampilkan Gambar 2.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 2. Titik pengambilan sampel bunga garam.

Kadar air bunga garam dianalisa dengan menggunakan SNI 8207-2016 cawan petri beserta tutupnya dipanaskan pada oven dengan suhu 110°C selama 1 jam, kemudian diukur berat cawan tersebut. Sampel bunga garam diletakkan di dalam cawan petri kemudian dipanaskan dalam oven dengan suhu 110°C selama 2 jam kemudian di timbang beratnya. Perhitungan kadar air dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0}$$

Keterangan: W_0 = bobot cawan kosong dan tutupnya (g); W_1 = bobot cawan, tutupnya, dan sampel sebelum dikeringkan (g); W_2 = bobot cawan, tutupnya, dan sampel yang sudah dikeringkan (g)

Bunga garam yang telah diambil kemudian dilakukan analisa kadar NaCl dengan menggunakan metode argentometri (SNI 8207-2016). Analisis Kadar natrium klorida pada bunga garam didasarkan pada pembentukan endapan AgCl saat titrasi larutan sampel bunga garam menggunakan AgNO_3 . Indikator K_2CrO_4 digunakan sebagai petunjuk adanya reaksi saat titrasi dengan perubahan warna pada sampel. Indikator kalium kromat (K_2CrO_4) dimasukkan kedalam larutan netral atau sedikit basa. Kadar NaCl didapatkan melalui rumus berikut:

$$\text{Kadar NaCl} = V \times N \times FP \times 58.5 : W \times 100$$

Keterangan: V = Volume AgNO₃ yang digunakan titrasi; N = normalitas AgNO₃; fp = faktor pengenceran; 58,5 = berat molekul NaCl; W = berat sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian dilakukan di lahan tambak produksi garam milik PT. Anta Tirta Karisma yang dibangun diatas lahan PT. Garam (Persero) melalui sistem kerjasama (Gambar 3). Lahan produksi hasil kerjasama antara PT. Garam (Persero) dan PT. Anta Tirta Karisma ini memiliki luas keseluruhan lahan 2000 m², tetapi hanya 1800 m² yang dikelola sebagai lahan produksi garam. Lahan ini berlokasi di Desa Karang Anyar Kecamatan Kalianget Kabupaten Sumenep. Lokasi penelitian berada pada titik koordinat 7°40'-8°10' LS dan 112°50'-113°30' BT. Produksi garam pada lahan yang dikelola PT. Anta Tirta ini menggunakan sistem katup permanen berbentuk prisma dengan meja kristalisasi *geomembrane* (Gambar 3). Meja kristalisasi yang digunakan untuk pengamatan berukuran 20 m x 3.8 m x 0.2 m.

Parameter kecepatan angin rata-rata per harinya mengalami perubahan di setiap meja kristalisasi, dimana kecepatan tertinggi terjadi pada hari ke-6 untuk 3 meja kristalisasi sekaligus, dengan kecepatan angin rata-rata 1.74 m/s pada meja kristalisasi 1, 1.64 m/s pada meja kristalisasi 2, dan 1.59 m/s pada meja kristalisasi 3. Kecepatan angin rata-rata terendah berbeda disetiap meja kristalisasi. Kecepatan angin rata-rata terendah pada meja kristalisasi 1 terjadi pada hari ke-2 yaitu dengan kecepatan rata-rata 0.76 m/s. Kecepatan angin rata-rata terendah pada meja kristalisasi 2 terjadi pada hari ke-1 dengan nilai kecepatan angin rata-rata sebesar 0.99 m/s. Kecepatan angin rata-rata terendah meja kristalisasi 3 terjadi pada hari ke-3 dengan kecepatan angin rata-rata sebesar 1.21 m/s. Rendahnya nilai kecepatan angin pada penelitian ini dapat dipengaruhi oleh kondisi lokasi pengamatan. Kondisi meja kristalisasi pada penelitian ini adalah semi tertutup dimana hanya menyisakan sedikit celah udara pada bagian bawah katup yang menutupi meja kristalisasi. Nilai rata-rata kecepatan angin yang relatif kecil pada penelitian ini dapat dikaitkan dengan kondisi dari tambak garam yang dijadikan lokasi pengamatan dimana sebagian dari meja kristalisasi pada penelitian ini tertutup oleh katup berbentuk *tunnel* dan juga letak dari setiap meja kristalisasi yang dijadikan sebagai lokasi pengamatan yang berada di tengah meja kristalisasi yang lain yang letaknya cukup berdekatan.



(a)



(b)

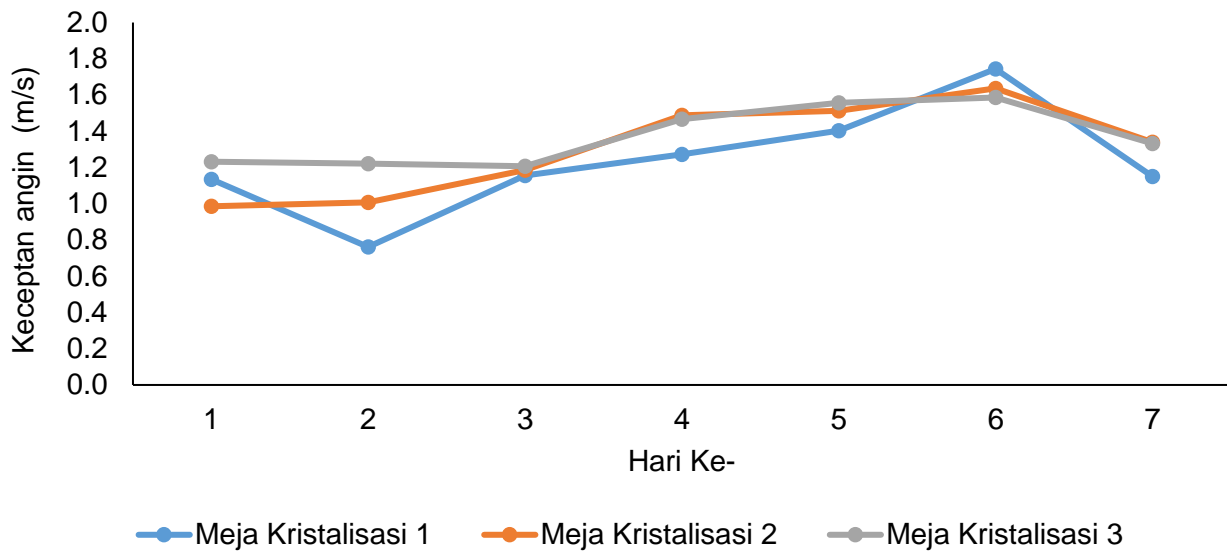


(c)

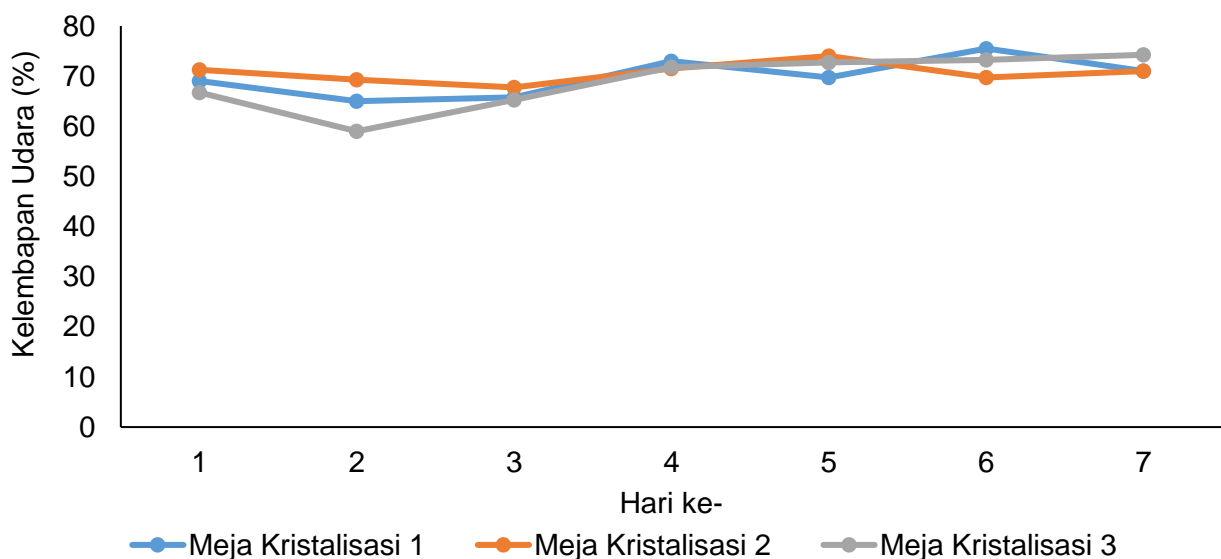
Gambar 3. Lokasi penelitian: (a). Lahan tambak Garam PT. Anta Tirta Karisma; (b). Tampak luar meja kristalisasi sistem katup; (c). Tampak dalam meja kristalisasi sistem katup

Kelembapan udara tertinggi pada meja kristalisasi 1 terjadi pada hari ke-6 dengan nilai kelembapan sebesar 75.5 %, sedangkan nilai kelembapan terendahnya terjadi pada hari ke-2 dengan nilai kelembapan udara sebesar 65%. Nilai kelembapan udara tertinggi pada meja kristalisasi 2 terjadi pada hari ke-5 dengan nilai kelembapan udara sebesar 74% dan nilai kelembapan terendahnya terjadi pada hari ke-3 dengan nilai kelembapan 67.75%.Meja kristalisasi ketiga mengalami kelembapan tertinggi pada hari ke-3 dengan nilai kelembapan udara sebesar 73.25% dan nilai terendah pada hari ke-2 dengan nilai kelembapan udara sebesar 59%.Penelitian Lopez dan Boski (2019) mendapatkan nilai40.3 % untuk rata-rata kelembapan udara selama hari pengamatan. Tingginya nilai kelembapan relatif pada penelitian ini dapat disebabkan karena meja kristalisasi yang tertutup katup berbentuk *tunnel* sehingga uap air dari hasil penguapan air laut di meja kristalisasi masih tertahan di dalam katup. Hal tersebut menyebabkan nilai kelembapan udara bernilai tinggi. Grafik kelembapan udara pada ke tiga meja kristalisasi ditampilkan pada Gambar 5.

Intensitas cahaya matahari pada meja kristalisasi 1 memiliki nilai tertinggi yang terjadi pada hari ke- 2 dengan nilai rata-rata sebesar 244 lux dan nilai intensitas cahaya matahari terendah terjadi pada hari ke-6 dengan nilai sebesar 153.8 lux. Pada meja kristalisasi 2 terjadi intensitas cahaya



Gambar 4. Grafik kecepatan angin pada meja kristalisasi



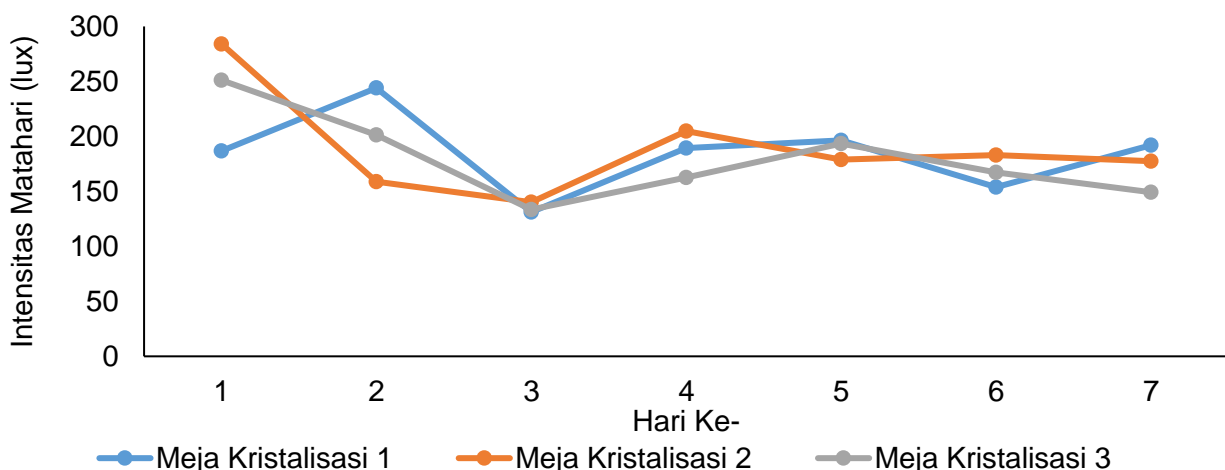
Gambar 5. Intensitas cahaya di meja kristalisasi

matahari tertinggi pada hari ke-1 dengan nilai 284.1 lux dan nilai terendah terjadi pada hari ke-3 dengan nilai 140.15 lux. Nilai rata-rata intensitas cahaya matahari tertinggi pada meja kristalisasi 3 terjadi pada hari ke-1 dengan nilai intensitas cahaya matahari sebesar 251.1 lux. Rata-rata nilai parameter intensitas cahaya matahari total selama hari pengamatan terbentuknya bunga garam dari masing-masing meja kristalisasi yaitu sebesar 227,86 lux pada meja kristalisasi 1, 379.71 lux pada meja kristalisasi 2, dan 227.86 lux pada meja kristalisasi 3.

Berdasarkan hasil penelitian Lopez dan Boski (2019) yang tidak menjelaskan tentang hasil pengukuran intensitas cahaya matahari dalam satuan lux melainkan tingkat radiasi matahari dalam satuan Kj/m^2 , sehingga diperlukan konversi manual dari lux menjadi Kj/m^2 . Tidak ditemukan literatur yang menjelaskan hubungan antara lux dengan KJ/m^2 , tetapi terdapat literature yang menjelaskan konversi lux ke W/m^2 dalam penelitian Yunda (2017) yang mengatakan bahwa 1 lux apabila dikonversikan kedalam satuan W/m^2 yaitu sekitar 0.0079 W/m^2 . Hasil konversi ini barulah dapat di konversikan lagi ke satuan Kj/m^2 yang mana menurut seri Standard Broadband Format dijelaskan bahwa 1 W/m^2 setara dengan 3.6 Kj/m^2 . Berdasarkan konversi tersebut barulah dapat dihitung konversi satuan lux ke satuan Kj/m^2 dimana 1 lux setara dengan 0.02844 Kj/m^2 sehingga 227.86 lux, 379.31 lux, dan 227.86 lux apabila dikonversi kedalam satuan Kj/m^2 setara dengan 6.47 Kj/m^2 , 10.77 Kj/m^2 dan 6.47 Kj/m^2 . Hasil penelitian Lopez dan Boski (2019) menyebutkan bahwa rata-rata pengukuran intensitas cahaya matahari mendapatkan nilai sebesar 31.227 Kj/m^2 . Nilai. Parameter intensitas cahaya matahari ini menurut Lopez dan Boski (2019) akan berpengaruh terhadap pembentukan ukuran kristal bunga garam. Menurut penelitiannya, Lopez dan Boski (2019) mengatakan bahwa kristal bunga garam terbesar terbentuk pada intensitas cahaya matahari tertinggi. Grafik mengenai intensitas cahaya matahari ditampilkan pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat nilai suhu air tertinggi pada meja kristalisasi 1 terjadi pada hari ke-3 dengan nilai suhu air sebesar $49,9^\circ\text{C}$ nilai suhu air terendah terjadi pada hari ke-2 dengan nilai suhu air sebesar $31,4^\circ\text{C}$. Nilai suhu air pada meja kristalisasi 2 terjadi nilai tertinggi pada hari ke-6 dengan nilai suhu air sebesar $38,32^\circ\text{C}$ dan nilai terendah pada hari ke-1 dengan nilai suhu air sebesar $33,16^\circ\text{C}$. Nilai rata-rata suhu air pada meja kristalisasi 3 terjadi pada hari ke-2 dengan nilai sebesar $48,89^\circ\text{C}$ dan nilai terendah pada terjadi pada hari ke-6 dengan nilai suhu $29,1^\circ\text{C}$.

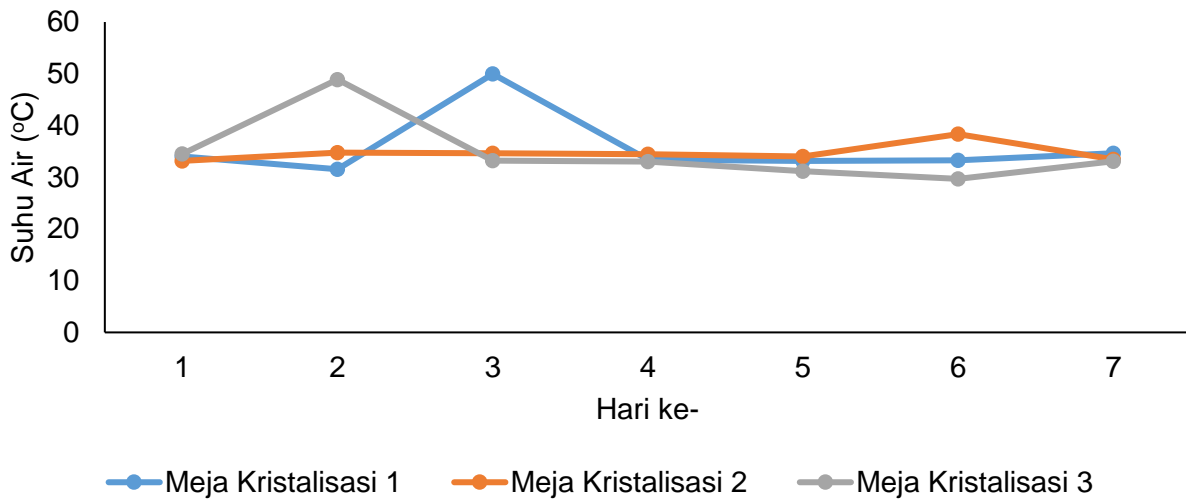
Nilai rata-rata pengukuran suhu air pada saat hari-hari pengamatan terbentuknya bunga garam mendapatkan hasil pada masing-masing lokasi pengamatan sebesar $36,18^\circ\text{C}$, $34,8^\circ\text{C}$, dan $36,18^\circ\text{C}$. Penelitian Lopez dan Boski (2019) menyebutkan hasil rata-rata nilai suhu air pada saat pengukuran sebesar $37,28^\circ\text{C}$. Hasil pengukuran suhu air pada penelitian ini dapat dikatakan lebih rendah dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Lopez dan Boski (2019). Rendahnya nilai suhu air pada penelitian ini dapat dikaitkan dengan kondisi lokasi pengamatan dimana pada penelitian Lopez dan Boski (2019) pengamatan dilakukan pada lokasi tambak garam yang terbuka sehingga intensitas cahaya matahari dapat lebih maksimal sehingga akan berbanding lurus dengan kenaikan suhu.



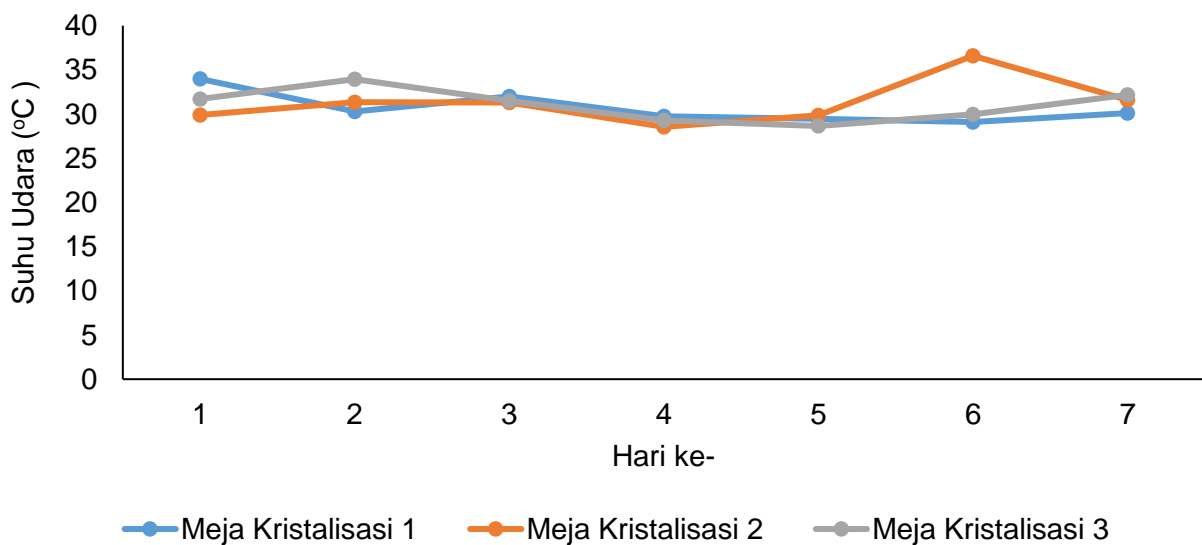
Gambar 6. Intensitas cahaya matahari pada meja kristalisasi

Kondisi cuaca selama hari pengamatan tercatat tidak pernah terjadi hujan sehingga intensitas cahaya matahari sudah dapat dikatakan maksimal walaupun dengan kondisi meja kristalisasi yang semi tertutup.

Berdasarkan hasil pengukuran di lapang bahwa pada meja kristalisasi 1 mengalami nilai suhu udara tertinggi pada hari ke-3 dengan nilai suhu udara 32 °C dan terjadi nilai terendah pada hari ke-6 dengan nilai suhu udara 29,1°C. Meja kristalisasi 2 mengalami nilai suhu udara tertinggi pada hari ke-6 dengan nilai suhu udara 36,59 °C dan nilai suhu udara terendah yang terjadi pada hari ke-4 dengan nilai suhu udara 28,55°C. Suhu udara rata-rata pada meja kristalisasi 3 terjadi nilai rata-rata tertinggi pada hari ke-2 dengan nilai rata -rata suhu udara 33,95 °C dan nilai terendah pada hari ke-5 dengan nilai rata-rata suhu udara 28,65 °C. Rata-rata hasil pengukuran suhu udara pada penelitian Lopez dan Boski (2019) adalah sebesar 29,6 °C. Pengukuran suhu udara rata-rata pada penelitian ini mendapatkan hasil rata-rata suhu udara pada 3 lokasi pengamatan berturut-turut sebesar 30,84 °C, 31,40 °C, dan 30,63 °C. Perbedaan hasil pengukuran ini dapat disebabkan karena ruang pada meja kristalisasi yang sebagian tertutup sehingga suhu dapat menembus masuk melewati plastic *polyback* bening yang digunakan sebagai katupnya. Saat energi panas (kalor) ini terpantul oleh permukaan perairan, energi panas tersebut tetap tertahan didalam katup. Grafik suhu udara ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Grafik suhu air pada meja kristalisasi

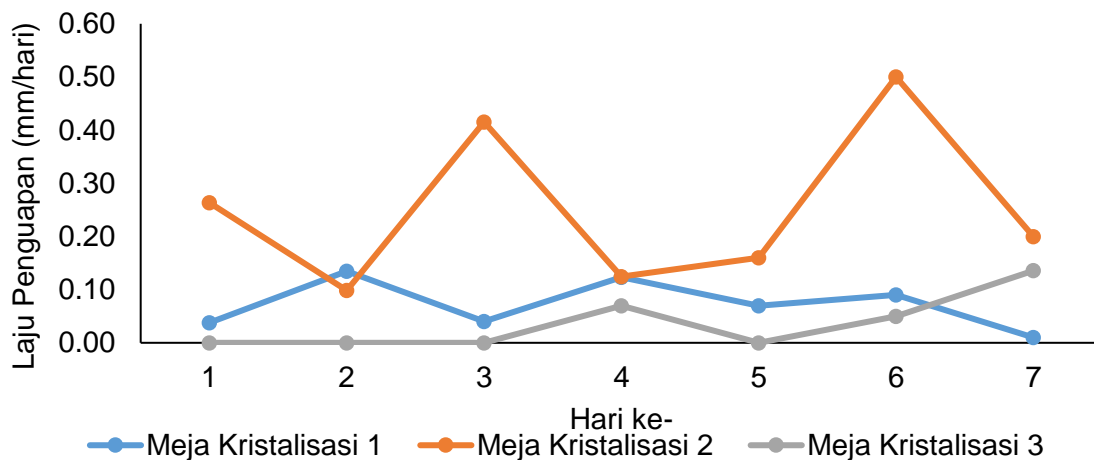


Gambar 8. Suhu udara di meja kristalisasi

Grafik mengenai laju penguapan air tua di meja kristalisasi ditampilkan pada gambar 9. Berdasarkan gambar 9, laju penguapan pada meja kristalisasi 1 terjadi pada hari ke-2 dengan nilai laju penguapan sebesar 0,13 mm/hari dan laju penguapan terendah terjadi pada hari ke-7 dengan nilai laju penguapan sebesar 0,01 mm/hari. Laju penguapan pada meja kristalisasi 2 mengalami nilai terendah pada hari ke-2 dengan nilai laju penguapan 0,1 mm/hari dan nilai tertinggi terjadi pada hari ke-6 dengan nilai laju penguapan sebesar 0,5 mm/hari. Laju penguapan pada meja kristalisasi ke tiga tercatat mengalami beberapa hari dengan nilai laju penguapan sama dengan 0 yang artinya tidak terjadi penguapan pada hari-hari tersebut. Nilai laju penguapan sama dengan 0 terjadi pada hari ke-1, ke-2, ke-3, dan ke-5 selama pengamatan. Nilai laju penguapan tertinggi terjadi pada hari ke-7 dengan nilai laju penguapan sebesar 0,14 mm/hari.

Pengukuran laju penguapan mendapatkan hasil pada masing-masing lokasi penelitian sebesar 0,6 mm/hari, 0,59 mm/hari dan 0,4 mm/hari. Menurut Lopez dan Boski (2019), pada penelitiannya didapatkan nilai rata-rata laju penguapan sebesar 1,38 mm/hari. Menurut Kurniawan *et al.* (2019), laju penguapan akan berbanding terbalik dengan kelembaban udara sehingga apabila kelembaban tinggi maka laju penguapan akan semakin rendah karena kejenuhan udara akan lebih cepat tercapai. Berdasarkan pernyataan Kurniawan *et al.* (2019) tersebut, dapat dilihat bahwa memang nilai rata-rata kelembaban udara pada penelitian ini relatif lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Lopes dan Boski (2019) sehingga nilai laju penguapan pada penelitian ini menjadi lebih rendah.

Menurut Lopez dan Boski (2019), kristal bunga garam dengan ukuran kristal terbesar yaitu kristal bunga garam kategori A yang terbentuk pada arah angin selatan (185°) dan kristal dengan ukuran kristal terkecil yaitu kristal kategori C yang terbentuk pada arah angin rata-rata $222,2^{\circ}$ atau arah angin selatan barat daya. Nilai arah angin yang didapatkan pada penelitian ini melalui data BMKG Kalianget mendapatkan hasil rata-rata arah angin pada $115,71^{\circ}$ dimana menurut Wijayanti *et al.* (2015) masuk pada kategori arah angin Timur menenggara (TM).



Gambar 9. Grafik laju penguapan air di meja kristalisasi



Gambar 10. Kristal bunga garam yang terbentuk di permukaan air.

Berdasarkan hasil pengamatan, bunga garam di meja kristalisasi I mulai terbentuk pada pengamatan pukul 01.00 WIB dengan derajat konsentrasi air laut 25^oBe dan mengendap pada pengukuran pukul 07.00 WIB dengan derajat konsentrasi air laut yang sama yaitu 25^oBe. Pada meja kristalisasi II bunga garam muncul pada pukul 01.00 WIB dengan derajat konsentrasi air laut 26^oBe dan mengendap pada pukul 07.00 dengan derajat konsentrasi air laut yang sama (26^oBe). Pengamatan pada meja kristalisasi ketiga didapatkan hasil bahwasanya bunga garam muncul pada pukul 19.00 WIB dengan derajat konsentrasi air laut 26^oBe dan mengendap pada pukul 07.00 WIB dengan konsentrasi air laut yg sama (26^oBe). Pengendapan garam terjadi dikarenakan, massa jenis kristal bunga garam lebih besar dari pada massa jenis air garam (brine) (Fontana *et al.*, 2015).

Ukuran rata-rata diameter kristal bunga garam yang diukur pada meja kristalisasi I, II dan III secara berurutan yaitu 32.11 mm², 37.87 mm² dan 30.63 mm². Lopez dan Boski (2019) menyatakan bahwa, terdapat 3 kategori kristal bunga garam yang dapat dipasarkan. Jenis tersebut di klasifikasikan menurut diameter ukuran kristalnya yang terbagi menjadi kategori A (18-24 mm²), kategori B (13-18 mm²), dan kategori C (7-13 mm²). Kristal kategori A dengan range luas terbesar merupakan kristal dengan harga jual termahal dibandingkan 2 kategori kristal lainnya. Hal tersebut dapat menjelaskan bahwa semakin besar ukuran kristal bunga garam maka harga jualnya pun akan semakin tinggi. Berdasarkan penelitian Lopez dan Boski (2019), ukuran kristal bunga garam lebih besar dibandingkan dengan kategori A. Ukuran kristal garam diduga berhubungan dengan faktor lingkungan perairan. Lopez dan Boski (2019) menjelaskan bahwa rata-rata nilai suhu air garam dan intensitas cahaya matahari selama evaporasi berpengaruh terhadap ukuran kristal bunga garam yang terbentuk.

Kristal bunga garam yang terbentuk berbentuk piramida berongga. Bentuk bunga garam yang didapatkan serupa dengan hasil penelitian Fontana *et al.* (2015) bahwa bunga garam sebagai kristal berbentuk *hopper pyramids* (piramida berongga), dimana kristal natrium klorida khusus yang tumbuh pada permukaan air laut dengan derajat konsentrasi yang tinggi (brine). Kristal ini berbentuk piramida 4 sisi yang terbuka dengan puncak piramida tumbuh kebawah permukaan air seperti pada Gambar 11.

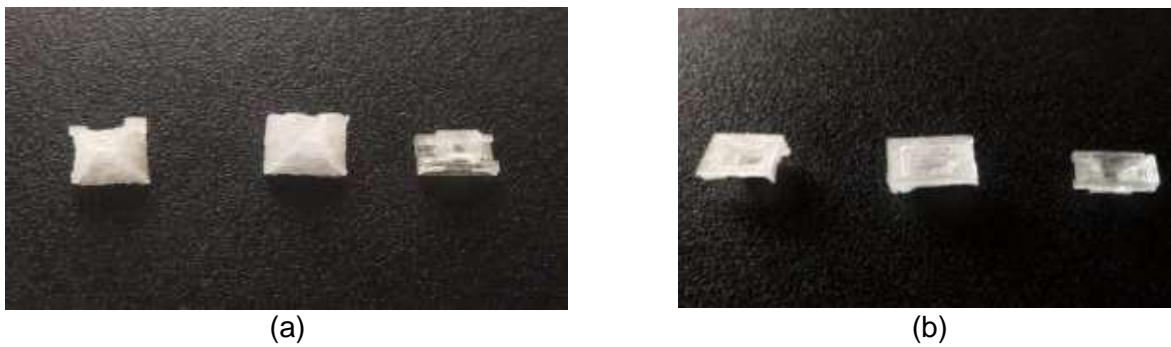
Tabel 1 adalah data kadar air dan NaCl pada bunga garam. Berdasarkan hasil analisis tersebut, didapatkan hasil rata-rata kadar air pada 3 lokasi meja kristalisasi berturut-turut yaitu 4.22%, 7.74%; dan 6.01%. Tingginya nilai Kadar air pada bunga garam tersebut dapat disebabkan karena pada saat analisis kadar air, kristal bunga garam tidak dihaluskan terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air yang terkandung dalam kristal bunga garam yang dianalisis secara utuh. Hal ini dilakukan atas pertimbangan bahwasanya kristal bunga garam apabila akan dikomersialkan berupa kristal yang masih utuh berbentuk piramid. Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi literatur dalam penelitian ini menyebutkan kandungan kadar air pada bunga garam adalah sebesar 3,5% seperti yang disebutkan oleh perusahaan asal Amerika Serikat yaitu *Saltworks Inc*, serta hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Lee (2013) yang menyebutkan nilai Kadar air pada bunga garam berkisar antara 10,54-13,82%.

Tabel 1. Rata-rata ukuran luas kristal garam

Meja Kristalisasi	Rata-rata ukuran luas kristal (mm ²)
1	32.11
2	37.87
3	30.63

Tabel 2. Kadar Air dan NaCl pada bunga garam

Meja Kristalisasi	Kadar Air (%)	Kadar NaCl (%)
1	4.220±0.473	90.470±2.635
2	7.740±2.472	88.920±2.920
3	6.010±1.969	89.500±2.683



Gambar 11. (a) Kristal bunga garam tampak atas; (b) dan tampak bawah

Analisis kadar senyawa natrium klorida pada penelitian ini meja kristalisasi yang berbeda didapatkan hasil berturut-urur sebesar 90.47%, 88.92%, dan 88.5%. Hasil penelitian sebelumnya yang dikemukakan oleh *Saltworks Inc*, menyebutkan bahwa nilai Kadar natrium klorida pada bunga garam mencapai 97%. Terdapat pula penelitian yang dilakukan oleh Lee (2013) yang mana menyebutkan bahwa Kadar natrium klorida pada bunga garam yang dianalisis dari tiga meja kristalisasi yang berbeda yaitu berkisar antara 78.81-84.61%. Dapat dilihat bahwa nilai Kadar senyawa natrium klorida pada penelitian ini cukup terpaut jauh dengan nilai kadar natrium klorida yang dikemukakan oleh *Saltworks Inc*. yang mana mencapai nilai kadar natrium klorida sebesar 97%, tetapi berdasarkan literature lain yang dikemukakan oleh Lee (2013), dapat dikatakan nilai kandungan natrium klorida yang didapat pada penelitian ini masih relatif sama dengan nilai kadar natrium pada bunga garam yang berkisar antara 78.81%~84.61. Perbedaan nilai kandungan kimia bunga garam yang telah dianalisis pada penelitian dan juga literatur yang dijadikan sebagai acuan dapat dikaitkan dengan kualitas bahan baku dari proses terbentuknya bunga garam itu sendiri yaitu air laut. Air laut yang merupakan bahan baku utama untuk proses pembentukan garam maupun juga bunga garam, memiliki nilai kandungan kimia yang berbeda-beda menurut dari lokasi produksi garam itu sendiri.

KESIMPULAN

Bunga garam pertama kali terbentuk di meja kristalisasi pada saat malam hari sekitar pukul 19.00 WIB - 01.00 WIB dan mengendap sekitar pukul 07.00 WIB pada derajat konsentrasi air laut antara yaitu 25°Be - 26 °Be. Rata-rata nilai parameter lingkungan selama hari pengamatan dalam proses pembentukan bunga garam (*fleur de sel*) diantaranya adalah kecepatan angin 2,56-2,58 knots dengan arah angin 115,71° (timur menenggara), kelembaban udara 70,33%-70,43%, intensitas cahaya matahari 6,47-10,47 KJ/m², suhu air 34,8-36,18 °C, suhu udara 30,63-31,40°C, laju penguapan 0,4-2,6 mm/hari, dengan lama penyinaran matahari 9,27 jam perhari tanpa terjadi hujan (curah hujan = 0). Kadar air dan NaCl bunga garam masing-masing adalah 4.2%-6.01% kadar air dan 88.92%-90.47%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan oleh kepada PT. Anata Tirta Kharisma dan PT. Garam (persero) atas izin untuk pelaksanaan penelitian di lahan garam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiraga, Y. 2013. Analisis Dampak Perubahan Curah Hujan, Luasan Tambak Garam, dan Jumlah Petani Terhadap Produksi Usaha Garam Rakyat di Kecamatan Juwana Kabupaten Pati. Skripsi. Semarang: Program Sarjana Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Diponegoro.
- Alwi, I. 2015. Kriteria Empirik Dalam Menentukan Ukuran Sampel Pada Pengujian Hipotesis Statistika dan Analisis Butir. *Jurnal Formatif*. 2(2): 140-148.

- Arwiyah, Zainuri, M. & Efendy, M. 2015, Studi Kandungan NaCl di dalam Air Baku dan Garam yang Dihasilkan Serta Produktivitas Lahan Garam Menggunakan Media Meja Garam Yang Berbeda. *Jurnal Kelautan*. 8(1): 1–9.
- Certification of Origin Certificate of Chemical Analysis, 2019, Fleur De Sel: French Flower Salt. Woodenville: SaltWorks Inc.
- Fontana P., Pettit D. & Cristoforetti, S. 2015, Sodium Chloride Crystallization From Thin Liquid Sheets, Thick Layers, And Sessile Drops In Microgravity. *Journal of Crystal Growth*, 324: 207–211.
- Kurniawan, A., Jaziri, A.A., Amin, A.A. & Salamah, L.N.M. 2019. Indeks Kesesuaian (IKG) untuk Menentukan Kesesuaian Lokasi Produksi Garam: Analisis Lokasi Produksi Garam di Kabupaten Tuban dan KABUPATEN Probolinggo. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 3(2): 236-244
- Lee, H.M., Lee, K.W., Jins, H.J. & Kim, C.I. 2013, Physicochemical Properties and Microbial Analysis of Korean Solar Salt and Flower of Salt. *Journal Korean Society Food Science Nutrition*, 42(7): 1115-1124.
- Lopez, N.S. & Boski, T. 2019, Is all Fleur De Sel the Same? Experience from Artisanal Saltworks in Castro Marim, Portugal. *Bulletin of the Society of Sea Water Science Japan*, 73(1): 76-80.
- Varnavas, S. & Lekkas, T. 1996, Factors Controlling the Geochemical and Crystallization Processes in Marine Brine Ponds. *Marine Georesources and Geotechnology*. 14(2): 111-141.
- Wijayanti, D., Rahmawati, E. & Sucahyo, I. 2015. Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan dan Arah Angin Berbasis *Arduino Uno Atmega 328P*. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia* 4(3): 150-156.