

PERANCANGAN ALAT DESALINASI AIR LAUT TENAGA SURYA TIPE BASIN DOUBLE SLOPE KEMIRINGAN 45° DENGAN SKALA RUMAH TANGGA

Benny Wahyudi¹, Awaludin Martin²

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹bennywahyudi39001@gmail.com, ²awaludinmartin01@gmail.com

Abstract

The problem of meeting the need for clean water has been a challenge in its own right in the last few decades, not only in Indonesia but also around the world. Fulfillment of clean water needs that are not optimal, especially drinking water, causes the community's need for drinking water not to be met. One solution to this problem is to utilize abundant sea water as a source of clean water for coastal communities by first purifying it. This seawater purification method is known as the desalination method, where the desalinated sea water will be separated from salt and other particles. One type of seawater desalination is the basin type, which is by using a reservoir as a container for storing seawater, then seawater. steam it with heat from sunlight so that the salt content and impurities contained in it will be separated completely because of the difference in each evaporation temperature. The design of a desalination device with a target of 8 liters per day of distilled yield, which will be used as consumption water for household needs, is expected to be a solution to this problem.

Keywords: Sea Water, Freshwater, Desalination

1. Pendahuluan

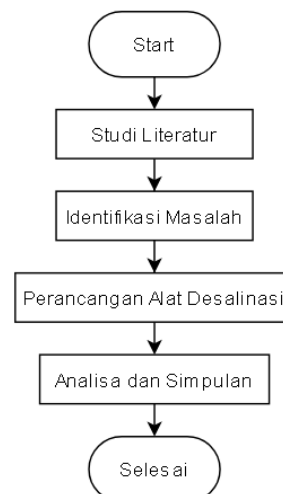
Masalah kebutuhan air bersih menjadi tantangan di masa sekarang dan masa mendatang, mengingat pertumbuhan penduduk Indonesia yang semakin hari semakin meningkat[1]. Beruntungnya, dengan sekitar 62% luas wilayah Indonesia yang terdiri dari laut dan perairan[2], yang didominasi oleh sebagian besar air laut, dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan baku pemenuhan kebutuhan air minum bagi masyarakat. Proses ini dikenal dengan istilah desalinasi, dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi alternatif, dapat merubah air laut menjadi air yang dapat digunakan untuk kegiatan sehari-hari[3][4]. Penggunaan air laut sebagai sumber air minum diharapkan dapat menekan kekurangan kebutuhan air minum di Indonesia, salah satunya dengan pengaplikasian alat desalinasi air laut skala rumah tangga pada masyarakat pesisir.

Perkembangan perancangan alat desalinasi air laut telah banyak dilakukan, dan telah ada berbagai model antara lain seperti *Multistage Flash Distillation (MSD)*, *Multiple Effect Distillation (MED)*, *Electrodialysis*, serta metode yang lebih sederhana seperti tipe basin dengan penguapan langsung oleh sinar matahari[5]. Diantara metode tersebut, metode basin lebih cocok untuk di gunakan dalam skala rumah tangga, yang tergolong rendah biaya karena menggunakan sumber energi alami yaitu energi panas dari radiasi matahari. Metode penguapan langsung menggunakan basin juga telah dikenal sejak zaman

kuno dulu. Kebutuhan akan air minum ialah sebesar 2 liter per hari untuk setiap orang[6]. Kebutuhan ini jika di akumulasi kan untuk sebuah keluarga, yang berisikan 4 orang anggota keluarga[7] adalah sekitar 8 liter per hari. Dengan begitu, alat desalinasi akan dirancang untuk penggunaan rumah tangga dengan hasil sulingan 8 liter per hari.

2. Metodologi

Tahapan pelaksanaan kegiatan perancangan alat desalinasi air laut dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan

Metode pelaksanaan perancangan alat desalinasi dimulai dengan studi literatur untuk menentukan parameter-parameter yang diperlukan baik parameter

awal maupun parameter yang akan dicari. Selanjutnya, mengidentifikasi masalah yang ada untuk mewujudkan tujuan perancangan atau merumuskan masalah yang ditemui dalam proses perancangan. Setelah parameter dan rumusan masalah diperoleh, maka dilakukan perancangan. Kemudian hasil yang diperoleh dirangkum dan dianalisis sehingga dapat ditarik beberapa simpulan.

Perancangan alat desalinasi tipe *basin double slope* ini, dilakukan dengan menghitung jumlah radiasi matahari yang jatuh pada kaca penutup. Kaca penutup dipilih menggunakan sudut kemiringan sebesar 45 derajat. Nilai radiasi yang digunakan untuk memanaskan air di dalam basin merupakan nilai radiasi dikali dengan besar transmisivitas kaca penutup. Berikutnya dihitung kesetimbangan energi pada sistem alat desalinasi, untuk mendapat kan jumlah air tersuling dalam satuan waktu.

Radiasi Matahari

Radiasi matahari dapat dihitung berdasarkan lokasi penelitian dan waktu dilakukan nya penelitian secara teoritis. Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut :

1) Sudut Deklinasi (δ)

Sudut deklinasi (δ) dapat ditemukan dari persamaan berikut[8] :

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284+n}{365} \right) \quad (1)$$

Dimana n adalah hari ke-n dalam setahun.

2) Sudut lintang (ϕ)

Sudut lintang menunjukkan posisi kegiatan dilakukan, penelitian ini dilakukan di Selatpanjang, Kabupaten Kepulauan Meranti, sehingga memiliki sudut sebesar 1° LU.

3) Sudut azimuth permukaan (γ)

Sudut azimuth permukaan yaitu deviasi proyeksi pada bidang horisontal normal ke permukaan dari meridian lokal, dengan ketentuan nol ke arah selatan, timur negatif, dan barat positif; $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$. Pada kegiatan, kaca penutup dihadapkan ke arah timur dan barat sehingga bernilai $\pm 90^\circ$

4) Sudut jam (ω)

Sudut jam menunjukkan posisi matahari terhadap waktu, pada jam 12 bernilai 0. Dapat dicari dengan persamaan[8] :

$$\omega = 15^\circ \times h \quad (2)$$

Pada jam 11.00, $h = -1$, dan pada jam 13.00, $h = 1$

5) Sudut Datang Matahari (θ)

Sudut datang matahari menunjukkan posisi datangnya sinar matahari terhadap kemiringan kaca penutup. Sudut datang, dapat ditemukan dengan persamaan[8]:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \phi \cos \beta \\ & - \sin \delta \cos \phi \sin \beta \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \phi \cos \beta \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \phi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \end{aligned} \quad (3)$$

Dimana β adalah sudut kemiringan kolektor ($^\circ$)

6) Sudut Zenith (θ_z)

Adalah sudut antara garis vertikal dan garis ke matahari, yaitu sudut datangnya radiasi sinar pada permukaan horisontal [8]:

$$\cos \theta_z = \cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta \quad (4)$$

7) Rasio Radiasi Langsung Pada Permukaan Miring Terhadap Permukaan Horisontal (R_b)

Rasio antara permukaan miring dengan horisontal, diperlukan untuk mengetahui perbandingan radiasi yang jatuh antara permukaan horisontal dan kaca penutup alat desalinasi, menggunakan persamaan berikut[8]:

$$R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (5)$$

8) Radiasi Ekstraterestrial Per Jam (I_o)

Radiasi ekstraterestrial adalah besar radiasi sebelum masuk ke atmosfer bumi, adalah[8] :

$$\begin{aligned} I_o = & \frac{12 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \times \\ & \left(\cos \phi \cos \delta \sin (\omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180} \sin \phi \sin \delta \right) \end{aligned} \quad (6)$$

9) Radiasi Per Jam (I)

Radiasi yang jatuh di permukaan tanah per jam dicari dengan persamaan[8] :

$$I = k_T \times I_o \quad (7)$$

Dimana k_T merupakan indeks kejernihan hari, yang menunjukkan kecerahan hari berdasarkan banyak nya awan pada hari tersebut. Hari yang cerah akan memiliki $k_T = 0,7$

10) Radiasi Difusi (I_d)

Radiasi yang jatuh di permukaan sebagian terdifusi karena kondisi awan dan perbedaan media perantara. Fraksi radiasi per jam antara radiasi difusi (I_d) dengan radiasi total pada permukaan horisontal (I) dapat di dekti dengan persamaan berikut[8] :

$$\frac{I_d}{I} = 1,0 - 0,09 k_T \quad (\text{Untuk } k_T \leq 0,22) \quad (8)$$

$$\frac{I_d}{I} = 0,9511 - 0,1604k_T + 4,388k_T^2 - 16,638k_T^3 + 12,336k_T^4 \quad (\text{Untuk } 0,22 \leq k_T \leq 0,8) \quad (9)$$

$$\frac{I_d}{I} = 0,165 \quad (\text{Untuk } k_T > 0,8) \quad (10)$$

11) Radiasi beam (I_b)

Radiasi total pada permukaan horisontal merupakan jumlah dari radiasi langsung serta difusi [8]:

$$I = I_b + I_d \quad (11)$$

12) Radiasi Total Pada Permukaan Miring (I_T)

$$I_T = I_b R_b + I_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + I_p \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (12)$$

Dimana ρ_g adalah nilai reflektivitas difusi permukaan tanah (0 - 1).

Kaca Penutup

Kaca penutup mempunyai nilai reflektivitas, transmisivitas, dan absorptivitas, nilai ini berkaitan dengan sudut kemiringan kaca sebesar 45 derajat, yang perlu dihitung untuk mengetahui besar radiasi yang dipantulkan, diteruskan, serta diserap oleh kaca penutup dengan kemiringan 45 derajat.

1) Reflektivitas Kaca Penutup

Reflektivitas kaca terbagi menjadi tegak lurus dan sejajar, persamaan reflektivitas tegak lurus adalah [8]:

$$r_{\perp} = \frac{\sin^2(\theta_{inc} - \theta_{ref})}{\sin^2(\theta_{inc} + \theta_{ref})} = \left[\frac{n_1 \cos \theta_i - n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i \right)^2}}{n_1 \cos \theta_i + n_2 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i \right)^2}} \right]^2 \quad (13)$$

Persamaan untuk komponen sejajar, adalah [8]:

$$r_0 = \frac{\tan^2(\theta_{inc} - \theta_{ref})}{\tan^2(\theta_{inc} + \theta_{ref})} = \left[\frac{n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i \right)^2} - n_2 \cos \theta_i}{n_1 \sqrt{1 - \left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_i \right)^2} + n_2 \cos \theta_i} \right]^2 \quad (14)$$

Reflektivitas kaca diberikan oleh persamaan [8]:

$$r_g = \frac{1}{2} (r_0 + r_{\perp}) \quad (15)$$

Dimana : n_1 = Indeks bias udara, n_2 = Indeks bias kaca penutup, θ_i = Sudut datang cahaya matahari

2) Transmisivitas Kaca Penutup (τ_c)

Komponen sejajar menggunakan persamaan [8]:

$$\tau_0 = (1 - r_0)^2 \sum_{n=0}^{\infty} r_0^{2n} = \frac{(1 - r_0)^2}{1 - r_0^2} = \frac{1 - r_0}{1 + r_0} \quad (16)$$

Sedangkan pada komponen tegak lurus adalah [8]:

$$\tau_{\perp} = (1 - r_{\perp})^2 \sum_{n=0}^{\infty} r_{\perp}^{2n} = \frac{(1 - r_{\perp})^2}{1 - r_{\perp}^2} = \frac{1 - r_{\perp}}{1 + r_{\perp}} \quad (17)$$

Transmisivitas kaca diberikan oleh persamaan [8]:

$$\tau_g = \frac{1}{2} (\tau_0 + \tau_{\perp}) \quad (18)$$

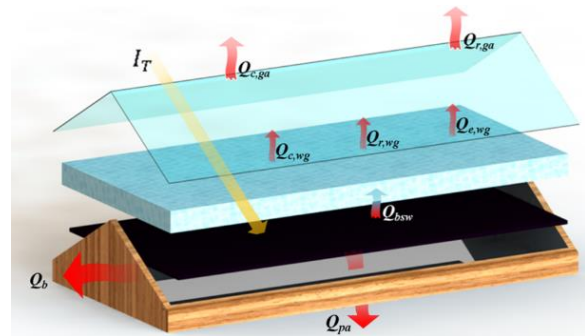
3) Absorptivitas Kaca penutup (α_c)

Adalah kemampuan material penutup, untuk menyerap radiasi matahari, ditunjukkan sebagai [8]:

$$a_g = 1 - r_g - \tau_g \quad (19)$$

Keseimbangan Energi

Tinjauan keseimbangan energi perlu dibahas, untuk mendapat jumlah air yang dapat diuapkan dari alat desalinasi. Parameter-parameter perhitungan dari sistem dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Skema Perpindahan Panas Pada Alat

1) Keseimbangan energi plat basin [9]:

$$m_p c_p \frac{dT_p}{dt} = Q_{in} \alpha_p - Q_{bsw} - Q_{pa} \quad (20)$$

2) Perpindahan panas konveksi dari plat basin ke air menggunakan persamaan [9]:

$$Q_{bsw} = h_{bsw} \cdot A_p \cdot (T_p - T_w) \quad (21)$$

3) Koefisien perpindahan panas konveksi antara plat basin dan air laut, h_{bsw} diambil 135W/m²K [9].

4) Perpindahan panas dari plat basin ke lingkungan menggunakan persamaan [7]:

$$Q_{pa} = U \cdot A \cdot (T_p - T_a) \quad (22)$$

5) Keseimbangan energi pada air laut [9]:

$$m_w c_w \frac{dT_w}{dt} = Q_{\tau} \alpha_{bw} - Q_{c,wg} - Q_{r,wg} - Q_{e,wg} - Q_b \quad (23)$$

6) Total energi yang ditransmisikan kaca dapat menggunakan persamaan [10]:

$$Q_{\tau} = Q_{\tau T} + Q_{\tau B} = \tau_N A_{gT} I_T + \tau_S A_{gB} I_B \quad (24)$$

7) Perpindahan panas konveksi dari air ke kaca menggunakan persamaan [9]:

$$Q_{c,wg} = h_{c,wg} A_b (T_w - T_g) \quad (25)$$

8) Koefisien perpindahan panas konveksi dari air ke kaca, dicari dengan menggunakan persamaan [9]:

- $$h_{c,wg}=0,884 \left[(T_w-T_{gi}) + \frac{(p_w-p_{gi})}{268 \times 10^3 - p_w} T_w \right]^{\frac{1}{3}} \quad (26)$$
- 9) Tekanan parsial air dan kaca penutup (N/m^2), dicari dengan menggunakan persamaan[10]:
- $$p=7235-431,43T+10,76T^2 \quad (27)$$
- 10) Perpindahan panas radiasi dari air ke kaca dicari menggunakan rumus berikut [10]:
- $$Q_{r,wg}=\sigma \epsilon_{wg} A_b [(T_w+273,15)^4 - (T_g+273,15)^4] \quad (28)$$
- 11) Perpindahan panas evaporasi dari air ke kaca di cari menggunakan persamaan [10]:
- $$Q_{e,wg}=h_{e,wg} A_b (p_w-p_{gi}) \quad (29)$$
- 12) Koefisien perpindahan panas evaporasi dari air ke kaca (W/m^2K) dapat dihitung dengan persamaan[9]:
- $$h_{e,wg}=0,016273h_{c,wg} \quad (30)$$
- 13) Panas yang hilang dari basin ke lingkungan di cari menggunakan persamaan[10]:
- $$Q_b=UA_s(T_w-T_a) \quad (31)$$
- 14) Keseimbangan energi pada Kaca Penutup[10] :
- $$m_g c_g \frac{dT_g}{dt} = Q_i \alpha_g + Q_{c,wg} + Q_{r,wg} + Q_{e,wg} - Q_{c,ga} - Q_{r,ga} \quad (32)$$
- 15) Total energi input dicari menggunakan persamaan[10]:
- $$Q_i=Q_{iN}+Q_{iS}=A_g T I_T + A_{gB} I_B \quad (33)$$
- 16) Perpindahan panas konveksi dari kaca ke atmosfer dicari menggunakan rumus[10]:
- $$Q_{c,ga}=h_{c,ga} A_g (T_g-T_a) \quad (34)$$
- 17) Koefisien perpindahan panas konveksi dari kaca ke atmosfer (W/m^2K), dapat dicari dengan menggunakan persamaan [10]:
- $$h_{c,ga}=5,7+3,8V \quad (35)$$
- 18) Perpindahan panas radiasi dari kaca ke atmosfer dicari menggunakan rumus [10]:
- $$Q_{r,ga}=\sigma \epsilon_g A_g [(T_g+273,15)^4 - (T_{sky}+273,15)^4] \quad (36)$$
- 19) Setelah mendapat nilai parameter tersebut, massa air tersuling dapat di cari dengan [9]:
- $$m_e = \frac{Q_{e,wg}}{h_{fg}} \quad (37)$$

Melalui proses perancangan yaitu perhitungan radiasi matahari serta panas penguapan, didapat hasil perhitungan, dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan

Pukul	I (Wh)/m ²	I _r (Wh)/m ²		Q _i (Wh)		T _a (°C)	T _p (°C)	T _w (°C)	T _g (°C)	Q _{e,wg} (Wh)	m (kg)
		Timur	Barat	Timur	Barat						
08.00-09.00	522,63	763,29	124,15	539,72	87,78	27,00	43,37	40,24	33,37	146,38	0,22
09.00-10.00	679,18	800,46	248,37	566,00	175,62	28,00	56,55	52,88	44,86	344,25	0,52
10.00-11.00	789,88	783,41	436,36	553,95	308,55	30,00	65,78	61,05	53,21	488,85	0,75
11.00-12.00	847,18	713,32	594,94	504,39	420,68	31,00	72,26	66,96	59,25	607,59	0,93
12.00-13.00	847,18	594,94	713,32	420,68	504,39	32,00	74,60	69,29	61,75	639,37	0,98
13.00-14.00	789,88	436,36	783,41	308,55	553,95	33,00	73,01	68,27	60,92	585,54	0,90
14.00-15.00	679,18	248,37	800,46	175,62	566,00	33,00	66,87	63,19	55,94	465,01	0,71
15.00-16.00	522,63	124,15	763,29	87,78	539,72	32,00	61,01	57,90	50,56	374,87	0,57
Total	5677,74 (Wh)/m ²	4464,29 (Wh)/m ²	4464,29 (Wh)/m ²	3156,7 (Wh)	3156,7 (Wh)	-	-	-	-	3651,85 (Wh)	5,59 (kg)

Perhitungan luas basin dilakukan dengan menggunakan kemiringan kaca 45° serta luas basin awal adalah 1 m², pada lokasi perancangan yaitu Selatpanjang, Kabupaten Kepulauan Meranti ($\phi = 1^\circ$ LU). Temperatur lingkungan (T_a) didapat dari temperatur pada hari perancangan, yaitu hari ke-1 bulan juli (n=181). Setelah melalui proses perhitungan, jumlah radiasi yang jatuh ke tanah pada hari tersebut

didapat total radiasi sebesar 5,67 kWh/m². Jumlah radiasi yang jatuh pada kaca miring permukaan timur dan barat masing-masing adalah sebesar 4,464 kWh/m², dengan luas basin asumsi awal 1 m², didapat radiasi jatuh total sebesar 6,31 kWh pada kaca timur dan barat. Jumlah radiasi yang dimanfaatkan untuk menguapkan air laut sebanyak 3,65 kWh sehingga air

laut yang tersuling sebanyak 5,59 kg, selama 8 jam dari pukul 08.00-16.00.

Luas basin sebesar 1 m² menghasilkan total massa produktivitas 5,5904 kg, sehingga luas basin yang dibutuhkan untuk massa produksi 8 kg adalah :

$$A = \frac{8}{5,5904115} \times 1 \text{ m}^2 = 1,431022 \text{ m}^2$$

Dilakukan perhitungan ulang dalam bentuk iterasi untuk mengetahui hasil produksi teoritis dari alat dengan luas basin tersebut, sehingga diketahui luas basin yang terverifikasi, dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Iterasi Luas Basin

No	Luas Basin	m _{tot} (kg)
1	1	5,590411
2	1,431021675	8,205863
3	1,394125235	7,981108
4	1,397425277	8,001613

Setelah melalui tahap iterasi sebanyak 4 kali, didapatlah luas basin untuk menguapkan air laut sebanyak 8 liter sebesar 1,3974 m² = 1,4 m².

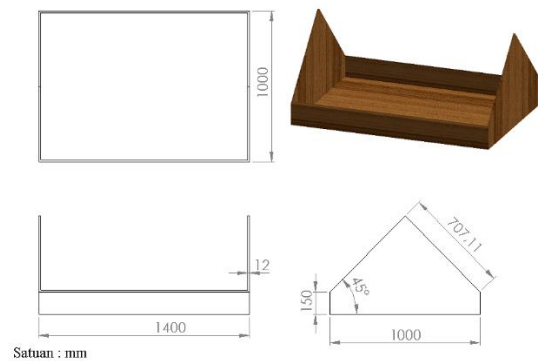
3. Hasil dan Pembahasan

Perancangan alat desalinasi tipe *basin double slope* yang dilakukan adalah luas basin dengan target rancangan 8 liter menggunakan kaca penutup dengan kemiringan 45°. Dengan menghitung jumlah radiasi yang jatuh dipermukaan bumi per m² area, maka dapat diketahui potensi energi matahari yang dapat digunakan untuk menguapkan air laut pada alat desalinasi. Dengan menghitung perpindahan panas dari alat ke lingkungan, didapat panas bersih penguapan air, dan melalui perhitungan dapat diketahui bahwa luas basin 1 m² belum cukup untuk menguapkan air sebanyak 8 liter.

Setelah dihitung untuk mendapatkan air hasil air desalinasi sebesar 8 Liter perhari, spesifikasi hasil perancangan dapat dilihat pada Tabel 3 .berikut.

Tabel 3. Spesifikasi Hasil Rancangan		
No	Parameter	Hasil
1	Panjang basin	1,4 m
2	Lebar basin	1 m
3	Tinggi basin	15 cm
4	Ketebalan Dinding	12 mm

Desain 2D basin alat desalinasi dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 1. Hasil Perancangan

Dari perancangan yang telah dilakukan dapat diketahui, bahwa dibutuhkan alat desalinasi dengan luas basin 1,4 m² untuk mendapatkan hasil sulingan sebesar 8 liter, dengan dinding basin yang digunakan berbahan tripleks dengan ketebalan 12 mm, dan tinggi sebesar 15 cm yang dapat diterapkan di wilayah pesisir-pesisir Riau, yang memiliki sumber daya air laut.

4. Simpulan

Perancangan alat desalinasi air laut tipe *basin double slope* dengan kemiringan kaca 45° dan target hasil sulingan 8 liter perhari membutuhkan luas basin sebesar 1,4 m² dengan panjang basin 1,4 m, lebar basin 1 m dan tinggi basin 15 cm.

Daftar Pustaka

- [1] BPS. (2021). Statistik Indonesia. Jakarta : Badan Pusat Statistik.
- [2] KKP. (2020). Kelautan Dalam Angka. Jakarta : Kementrian Kelautan dan Perikanan.
- [3] Wilson, H. M., Rahman A.R., S., Parab, A. E., & Jha, N. (2019). Ultra-low cost cotton based solar evaporation device for seawater desalination and waste water purification to produce drinkable water. *Desalination*, 456(August 2018), 85–96.
- [4] Chen, L., Wang, H., Kuravi, S., Kota, K., Park, Y. H., & Xu, P. (2020). Low-cost and reusable carbon black based solar evaporator for effective water desalination. *Desalination*, 483(December 2019), 114412.
- [5] Alhaj, M., & Al-Ghamdi, S. G. (2019). Integrating concentrated solar power with seawater desalination technologies: A multi-regional environmental assessment. *Environmental Research Letters*, 14(7), 74014.

- [6] Rustan, F. R., Sriyani, R., & Talanipa, R. (2019). Analisis Pemakaian Air Bersih Rumah Tangga Warga Perumahan Bumi Mas Graha Asri Kota Kendari. *Stabilita*, 7(2), 151–160.
- [7] BPS. (2017). Statistik Indonesia. Jakarta : Badan Pusat Statistik.
- [8] Duffie, J. A., Beckman, W. A., & Blair, N. (2020). Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind. In *Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind*.
- [9] El-Samadony, Y. A. F., El-Maghlany, W. M., & Kabeel, A. E. (2016). Influence of glass cover inclination angle on radiation heat transfer rate within stepped solar still. *Desalination*, 384, 68–77.
- [10] Kalidasa Murugavel, K., & Srithar, K. (2011). Performance study on basin type double slope solar still with different wick materials and minimum mass of water. *Renewable Energy*, 36(2), 612–620.