

# RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI AIR LAUT YANG DILENGKAPI PEMANAS AIR SEDERHANA

## DESIGN AND BUILD OF SEAWATER DISTILLATION APPARATUS EQUIPPED WITH A SIMPLE WATER HEATER

Raihan Natawisastra<sup>1</sup>, Rikha Bramawanto<sup>2</sup>, Ma'muri<sup>3</sup>, Lulut Alfaris<sup>1</sup>, & Suhernalis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Kelautan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran Babakan, Kec. Pangandaran, Kab. Pangandaran, Jawa Barat 46396 (0265) 7502868

<sup>2</sup>Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, OR Kebumihan dan Maritim, BRIN

<sup>3</sup>Pusat Riset Teknologi Tepat Guna, OR Pertanian dan Pangan, BRIN

e-mail : rikha.bramawanto@kkp.go.id

Diterima tanggal: 18 Juli 2022 ; diterima setelah perbaikan: 26 Agustus 2022 ; Disetujui tanggal: 27 Agustus 2022

### ABSTRAK

Penduduk Indonesia yang tinggal di kawasan pesisir belum seluruhnya mendapatkan akses air tawar yang bersih dan layak konsumsi. Bantuan Pemerintah berupa alat desalinasi air laut berteknologi tinggi seperti *sea water reverse osmosis*, seringkali terkendala dalam pengoperasiannya. Salah satu alat desalinasi air laut paling sederhana dan mudah diterapkan oleh masyarakat pesisir adalah *solar water distiller*. *Project* ini mengaplikasikan konsep *passive solar still* konvensional yang ditambahkan alat pemanas air sederhana untuk meningkatkan laju evaporasi. Makalah ini menyajikan proses pembuatan alat tersebut mulai dari desain, pemilihan bahan, fabrikasi hingga pengujiannya. Hasil riset menunjukkan bahwa alat destilasi air laut dengan penambahan pemanas air sederhana efektif meningkatkan suhu air laut/brine secara signifikan. Kondisi tersebut memicu efisiensi peningkatan laju evaporasi (>300% pada kondisi optimum) sehingga dapat meningkatkan kecepatan produksi air suling. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa air suling yang dihasilkan memiliki nilai rata-rata TDS=11 mg/L, pH=7,3, tidak berbau dan tidak berasa. Dengan demikian berdasarkan standar baku mutu yang ditetapkan oleh Menteri Kesehatan Republik Indonesia, air hasil destilasi tersebut layak untuk keperluan higiene sanitasi dan dapat dikonsumsi setelah melalui proses pemanasan untuk mematikan bakteri. Alat penyulingan air laut ini berbiaya murah dan dapat diaplikasikan dengan mudah oleh masyarakat di kawasan pesisir, baik dalam pengoperasian maupun penggantian suku cadang.

**Kata kunci:** air suling, solar still, laju evaporasi, pemanas air.

### ABSTRACT

*The Indonesian population living in coastal areas has not yet fully accessed clean and consumable fresh water. The government program that provides high-tech seawater desalination equipment, such as Sea Water Reverse Osmosis, often experiences problems in its operation. One of the simplest and easiest seawater desalination equipment for coastal communities to implement is the solar water distiller. This project applied to the concept of conventional passive solar still that is added with a simple water heater to increase the evaporation rate. This paper presents the research process, from design, material selection, fabrication, and testing. The results showed that equipment increased the temperature of seawater/brine significantly. It triggered the efficiency of the evaporation rate (>300% at the optimum condition) and increased the productivity of distilled water. Distilled water had an average value of TDS=11 mg/L, pH=7.3, odorless and tasteless. Thus, based on the quality standards set by the Minister of Health Republic of Indonesia, the distilled water is suitable for sanitation and hygiene purposes and can be consumed after going through a heating process to kill bacteria. This seawater distillation equipment is low-cost and can be easily applied by people in coastal areas, both in operation and replacement of spare parts.*

**Keywords:** distilled water, solar still, evaporation rate, water heater.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki daerah pesisir dengan sumber daya air yang melimpah berupa air laut, namun sumber daya ini tidak dapat langsung digunakan sebagai air bersih untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari masyarakat pesisir (Krisdiarto *et al.*, 2020). Sejak lama salah satu permasalahan umum kehidupan masyarakat pesisir adalah sulitnya akses air tawar yang bersih dan layak konsumsi, terutama di pulau-pulau kecil dan terluar di Indonesia (Sarbidi, 2010). Salah satu upaya pemerintah untuk mengatasi kebutuhan air bersih di daerah pesisir adalah dengan memberikan bantuan berupa alat berteknologi tinggi yaitu *Sea Water Reverse Osmosis* (SWRO) (Dirjen PRL, 2017). SWRO merupakan alat pengolahan air laut menjadi air tawar melalui proses desalinasi air laut (Dewantara *et al.*, 2018). Dalam risetnya, Yoshi & Widiasta (2016) menyebutkan bahwa SWRO merupakan membran *semipermeable* yang dapat memindahkan air atau larutan yang memiliki konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Alat SWRO bantuan ini dapat menghasilkan air tawar dengan kadar kekentalan 0°Be. Akan tetapi pengelolaan alat semacam ini seringkali terkendala dalam hal cara pengoperasian dan perawatan komponen catu daya seperti panel surya dan baterai (Zainuri *et al.*, 2019).

Energi surya merupakan energi alternatif yang bersifat *renewable* dan tersedia sangat melimpah di daerah tropis seperti di Indonesia (Syahri, 2011). Rata-rata intensitas matahari di Indonesia berkisar 4,5 – 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari (Yuliananda *et al.*, 2015). Pemanfaatan radiasi matahari sebagai sumber energi untuk desalinasi dapat menawarkan alternatif yang valid untuk memasok air minum (Subramani *et al.*, 2011). Energi matahari dapat dengan mudah ditangkap dan dipanen sebagai energi panas untuk banyak kegunaan yang bermanfaat. Akan tetapi energi matahari itu bersifat *intermittent* dan intensitasnya tergantung pada jam, hari, dan kondisi cuaca lokal. Salah satu solusi untuk memanfaatkan energi matahari yang berfluktuasi secara terus menerus adalah dengan menggabungkan sistem penyimpanan energi panas (Gude *et al.*, 2012). Dalam rangka mengatasi hal tersebut, saat ini berkembang teknologi tepat guna yang aplikatif, murah dan bahannya mudah diperoleh. Teknologi tersebut menerapkan konsep *passive solar still* yang diimplementasikan sebagai *solar water distiller* dalam bentuk rumah kaca. Prinsip efek rumah kaca yang diterapkan pada alat destilasi mampu menghasilkan

panas yang maksimal sehingga mempercepat proses penguapan dan meningkatkan debit destilat yang dihasilkan (Zahara *et al.*, 2014).

Alat penyulingan menggunakan konsep *passive solar still* merupakan alat sederhana model kolom refluks. Menurut Astawa *et al.* (2011) proses destilasi atau penyulingan adalah perpindahan panas, penguapan benda cair menjadi gas dan pengembunan benda gas menjadi cair. Prinsip destilasi air laut adalah cara untuk mendapatkan air bersih melalui proses penyulingan dan pemisahan garam serta mineral lainnya dari air laut dan payau dengan cara pemanasan untuk mendapatkan air murni (air bersih) (Saputro *et al.*, 2016; Setyawan & Suhendra, 2018). Dalam risetnya, Ambarita (2018) menyebutkan bahwa destilasi air laut merupakan solusi potensial dalam permasalahan krisis air bersih dan sebagai teknologi yang baru bagi sebagian orang. Desalinasi air laut untuk pasokan air minum semakin dipertimbangkan di seluruh dunia di daerah-daerah dimana permintaan telah meningkat melampaui pasokan berkelanjutan, sumber daya air yang menipis, rapuh atau *overdrawn* dan iklim perubahan membuat inovasi alat desalinasi harus dikembangkan (Ayhan & Al Madani, 2010).

Sumber utama dari proses *passive solar still* adalah panas matahari yang langsung memanaskan air dan kemudian menghasilkan efek destilasi (Khadim *et al.*, 2020). Untuk meningkatkan kinerja alat konvensional tersebut, perlu ditambahkan alat pemanas air sebelum air laut dimasukkan ke dalam *solar water distiller*. Peningkatan suhu air setelah melalui pemanas air berkisar 80° - 120°C sehingga efisien dalam membantu proses penguapan air laut menjadi uap air murni.

Riset ini bertujuan untuk merancang dan membuat prototipe alat destilasi air laut yang dilengkapi pemanas air sederhana untuk meningkatkan kinerja *solar water distiller* konvensional. Alat ini diharapkan dapat dibuat dengan biaya terjangkau dan dipergunakan dengan mudah untuk memenuhi kebutuhan air bersih dan layak konsumsi bagi masyarakat pesisir di Indonesia.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Lokasi

Kegiatan riset ini dilaksanakan pada Maret-Mei 2022 di lingkungan kantor Unit Rintisan Riset Teknologi Kelautan (PIAMARI), Pusat Riset Kelautan – BRSDMKP yang berlokasi di Pangandaran, Jawa Barat.

## Alur kerja

Riset ini menggunakan metode perekayasa dengan tahapan seperti yang ditunjukkan pada diagram alir Gambar 1.

Kegiatan riset ini dimulai dengan membuat desain konseptual yang meliputi latar belakang, tujuan, dan kebutuhan desain yang ingin dicapai. Kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data melalui studi literatur serta melakukan koordinasi dan konsultasi dengan narasumber ahli. Tahap selanjutnya membuat gambar desain dan identifikasi kebutuhan material yang diperlukan. Kemudian membuat prototipe alat sesuai dengan gambar desain. Setelah prototipe alat selesai dibuat, dilanjutkan dengan pengujian untuk mengetahui kinerja prototipe alat dan mengukur data parameter yang diperlukan, seperti suhu, kelembaban, serta volume dan kelayakan air hasil destilasi. Data hasil pengujian tersebut kemudian dianalisis dan dievaluasi sehingga diperoleh kesimpulan umum terhadap kinerja prototipe alat yang telah dibuat dan kelayakan air tawar hasil destilasi yang dihasilkan.

Pengamatan kualitas air suling hasil destilasi pada project ini hanya dibatasi pada beberapa aspek, terutama parameter wajib diantaranya bau, rasa, *Total Dissolved Solid* (TDS) dan *Potential of Hydrogen* (pH). Pengamatan dilakukan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk

Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum.

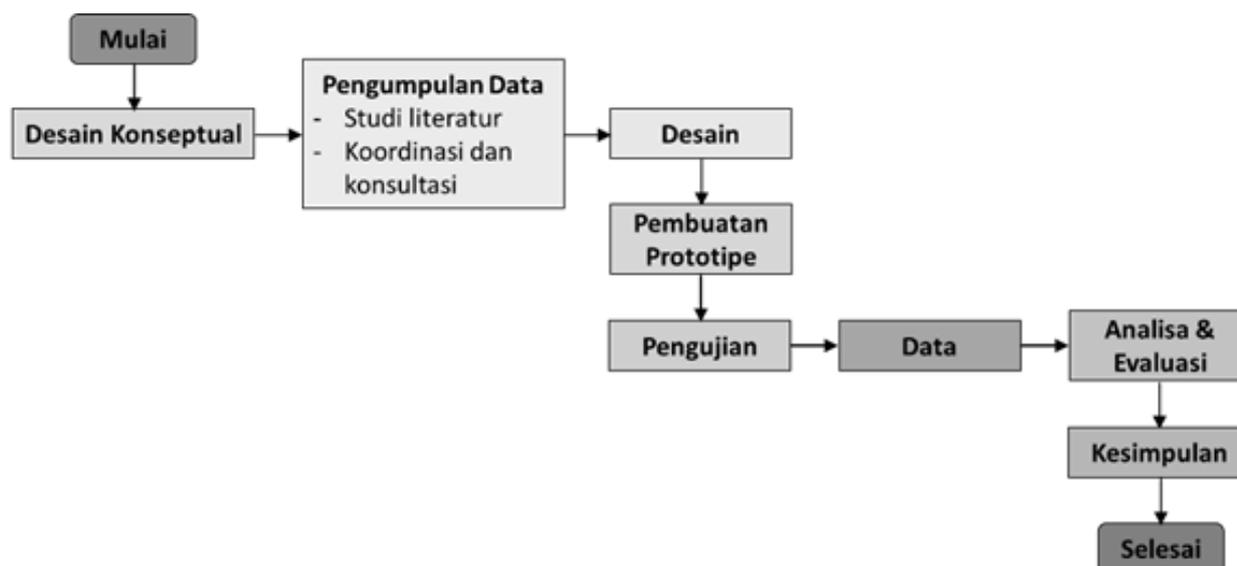
## Identifikasi Komponen Pembentuk

Alat ini terdiri dari 3 komponen utama yaitu 1) *solar water distiller*, 2) *water heater*, dan 3) rangka dudukan (Gambar 2). *Solar water distiller* merupakan komponen utama alat penyulingan air laut menjadi air tawar. Unit ini terdiri dari rumah kaca sebagai media perangkap panas yang akan dipergunakan untuk menguapkan air laut. Di dalam rumah kaca diletakkan bak evaporasi untuk menampung air laut yang akan diuapkan. Hasil penguapan berupa air tawar akan diarahkan menuju lubang output dan dialirkan menuju botol/galon penampungan.

Kerja *solar water distiller* dalam menguapkan air ditingkatkan dengan menambahkan *water heater* sederhana berupa bak berpenutup kaca. Di dalam bak diletakkan selang tahan panas sebagai media transfer energy panas dari kolom udara bak ke air yang dialirkan melewati selang. Aliran air dari tandon ke selang dan seterusnya ke bak evaporasi diatur menggunakan stop kran. *Solar water distiller* dan *water heater* tersebut diletakkan pada rangka dudukan yang dirancang dengan struktur yang kompak dan mudah dipindah-pindahkan.

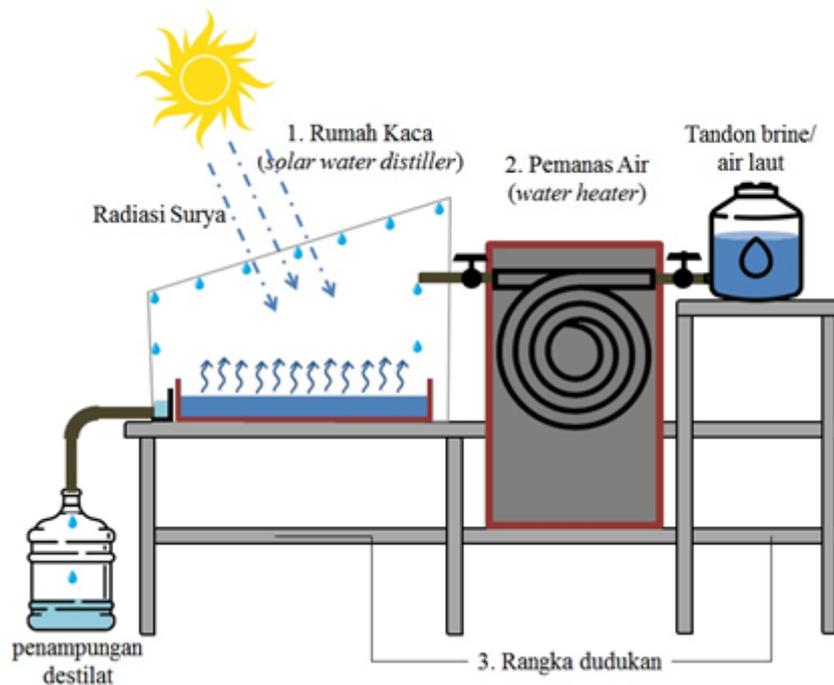
## Pertimbangan pemilihan bahan

Adapun pertimbangan pemilihan bahan yang dipergunakan untuk membuat masing-masing komponen dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir rancang bangun alat destilasi air laut.

Figure 1. Flowcharts of the design and construction of a seawater distiller.



Gambar 2. Bagian-bagian pada alat destilasi air laut.  
 Figure 2. Parts of a seawater distiller.

a. *Solar Water Distiller*

Bahan untuk pembuatan komponen solar water distiller terdiri dari kaca, papan, lembaran *High Density Polyethylene* (HDPE), *sealant silicone*, selang air suling dan botol penampung air destilasi (Tabel 1). Kaca transparan dengan ketebalan 5 mm dipilih sebagai bahan rumah kaca karena dapat meneruskan sinar radiasi matahari ke dalam ruang *solar water distiller* dengan optimal. Sinar radiasi matahari menghasilkan energi panas yang dimanfaatkan untuk melipatgandakan laju penguapan air laut dari bak evaporasi. Lembaran kaca disusun menjadi rumah berbentuk *single slope* menggunakan perekat *sealant silicone* yang memiliki daya rekat yang kuat, tahan air dan panas.

Bak evaporasi terbuat dari papan yang dilapisi lembaran HDPE. Papan dipilih sebagai bahan pembuatan bak karena mudah dalam proses pembuatannya dan karakter kayu yang mampu menyimpan dan mempertahankan panas. Lembaran HDPE digunakan sebagai pelapis dengan pertimbangan ketahanannya terhadap suhu ekstrim dan kelembaban, tahan terhadap efek sinar ultraviolet, tahan terhadap reaksi bahan kimia, tidak mudah bocor (kedap air), tidak mudah berjamur dan mudah dibersihkan, Sedangkan pemilihan HDPE berwarna hitam dengan pertimbangan bahwa benda yang berwarna hitam cenderung menyerap semua cahaya dan mengubahnya menjadi energi panas sehingga dapat membantu proses penguapan (Ehsan *et*

*al*, 2013).

Selang untuk mengalirkan air hasil destilasi berbahan silikon dipilih karena karakteristiknya yang *food grade* (tidak mengandung racun dan logam berat), tahan cuaca, fleksibel dan tahan lama. Hasil air suling akan ditampung dalam galon air 5 liter yang memiliki kran dengan pertimbangan agar dapat langsung dimanfaatkan atau diletakkan pada dispenser.

b. *Water heater*

*Water heater* sederhana dibuat untuk meningkatkan kinerja *solar water distiller* dengan cara melipatgandakan laju penguapan. Bahan utama pembentuk *water heater* adalah papan untuk membuat bak, kaca sebagai penutup bak dan selang air sebagai penghantar panas (Tabel 2). Papan kayu dirangkai menjadi bak *water heater*. Sebagaimana bak evaporasi, papan kayu untuk bak *water heater* dipilih karena sifatnya yang mampu menyimpan dan mempertahankan panas. Penutup pada ruang *water heater* terbuat dari material kaca transparan (ketebalan 5 mm) agar radiasi sinar matahari semaksimal mungkin dapat masuk ke dalam ruang *water heater*, sehingga proses pemanasan air laut yang mengalir di dalam selang air dapat terjadi secara optimal. Selang air tahan panas digunakan karena dapat menyalurkan panas dari radiasi sinar matahari ke air laut yang mengalir di dalamnya. Air yang telah dipanaskan tersebut selanjutnya dialirkan dengan debit tertentu ke dalam bak penguapan.

Tabel 1. Bahan pembuatan solar water distiller  
 Table 1. Materials for making solar water distiller

c. Rangka Dudukan

*Solar water distiller* dan *water heater* tersebut diletakkan pada rangka dudukan yang terbuat dari baja ringan dan *aluminium composite panel* (ACP). Struktur rangka dudukan dihubungkan dengan paku rivet 4 mm. Kedua bahan tersebut dipergunakan sebagai dudukan dengan pertimbangan relatif tahan lama terhadap karat serta mudah dalam pengerjaannya. Selain itu, bobot instalasi alat destilasi yang dibuat juga tidak terlalu berat sehingga cukup di-*support* menggunakan baja ringan. Pada konstruksi rangka dudukan ini ditambahkan ACP ketebalan 4 mm untuk meletakkan rumah kaca beserta bak evaporasi dan penampung air laut.

Seluruh bahan komponen *solar water distiller*, *water heater* dan rangka dudukan dipilih dengan mempertimbangkan keterjangkauan harga (ekonomis) dan ketersediannya di sekitar lokasi project.

**Alat Kerja**

Alat kerja yang digunakan pada kegiatan riset ini tersaji dalam Tabel 2.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Alat destilasi air laut yang dibuat adalah jenis *passive solar still* dengan menggunakan rumah kaca dan bak untuk menampung air laut yang akan didestilasikan. Untuk meningkatkan kinerja alat destilasi, ditambahkan pemanas air (*water heater*) yang berfungsi menghangatkan air laut sebelum dialirkan menuju ke bak evaporasi. Adapun gambar desain dari alat destilasi ini ditunjukkan pada Gambar 3.

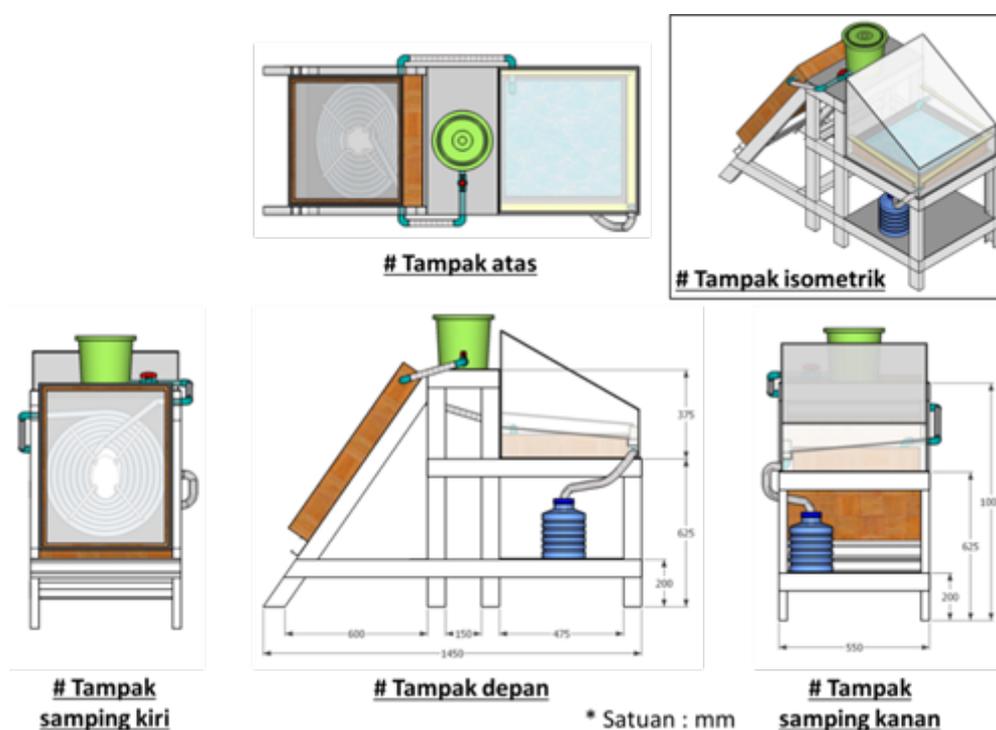
Berdasarkan desain tersebut di atas maka dilakukan fabrikasi masing-masing komponen alat destilasi air laut menjadi air tawar. Bagian utama dari alat destilasi air laut jenis *passive solar still* ini adalah rumah kaca yang dibuat tertutup untuk mencegah keluarnya uap air sebagai target output dari dalam ruang destilasi serta melindungi masuknya air hujan dan kotoran dari luar. Rumah kaca ini berbentuk single slope dengan bagian atap dibuat miring ( $\pm 30$  derajat) agar titik-titik embun yang terbentuk dari uap air dan menempel pada kaca di dalam ruang destilasi dapat mengalir lancar turun ke bagian bawah secara gravitasi. Selain itu, pada

Tabel 2. Bahan pembuatan *water heater*  
 Table 2. Materials for making *water heater*

Bahan	informasi
<b>solar water distiller</b>	
Kaca	transparan, tebal 5 mm, permukaan rata, bebas distorsi
Papan	kayu keras. Tebal 15 mm, dibuat bak berukuran 40 x 40 x 15 cm
Lembaran HDPE	tebal 0,3 mm, warna hitam
Keramik ukuran	40 x 40 cm, glazed, permukaan rata
Sealant Silicone	Bening ( <i>clear</i> ), daya rekat baik, lentur, tahan air dan cuaca
Selang air suling	silikon, <i>food grade</i> , lentur, diameter luar 20 mm dalam 16 mm
Galon Air	Volume 5 liter, dilengkapi kran
<b>water heater</b>	
papan	Kayu keras. Tebal 15 mm, dibuat bak berukuran 100 x 55 x 15 cm
Ember	Plastik, volume 10 liter
Selang air	$\text{Ø } \frac{3}{4}$ inch, (PEX) polietilen ikatan silang, tahan panas
Stop-kran	$\text{Ø } \frac{1}{2}$ inch, pvc
Pipa dan <i>elbow</i>	$\text{Ø } \frac{1}{2}$ inch, pvc
Klem	$\text{Ø } 1\frac{1}{2}$ inch, stainless steel
Cat/pylox	warna hitam
<b>Rangka Dudukan</b>	
baja ringan	kanal c tebal 0,75 mm, <i>coating</i> anti karat
papan acp	tebal 4 mm, aluminium <i>composite panel</i> , tahan api
paku rivet	diameter 4 mm, <i>structural rivet</i> , jenis kepala utuh

Tabel 2. Peralatan untuk membuat dan menguji alat destilasi air laut  
 Table 2. Tools for the manufacture and testing of seawater distillation apparatus

Alat	Fungsi
mesin gerinda beserta mata gerinda	memotong baja ringan
mesin bor beserta mata bor	melubangi baja ringan untuk paku rivet
tang rivet	mengunci baja ringan menggunakan paku rivet
sealant gun	merekatkan kaca untuk rumah single slope
alat potong kaca,	memotong kaca
hole saw	melubangi kaca
gergaji	memotong papan untuk membuat bak
palu, tang, obeng	merangkai komponen-komponen
meteran, penggaris, siku	mengukur bahan kerja
waterpass	mengukur kedataran posisi (vertikal & horizontal).
termometer, hygrometer	mengukur suhu, kelembaban dan volume air
gelas ukur	mengukur volume air laut dan air hasil destilasi

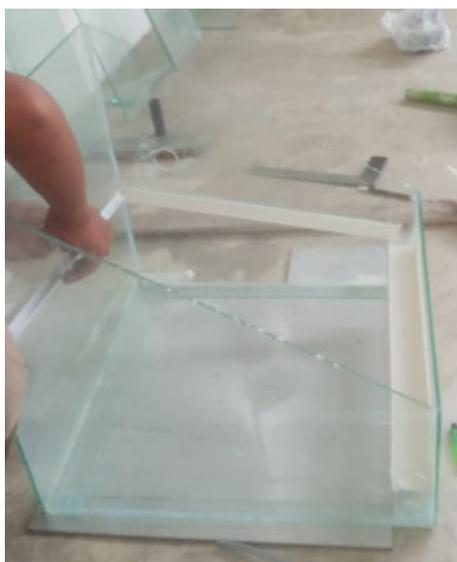


Gambar 3. Desain alat destilasi air laut yang dilengkapi pemanas air sederhana.  
 Figure 3. Design of seawater distiller equipped with simple water heater.

dinding bagian dalam juga ditambahkan parit kecil berbahan kaca untuk mengalirkan titik-titik embun yang menempel pada dinding kaca. Rumah kaca yang dibuat memiliki ukuran  $(150+450) \times 500 \times 500$  mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Di dalam rumah kaca diletakkan sebuah bak evaporasi.

Pada rumah kaca ini juga ditambahkan saluran *inlet* dan *outlet* menggunakan material pipa dan *elbow* PVC  $\text{Ø } \frac{1}{2}$  inch. Saluran *inlet* terletak di bagian samping belakang pada salah satu dinding kaca. Saluran *inlet* ini dihubungkan dengan saluran *outlet* dari ruang *water*

*heater* dan berfungsi untuk mengalirkan air laut dari *water heater* masuk ke dalam bak evaporasi. Sedangkan saluran *outlet* terletak di bagian samping depan salah satu dinding kaca. Saluran *outlet* ini nantinya akan disambungkan dengan selang air untuk mengalirkan air hasil destilasi menuju ke tempat penampungannya. Bak evaporasi berupa kotak kayu berukuran  $430 \times 430 \times 110$  mm<sup>3</sup> berfungsi sebagai wadah air laut yang akan diuapkan. Sebelum dilapisi plastik HDPE, pada dasar bak evaporasi bagian dalam ditambahkan sebuah keramik lantai ukuran  $40 \times 40$  cm<sup>2</sup>. Sifat konduktivitas termal dari keramik diharapkan dapat



Gambar 4. Rumah kaca berbentuk *single slope*. (sumber: dokumentasi riset)  
 Figure 4. A *Single slope* solar still. (source: research documentation)

membantu percepatan penyerapan panas dari kolom udara maupun penyaluran panas ke air. Proses pembuatan bak evaporasi ditunjukkan pada Gambar 5.

Alat destilasi air laut ini dilengkapi dengan *water heater* sederhana yang berfungsi untuk menghangatkan air laut terlebih dahulu sebelum dialirkan menuju ke bak evaporasi. Penambahan *water heater* ini diharapkan akan meningkatkan laju penguapan di dalam ruang destilasi sehingga dapat meningkatkan jumlah/volume air destilasi yang dihasilkan. Selang air tahan panas diletakkan di dalam *water heater* sebagai media penghangat air sebelum diuapkan dalam bak evaporasi. Selang air berdiameter  $\frac{3}{4}$  inch tersebut dipasang dan dikaitkan di dasar bak *water heater* dengan pola spiral untuk meningkatkan daya tampung air yang dihangatkan. Seluruh bagian luar selang air dan permukaan bagian dalam kotak kayu dicat warna hitam (Gambar 6). Hal ini bertujuan agar dapat menyerap panas dari sinar matahari semaksimal mungkin

sehingga dapat meningkatkan proses pemanasan air laut yang mengalir di dalam selang air.

Pada kedua ujung selang air ditambahkan pipa dan *elbow* PVC Ø  $\frac{1}{2}$  inch dan masing-masing ditempatkan di bagian atas pada dinding kotak kayu bagian samping kanan dan kiri. Salah satu dari ujung selang air ini akan berfungsi sebagai saluran *inlet*, sedangkan ujung yang lainnya akan berfungsi sebagai saluran *outlet*. Saluran *inlet* ini dihubungkan dengan saluran *outlet* dari tempat penampungan air laut dan berfungsi untuk mengalirkan air laut masuk ke dalam ruang *water heater*. Sedangkan saluran *outlet* dihubungkan dengan saluran *inlet* pada ruang destilasi dan berfungsi untuk mengalirkan air laut yang sudah hangat masuk ke dalam bak evaporasi. Ruang *water heater* yang dibuat memiliki ukuran 850 x 430 x 80 mm.

Pada alat destilasi ini, persediaan air laut ditampung dalam ember plastik (kapasitas 10 liter). Pada ember



a. Kotak kayu



b. Penambahan keramik



c. Pelapisan plastik HDPE

Gambar 5. Proses pembuatan bak evaporasi. (sumber: dokumentasi riset)  
 Figure 5. Process of making an evaporation basin. (source: research documentation)



Gambar 6. Proses pengecatan ruang *water heater* dengan cat berwarna hitam. (sumber: dokumentasi riset)  
 Figure 6. The process of painting the *water heater* room with black paint. (source: research documentation)

ini ditambahkan saluran *outlet* berupa pipa dan *elbow* PVC Ø ½ inch yang dipasang di area dinding ember bagian bawah. Saluran *outlet* dihubungkan ke saluran *inlet* pada ruang *water heater*. Pada saluran *outlet* ini juga ditambahkan *stop*-kran PVC Ø ½ inch yang berfungsi untuk mengatur debit air laut yang mengalir keluar dari ember sehingga debit air laut yang masuk ke *water heater* dan ketinggian permukaan air di dalam bak evaporasi juga dapat diatur. Pada bagian akhir, air tawar hasil proses destilasi ditampung menggunakan galon air kapasitas 5 liter. Pada tutup galon dibuatkan lubang untuk jalur masuk selang air *food grade* berbahan silikon yang terhubung dengan saluran *outlet* pada rumah kaca ruang destilasi.

Seluruh komponen alat destilasi yang terdiri dari rumah kaca beserta bak evaporasi, instalasi *water heater*, ember penampung air laut, galon penampung air hasil destilasi serta seluruh instalasi saluran airnya akan ditempatkan pada sebuah rangka dudukan yang terbuat material baja ringan kanal C (ketebalan 0,75 mm). Rangka dudukan yang dibuat memiliki ukuran keseluruhan 145x55x100 cm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Setelah seluruh komponen alat destilasi air laut selesai diinstal (Gambar 8), kemudian dilakukan pengujian dengan kondisi awal menggunakan air laut berdensitas 5°Be dengan ketinggian air awal 5 mm. Selanjutnya pada hari kedua dan ketiga (sekitar pukul 15.00 WIB) air laut dialirkan kembali dari *water heater* masing-masing setinggi 5 mm, sehingga total air yang diuapkan setara dengan 2.400 ml. Pada saat pengujian juga diukur beberapa parameter fisika, antara lain: suhu udara luar, suhu udara di dalam ruang destilasi, suhu air, kelembaban, dan solar radiation.

Pada riset ini, cara pertama pengaturan debit air laut/*Brine* yang akan diproses menjadi destilat (gambar 9) dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 7. Rangka dudukan untuk alat destilasi air laut.  
 (sumber: dokumentasi riset)  
 Figure 7. A Support frame for solar seawater distiller.  
 (source: research documentation)



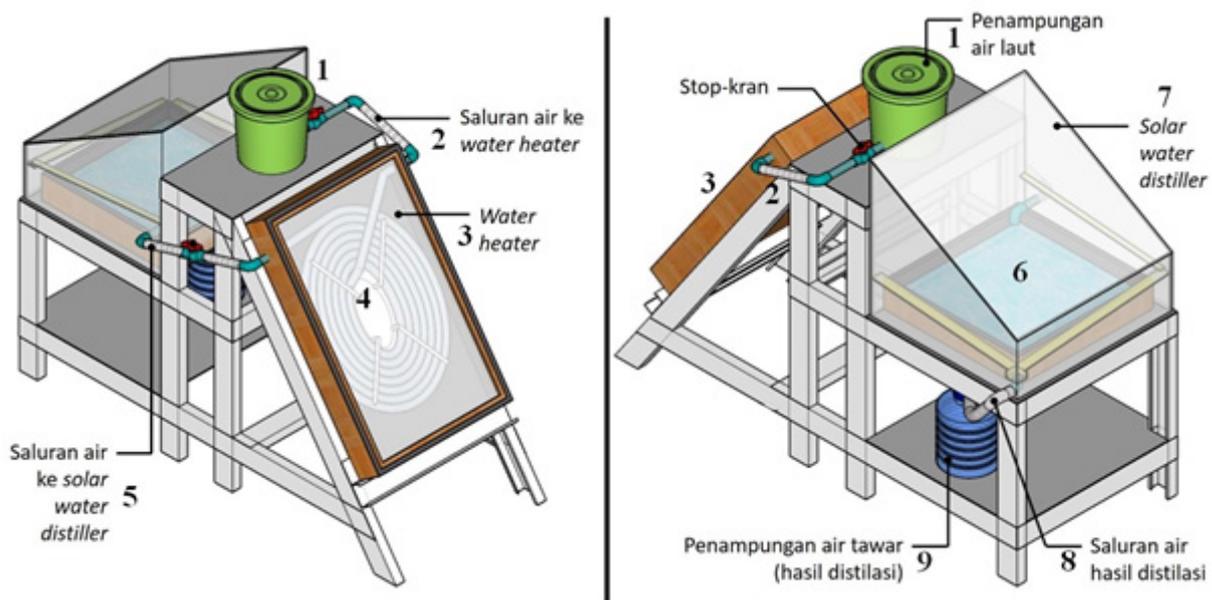
Gambar 8. Instalasi alat destilasi air laut.  
 (sumber: dokumentasi riset)  
 Figure 8. Installation of solar seawater distiller.  
 (source: research documentation)

1. Air laut/*Brine* dari penampungan (1) dialirkan melewati saluran air (2) menuju *water heater* (3) dan selanjutnya dialirkan dalam selang PEX (4).
2. Pada hari pertama, *Brine* dari selang PEX (4) melewati saluran air (5) dimasukkan ke dalam bak evaporasi (6) yang berada di dalam *solar water distiller* (7).
3. Pengisian *Brine* dihentikan ketika mencapai ketinggian 5 mm (setara 8000 ml) di dalam bak evaporasi. Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan *Brine* untuk pertama kali dari penampungan (1) hingga ke bak evaporasi (6) sekitar 3,5 menit ketika dua *stop kran* di depan penampungan dan sebelum *solar water distiller* (7) dibuka penuh.
4. Selanjutnya, pengisian bak evaporasi (6) kembali dilakukan pada hari kedua dan ketiga sekitar pukul 15.00-16.00 WIB ketika suhu dalam *solar water distiller* (7) mulai menurun. Pengisian dilakukan dengan membuka *stop kran* yang diatur dengan debit 100-150 ml/menit hingga penambahannya mencapai 8.000 ml. *Brine* berada di dalam *water heater* (3) selama 23 jam dengan suhu rata-rata 57°C ketika dikeluarkan dari selang PEX (4).
5. Destilat yang berasal dari air yang menguap dari *Brine* dan kemudian mengalami destilasi selanjutnya dialirkan melalui saluran hasil destilasi (8) menuju galon penampungan destilat (9).
6. Hari pertama, air yang menguap sebanyak sekitar 250 ml dengan destilat yang berhasil tertampung sebanyak 60 ml dalam 7 jam (08.00-15.00 WIB).

7. Hari kedua (pada pukul 15.00 WIB) air menguap sebanyak 390 ml dengan destilat yang berhasil tertampung sebanyak 95 ml dalam 24 jam.
8. Hari ketiga (pada pukul 15.00 WIB) air menguap sebanyak 630 ml dengan destilat yang berhasil tertampung sebanyak 155 ml dalam 24 jam.
9. Hari keempat (pada pukul 15.00 WIB) air menguap sebanyak 1.130 ml dengan destilat yang berhasil tertampung sebanyak 290 mml dalam 24 jam.

Cara kedua pengaturan debit *Brine*/air laut yang akan diproses menjadi destilat adalah dengan menambahkan *Brine* dari *water heater* ke bak evaporasi dalam *solar water distiller* setiap jam mulai pukul 13.00-16.00 WIB (hari kedua dan ketiga). Cara kedua ini dilakukan dengan pertimbangan karena mulai terdeteksi terjadinya penurunan suhu air pada waktu tersebut. *Brine* bersuhu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  dikeluarkan dari selang PEX dalam *water heater* dengan debit 65-70 ml/menit hingga mencapai volume 2.000 ml setiap kali penambahannya. Namun cara kedua akan dibahas dalam artikel lain yang khusus membandingkan hasil antara cara pertama dan kedua.

Pada riset ini diukur beberapa parameter fisika berupa suhu udara lokasi penelitian, suhu air, suhu dan kelembaban dalam *solar water distiller*, air laut yang diuapkan dan air destilat yang dihasilkan. Hasil pengukuran suhu menunjukkan bahwa rumah kaca bekerja dengan efektif, terutama pada siang hari, terbukti dengan terjadinya peningkatan suhu yang signifikan baik di kolom udara rumah kaca maupun



Gambar 9. Alur pengaturan air dari *brine*/air laut menjadi destilat.  
 Figure 9. Water flow adjustment from *brine*/seawater to distillate.

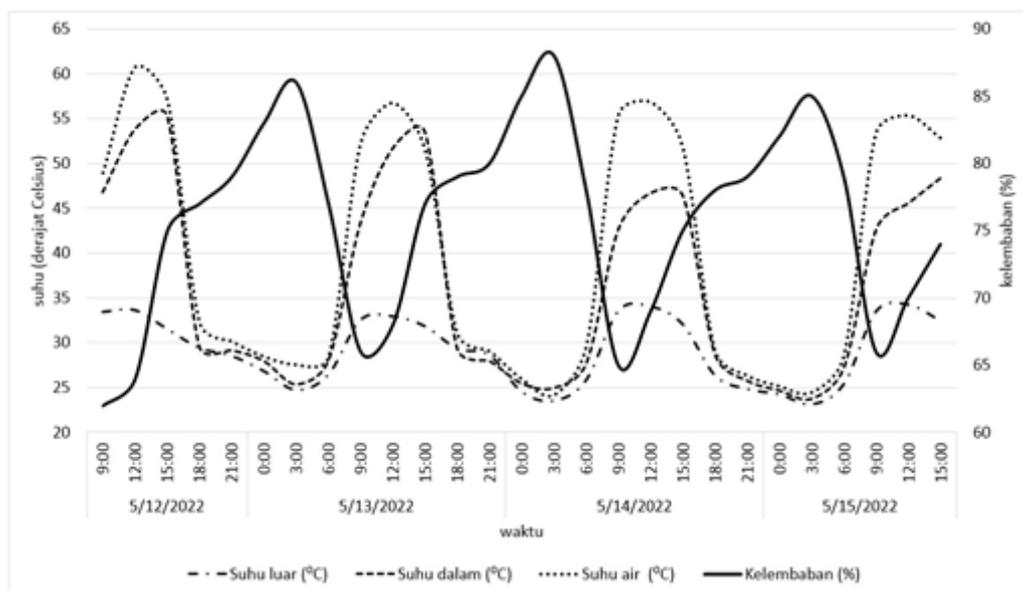
air yang dihangatkannya. Pada gambar 10 terlihat bahwa terdapat perbedaan signifikan antara suhu udara rumah kaca terhadap suhu udara luar dan suhu air di bak evaporasi pada pagi hingga sore hari yang masing-masing berkisar antara 9,2-23,8 °C dan 15,6-27,2 °C. Suhu air dalam bak evaporasi yang lebih tinggi dibandingkan suhu udara dalam rumah kaca dapat disebabkan karena adanya masukan air hangat dari *water heater*. Disamping itu air juga lebih stabil dalam menyerap dan mempertahankan energi kalor yang diperoleh langsung radiasi sinar matahari.

Kelembaban dalam rumah kaca yang tinggi terjadi pada dini hari sekitar pukul 03.00 WIB yaitu 85-87% dan terendah pada sekitar pukul 09.00 WIB yaitu 62-65%. Tingginya kelembaban udara pada malam hari disebabkan oleh ruang rumah kaca yang kedap dan selanjutnya memicu terjadinya pengembunan di atap dan dinding bagian dalam rumah kaca pada pagi hari.

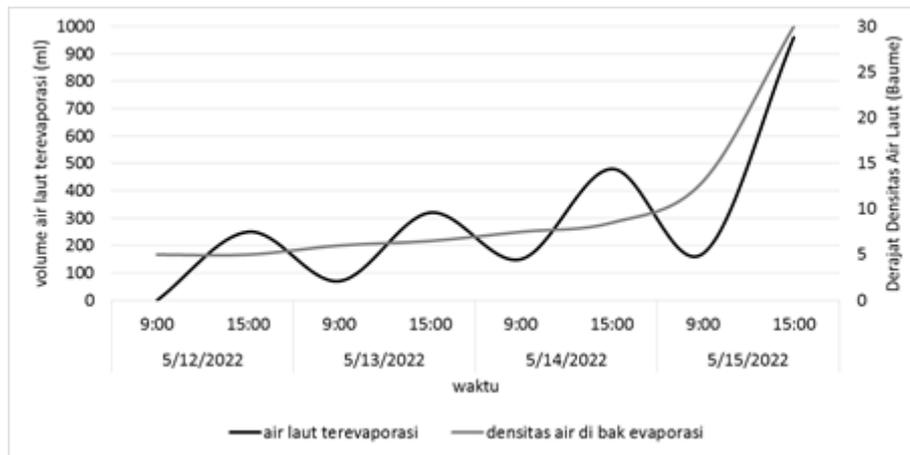
Hasil pengukuran ketinggian air di bak evaporasi menunjukkan bahwa penguapan total air laut berlangsung optimal. Dari tabel 3 terlihat bahwa laju evaporasi mengalami eskalasi setiap hari (dilihat setiap pukul 15.00 WIB) mulai dari 250 ml hingga 960 ml atau setara dengan 1,6 mm/hari hingga 6 mm/hari. Sebagai perbandingan, berdasarkan perhitungan yang dilakukan oleh Widyarningsih *et al.* (2020) lokasi penelitian di Pesisir Pangandaran memiliki laju evaporasi pada bulan Mei sekitar 1,88 mm/hari. Eskalasi laju evaporasi harian tersebut terjadi beriringan dengan semakin meningkatnya densitas air

laut/*Brine* yang disebabkan berkurangnya kandungan air pada bak evaporasi (gambar 11). Eskalasi evaporasi harian pada hari pertama hingga ketiga cenderung landai dan eskalasinya meningkat signifikan pada hari keempat (hari terakhir). Namun demikian, dari total 2.400 ml air laut yang diuapkan dari bak evaporasi dalam prakteknya hanya sekitar 600 ml (25%) air destilat yang tertampung, selebihnya mengalir keluar melalui celah-celah dasar rumah kaca (Tabel 3). Artinya, diperlukan cara yang lebih baik untuk menampung air destilat sehingga alat dapat bekerja lebih efektif dan efisien.

Hasil pengamatan terhadap air suling hasil desalinasi dengan metode *solar water distiller* yang dilengkapi *water heater* menunjukkan nilai rata-rata pH sekitar 7,3 dan TDS 11 mg/L, air tidak berbau dan tidak berasa (Tabel 4). Nilai pH masih berada dalam standar baku mutu sebagaimana dipersyaratkan dalam PERMENKES RI No. 492 Tahun 2010 (Kemenkes RI, 2010) dan PERMENKES No. 32 Tahun 2017 (Kemenkes, 2017) yaitu pada kisaran 6,6 sampai 8,5. Nilai TDS masih jauh dibawah nilai maksimum Baku Mutu TDS yang diperbolehkan yaitu <500mg/L pada PERMENKES No. 492 Tahun 2010 dan <1000 mg/L pada PERMENKES No. 32 Tahun 2017. Hasil pengukuran kualitas air tersebut menunjukkan bahwa destilat masih dalam standar baku mutu sebagaimana diatur dalam kedua PERMENKES tersebut di atas, sehingga air hasil desalinasi layak untuk keperluan higiene sanitasi dan dapat dikonsumsi setelah melalui proses pemanasan untuk mematikan bakteri.



Gambar 10. Grafik suhu dan kelembaban dalam alat destilasi air laut. (sumber: data pengukuran)  
 Figure 10. Chart of temperature and humidity in solar seawater distiller. (source: measurement data)



Gambar 11. Eskalasi evaporasi harian dan densitas *brine* yang diuapkan. (sumber: data pengukuran, diolah)  
 Figure 11. Escalation of daily evaporation and evaporated brine density. (source: processed measurement data)

Tabel 3. Hasil pengukuran *brine* yang menguap dan destilat yang tertampung  
 Table 3. Measurement results of evaporated brine and stored distillates

waktu	Densitas <i>brine</i>	<i>Brine</i> yang	Jumlah <i>brine</i>	Jumlah hasil	Persentase destilat	
tanggal	pukul	(°Be)	menguap dari bak (ml)	yang menguap (ml)	destilat yang tertampung (ml)	tertampung dari <i>brine</i> yang menguap (%)
12 Mei 2022	09:00	5	0	0	0	0
	15:00	5	250	250	60	24,00
13 Mei 2022	09:00	6	70	320	70	21,88
	15:00	6,5	320	640	155	24,22
14 Mei 2022	09:00	7,5	150	790	180	22,78
	15:00	8,5	480	1270	310	24,41
15 Mei 2022	09:00	13	170	1440	340	23,61
	15:00	30	960	2400	600	25,00

Sumber: data pengukuran, diolah

Tabel 4. Perbandingan kualitas air destilat dengan baku mutu  
 Table 4. Comparison of distilled water quality with quality standards

Parameter	Hasil	Baku Mutu Permenkes RI No.492 Tahun 2010	Baku Mutu Permenkes RI No.32 Tahun 2017
Bau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau
Rasa	tidak berasa	tidak berasa	tidak berasa
TDS	11 mg/L	< 500 mg/L	< 1000 mg/L
pH	7,3	6,5-8,8	6,5-8,5

Sumber: data pengukuran dan pengamatan)

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Kesimpulan hasil penelitian mengenai desain dan pembuatan alat penyulingan air laut dengan konsep *passive solar still* yang dilengkapi pemanas air sederhana adalah sebagai berikut:

1. Penerapan konsep *passive solar still* yang dilengkapi pemanas air sederhana efektif meningkatkan suhu air laut/*Brine* di dalam rumah kaca secara signifikan.

2. Peningkatan suhu air laut/*Brine* memicu peningkatan laju evaporasi (lebih dari 300% dalam kondisi optimum) dan kecepatan produksi air suling/destilat.

3. Pemanenan air suling masih belum maksimal, hanya sekitar 25% dari air yang terevaporasi.

4. Air suling yang dihasilkan layak untuk keperluan higiene sanitasi dan dapat dikonsumsi setelah melalui proses pemanasan untuk mematikan bakteri.

5. Alat penyulingan air laut ini relatif murah dan dapat diaplikasikan dengan mudah oleh masyarakat yang

berada di kawasan pesisir, baik dalam pengoperasian maupun penggantian suku cadang.

### Saran

Berdasarkan pengamatan selama riset maka pengembangan alat ini dapat dilanjutkan dengan :

1. Memberi variasi dalam tingkat kemiringan atap *passive solar still*
2. Memberikan kran otomatis agar proses masukan air laut dapat dikontrol sesuai dengan kapasitas
3. Pembuatan parit tambahan di sekeliling sisi dalam rumah kaca agar hasil air suling dapat tertampung dengan maksimal

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktur Poltek KP Pangandaran, Kepala Pusat Riset Kelautan dan Kepala Unit Rintisan Teknologi Kelautan PIAMARI yang telah memfasilitasi kegiatan riset ini. Selanjutnya, kepada Bapak Widodo S. Pranowo selaku Ketua Dewan Editor Jurnal Kelautan Nasional bersama jajarannya kami mengucapkan terima kasih atas diterimanya artikel ini. Kami juga menyampaikan terima kasih kepada Mitra Bestari dan Sekretariat Redaksi atas segala saran perbaikannya dan arahnya hingga tulisan ini dapat diterbitkan. Seluruh penulis dalam artikel ini adalah kontributor utama.

### DAFTAR PUSTAKA

Astawa, K., Sucipta, M., & Negara, I. P. G. A. (2011). Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 5(1), 7-13.

Ayhan, T., & Al Madani, H. (2010). Feasibility study of renewable energy powered seawater desalination technology using natural vacuum technique. *Renewable energy*, 35(2), 506-514. DOI:10.1016/j.renene.2009.06.021

Dewantara, I. G. Y., Suyitno, B. M., & Lesmana, I. G. E. (2018). Desalinasi Air Laut Berbasis Energi Surya Sebagai Alternatif Penyediaan Air Bersih. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 1-4. DOI: <http://dx.doi.org/10.22441/jtm.v7i1.2124>

Dirjen PRL. (2017). Peraturan Direktur Jenderal Pengelolaan Ruang Laut Kementerian Kelautan dan Perikanan Nomor 12/PER-DJPRL/2017.

Ehsan, S., Atarodi, A. R., & Kianmehr, M. (2013). Effect of black surfaces to increase the average surface temperature of the earth: A global warning!. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 11(1), 19-27.

Gude, V. G., Nirmalakhandan, N., Deng, S., & Maganti, A. (2012). Low temperature desalination using solar collectors augmented by thermal energy storage. *Applied Energy*, 91(1), 466-474. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.10.018>

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi.

Khadim, M. A. A. A., Abd AL-Awahid, W. A., & Hachim, D. M. (2020). Review on the types of solar stills. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 928(2), 1-16. doi:10.1088/1757-899X/928/2/022046

Krisdiarto, A., Ferhat, A. & Bimantio, M. (2020). Penyediaan Air Bagi Masyarakat Pesisir Terdampak Kekeringan dengan Teknologi Desalinasi Air Laut Sederhana. *DIKEMAS (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 4(2), 25-31. DOI:10.32486/jd.v4i2.532

Saputro, A. E., Tarigan, B. V., & Jafri, M. (2016). Pengaruh Sudut Kaca Penutup dan Jenis Kaca terhadap Efisiensi Kolektor Surya pada Proses Destilasi Air Laut. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*, 3(1), 65-74.

Sarbidi. (2010). Kajian Ketersediaan Air Tawar Untuk Air Baku Di Pulau Kecil Studi Kasus : Pulau Miangas. *Jurnal Permukiman*, 5(3), 139-146.

Setyawan, E. Y., & Suhendra, D. (2018). Analisis Perhitungan Evaporator Dan Kondensor Yang Digunakan Pada Alat Desalinasi Air Laut Sistem Vakum Alami Menggunakan Energi Surya. *Jurnal Flywheel*, 9(1), 22-29.

Subramani, A., Badruzzaman, M., Oppenheimer, J., & Jacangelo, J. G. (2011). Energy minimization

strategies and renewable energy utilization for desalination: a review. *Water research*, 45(5), 1907-1920.

Syahri, M. (2011) Rancang Bangun Sistem Desalinasi Energi Surya Menggunakan Absorber Bentuk Separo Elip Melintang. *Prosiding Seminar Teknik Kimia Kejuangan*, 1-5. UPN Veteran Yogyakarta.

Ambarita, H. (2018). Rancang Bangun Alat Desalinasi Air Laut Sistem Vakum Alami Dengan Tenaga Surya. *Jurnal Flywheel*, 9(1), 37–42.

Widyaningsih, I., Bakar, B., & Kusdian, D. (2020). The design of an artificial lake as a reservoir for potential rainwater from rainfall for daily usage: a case study of Pangandaran in West Java, Indonesia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 437(1), 012044. DOI:10.1088/1755-1315/437/1/012044.

Yoshi, L. A., & Widiasta, I. N. (2016). Sistem Desalinasi Membran Reverse Osmosis (RO) untuk Penyediaan Air Bersih. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan (p. 6)*. UPN Veteran Yogyakarta.

Yuliananda, S., Sarya, G., & Hastijanti, R. R. (2015). Pengaruh perubahan intensitas matahari terhadap daya keluaran panel surya. *JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 193-202.

Zahara, P., Damayanti, Z. W., Ramanda, A., Tiraska, A., & Izza, L. M. (2014). *Teknologi double panel untuk destilasi air laut dalam mengatasi kekurangan air bersih di daerah pesisir*. Laporan Akhir Program kreativitas Mahasiswa, 31 halaman.

Zainuri, A. M., Ariyanto, R., & Patmam, T. S. (2019). Revitalisasi Sea Water Reverse Osmosis Dalam Rangka Pemenuhan Kebutuhan Air Bagi Masyarakat Kepulauan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Terapan*, 5(1), 28-33.

