

PERCEPATAN PENGUAPAN AIR PADA TUNNEL GARAM MENGGUNAKAN PENUTUP TUNNEL BERWARNA HITAM DAN PENGARAH ANGIN

ACCELERATING WATER EVAPORATION IN TUNNEL SALT PRODUCTION USING BLACK TUNNEL COVER AND WIND DIRECTION TURNER

Muhamad Riyono Edi Prayitno*¹, Zahira Salsabila Hidayat, Afriana Kusdinar, Arif Baswantara dan Kennedy Sembiring

¹Program Studi Teknologi Kelautan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran, Jalan Raya Babakan KM. 2, Pangandaran
Teregistrasi I tanggal: 8 Juni 2023; Diterima setelah perbaikan tanggal: 3 Agustus 2023;
Disetujui terbit tanggal: 8 Agustus 2023

ABSTRAK

Produksi garam menggunakan tambak geomembran model tunnel marak dikembangkan di Indonesia. Selain hasil garam yang lebih bersih dibandingkan dengan tambak kolam tanah, produksi garam dengan metode ini bisa dilaksanakan sepanjang tahun karena tidak terkendala oleh hujan. Namun demikian, proses penguapan pada kolam tunnel lebih lambat dibandingkan kolam terbuka sehingga waktu tunggu panennya menjadi lebih lama. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kecepatan penguapan pada tambak garam model tunnel dengan penggunaan plastik penutup tunnel berwarna hitam untuk meningkatkan suhu dan pengarah angin untuk meningkatkan aliran angin dalam kolom tunnel. Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap dengan 4 perlakuan berupa tunnel berpenutup plastik bening tanpa pengarah angin sebagai kontrol, tunnel berpenutup plastik hitam tanpa pengarah angin, tunnel berpenutup plastik bening dengan pengarah angin dan tunnel berpenutup plastik hitam dengan pengarah angin. Kolam tunnel berukuran 200 x 100 x 35 cm dan diisi dengan air laut setinggi 30 cm. Parameter yang diukur yaitu berupa suhu, kelembapan dan kecepatan angin pada kolom tunnel serta penurunan tinggi muka air harian selama 30 hari. Data dianalisis menggunakan Analisis Sidik Ragam dan Uji Beda Nyata Terkecil. Penggunaan plastik penutup berwarna hitam dan pengarah angin berpengaruh nyata terhadap peningkatan kecepatan penguapan dengan kecepatan tertinggi diperoleh pada tunnel berpenutup plastik hitam dan pengarah angin dengan kecepatan penguapan 0,98 cm/hari atau setara dengan 19,6 liter/hari.

Kata Kunci : Produksi garam; warna penutup tunnel; kecepatan penguapan

ABSTRACT

Salt production using geomembrane ponds tunnel model is widely developed in Indonesia. In addition to producing salt that is cleaner than land ponds, salt production with this method can be carried out throughout the year because it is not constrained by rain. However, the evaporation process in tunnel ponds is slower than open ponds, so the production time until the harvest is longer. This study aims to increase the speed of evaporation in the salt pond model tunnel by using black plastic tunnel cover to increase temperature and wind direction turner to increase wind flow in the tunnel column. The study was conducted in a completely randomized design with 4 treatments in the form of a clear plastic covered tunnel without wind direction as a control, a black plastic covered tunnel without wind direction turner, a clear plastic covered tunnel with wind direction turner and a black plastic covered tunnel with wind direction turner. The tunnel pool measures 200 x 100 x 35 cm and is filled with seawater as high as 30 cm. Parameters measured were temperature, humidity and wind speed in the tunnel column as well as the daily decrease in water level for 30 days. Data were analyzed using the Test of Variance and the Test of Least Significant Difference. The use of black plastic covers and wind direction turner has a significant effect on increasing the evaporation rate with the highest rate obtained in the tunnel covered with black plastic and wind direction turner with an evaporation rate of 0.98 cm/day or equivalent to 19.6 liters/day.

Keywords: Salt production; tunnel cover color; evaporation rate

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/marlin.V4.I2.2023.95-100>

Korespondensi penulis:

e-mail: yoenoetpl.2012@gmail.com



PENDAHULUAN

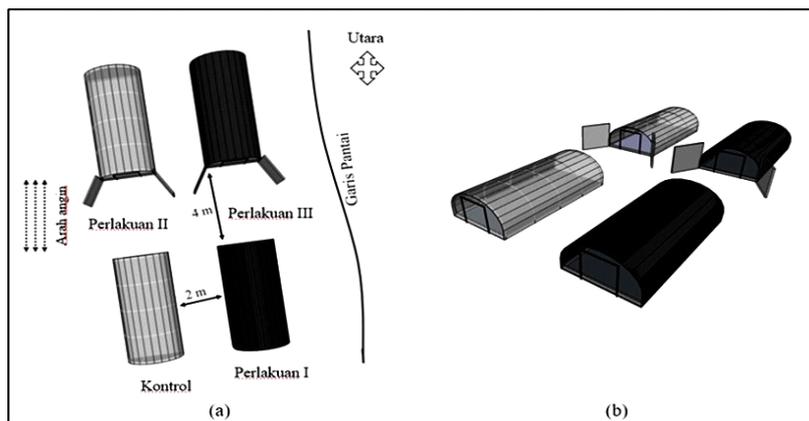
Garam merupakan sumberdaya alam yang terkandung dalam air laut dengan manfaat yang beragam. Garam banyak dimanfaatkan dalam industri makanan sebagai salah satu bahan esensial, industri kosmetik sebagai bahan terapi kecantikan, sebagai pengawet makanan hingga pemenuhan kebutuhan rumah tangga (Assadad & Utomo, 2011 ; Putri *et al.*, 2020). Kebutuhan akan garam di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 4,2 juta ton, namun sebagian besarnya (2,2 juta ton) masih harus diimpor karena kemampuan produksi dalam negeri yang hanya 0,9 juta ton (Daulay, 2019). Sebagian besar garam diproduksi dengan tambak tradisional berupa kolam tanah, sehingga kualitas dan harganya menjadi rendah dan memerlukan pengolahan lebih lanjut untuk dapat digunakan sebagai garam konsumsi. Salah satu upaya peningkatan nilai dari garam rakyat yaitu dengan memproduksi garam yang bersih dengan menggunakan tambak garam berupa kolam *tunnel*.

Produksi garam menggunakan kolam tunnel memiliki keuntungan dan kekurangan. Selain hasil garam yang lebih bersih (Listanti *et al.*, 2020), proses produksi garam menggunakan metode ini tidak terganggu oleh adanya hujan, sehingga produksi bisa dilakukan sepanjang tahun. Mekanisme produksi dan pemanenan garam dengan metode ini juga lebih mudah dibandingkan tambak kolam tanah, sehingga produksi bisa dilakukan dengan lebih efisien. Meski demikian, harus diakui bahwa kecepatan penguapan air garam pada tambak tradisional masih lebih baik dibandingkan dengan kolam tunnel, sehingga waktu tunggu panennya bisa lebih cepat. Hal ini diantaranya dipengaruhi oleh penggunaan tutup plastik pada kolam tunnel yang menyebabkan sinar matahari tidak dapat mengenai air secara langsung sehingga menghambat proses pemanasan air dalam kolam tambak. Plastik berwarna putih juga memiliki sifat memantulkan cahaya matahari, sehingga sebagian besar energinya dikembalikan ke udara di luar tunnel. Berbeda dengan kolam tradisional yang terbuka, kolam tunnel lebih tertutup, sehingga aliran angin di dalam tunnel menjadi terbatas. Kondisi ini dapat berdampak pada menurunnya kecepatan hilangnya uap air dalam tunnel. Uap air yang jenuh di dalam tunnel dapat menghambat proses penguapan air di

kolam tambak (Kurniawan *et al.*, 2019). Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kecepatan penguapan air dalam kolam tambak garam metode tunnel melalui penggunaan tutup plastik yang berwarna hitam dan pengarah angin.

BAHATAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April dan Mei 2022 dengan lokasi di kompleks tambak garam sistem tunnel Madasari yang terletak di Desa Masawah, Kecamatan Cimerak, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat. Penelitian ini bersifat eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Jumlah perlakuan yaitu ada 4 berupa : (1) kolam tunnel dengan tutup plastik putih tanpa pengarah angin sebagai perlakuan kontrol; (2) kolam tunnel dengan tutup plastik hitam tanpa pengarah angin sebagai perlakuan I; (3) kolam tunnel dengan tutup plastik putih dengan pengarah angin sebagai perlakuan II; dan (4) kolam tunnel dengan tutup plastik hitam dengan pengarah angin sebagai perlakuan III. Panjang tunnel 2 meter berbentuk lorong melengkung dengan tinggi lorong 1 meter. Kolam tunnel terbuat dari plastik HDPE warna hitam dengan rangka bambu dan berukuran 200 x 100 x 35 cm. Masing-masing kolam perlakuan berjumlah 1 buah. Pengarah angin yaitu berupa pagar dari plastik dengan rangka bambu yang berukuran panjang 150 cm dan tinggi 100 cm. Kolam tunnel dipasang sejajar arah pantai dengan jarak antar kolam 4 meter dengan posisi sebagaimana Gambar 1 karena keterbatasan lahan di lokasi penelitian. Masing-masing kolam perlakuan diisi air laut dengan ketinggian 30 cm. Pengukuran tinggi air di kolam tunnel dilakukan selama 30 hari pada pagi (09.00), siang (13.00) dan sore (17.00). Penyusutan air pada tiap kolam perlakuan dihitung dengan mengurangkan tinggi air saat sore hari dengan tinggi air di sore hari sebelumnya. Selain penyusutan, parameter lain yang diukur yaitu berupa suhu, kelembaban dan kecepatan angin di dalam tunnel. Nilai penyusutan air dihitung rata-rata dan simpangan bakunya kemudian dianalisis menggunakan tabel sidik ragam untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan penyusutan pada tiap perlakuan. Selanjutnya hasil sidik ragam diuji menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk menentukan perlakuan mana yang memberikan pengaruh kecepatan penyusutan yang berbeda.



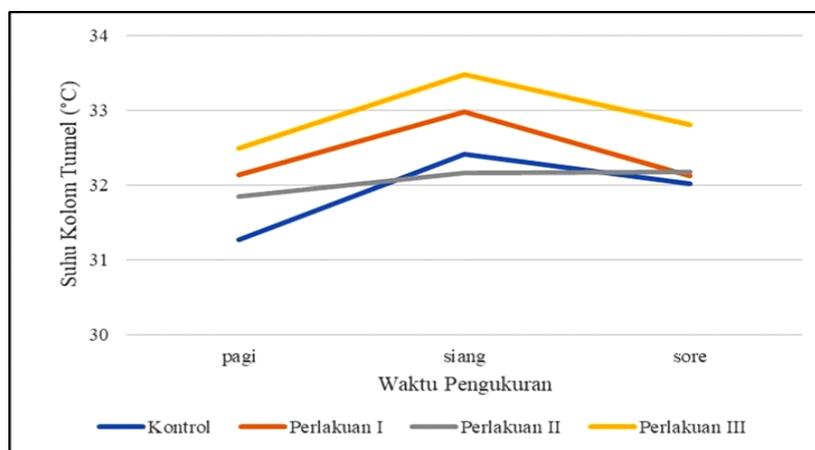
Gambar 1. Tunnel garam percobaan : (a) tampak atas dan (b) tampak depan.
Figure 1. Experimental salt tunnel: (a) top view and (b) front view.

HASIL DAN BAHASAN

Parameter Atmosfer di Dalam Kolom Tunnel

Parameter suhu, kelembapan dan kecepatan angin pada masing-masing model tunnel bervariasi, baik pada pagi, siang maupun sore hari. Suhu pada kolom tunnel Kontrol secara umum lebih rendah dibandingkan dengan ketiga jenis tunnel perlakuan lainnya. Tunnel Perlakuan I dan III yang menggunakan plastik penutup berwarna hitam memiliki suhu udara pada bagian kolom yang lebih tinggi dibandingkan dengan tunnel Kontrol dan Perlakuan I yang menggunakan penutup berwarna bening (Gambar 2). Tunnel Perlakuan III memiliki suhu kolom yang paling tinggi yaitu sebesar 32,48 °C ($s = 0,79$) saat pagi hari, kemudian naik menjadi 33,48 °C ($s = 1,04$) di siang hari dan turun kembali ke angka 32,8 °C ($s = 0,74$) saat sore hari. Suhu tertinggi yang dihasilkan pada kolam Perlakuan I, II dan Kontrol saat siang hari berturut-turut yaitu 32,98°C ($s = 0,64$), 32,16°C ($s = 0,64$) dan 32,41°C ($s = 1,0$). Penggunaan plastik penutup berwarna hitam mampu meningkatkan suhu udara di dalam tunnel antara 1 – 1,3 °C. Hal ini disebabkan oleh sifat dari plastik berwarna hitam yang menyerap semua spektrum warna matahari, sehingga energi panas yang terserap lebih besar. Plastik berwarna

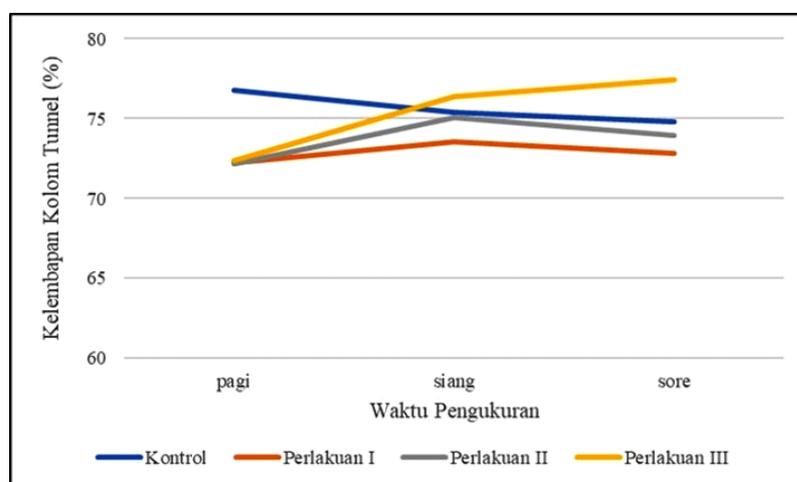
bening (cenderung putih) bersifat memantulkan sebagian energi matahari sehingga panas yang dihasilkan tidak sebaik warna hitam. Percobaan pelapisan warna hitam pada pemanas air tenaga surya dari bahan tembaga mampu meningkatkan serapan radiasi matahari hingga 3 kali lipat dibandingkan tanpa lapisan hitam (Caturwati *et al.*, 2012). Besar kecilnya perbedaan suhu pada tunnel dengan tutup warna hitam dan warna bening dapat dipengaruhi oleh besar kecilnya volume ruang dalam kolom tunnel. Ziaulfata *et al.* (2021) mendapati bahwa suhu ruangan di bawah seng yang berwarna hitam lebih tinggi dibandingkan seng berwarna perak dengan suhu di ruangan besar (47,5°C) yang lebih kecil dibandingkan dengan ruang yang kecil (54,1°C). Kecilnya perbedaan suhu kolom tunnel pada kedua jenis warna plastik penutup dapat disebabkan oleh adanya bukaan mulut pada kedua ujung tunnel dan panjang tunnel yang hanya 2 meter, sehingga panas yang terperangkap dalam kolom tunnel dengan mudah terbang keluar. Suhu pada kolom tunnel garam cenderung lebih rendah dibandingkan suhu udara pada kolam tambak garam terbuka sehingga kecepatan penguapan air dalam kolamnya lebih kecil. Kurniawan *et al.* (2019) mendapati bahwa suhu udara pada tambak terbuka berkisar antara 35 – 37 °C.



Gambar 2. Rata-rata suhu udara pada kolom tunnel saat pagi, siang dan sore hari.
Figure 2. The average air temperature in the tunnel column during the morning, afternoon and evening.

Kelembapan pada kolom tunnel percobaan berkisar pada 62% sampai dengan 87%. Kelembapan udara pada tunnel Perlakuan I, II dan III tidak berbeda saat pagi hari, namun bervariasi pada sore hari (Gambar 3). Nilai rata-rata kelembapan pada pagi hari yaitu sekitar 72%, kecuali untuk tunnel Kontrol yang lebih tinggi yaitu sebesar 76,77%. Penelitian Mu'min *et al.* (2021) mendapati bahwa kelembapan udara pada tambak-tambak garam sistem tunnel di Sumenep, Madura berkisar antara 67,75% - 75,5%. Nilai kelembapan pada tambak garam model tunnel ini lebih tinggi dibandingkan kelembapan udara pada tambak terbuka yang hanya sekitar 40,3% (Lopez & Boski, 2019) dan 51% - 55% (Kurniawan *et al.*, 2019) karena banyaknya uap garam yang terperangkap di dalam kolom tunnel akibat adanya tutupan plastik. Kondisi ini dapat menurunkan kecepatan penguapan air pada kolam garam, karena udara yang jenuh di atasnya akan membuat pembentukan uap baru menjadi terhambat.

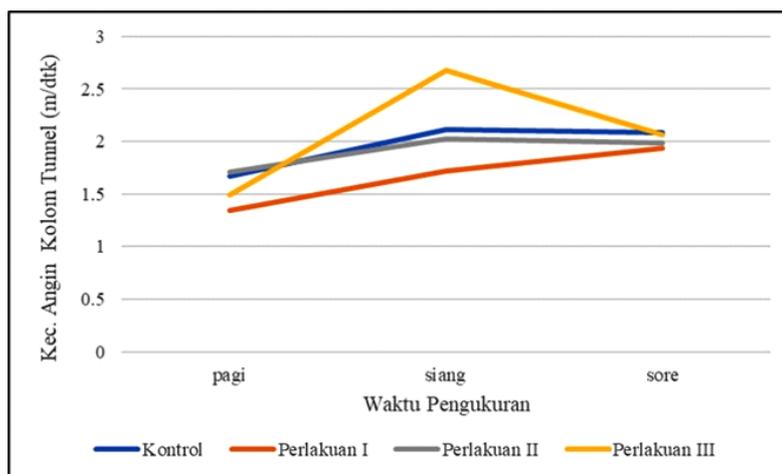
Kelembapan semakin meningkat saat siang hari dengan peningkatan yang bervariasi, kecuali pada tunnel Kontrol yang justru mengalami penurunan. Saat sore hari, kelembapan mengalami sedikit penurunan, kecuali pada tunnel Perlakuan III yang justru mengalami peningkatan. Peningkatan kelembapan pada siang hari disebabkan karena suhu udara yang meningkat (Gambar 2) sehingga jumlah air yang menguap semakin banyak dan akhirnya meningkatkan kadar uap di kolom tunnel. Penurunan kelembapan yang lambat saat sore hari mengindikasikan bahwa uap yang terperangkap di dalam tunnel tidak mudah keluar, sehingga dapat memperlambat penguapan. Meski demikian, dalam siklus air, penguapan akan berlangsung terus menerus selama sumber panas yang memanaskan air masih ada. Oleh karenanya kelembapan di dalam sistem semi tertutup seperti tunnel garam tidak akan jauh variasinya dari titik jenuh uapnya.



Gambar 3. Rata-rata kelembapan udara pada kolom tunnel saat pagi, siang dan sore hari.
 Figure 3. Average air humidity in the tunnel column in the morning, afternoon and evening.

Kecepatan angin di kolom tunnel percobaan berkisar antara 0,4 – 3,9 m/detik. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan angin yang diukur di luar tunnel yang berkisar antara 1 – 9,5 m/s. Hal ini disebabkan karena kondisi tunnel yang semi tertutup sehingga hanya sedikit angin yang dapat masuk dari kedua bukaan mulut tunnel. Kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap proses penguapan pada tambak garam, di mana kecepatan angin yang tinggi dapat mempercepat proses produksi garam (Kurniawan *et al.*, 2019). Aliran angin dalam kolom tunnel sangat diperlukan untuk mendorong uap air yang terkandung di dalam udara yang ada di kolom tunnel, sehingga akan menurunkan kelembapan dan mendorong terjadinya penguapan lebih lanjut. Tunnel garam yang dilengkapi dengan pengarah angin memiliki kecepatan

aliran air yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan tunnel tanpa pengarah angin, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4. Saat siang hari, rata-rata kecepatan angin yang terukur pada kolom tunnel Perlakuan III yaitu sebesar 2,68 m/detik. Nilai ini lebih besar daripada kecepatan angin pada tunnel Kontrol yang hanya sebesar 2,1 m/detik. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan pengarah angin dapat meningkatkan kecepatan angin di dalam kolom tunnel dengan cara menghadang angin yang mengalir di samping kanan dan kiri mulut tunnel, kemudian mengarahkannya masuk ke dalam kolom tunnel. Kecepatan angin yang tidak jauh berbeda pada masing-masing tunnel percobaan saat pagi dan sore hari dapat disebabkan oleh kecepatan angin yang rendah atau arah angin yang tidak sejajar dengan tunnel.



Gambar 4. Rata-rata kecepatan angin pada kolom tunnel saat pagi, siang dan sore hari.
 Figure 4. Average wind speed in the tunnel column in the morning, afternoon and evening.

Kecepatan Penguapan Air pada Kolam Tunnel

Penurunan tinggi muka air paling besar terjadi pada kolam tunnel garam Perlakuan III. Rata-rata penurunan tinggi muka harian pada kolam tunnel ini yaitu sebesar 0,98 cm per hari dengan simpangan baku yang cukup besar yaitu 0,78 cm/hari. Nilai penurunan tinggi muka air ini setara dengan penguapan air sebanyak 19,6 liter per hari. Kecepatan penguapan terbesar selanjutnya terjadi pada tunnel perlakuan II dengan rata-rata penurunan tinggi muka air harian sebesar 0,84 cm ($s = 0,58$) yang setara dengan 16,8 liter/hari. Kecepatan penguapan tunnel Kontrol dan Perlakuan I berturut-turut sebesar 0,59

dan 0,69 cm per hari atau setara dengan 11,9 dan 13,8 liter per hari. Hasil uji sidik ragam terhadap nilai rata-rata penurunan air harian menunjukkan adanya perbedaan yang nyata diantara keempat perlakuan dengan nilai $F_{hit} = 10,99$ ($F_{tab} = 2,68$) sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1. Uji lanjut BNT menunjukkan bahwa Perlakuan III memberikan hasil yang berbeda nyata dengan Perlakuan Kontrol dan Perlakuan I, namun tidak berbeda nyata dengan Perlakuan II sebagaimana terlihat pada Tabel 2. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan plastik penutup berwarna hitam dan pengarah angin memberikan pengaruh terhadap kecepatan penguapan air di dalam tunnel.

Tabel 1. Hasil Uji Sidik Ragam terhadap Penyusutan Air Kolam Garam
 Table 1. Results of various fingerprint tests on salt pool water shrinkage

Sk	db	JK	KT	F_{hit}	F_{tab}
Perlakuan	3	9.74325	3.24775	10.9911	2.68281
Galat	116	34.2767	0.29549		
Total	119	44.0199			

Tabel 2. Hasil Uji Beda Nyata Terkecil terhadap Rata-rata Penyusutan Air
 Table 2. Results of the Smallest Significant Difference Test on Average Water Shrinkage

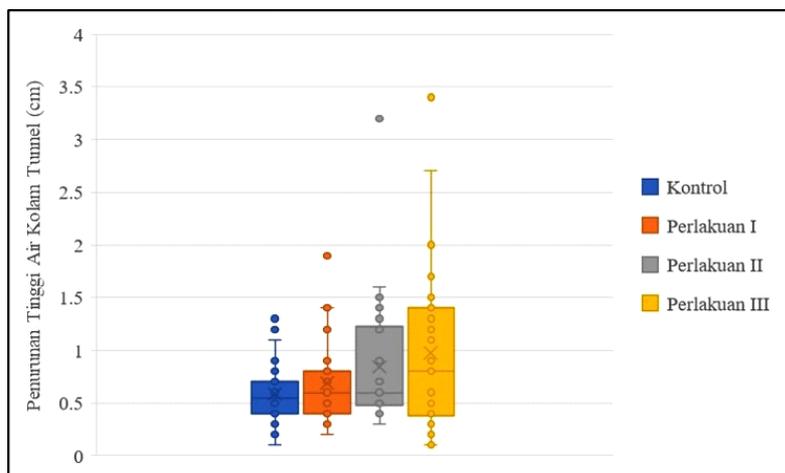
Perlakuan	Rata-rata	Notasi
K	0.59	a
I	0.69	a
II	0.84	ab
III	0.98	b

Tingginya kecepatan penguapan pada tunnel Perlakuan II yang menggunakan plastik penutup warna putih dibandingkan tunnel Kontrol dan Perlakuan I mengindikasikan bahwa keberadaan pengarah angin memberikan pengaruh besar pada peningkatan kecepatan penguapan. Pengaruh plastik penutup warna hitam terhadap peningkatan kecepatan penguapan lebih kecil,

sebagaimana dapat dilihat pada tunnel Kontrol dan Perlakuan I yang nampak pada Gambar 5. Kombinasi penggunaan pengarah angin dan penutup warna hitam menjadikan kecepatan penguapan meningkat lebih tinggi, dibandingkan hanya salah satunya, sebagaimana nampak pada tunnel Perlakuan III (Gambar 5). Wirangga *et al.* (2023) menjelaskan bahwa kecepatan evaporasi air laut tertinggi

pada suhu yang tetap (60°C) terjadi pada saat angin bertiup dengan kecepatan tertinggi (5 meter/detik) pada percobaannya. Pengaruh tiupan angin pada proses

evaporasi lebih dominan dibandingkan dengan suhu, terutama pada proses penguapan bersuhu rendah.



Gambar 5. Kecepatan Penguapan pada Kolam Tunnel.
Figure 5. Evaporation Velocity in Tunnel Ponds.

KESIMPULAN

Penggunaan plastik penutup berwarna hitam dan pengarah angin pada bagian mulut tunnel dapat meningkatkan kecepatan penguapan air pada tambak garam model tunnel. Kecepatan penguapan pada tunnel Kontrol, tunnel berpenutup plastik hitam, tunnel berpenutup plastik transparan dengan pengarah angin dan tunnel berpenutup plastik hitam dengan pengarah angin berturut-turut yaitu 0,59 cm/hari, 0,69 cm/hari, 0,84 cm/hari dan 0,98 cm/hari.

DAFTAR PUSTAKA

Assadad L, Utomo SB. 2011. Pemanfaatan Garam dalam Industri Pengolahan Produk Perikanan. *Squalen* 6(1): 26 – 37.

Caturwati NK, Yuswardi Y, Nino S. 2012. Peningkatan Efisiensi Absorpsi Radiasi Matahari pada Solar Water Heater dengan Pelapisan Warna Hitam. *Jurnal Energi dan Manufaktur* 5(1): 61 – 66.

Daulay AN. 2019. Analisis Pasar Komoditi Garam di Indonesia. *Al-Masharif : Jurnal Ilmu Ekonomi dan Keislaman* 7(2): 176 – 191.

Kurniawan A, Jaziri AA, Amin AA, Salamah LN. Indeks Kesesuaian Garam (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.

Listanti R, Masrukhi, Istiqomah D. Pengembangan Usaha Garam Rakyat melalui Peningkatan Mutu Produksi dan Diversifikasi Produk di Desa Sidoarjo, Kecamatan Puring, Kabupaten Kebumen. *Prosiding Semnas LPPM Unsoed* 10(1) : 494 – 500.

Lopez NS, 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* 73(1) : 76 – 80.

Mu'min BK, Efendy M, Kartika AGD. 2021. Parameter Lingkungan, Kadar Air dan NaCl Bunga Garam (*Fleur de Sel*). *Journal of Marine Research* 10(4) : 578 – 580.

Putri RD, Destryana RA, Santosa R. 2020. Pemanfaatan Garam Krosok sebagai Kreatif Bisnis Masyarakat Pesisir. *Journal of Food Technology and Agroindustry* 2(1): 15 – 19.

Ziaulfata AA, Zulfadli T, Nazaruddin. 2021. Analisa Perpindahan Panas pada Atap Seng Berwarna Hitam dengan Variasi Ruang di Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Teknik Unida* 2(2): 43 – 52.

Wirangga R, Mugisidi D, Sayuti AT, Heriyani O. The Impact of Wind Speed on the Rate of Water Evaporation in a Desalination Chamber. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* 106(1) : 39 – 50.