

TEKNOLOGI NOZZLE SPRAY UNTUK MEMPERCEPAT EVAPORASI AIR LAUT DALAM PRODUKSI GARAM KONVENSIONAL

Erza Anggara Verbiawan*, Mochamad Rafli Ramadhan, Ketut Sumada, Srie Muljani,
Caecilia Pujiastuti

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jalan Raya rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya Jawa Timur 60294, Indonesia

*Penulis korespondensi: erzan67@gmail.com

Abstrak

Garam merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang tidak bisa terhindarkan. Salah satunya di Indonesia yang kebutuhan akan garam rakyat/krosok terus mengalami peningkatan tiap tahunnya. Dalam pemenuhan kebutuhan garam nasional, kapasitas produksi garam tahunan di Indonesia sangat jauh dibawah kebutuhan garam nasional tiap tahunnya, sehingga Indonesia melakukan impor garam untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Hal tersebut tentunya menjadi permasalahan baik dari segi ekonomi maupun proses produksi yang selama ini dilakukan di Indonesia dimana masih menggunakan metode konvensional/tradisional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan inovasi baru terkait teknologi proses produksi garam yakni dengan menggunakan nozzle spray untuk mempercepat evaporasi air laut untuk produksi garam, serta mengetahui pengaruh ukuran diameter nozzle dan faktor lain terhadap laju evaporasi air laut. Metode yang digunakan adalah melakukan pengukuran terhadap temperatur, humidity, kecepatan angin, dan volume air laut yang teruapkan untuk penentuan laju evaporasi. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa diameter nozzle ataupun penggunaan teknologi nozzle spray ini berpengaruh pada kecepatan evaporasi air laut dimana didapatkan peningkatan laju evaporasi rata-rata sebesar 4.8×10^{-5} m³/m²/detik dengan penggunaan nozzle berdiameter 1 mm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa teknologi nozzle spray mempercepat laju evaporasi air laut dalam produksi garam.

Kata kunci: evaporasi; garam; nozzle; spray

NOZZLE SPRAY TECHNOLOGY TO ACCELERATE SEAWATER EVAPORATION IN CONVENTIONAL SALT PRODUCTION

Abstract

Salt is one of the basic human needs that cannot be avoided. One of them is in Indonesia, which requires people's salt/krosok which continues to increase every year. In meeting the national salt needs, the annual salt production capacity in Indonesia is very far below the national salt needs every year, so that Indonesia imports salt to meet this need. This is of course a problem both in terms of the economy and the production process which has been carried out in Indonesia, where conventional/traditional methods are still used. The purpose of this study is to provide new innovations related to salt production process technology, namely by using a spray nozzle to accelerate seawater evaporation for salt production, as well as to determine the effect of nozzle diameter size and other factors on the rate of evaporation of seawater. The method used is to measure temperature, humidity, wind speed, and the volume of sea air that is evaporated to increase the rate of evaporation. The results of this study prove that the diameter of the nozzle or the use of this nozzle spray technology has an effect on the evaporation rate of sea air where an increase in the average evaporation rate of 4.8×10^{-5} m³/m²/second is obtained. Thus it can be concluded that the nozzle spray technology accelerates the rate of evaporation of seawater in salt production.

Keywords: evaporation; nozzle; salt; spray

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan sebagian besar wilayah yang ada di Indonesia merupakan perairan khususnya laut. Laut dalam definisinya secara umum merupakan media cair yang memiliki kandungan berbagai macam mineral mulai dari Na (natrium), Ca (kalsium), Mg (magnesium), SO_4 (sulfat), Cl (klorida), dan banyak kandungan mineral lainnya. Air laut digunakan sebagai bahan baku produksi garam. Produksi garam dan perikanan menjadi salah satu pendukung perekonomian masyarakat yang tinggal di pesisir (Apriani, 2018). Mineral natrium dan klorida dalam air laut merupakan komponen utama dalam pembuatan garam. Kadar mineral garam tersebut pada air laut berkisar antara 3-3,5 % yang berarti dalam satu liter air laut dapat menghasilkan kurang lebih 30 gram sampai dengan 35 gram garam. Kemudian, jika dilihat berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi garam rakyat/krosok di Indonesia dari tahun 2011 sampai dengan 2017 rata-rata hanya memproduksi 1,8 juta ton/tahun. Sedangkan kebutuhan garam rakyat/krosok di Indonesia mencapai 4,2 juta ton/tahun. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat lebih dari 2 juta ton kekurangan garam rakyat/krosok di Indonesia. Dengan kekurangan tersebut, Indonesia pada tahun 2018 telah mengimpor garam rakyat/krosok sebesar 2,7 ton. Dengan demikian, dapat ditunjukkan bahwa kebutuhan garam rakyat/krosok nasional terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dengan peningkatan kebutuhan garam tiap tahun tersebut, garam impor perlu untuk ditekan dan disubstitusi oleh produksi garam lokal untuk memenuhi kebutuhan garam nasional. Adapun beberapa faktor kurangnya produksi garam lokal di Indonesia adalah waktu musim panas hanya mencapai 5 bulan per tahun, kurangnya inovasi yang dilakukan baik dari aspek proses maupun teknologi produksinya, serta minimnya minat investor untuk menunjang produksi garam lokal.

Disamping daerah dimana produksi garam lokal dilakukan, sebagian besar proses produksi garam rakyat/krosok memerlukan penguapan air dalam memekatkan konsentrasi air garam yang nantinya mengalami kristalisasi menjadi kristal garam. Sebagian besar petani garam memproduksi garam rakyat/krosok dengan metode tradisional atau konvensional dimana mengalirkan air laut kedalam beberapa kolam dan didiamkan secara alami untuk proses evaporasinya hingga siap dialirkan ke kolam kristalisasi. Proses evaporasi dengan metode konvensional tersebut memerlukan kurang lebih 21-30 hari proses evaporasi dengan kadar Baume (salinitas) yang mula-mula sebesar 3 derajat Baume menjadi 24-25 derajat Baume. Waktu evaporasi yang terbilang sangat lama tersebut menjadi salah satu faktor kurang efektif dan efisiennya dalam produksi garam rakyat/krosok. Merujuk pada permasalahan waktu pada

evaporasi dengan metode konvensional tersebut, dapat dilakukan inovasi berupa metode evaporasi dengan menggunakan teknologi nozzle spray, dimana diharapkan mampu meningkatkan laju evaporasi air laut sehingga produksi garam rakyat/lokal dapat berlangsung lebih cepat. Dengan penerapan teknologi ini, diharapkan dapat membantu dalam meningkatkan kapasitas produksi garam rakyat/krosok di Indonesia.

Garam rakyat/krosok diproduksi dengan penguapan tahap pertama ke endapan ion kalsium, tahap kedua adalah penguapan untuk memekatkan air laut, dan tahap terakhir adalah kristalisasi. Kualitas produk garam rakyat/krosok dipengaruhi oleh kualitas air laut dan fasilitas produksi yang digunakan (Pujiastuti, 2017). Garam atau dalam rumus kimianya NaCl dapat diklasifikasikan berdasarkan manfaat utama diantaranya adalah garam proanalisis, garam konsumsi, dan garam industri (Martina, 2014). Sumber garam antara lain dari air laut, air danau asin, deposit dalam tanah/tambang dan dari sumber air garam (Pusriswilnon, 2006).

Garam di Indonesia berdasarkan tingkat kualitasnya, dibedakan menjadi tiga klasifikasi, diantaranya yakni Garam K1 yang merupakan garam hasil proses kristalisasi pada larutan pekat dengan kadar Baume sebesar 26-29,5 dengan kadar NaCl minimal sebesar 97,1 %. Garam K2 merupakan garam sisa kristalisasi dengan kadar Baume sebesar 29,5-35 dengan kadar NaCl minimal sebesar 94,7 %. Kemudian untuk Garam K3 merupakan garam dengan kualitas terendah dimana kadar Baume sebesar 35 dengan kadar NaCl kurang dari 94,7 % (Martina, 2014). Derajat Baume (oBe) pada garam merupakan tingkatan kadar salinitas air laut yang digunakan sebagai parameter dalam produksi garam. Alat yang digunakan dalam pengukuran derajat Be adalah Baume-meter dengan prinsip kerja dicelupkan kedalam larutan seperti halnya thermometer. Air laut pada umumnya memiliki derajat Be sebesar 0-3 dan dalam produksi garam, air laut harus ter-evaporasi hingga derajat Be diatas 20 (Kurniawan, 2012).

Indonesia merupakan negara penghasil garam yang menggunakan air laut sebagai sumber bahan baku produksi garam melalui beberapa tahapan proses yakni proses evaporasi bertahap, proses pemekatan, dan proses kristalisasi. Adapun tahap lanjutan yang dilakukan dalam meningkatkan kualitas garam yakni dengan proses rekristalisasi dimana garam dilarutkan dengan air dan dikristalkan kembali. Kinerja dalam proses ini dipengaruhi oleh suhu, waktu rekristalisasi, dan tahapan rekristalisasi (Sumada, 2017). Selain itu aplikasi proses kristalisasi bertingkat juga dapat dilakukan dalam meningkatkan kualitas garam karena dengan proses tersebut, pengotor dalam garam dapat diminimalisir. Teknologi pembuatan garam di Indonesia sejauh ini terdapat beberapa sistem diantaranya sistem maduris dimana pengambilan dilakukan diatas lantai tanah selama 10-15 hari (Santosa, 2014). Teknologi humidity home

dimana evaporasi menggunakan udara panas yang dihembus sisi kanan diatas permukaan wadah air laut (Varillea, 2018). Selain itu ada teknologi geomembrane dimana dalam produksinya, dasar kolam dilapisi dengan plastik geomembrane untuk mempercepat produktivitas produksi garam (Guntur, 2018).

Mekanisme evaporasi secara umum bertujuan untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tidak mudah untuk menguap dan zat yang mudah untuk menguap dengan pelarut yang sering digunakan yakni air (McCabe, 1993). Penggunaan teknologi spray dalam proses evaporasi untuk produksi garam dalam penelitian ini memiliki prinsip dasar dimana untuk memperluas permukaan cairan yang akan dikeringkan dengan pembentukan droplet yang dikontakkan dengan udara panas dari lingkungan dimana udara panas tersebut akan memberikan energi untuk proses evaporasi dan menyerap uap air yang keluar dari bahan/larutan (Dwika, 2012). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Soemargono pada tahun 2018 yang menggunakan teknologi spray serupa dengan sumber panas dari pemanas pada samping alat dan merupakan upaya yang terbukti untuk meningkatkan efisiensi pemekatan kadar garam dalam larutan air laut (Soemargono, 2018). Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk membantu meningkatkan produktivitas produksi garam di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan garam nasional yang terus meningkat tiap tahunnya. Hipotesis dalam penelitian ini adalah dimana semakin besar debit aliran dan diameter nozzle spray yang digunakan, semakin besar laju evaporasinya.

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran diameter nozzle, debit aliran, temperatur, kelembaban udara, dan kecepatan angin terhadap laju evaporasi air laut sebagai salah satu upaya mengurangi jumlah impor garam di Indonesia.

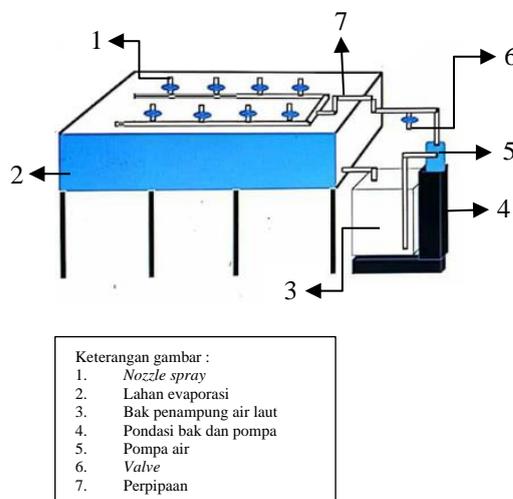
METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah air laut atau garam krosok (sebagai pengganti), dan air (sebagai pelarut garam krosok). Spesifikasi bahan yang digunakan tersebut adalah sebagai berikut. Air laut memiliki kadar garam rata-rata sekitar 35.000 ppm. Kandungan kimia utama air laut adalah klorida, natrium, magnesium, dan sulfat. Air laut memiliki nilai pH antara 7,5 – 8,5. Garam krosok memiliki kandungan NaCl (natrium klorida) minimal sebesar 85% dengan kandungan kimia lain berupa CaSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , dan kandungan air sebesar 7,7%.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah refraktometer, thermometer digital, humidity-meter, dan anemometer. Rangkaian alat penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat teknologi nozzle spray

Prosedur

Preparasi alat

Penelitian ini dilakukan di Graha Riset Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur. Tahap pertama dalam penelitian ini adalah menyiapkan nozzle spray dengan ukuran diameter nozzle mulai dari 1, 2, 3, 4, dan 5 mm. Kemudian memasang nozzle spray sebanyak 8 buah nozzle dengan ukuran nozzle yang berbeda-beda sebagai variabel peubah dan secara bergantian. Selanjutnya adalah mengatur bukaan valve pada pompa sesuai dengan debit aliran yang ditetapkan sebagai variabel peubah mulai dari bukaan 1; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2 dengan debit aliran sebesar 216; 180; 144; 108; dan 72 liter/jam, valve dibuka pada saat semua preparasi telah siap untuk running. Lalu memastikan bahwa valve pada aliran keluar sudah tertutup untuk mencegah larutan keluar saat proses evaporasi.

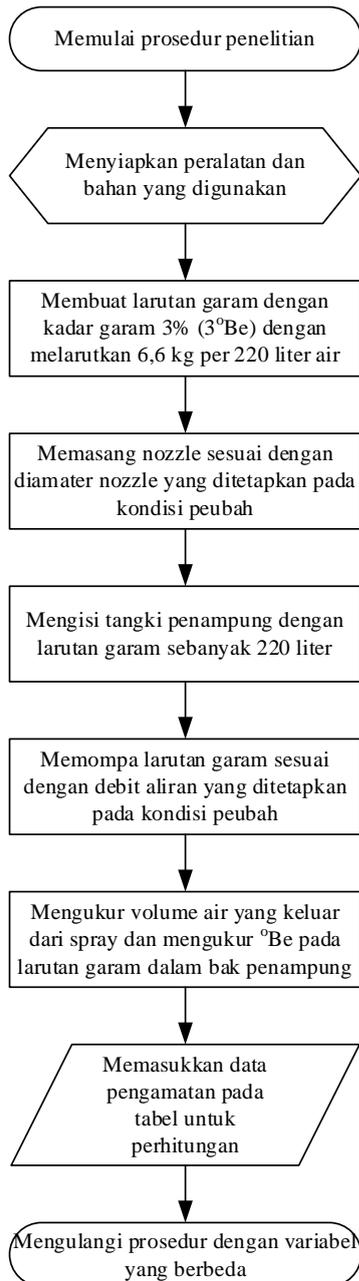
Pembuatan Larutan

Tahap pembuatan larutan dilakukan dengan tahap awal disiapkan air dan garam krosok dengan rasio berat garam terhadap air 3 : 100 atau 3% dari volume total air. Pada penelitian ini dilarutkan garam krosok sebesar 6,6 kg dengan volume air sebanyak 220 liter. Kemudian dilakukan pengukuran salinitas larutan menggunakan Refraktometer dan dipastikan kadar Be larutan sebesar 3 derajat. Tahap pelarutan larutan garam krosok/air laut ini dilakukan dalam bak penampung larutan.

Pengukuran

Tahap pengukuran dilakukan setiap 3 jam sekali saat proses evaporasi berjalan dalam kurun waktu 30 jam evaporasi. Pengukuran yang dilakukan

meliputi pengukuran debit aliran untuk dipastikan bukaan valve sesuai dengan debit aliran yang keluar sebagai variabel peubah dengan digunakan stopwatch, lalu pengukuran temperature lingkungan dalam satuan celcius dengan digunakan thermometer digital. Kemudian pengukuran kecepatan angin digunakan anemometer dalam satuan km/jam. Pengukuran kelembaban dengan digunakan humidity meter. Lalu pengukuran kadar/derajat Baume dengan digunakan refraktometer.



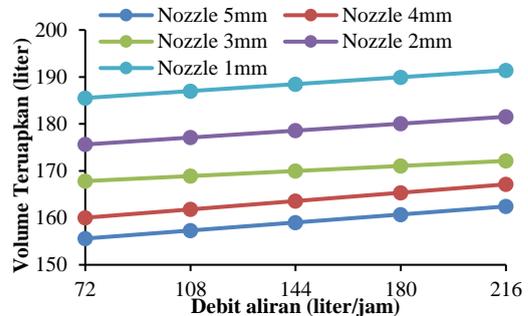
Gambar 2. Diagram alir proses penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dalam kondisi operasi pada kurun waktu evaporasi selama 30 jam dengan

menggunakan volume larutan total sebanyak 220 liter.

Hasil pengukuran volume air laut teruapkan dan derajat Baume

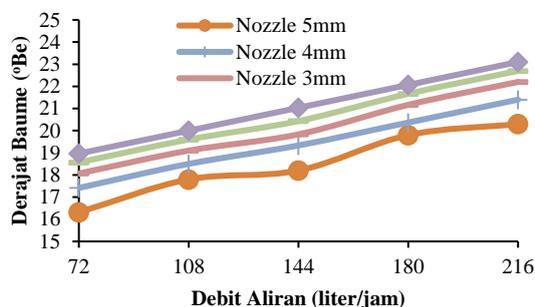


Gambar 3. Pengaruh debit aliran terhadap volume air laut teruapkan pada variasi diameter nozzle

Berdasarkan data pada Gambar 3 menunjukkan bahwa pengaruh debit aliran terhadap volume air laut teruapkan pada ukuran diameter nozzle 5 sampai 1 mm berbanding lurus, dimana semakin besar debit aliran yang keluar, volume air laut yang teruapkan semakin besar. Hal tersebut disebabkan karena volume air laut yang terspray keluar lebih besar seiring peningkatan debit aliran sehingga kontak air dengan udara panas lingkungan juga semakin sering setiap detiknya yang menyebabkan proses evaporasi semakin cepat. Selain itu ditunjukkan pula bahwa perbedaan ukuran diameter nozzle yang digunakan sebagai spray mempengaruhi besar volume air laut yang teruapkan dimana semakin kecil ukuran diameter pada nozzle, semakin banyak air laut yang teruapkan karena kontak larutan dan udara panas semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak air laut yang teruapkan menandakan semakin besar laju evaporasi yang terjadi. Dari data yang diperoleh, diketahui bahwa persentase air laut yang teruapkan selama proses evaporasi dengan kondisi dan variabel yang berbeda, memiliki rata-rata sebesar 78,147%, artinya rata-rata volume air laut yang teruapkan selama 30 jam proses evaporasi adalah sebesar 171,92 liter dari kondisi awal total volume air laut. Dengan demikian, hal tersebut sesuai dengan teori yang ada, dimana menurut penelitian oleh Muljani (2021), yakni semakin besar debit atau laju alir maka semakin besar pula laju evaporasinya. Sehingga, berdasarkan pengamatan tersebut dapat dinyatakan bahwa penggunaan teknologi spray membantu mempercepat proses evaporasi air laut.

Pada Gambar 3, menunjukkan bahwa pengaruh debit aliran terhadap nilai derajat/ kadar Baume (°Be) berbanding lurus, dimana semakin besar debit aliran, nilai derajat Baume yang dihasilkan juga semakin besar karena lamanya proses evaporasi berpengaruh pada semakin banyaknya air laut yang teruapkan yang menjadikan semakin pekatnya

larutan. Berdasarkan hal tersebut, dapat diketahui bahwa semakin besar debit aliran, maka proses evaporasi akan berlangsung lebih cepat sehingga peningkatan derajat *Baume* air laut semakin cepat.



Gambar 4. Pengaruh debit aliran terhadap derajat Baume pada variasi diameter *nozzle*

Selain itu, ditunjukkan pula bahwa perbedaan ukuran diameter *nozzle* mempengaruhi kecepatan peningkatan derajat *Baume*, dimana semakin kecil diameter *nozzle*, semakin cepat peningkatan derajat *Baume* yang dihasilkan. Dengan demikian, hal tersebut sesuai dengan teori yang ada, dimana menurut penelitian oleh Muljani (2021), yakni lama waktu evaporasi dan besar debit aliran berpengaruh pada semakin besarnya peningkatan derajat *Baume* air laut yang dihasilkan.

Hasil analisis perhitungan laju evaporasi air laut

Tabel 1. Data analisis laju evaporasi air laut

Diameter Nozzle (mm)	Temperature (°C)	Humidity (%)	Kecepatan Angin (km/jam)	Laju evaporasi m ³ /m ² /s
5	35,22	47,4	1,19	0,003173
4	33,83	44,4	0,96	0,003190
3	34,3	44,4	1,08	0,003244
2	34,36	42,6	1,15	0,003313
1	33,68	40,8	1,06	0,003366

Data hasil analisis laju evaporasi pada Tabel 1. diatas merupakan hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan persamaan Irving Langmuir seperti persamaan (1) (Muljani, 2021).

$$\frac{dM}{dt} = (P_v - P_p) \times \left(\frac{BM_{air}}{2\pi RT} \right)^{0,5} \quad (1)$$

Keterangan:

- dM/dt = laju evaporasi air laut (m³/m²/detik)
- P_v = tekanan uap jenuh air (Pascal)
- P_p = tekanan uap parsial air (Pascal)
- BM = Berat molekul (kg/mol)
- R = konstanta gas ideal (8.314 Joule/mol.K)
- T = Suhu/Temperatur (K)

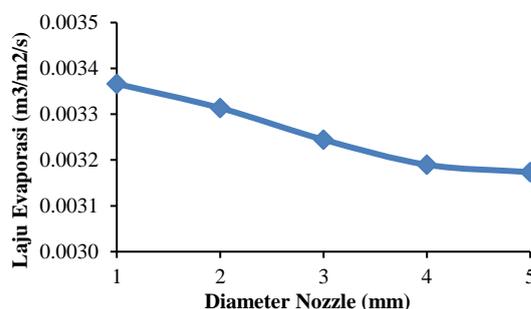
Perhitungan laju evaporasi diatas diawali dengan melakukan plot data tempetarur lingkungan (*dry bulb temperature*) dan data *humidity* pada

psychrometric chart untuk menentukan nilai *humidity ratio* untuk tekanan uap jenuh air (P_v) dan tekanan uap parsial air (P_p). Kemudian data rasio kelembaban yang didapatkan dimasukkan kedalam persamaan (2) (Muljani, 2021).

$$\frac{P_v}{P_p} = \frac{humidity\ ratio}{(0,62198 + humidity\ ratio)} \times P_{atm} \quad (2)$$

Setelah besaran nilai P_v dan P_p didapatkan, kemudian nilai tersebut disubstitusikan ke persamaan (1) untuk menemukan besar nilai laju evaporasi air laut.

Berdasarkan data Tabel 1. tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara diameter *nozzle* terhadap laju evaporasi air laut sebagai berikut.



Gambar 5. Pengaruh diameter *nozzle* terhadap laju evaporasi air laut

Berdasarkan grafik pada Gambar 5. diatas menunjukkan bahwa pengaruh ukuran diameter *nozzle* pada teknologi spray terhadap laju evaporasi air laut adalah berbanding terbalik, dimana semakin kecil ukuran diameter *nozzle* pada teknologi spray, laju evaporasi air laut semakin besar dengan peningkatan laju evaporasi rata-rata sebesar 4.8 x 10⁻⁵ m³/m²/detik. Hal ini diperkuat oleh data Tabel 1. yang menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran diameter *nozzle* pada teknologi spray, semakin besar jumlah volume air laut yang teruapkan dan kadar/derajat *Baume* yang dihasilkan, yang artinya laju evaporasi semakin besar. Sehingga, berdasarkan hal tersebut dapat dinyatakan sesuai dengan teori yang ada, dimana berdasarkan penelitian Muljani (2021), ditunjukkan bahwa semakin kecil ukuran diameter *nozzle* pada alat spray, maka semakin besar luas kontak udara dengan air sehingga laju evaporasi akan semakin besar. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa penggunaan teknologi spray dapat mempercepat proses evaporasi air laut.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran maupun analisis perhitungan serta pembahasan terkait hal tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa ukuran diameter *nozzle* yang digunakan sebagai spray dalam penggunaan teknologi spray berpengaruh terhadap

laju evaporasi air laut karena semakin kecil ukuran diameter nozzle yang digunakan, maka semakin besar laju evaporasi air laut sehingga mempercepat proses evaporasi air laut untuk mencapai kadar/ derajat Baume optimum sebelum dilakukan proses kristalisasi garam. Sementara itu, adapun pengaruh dari debit aliran terhadap laju evaporasi dimana semakin besar debit aliran maka semakin cepat proses evaporasi air laut. Selain itu juga, pengaruh temperatur atau suhu udara, kelembapan, dan kecepatan angin memiliki pengaruh terhadap laju evaporasi air laut. Semakin tinggi suhu udara, semakin besar laju evaporasi air laut. Semakin tinggi kelembapan, semakin turun laju evaporasi air laut. Semakin besar kecepatan angin, semakin besar pula laju evaporasi air laut.

SARAN

Adapun saran setelah dilakukannya penelitian ini yakni perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait penggunaan teknologi spray dalam rangka mempercepat proses evaporasi air laut, dimana dapat dilakukan dalam skala yang lebih besar, mulai dari luas lahan yang digunakan dalam penelitian ini, hingga variabel dan kondisi yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani M. Hadi W., & Masduqi A. "Physicochemical Properties of Sea Water and Bittern in Indonesia : Quality Improvement and Potential Resources Utilization for Marine Environmental Sustainability," *International Journal of Ecological Engineering*, vol. 19, no. 3, pp. 1-10, 2018.
- Dwika R. "Pengaruh Suhu dan Laju Alir pada Udara Pengeri Karanginan Menggunakan Teknologi Spray Dryer," *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, vol. 1, no. 1, pp. 298-304, 2012.
- Guntur G. Jaziri A. Prihanto A. Arisandi D. & Kurniawan A., "Development of Salt Production Technology Using Prism Greenhouse Method," *International Journal of Earth and Environmental Science*, vol. 106, no. 1, 2018.
- Kurniawan T. Azizi A., "Dampak Perubahan Iklim Terhadap Petani Tambak Garam di Kabupaten Sampang dan Sumenep," *Jurnal Masyarakat & Budaya*, vol. 14, no. 3, 2012.
- Martina A., "Penelitian Pemurnian Garam dengan Metode Hidroekstraksi," *Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan*, vol. 1, no. 1, 2014.
- McCabe. W.L., *Unit Operation of Chemical Engineering 5th*, New York: McGraw-Hill Book, 1993.
- Muljani S. Sumada K. & Pujiastuti C., *Transformasi Teknologi Produksi Garam*, Surabaya: Jakad Media Publishing, 2021.
- Pujiastuti C. Ngatilah Y. Sumada K. & Muljani S., "The Effectiveness of Sodium Hydroxide (NaOH) and Sodium Carbonate (Na₂CO₃) on the Impurities Removal of Saturated Salt Solution," *International Journal of Physics Conference on Science and Technology*, vol. 953, no. 1, 2017.
- Pusriwilnon, *Buku Panduan Pengembangan Usaha Terpadu Garam dan Artemia*, Jakarta: BRKP Departemen Kelautan dan Perikanan, 2006.
- Santosa I, "Pembuatan Garam Menggunakan Kolam Kedap Air Berukuran Sama," *Jurnal Spektrum Industri*, vol. 1, no. 1, pp. 1-112, 2014.
- Soemargono S. Widodo. L.U., "Metode Mempercepat Pembuatan Garam Rakyat," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 12, no. 2, pp. 69-73, 2018.
- Sumada K. Dewati R. & Suprihatin., "Improvement of Seawater Salt Quality by Hydroextraction and Re-crystallization Method," *International Journal of Physics Conference on Science and Technology*, vol. 953, no. 1, 2017.
- Varillea R., "Pembuatan Garam dengan Humidity Dome," *Jurnal Teknik Kimia UPN Veteran Jawa Timur*, vol. 1, no. 1, 2018.