

Characteristic Testing of Solar Still X Desalination Technology in Indonesia using Seawater

Raldi Artono Koestoer^{1,*}, Ibnu Roihan², dan Valerie Deva Simangunsong³, Adi Surjosatyo⁴

^{1,4}Departemen Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia

²Prodi Magister, Departemen Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia

³Prodi Sarjana, Departemen Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia

*Corresponding author: koestoer@eng.ui.ac.id

Abstract. Freshwater is the basic needs in human life. However, the need of freshwater in Indonesia still faces some complex problems. Difficulty of freshwater access, low quality of water obtained are the main problems facing society, especially people who live in estuary area. People who live near to estuary, suffer from this problem where they use brackish water, which salinity is around 5‰ - 30‰ for daily needs. Lack of electricity in some area limits people to use active desalination technology to desalinate the water available. This condition makes solar desalination technology as an appropriate answer for these problems. This research is aiming to obtain the characteristics of Solar Still X solar desalination technology to produce freshwater if it is operated in Indonesia using seawater. In this research, some factors influenced such as inclination and water input type are varied. The measurement of temperature, relative humidity, and amount of freshwater water produced was done from 06.00 – 18.00. The recapitulation of water produced and salinity level was taken per hour. Based on this research it is obtained that the effective inclination for desalination panel operated in Depok is 20° and the efficiency of this desalination solar still is 20,48%.

Abstrak. Air bersih merupakan kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia. Namun demikian, kebutuhan akan air bersih di Indonesia masih diselimuti berbagai permasalahan kompleks. Sulitnya akses untuk memperoleh air bersih, rendahnya kualitas air yang diperoleh menjadi masalah utama yang menimpa sebagian masyarakat, terutama yang tinggal di daerah pinggiran. Masyarakat di daerah pantai maupun muara, menghadapi masalah dimana mereka menggunakan air asin yang memiliki tingkat salinitas 5‰ - 30‰ untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Ketiadaan pasokan listrik pada sebagian daerah semakin membatasi masyarakat dalam penggunaan teknologi desalinasi aktif untuk mengolah air yang tersedia. Dengan demikian, desalinasi tenaga matahari adalah jawaban yang tepat atas permasalahan yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana karakteristik dari alat desalinasi tenaga surya, *Solar Still X* dalam menghasilkan air tawar jika dioperasikan di Indonesia dengan menggunakan air laut. Penelitian ini dilakukan dengan merekayasa beberapa faktor yang berpengaruh, seperti sudut inklinasi, dan jenis air input. Pengambilan data temperatur, kelembapan, dan hasil air terdesalinasi dilakukan dari pukul 06.00 – 18.00 WIB. Rekapitulasi jumlah air dan tingkat salinitas dilakukan setiap jam. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa sudut inklinasi efektif di wilayah Depok adalah sebesar 20°, dan efisiensi harian alat ini sebesar 20,48%.

Keywords: Desalinasi Air Laut, Energi Matahari, *Wick Type Still*

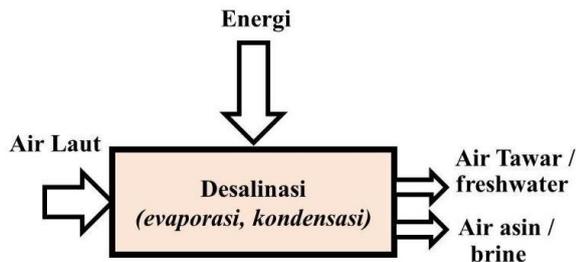
© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Kebutuhan air bersih di Indonesia masih diselimuti berbagai permasalahan kompleks. Sulitnya akses untuk memperoleh air bersih, rendahnya kualitas air yang diperoleh menjadi masalah utama yang menimpa masyarakat, terutama yang tinggal di daerah pinggiran. Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, dan dengan garis pantai terpanjang kedua (54.716 km) dan luas lautan sebesar 3.257.357 km² memiliki pasokan air laut yang sangat besar [1]. Jumlah yang melimpah ini merupakan potensi yang

dapat dikembangkan untuk mengatasi permasalahan ketersediaan air bersih bagi masyarakat. Teknologi yang dapat dikembangkan ialah desalinasi air laut. Dengan teknologi desalinasi, air laut diproses menjadi air tawar dengan cara mengurangi dan menghilangkan kandungan garam / zat tak diperlukan yang dikandung air laut tersebut. Konsep dari proses desalinasi adalah distilasi dan evaporasi. Proses pemisahan garam dan air tawar dilakukan dengan menguapkan air laut pada tekanan dan temperatur tertentu, sehingga terjadi pemisahan antara air dan garam akibat perbedaan titik didih. Air yang titik

didihnya lebih rendah menguap lebih dahulu menjadi uap air dan berkumpul pada bagian sistem desalinasi yang lebih tinggi, sementara garam tertinggal pada penampungan di bawah. Uap air tersebut kemudian dikondensasikan kembali dan akhirnya diperoleh air dengan kandungan garam yang lebih rendah, sementara kandungan air dengan garam tinggi bersisa di bagian bawah. Produk yang dihasilkan tersebut disebut air tawar dan brine (larutan garam berkonsentrasi tinggi).



Gambar 1. Proses Desalinasi

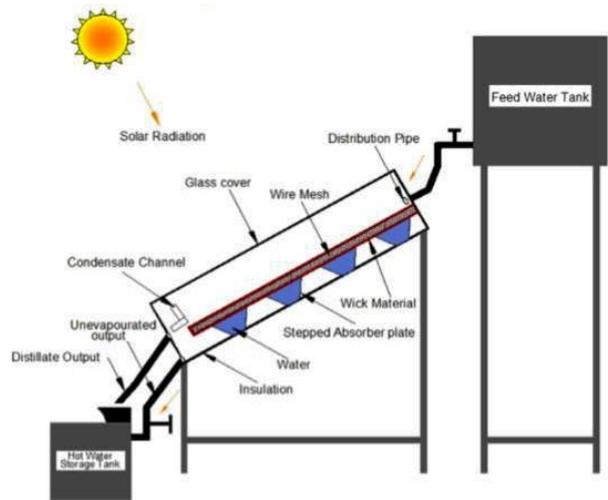
Keberhasilan suatu desalinasi salah satunya bisa dilihat dari berkurangnya kadar garam yang terkandung di air hasil desalinasi. Salinitas adalah suatu tingkat kandungan garam yang terlarut dalam air. Klasifikasi salinitas air dapat dilihat di tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Salinitas Air

Jenis Air	Kandungan Garam terlarut	
	%	gr / L
Air Tawar	< 0,05 %	< 0,5
Air Payau	0,05 - 3 %	0,5 - 30
Air Laut	3 - 5 %	30 - 50
Brine	> 5%	> 50

Dalam uji karakteristik kali ini, yang akan dibahas secara lebih lanjut adalah solar still tipe pasif. Berdasarkan berbagai macam desain dari *passive solar stills* [2], akan difokuskan penjelasan mengenai *wick stills* sesuai dengan tipe alat yang ada.

Wick stills pada umumnya merupakan tipe alat desalinasi yang memiliki sudut inklinasi (kemiringan). Pada *wick still*, air mengalir suatu material wick, yaitu material berpori yang menyerap radiasi. Kelebihan dari tipe desalinasi ini ialah, sudut kemiringannya yang dapat disesuaikan dengan sudut matahari. Hal ini dapat mengurangi refleksi dan menghasilkan area penyerapan yang lebih efektif [2].



Gambar 2. Inclined Wick-Type Solar Still [3]

Evaporasi merupakan proses perubahan molekul zat cair menjadi gas atau uap, dengan kata lain, proses penguapan. Proses evaporasi terjadi ketika suatu zat cair mendapat jumlah kalor yang cukup untuk berubah fase menjadi gas. Proses evaporasi ini terjadi karena terdapat energi panas yang cukup untuk mengatasi gaya kohesi sesama molekul, sehingga molekul air terlepas menjadi uap air. Kecepatan penguapan bergantung pada suhu zat cair, seberapa kuat ikatan antar molekul zat cair, luar permukaan zat cair, suhu, tekanan, dan pergerakan udara di sekitar area penguapan.

Kondensasi adalah proses perubahan uap (vapor) menjadi fase cair (liquid) yang terjadi apabila uap tersebut bersentuhan melalui permukaan kontak yang temperaturnya lebih rendah daripada temperatur jenuh uap. Kondensasi secara umum terjadi ketika suatu zat uap didinginkan atau dikompresikan hingga batas saturasi dimana kepadatan molekular pada uap mencapai tingkat maksimalnya.

Dalam penelitian ini, alat desalinasi yang akan diuji adalah *Solar Still X Solar Desalination / Purification. Solar Still X Desalination* merupakan jenis alat desalinasi pasif tipe *tilted wick solar still*. Sumber energi yang digunakan dalam sistem ini hanyalah energi matahari. Alat ini tidak menghasilkan gas rumah kaca, tidak menggunakan bahan kimia, filter, elektronik dan sumber energi lainnya.

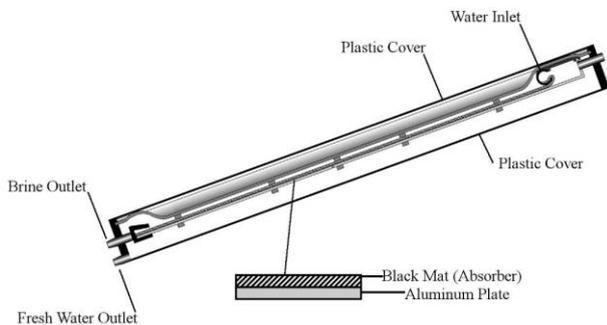
Cara kerja dari alat desalinasi ini adalah sebagai berikut: panel menerima air masukan berdasarkan gaya gravitasi melalui pipa input di bagian atas panel desalinasi *Solar Still X*. Air masukan tersebut perlahan-lahan tersebar merata menuruni *solar collector panel / evaporator*. Radiasi matahari memanaskan air sehingga air menguap dan kemudian berkondensasi pada bagian dalam kondenser plastik. Titik-titik air yang terdistilasi

tersebut kemudian mengalir menuruni kondenser plastik ke outlet air bersih.



Gambar 3. Solar Still X Desalination System

Menurut katalog resmi *Solar Still X*, alat ini mampu menghasilkan output air bersih hingga 20 liter per hari pada temperatur ambien 30°C dengan air input sebanyak 50 liter [4]. Dimensi dari alat ini ialah 1110 x 2880 mm dengan luasan panel 3 m². Produk ini berasal dari Australia dengan posisi geografis yang berbeda dengan Indonesia. Posisi geografis hubungannya dengan parameter kemiringan sudut dari peletakkan alat yang akan diubah karena penggunaannya sekarang berada di Indonesia. Serta karakteristik air laut yang berbeda antara ujicoba di Australia dengan Indonesia menjadi parameter lain sebagai latar belakang penelitian ini dilakukan.



Gambar 4. Tampak Potongan dari Samping Produk *Solar Still X*

Metode Penelitian

Data Logger dan Penempatan Sensor

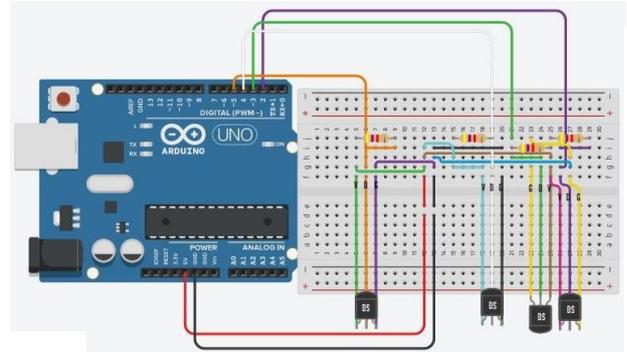
Dalam penelitian ini, digunakan *Arduino Uno* sebagai data logger. *Data logger* adalah sebuah alat elektronik yang terintegrasi dengan sensor-sensor dan melakukan perekaman data dari waktu ke waktu.

Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328. Board ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset [5]. Untuk kebutuhan pengambilan data, ada 3 rangkaian *Arduino* untuk mengambil 12 titik pengukuran.

Rangkaian *Arduino* yang dibuat terdiri dari 3 macam, yaitu:

➤ *Arduino* dengan 4 Sensor DS18B20

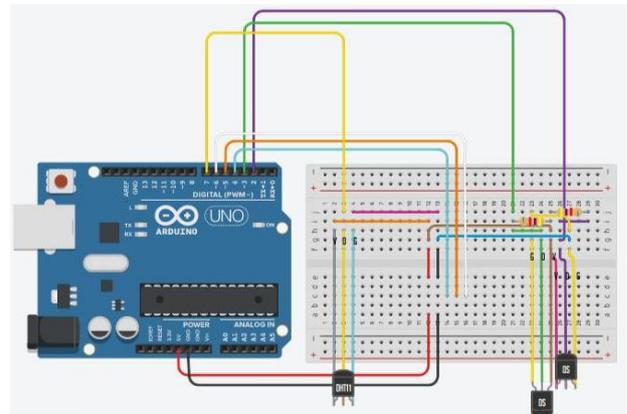
Sensor DS18B20 yang digunakan adalah tipe *waterproof*. [6].



Gambar 5. Rangkaian 4 DS18B20

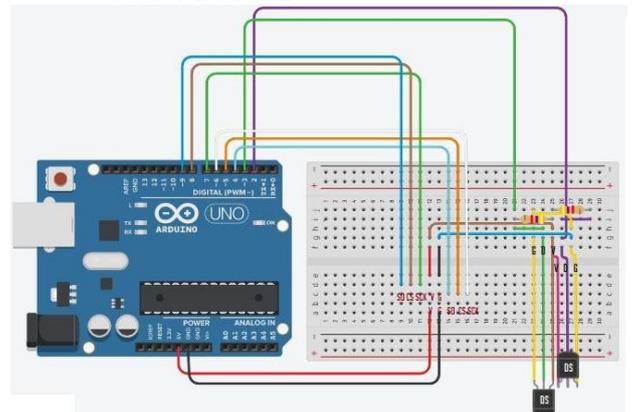
➤ *Arduino* dengan 1 Sensor DHT11, 1 Termokopel, dan 2 Sensor DS18B20

Sensor DHT 11 untuk mengetahui kelembaban udara [7]. Termokopel yang terhubung dengan MAX6675 [8] berfungsi untuk mengetahui temperatur permukaan.



Gambar 6. Rangkaian DHT11, 2 DS18B20, Termokopel

➤ *Arduino* dengan 2 Termokopel dan 2 Sensor DS18B20



Gambar 7. Rangkaian 2 DS18B20 dan 2 Termokopel

Peletakkan 12 sensor ditempatkan di beberapa titik sesuai dengan kebutuhan.

Tabel 2.Daftar Penggunaan dan Peletakkan Sensor

Kode	Jenis Sensor	Letak Sensor
T1	Termokopel	Absorber
T2	Termokopel	Kondenser Bawah
T3	DS18B20	Melayang Bawah Absorber – Dekat Inlet
T4	DS18B20	Melayang Atas Absorber – Dekat Inlet
T5	DS18B20	Ambien Udara
T6	DS18B20	Inlet
T7	DS18B20	Outlet Air Bersih
T8	DS18B20	Outlet Air Kotor
T9	Termokopel	Kondenser Atas
T10	DS18B20	Melayang Atas Absorber – Dekat Outlet
T11	DS18B20	Melayang Bawah Absorber – Dekat Outlet
RH	DHT11	Kelembapan Udara

dikarenakan adanya perbedaan lokasi penempatan yang sebelumnya berada di Australia dan saat ini berada di Indonesia, utamanya di Depok Jawa Barat. Pengambilan data ini tidak disertai dengan air karena hanya ingin mengetahui suhu maksimum sehubungan dengan perbedaan sudut. Sebelum melakukan uji menggunakan air, dilakukan perekaman data temperatur dan kelembapan saat *Solar Still X* belum dialiri air. Pengujian dilakukan sebanyak 2 x 24 jam untuk mengetahui gambaran temperatur maksimum yang dapat tercapai di *Solar Still X*.

Ujicoba dengan Air Mentah

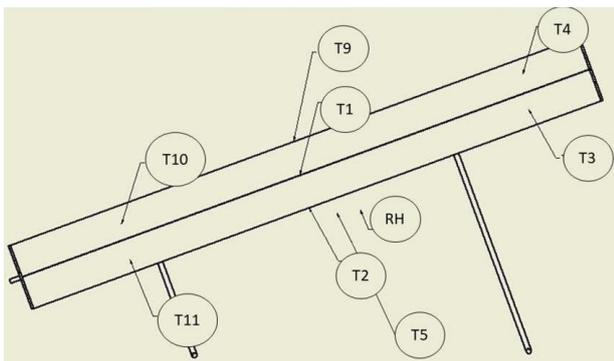
Pada pengambilan data selanjutnya, proses desalinasi sudah mulai dilakukan, namun menggunakan air tawar terlebih dahulu. Penggunaan air tawar ialah untuk mengetahui karakteristik kerja *Solar Still X*, apakah *Solar Still X* bekerja dengan baik, sebelum benar-benar digunakan untuk mendesalinasi air laut.

Ujicoba dengan Air Laut

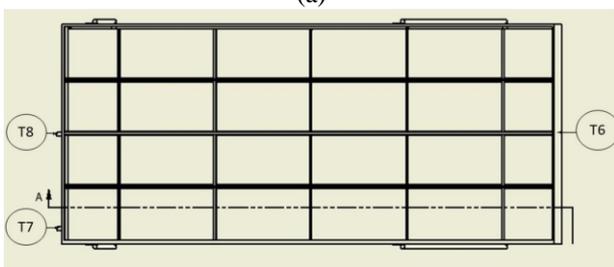
Setelah didapatkan hasil pengujian air tawar, dilakukan pengujian menggunakan air laut. Pengambilan data dilakukan selama 24 jam, sementara pengambilan air terdesalinasi dilakukan setiap jam dari pukul 06.00-18.00.

Uji Salinitas

Refraktometer adalah alat yang digunakan untuk mengetahui indeks refraksi, kerapatan jenis, dan konsentrasi dari suatu zat terlarut misalnya mengukur kadar garam. Pada penelitian ini, refraktometer digunakan untuk mengukur tingkat salinitas dari air laut yang digunakan sebagai air umpan untuk *Solar Still X*.



(a)



(b)

Gambar 7. Peletakkan Sensor Pada Uji Tanpa Air, Dengan Air, dan Air Laut. (a) tampak samping. (b) tampak belakang

Penentuan Sudut Kemiringan

Variasi sudut inklinasi yang diuji ialah sebesar 10°, 15°, 20°, 25°, dan 30°. Pengambilan data dilakukan 1 sudut untuk 1 hari. Perbedaan kondisi saat pengambilan data juga dicatat sebagai bahan pertimbangan akan hasil yang berbeda. Penentuan sudut berfungsi untuk mencari titik optimum



Gambar 7. Refraktometer (sumber:google.com)

Hasil dan Pembahasan

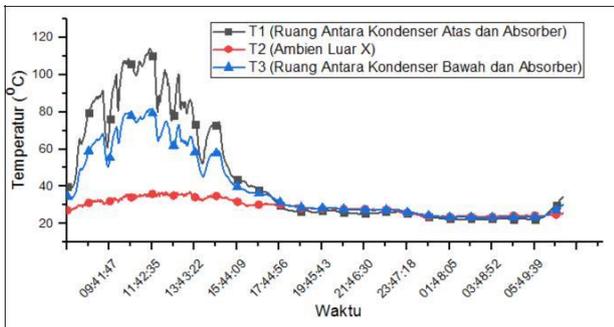
Sudut Kemiringan

Tabel 3.Daftar Penggunaan dan Peletakkan Sensor

Sudut	T. Atas	T. Ambien	T. Bawah	Tmaks (atas)	Tmaks (amb)	Tmaks (bawah)
30	92.31	34.44	69.37	10:31	10:25	10:33
25	111.31	38.69	80.19	11:54	12:31	11:56
20	113.87	37.19	81.62	11:38	11:47	11:37
15	105.12	36.19	74.56	12:52	13:22	12:54
10	102	35.44	74.69	10:59	11:39	11:40

Dari hasil yang diperoleh, didapatkan bahwa sudut yang mencapai temperatur tertinggi adalah sudut 20° dan 25°. Dengan demikian, dilakukan perbandingan antara kedua hasil pengukuran temperatur pada kedua sudut tersebut.

Sudut Inklinsi 20°

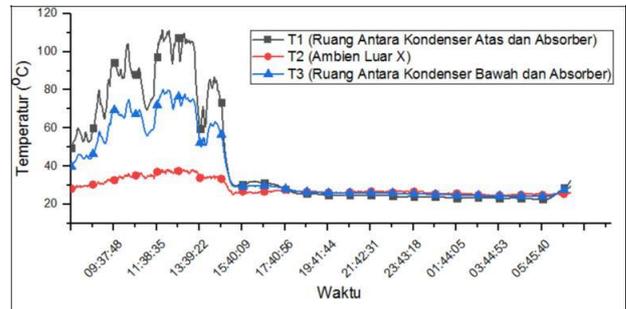


Gambar 9. Grafik Temperatur Terhadap Waktu dengan Sudut Inklinsi 20°

Tabel 4. Log Cuaca Uji Kemiringan Sudut Inklinsi 20°

Tanggal	Waktu	Sudut	Cuaca
16-Apr-18	07.00 – 13.00	20°	Cerah/Panas
	13.55 – 16.00		Mendung
	16.00 – 18.00		Berawan
	23.00		Hujan deras

Sudut Inklinsi 25o



Gambar 10. Grafik Temperatur Terhadap Waktu dengan Sudut Inklinsi 25°

Tabel 5. Log Cuaca Uji Kemiringan Sudut Inklinsi 25°

Tanggal	Waktu	Sudut	Cuaca
15-Apr-18	07.00 – 14.00	25°	Cerah / Panas
	14.00 – 15.00		Mendung
	15.00 – 21.00		Hujan

Pada uji sudut, dilakukan pengambilan data sebanyak 5 variasi sudut. Pada masing-masing variasi sudut, pengambilan data dilakukan selama 24 jam setiap 1 menit Data-data tersebut kemudian diolah menjadi grafik distribusi temperatur pada 3 titik pengukuran, yaitu ruang atas *Solar Still X* (ruang di antara kondenser atas dan absorber), ruang bawah *Solar Still X* (ruang di antara kondenser bawah dan absorber), dan ambien udara. Kemudian dibuat juga sebuah grafik kelembapan. Temperatur dinyatakan dalam °C, sedangkan kelembapan relatif dinyatakan dalam % RH. Pada uji karakteristik alat berdasarkan kemiringan, belum ada air yang masuk ke dalam panel desalinasi, yang berarti proses desalinasi belum berlangsung. Data yang didapatkan digunakan untuk mengetahui sudut inklinsi yang optimum di tempat pengujian.

Dari hasil uji selama 5 hari, didapatkan temperatur maksimum pada setiap titik uji di setiap sudut inklinsi (Tabel 3.). Temperatur maksimum didapat di sekitar pukul 10.25 – 13.20, berbeda-beda pada tiap sudut inklinsi dan kondisi cuaca. Bagian tabel yang ditebalkan menandakan temperatur maksimum pada setiap titik uji dari setiap varian uji. Dari setiap varian sudut, dapat dilihat bahwa pada sudut 20° diperoleh temperatur maksimum pada ruang bagian atas *Solar Still X* dan ruang bagian bawah absorber (keduanya berposisi tengah-tengah *Solar Still X*). Kedua nilai maksimum ini mengindikasikan maksimalnya

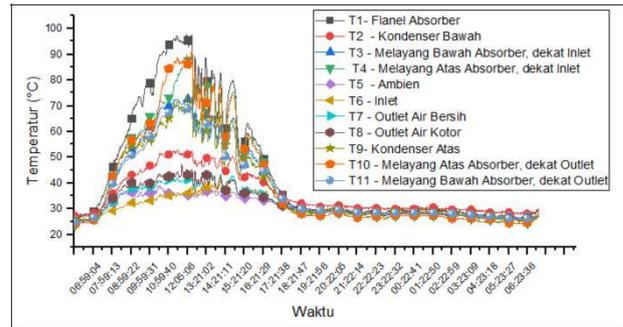
penyerapan radiasi matahari yang diterima panel *Solar Still X*. Jika dibandingkan dengan data yang mendekatinya, yaitu sudut 25°, dapat dilihat bahwa temperatur ambiennya lebih tinggi, namun temperatur di dalam panel desalinasi masih lebih rendah dari pada sudut 20°. Hal ini menandakan sudut inklinasi 20° mendapatkan penyinaran yang lebih baik. Diketahui bahwa radiasi yang diterima di bumi terdiri dari 2 macam: radiasi langsung (*direct light*) dan radiasi hambur (*diffuse light*) yang berasal dari radiasi matahari yang terhambur oleh atmosfer dan lingkungan. Radiasi yang diterima oleh sebuah panel surya bergantung kepada orientasi dari permukaan penerima radiasi (dalam hal ini, panel desalinasi). Persentase dari radiasi langsung lebih besar (85%) dibandingkan dengan radiasi hambur (15%) – nilai ini juga bergantung pada kondisi cuaca dan letak geografis. Dengan mengubah sudut inklinasi panel desalinasi, radiasi langsung yang diterima akan lebih besar, sementara radiasi hamburnya lebih sedikit. Walaupun radiasi hambur yang diterima panel akan berkurang, jumlah akumulasi dari radiasi totalnya akan tetap lebih tinggi karena tingginya persentase radiasi langsung.

Pembuktian akan dilakukan kembali dengan membandingkan grafik pembacaan temperatur bagian atas dan bagian bawah *Solar Still X* pada sudut 20° dan 25°. Selanjutnya, ditampilkan grafik pembacaan temperatur dan kelembapan pada sudut 20° dan 25°. Tabel kondisi cuaca pada hari pengambilan data juga disertakan. Tujuan dari tabel tersebut ialah untuk mengetahui pengaruh cuaca terhadap temperatur uji pada beberapa titik di panel desalinasi, serta kelembapan udara di sekitar panel.

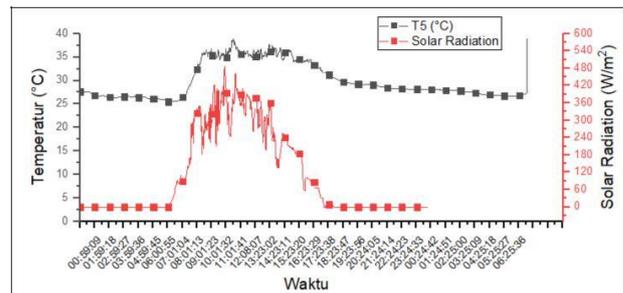
Gambar 9 dan 10 menunjukkan bahwa pembacaan temperatur pada sudut 20° cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 25°. Hal ini didukung dengan hasil rata-rata temperatur pada sudut 20° yang selalu lebih tinggi daripada pada sudut 25°, baik pada pengukuran di bagian atas *Solar Still X*, maupun bagian bawah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sudut optimal untuk pengambilan data ialah sebesar 20°. Waktu dimana temperatur maksimum dicapai berkisar antara pukul 11:37 – 11:47 pada sudut 20°.

Uji Tanpa Air

Setelah mendapatkan sudut optimum untuk pengambilan data, dilakukan uji terhadap *Solar Still X* tanpa pengisian air pada tanggal 5 – 6 Mei 2018. Pengujian tersebut dilakukan pada cuaca yang cerah, tanpa hujan.



Gambar 11. Grafik Temperatur vs Waktu pada Uji *Solar Still X*



Gambar 12. Grafik Temperatur Ambien pada *Solar Still X* Tanpa Air dan Intensitas Radiasi Matahari Rata-Rata terhadap Waktu

Berdasarkan uji yang telah dilakukan, dilakukan analisa waktu operasional pengambilan data, yaitu waktu dimana energi matahari yang diterima *Solar Still X* mulai meningkat (pagi hari) hingga energi matahari selesai diterima *Solar Still X* (sore / malam hari). Untuk menentukan waktu mulainya penyerapan radiasi matahari, penulis mencari temperatur terendah pada setiap sensor, beserta waktunya. Kemudian, kenaikan temperatur setelah waktu temperatur terendah tersebut menggambarkan mulai adanya penyerapan radiasi matahari pada *Solar Still X* (pagi hari). Data tersebut dicocokkan dengan grafik kelembapan, dimana kelembapan yang mulai menurun menggambarkan mulai terjadinya radiasi matahari ke udara yang menyebabkan temperatur udara naik dan molekul air dalam udara menurun. Dari 11 sensor, kisaran waktu mulainya penyerapan radiasi matahari terjadi pada pukul 06.00.

Untuk menentukan waktu selesainya penyerapan radiasi matahari diketahui dari temperatur terendah pada kisaran waktu matahari terbenam beserta waktunya. Waktu dimana dimana tidak terjadi lagi peningkatan temperatur dan tidak terjadi pengurangan RH menggambarkan telah selesainya penyerapan radiasi matahari. RH konstan bernilai 95% dari sekitar pukul 16.00 – 08.00 karena tidak terjadinya penguapan udara lagi, karena tingkat radiasi yang rendah, sehingga udara lembab. Data ini kemudian dicocokkan kembali dengan grafik

kelembapan, dimana kelembapan yang tertinggi menggambarkan bahwa kandungan air pada udara tinggi, yang mengindikasikan radiasi matahari sudah tidak lagi meningkatkan temperatur ambien / sudah tidak berpengaruh signifikan. Dari hasil analisa 11 sensor tersebut, didapatkan bahwa waktu selesainya penyerapan radiasi matahari terjadi sekitar pukul 18.00.

Semua hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan intensitas radiasi matahari rata-rata yang diperoleh dari piranometer. Hal ini dapat dilihat pada grafik Gambar 12. Dari grafik tersebut terlihat bahwa tren data temperatur ambien (sebagai satu perwakilan dari semua sensor) dan intensitas radiasi matahari mirip, yaitu mulai naik pada pukul 06.00, dan sudah turun saat pukul 18.00, sehingga hasilnya cocok, bahwa naiknya temperatur pada pukul 06.00 disebabkan oleh mulainya radiasi matahari terpapar ke atmosfer pada waktu tersebut, sementara mulai pukul 18.00 terlihat pada grafik bahwa mulai pukul 17.30 sudah tidak ada radiasi matahari yang terpapar. Dengan demikian, pengujian desalinasi menggunakan *Solar Still X* akan dilakukan dari pukul 06.00 – 18.00 WIB.

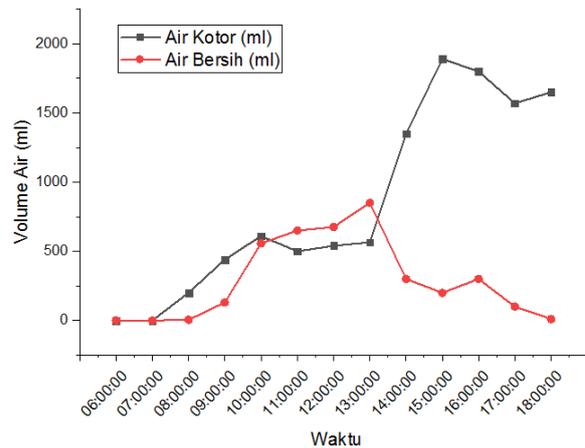
Dari grafik yang telah dibuat, dapat dilihat bahwa temperatur tertinggi ialah pada T1 (*flanel absorber*), yaitu 97.55 °C, diikuti dengan T10 (90.88 °C) dan T4 (90.28 °C) yang terletak di bagian atas *Solar Still X*. Hal ini menggambarkan bahwa penyerapan radiasi energi matahari tertinggi berada di bagian atas *Solar Still X*, terutama dibagian absorber. Hal ini disebabkan karena bagian atas panel desalinasi ini adalah bagian pertama yang terkena paparan radiasi matahari, sehingga radiasi yang diserap lebih tinggi dari bagian lainnya. Selain itu sifat dari material absorber yang merupakan *wick material* – berpori sehingga memperluas area evaporasi mendukung tingginya laju evaporasi di bagian atas *Solar Still X*, warna absorber yang hitam juga meningkatkan penyerapan radiasi karena tingginya emisivitas.

Hasil temperatur pada uji tanpa air ini menggambarkan temperatur maksimum yang mampu *Solar Still X* capai di daerah pengujian. Pengambilan data tanpa air menggambarkan kondisi kinerja *Solar Still X* dengan temperatur tertinggi, karena tidak dialiri air. Hal menggambarkan bahwa alat ini memiliki material yang mampu menahan temperatur yang berkisar dari 20 °C hingga 97.55 °C.

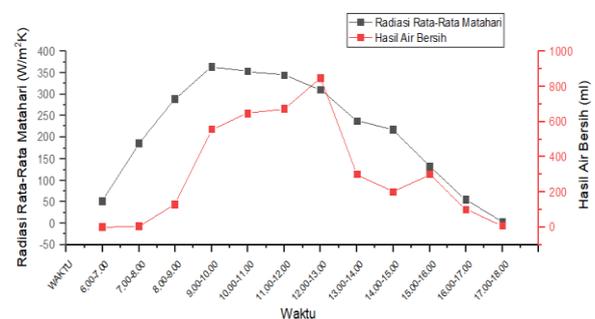
Uji Dengan Air Tawar

Setelah mengetahui sudut efektif serta waktu pengambilan data, dilakukan pengujian desalinasi dengan menggunakan air tawar. Penggunaan air tawar ialah untuk mencoba alat desalinasi ini serta

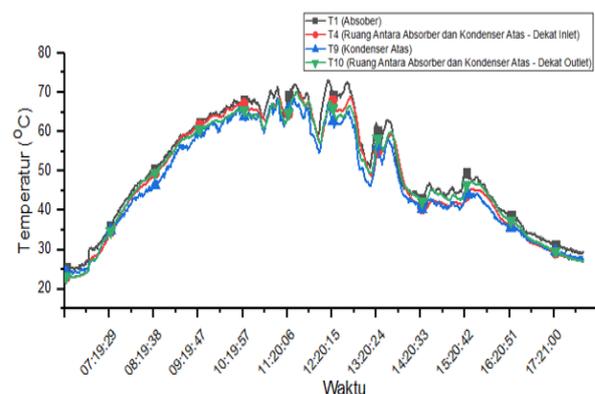
memeriksa dan memastikan bahwa alat ini bekerja dengan baik, yaitu sesuai fungsinya mengondensasikan air yang masuk, dan membuang air yang tidak terkondensasi. Pengujian dilakukan pada tanggal 15 Mei 2018, dengan debit input 0.4 ml/s dari pukul 06.00 – 18.00 dengan pengambilan air hasil desalinasi setiap jam. Volume air yang tersimpan di penampungan atas sejumlah 25 L.



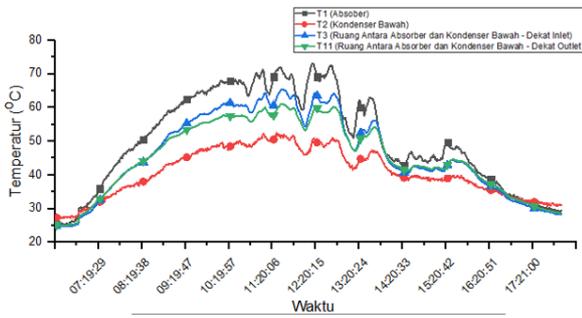
Gambar 13. Grafik Perolehan Air Bersih dan Air Kotor pada Uji Air Tawar



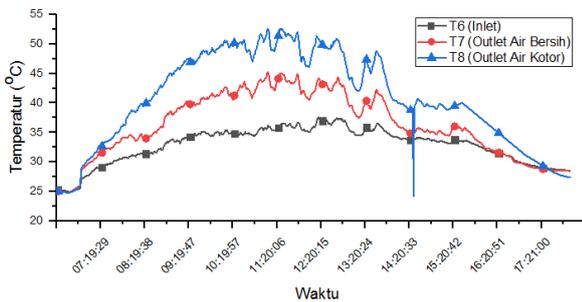
Gambar 14. Grafik Perolehan Air Bersih dan Intensitas Radiasi Rata-Rata Matahari terhadap Waktu pada Uji Air Tawar



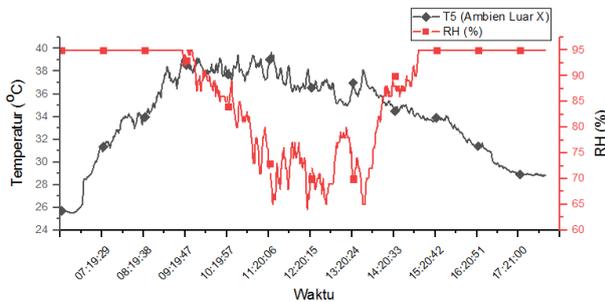
Gambar 15. Grafik Temperatur vs Waktu Bagian Atas *Solar Still X* pada Uji Air Tawar



Gambar 16. Grafik Temperatur Bagian Bawah Solar Still Xvs Waktu pada Uji Air Tawar



Gambar 17. Grafik Temperatur vs Waktu pada Inlet, Outlet Air Bersih dan Outlet Air Kotor pada Uji Air Tawar



Gambar 18. Grafik Temperatur dan RH vs Waktu pada Uji Air Tawar

Dari hasil uji, didapat bahwa perolehan air maksimum didapatkan pada pukul 13.00, dimana air bersih yang dihasilkan sebanyak 850 ml. Hal ini disebabkan oleh pancaran radiasi yang maksimum dari pukul 10.00 ($364,7 \text{ W/m}^2$) yang menyebabkan tingginya laju evaporasi dari pukul 10.00, sementara kondensasi yang terjadi pada pukul 13.00 merupakan akumulasi dari waktu puncak tersebut. Efisiensi per jam tertinggi diperoleh pada pukul 13.00, sebesar 59,02%.

Pada sekitar waktu 13.12, terjadi penurunan temperatur yang drastis, diikuti dengan kenaikan kelembapan udara ambien menjadi 80%. Hal ini

disebabkan oleh keadaan cuaca yang berawan. Namun, karena pancaran dari radiasi hambur matahari masih ada, proses evaporasi dan kondensasi di dalam panel tetap terjadi, walaupun akhirnya terjadi penurunan yang signifikan, yaitu hasil air bersih pada pukul 14.00 sebanyak 300 ml. Dari grafik pada gambar 4.16, tergambar bahwa grafik air bersih lebih tinggi daripada grafik air kotor pada pukul 10.00 – 13.00, sehingga didapatkan bahwa waktu efektif desalinasi yaitu pada pukul 10.00 – 13.00 dengan intensitas matahari rata-rata $336,77 \text{ W/m}^2$.

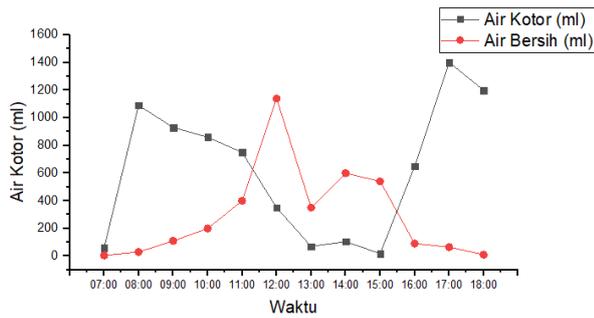
Dari semua rekapitulasi data perolehan air dihitung balans massa dari uji air tawar. Dengan debit input sebesar 0,4 ml/s dihitung losses yang ada pada pengujian ini sebesar 1,25 kg atau setara dengan 1,25 L. Losses berupa air yang terbuang saat melakukan pengukuran debit input pada pagi hari, dan sisa-sisa air yang masih ada pada flanel absorber setelah pukul 18.00. Flanel absorber tidak benar-benar kering, sehingga masih ada sejumlah massa air yang terperangkap di flanel dan tidak berkondensasi maupun berevaporasi karena tidak ada lagi radiasi matahari setelah pukul 18.00.

Dapat dilihat bahwa temperatur maksimum dari flanel absorber sebesar $73,15 \text{ }^\circ\text{C}$. Nilai ini jauh lebih rendah daripada saat uji *Solar Still X* tanpa air, yaitu sebesar $97,55 \text{ }^\circ\text{C}$. Temperatur pada uji dengan air lebih rendah karena air menyerap panas udara dalam panel desalinasi. Hal ini disebabkan oleh perbedaan temperatur antara air yang masuk dengan temperatur udara di dalam panel – temperatur air lebih rendah. Akibat perbedaan temperatur tersebut, terjadi transfer panas (heat transfer) dari udara ke media berupa air sehingga temperatur pada bagian dalam panel desalinasi menurun. Hal ini juga terjadi secara signifikan pada temperatur melayang atas dekat inlet (T4) dan temperatur melayang atas dekat outlet (T10).

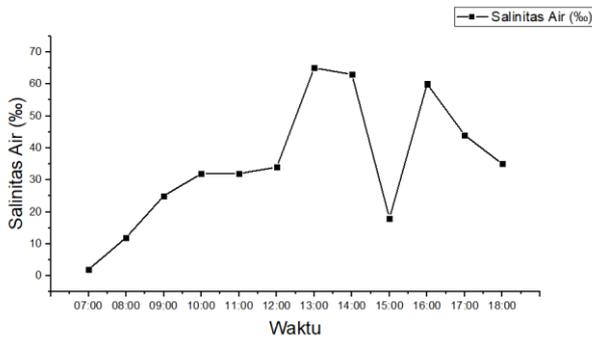
Pembacaan temperatur pada outlet air kotor lebih tinggi pada uji dengan air. Hasil ini diperoleh karena air kotor melewati flanel absorber, yang memiliki temperatur tertinggi pada semua titik, sehingga air yang melewatinya namun tidak berevaporasi akan menyimpan panas yang ditransfer dari absorber tersebut, sehingga terbuang dengan temperatur yang lebih tinggi daripada output air bersih sekalipun.

Uji Dengan Air Laut

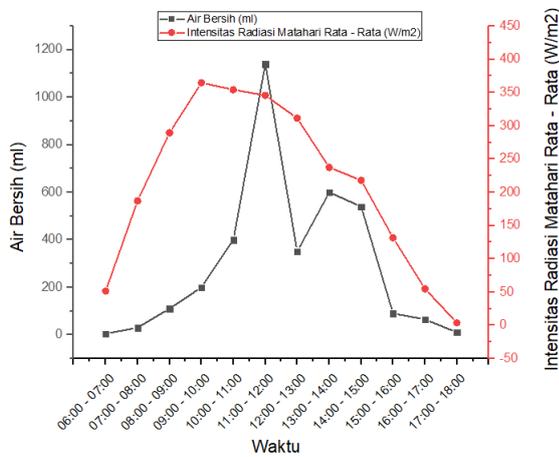
Pengujian dilakukan pada tanggal 16-17 Mei 2018 dengan debit input sebesar 0.4 ml/s, volume awal air di tampungan 25 L, dan tingkat salinitas 3.2%. Pengambilan air dilakukan setiap jam, diikuti dengan pengukuran salinitas output air bersih dan air kotor.



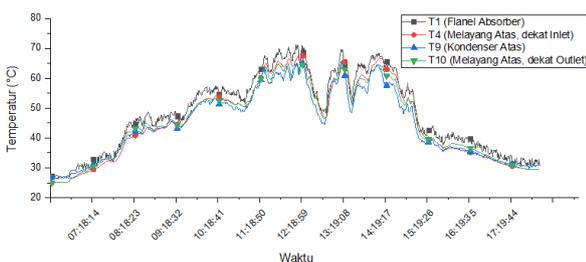
Gambar 19. Grafik Perolehan Air Bersih dan Air Kotor pada Uji Air Laut



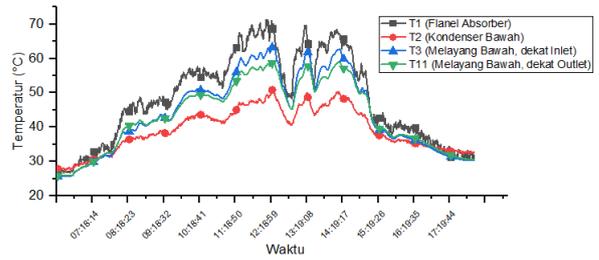
Gambar 20. Grafik Distribusi Salinitas Air Kotor pada Uji Air Laut



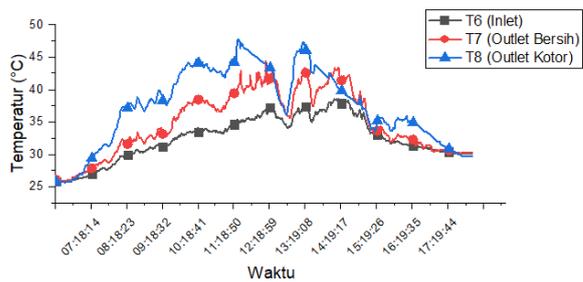
Gambar 21. Grafik Perolehan Air Bersih dan Intensitas Radiasi Matahari terhadap Waktu pada Uji Air Laut



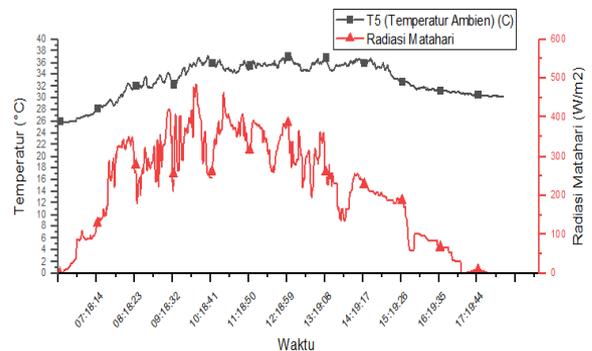
Gambar 22. Grafik Temperatur *Solar Still X* Bagian Atas vs Waktu pada Uji Air Laut



Gambar 23. Grafik Temperatur *Solar Still X* Bagian Bawah vs Waktu pada Uji Air Laut



Gambar 24. Grafik Temperatur *Solar Still X* Inlet, Outlet Bersih, dan Outlet Kotor *Solar Still X* vs Waktu pada Uji Air Laut



Gambar 25. Grafik Temperatur Ambien pada Uji Air Laut dan Intensitas Radiasi Rata-Rata Matahari vs Waktu

Pengujian *Solar Still X* dengan air laut dilakukan pada tanggal 16 Mei 2018. Dapat dilihat bahwa temperatur terus meningkat dari pukul 06.00 hingga pukul 12.00. Namun terjadi penurunan temperatur yang signifikan sekitar pukul 12.50. Hal ini juga ditunjukkan dengan meningkatnya kelembapan menjadi 95% dari pukul 12.37 – 13.10. Peningkatan kelembapan ini menjadi indikasi terjadinya perubahan cuaca yang menyebabkan penurunan temperatur ambien. Efisiensi per jam tertinggi diperoleh pada pukul 12.00 sebesar 79,17%. sementara itu, efisiensi harian dari uji air laut ini sebesar 20,48%.

Hal tersebut menyebabkan perolehan air terdesalinasi pada pukul 13.00 (350 ml) lebih sedikit daripada pada uji air tawar pada waktu yang sama, sebesar 850 ml. Hal ini disebabkan oleh tertutupnya paparan sinar matahari oleh awan, sehingga radiasi yang terpancarkan dihamburkan dan mencapai panel desalinasi pada intensitas yang lebih rendah daripada yang seharusnya pada siang hari (rata-rata radiasi matahari pada pukul 10.00 – 13.00 sebesar 336,77 W/m²). Namun dari pukul 13.00 ke 13.30 temperatur kembali naik sehingga perolehan hasil air kembali meningkat.

Selain itu, perolehan total desalinasi air pada uji air laut lebih sedikit daripada perolehan total desalinasi air pada uji air tawar, dimana cuaca pengambilan kedua data tersebut sama-sama berawan. Pada uji air tawar, air bersih yang diperoleh sebesar 3.777 ml, sedangkan pada uji air laut sejumlah 3.540. Hal ini dapat disebabkan oleh salinitas air laut yang lebih tinggi, dimana adanya kandungan garam terlarut pada air mengurangi tekanan saturasi penguapan yang menyebabkan laju evaporasi menurun, sehingga kondensasi air laut lebih sedikit daripada air tawar.

Dari semua rekapitulasi data perolehan pada uji air laut, dihitung balans massa dari uji air laut. Dengan debit input sebesar 0,4 ml/s dihitung losses yang ada pada pengujian ini sebesar 2 kg atau setara dengan 1,9 L. Losses dapat berupa air yang hilang saat pengukuran debit input sebelum pengambilan data, air yang masih tersimpan di flanel absorber setelah pukul 18.00 yang tidak berkondensasi maupun berevaporasi karena tidak ada lagi radiasi matahari, ataupun air yang hilang akibat menguap.

Kesimpulan

Melalui hasil pengukuran dan analisa dalam penelitian di Depok pada bulan April – Mei 2018, dapat disimpulkan bahwa”

- Sudut inklinasi efektif penggunaan alat desalinasi tenaga surya *Solar Still X* di wilayah Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat pada bulan April – Mei ialah sebesar 20°.
- Waktu operasional alat desalinasi *Solar Still X* di wilayah Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat pada bulan April – Mei adalah dari pukul 06.00 – 18.00 dengan waktu efektif pada pukul 10.00 – 13.00.
- Dengan debit input sebesar 0.4 ml/s , volume air tawar yang dihasilkan melalui uji air laut sebanyak 3.540 ml dengan produktivitas harian 1180 ml/m²/hari. Air laut terdesalinasi sempurna dengan penurunan salinitas dari 32 ‰. menjadi 0 ‰.

- Efisiensi harian alat pada pengujian air laut dengan debit 0.4 ml/s sebesar 20.48%, sementara efisiensi tertinggi alat dicapai pada pukul 12.00 yaitu sebesar 79.16%.
- Total jumlah air yang digunakan dalam pengujian dengan air laut selama 1 hari sebanyak 12.133 L dengan debit 0.4 ml/s.

Referensi

- [1] <https://ilmupengetahuanumum.com/10-negara-dengan-garis-pantai-terpanjang-di-dunia/>
- [2] Kumar, P. V., Kumar, A., Prakash, O., & Kaviti, A. K. (2015). Solar stills system design: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 51, 153-181.
- [3] Kaviti, A. K., Yadav, A., & Shukla, A. (2016). Inclined solar still designs: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 429-451.
- [4] <http://www.fcubed.com.au/asp/SolarStillXpanels.aspx>
- [5] Badamasi, Y. A. (2014, September). The working principle of an Arduino. In *Electronics, computer and computation (icecco), 2014 11th international conference on* (pp. 1-4). IEEE.
- [6] Resolution, D. P. (2008). 1-Wire Digital Thermometer. Data Sheets. DALLAS-MAXIM.[dostęp 11-07-2006]. Dostępny w Internecie: http://www.maximic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/2813.
- [7] Tianlong, N. (2010). Application of Single Bus Sensor DHT11 in Temperature Humidity Measure and Control System [J]. *Microcontrollers & Embedded Systems*, 6, 026.
- [8] Jianjian, Y. Z. X. (2002). Principle and Application of Chip MAX6675 [J]. *International Electronic Elements*, 12, 013.