

## Status Didanai

Didanai

**Riwayat Penelitian**

Riwayat Penelitian Dosen.

1

**Pemanfaatan Vortex Generators Dan Energi Baru Terbarukan Untuk Peningkatan Produksi Garam Dan Air Bersih Pada Industri Garam Rakyat**

Tahun: 2023

Didanai

2

**PENINGKATAN EFISIENSI KINCIR DETHRIDGE SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR HEAD RENDAH MELALUI MODIFIKASI BENTUK KINCIR DAN KANAL.**

Tahun: 2018

Didanai



Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan  
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi  
Gedung BPPT II Lantai 19, Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat  
<https://simlitabmas.ristekdikti.go.id/>

### PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

### LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 0de53c4f-a6e0-4c57-adf2-b7b38a38d5aa  
laporan akhir Penelitian: tahun ke-1 dari 2 tahun

## 1. IDENTITAS PENELITIAN

### A. JUDUL PENELITIAN

Pemanfaatan Vortex Generators dan Energi Baru Terbarukan untuk Peningkatan Produksi Garam dan Air Bersih pada Industri Garam Rakyat

### B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Perguruan Tinggi	Bidang Unggulan	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Energi		-		Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)

### C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Kompetitif Nasional			SBK Riset Dasar	3	2

## 2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama (Peran)	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
DAN MUGISIDI - Ketua Pengusul	Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka	Teknik Mesin	mengkoordinir, mengarahkan, dan memimpin tim, membuat konsep, merancang desain, instrument, dan	6007157	3

			uji kelayakan. penulisan artikel ilmiah.		
OKTARINA HERIYANI - Anggota Pengusul	Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka	Teknik Mesin	mempersiapkan perlengkapan penelitian dan pengujian, melakukan simulasi pemodelan, pengambilan data dan administrasi penelitian.	6007615	3

### 3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
-------	------------

### 4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

#### Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
1	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Sedang direview	<a href="https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD_Letters/index">https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD_Letters/index</a> , Semarak Ilmu Publishing
1	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Submitted	<a href="https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD_Letters/index">https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD_Letters/index</a> , Semarak Ilmu Publishing
2	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi		( <a href="https://www.tandfonline.com/toc/ueso20/current">https://www.tandfonline.com/toc/ueso20/current</a> ), Taylor and Francis Ltd.

#### Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
--------------	--------------	--	---

## 5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Total RAB 2 Tahun Rp. 0

Tahun 1 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

Tahun 2 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

Tahun 3 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

## 6. KEMAJUAN PENELITIAN

### A. RINGKASAN

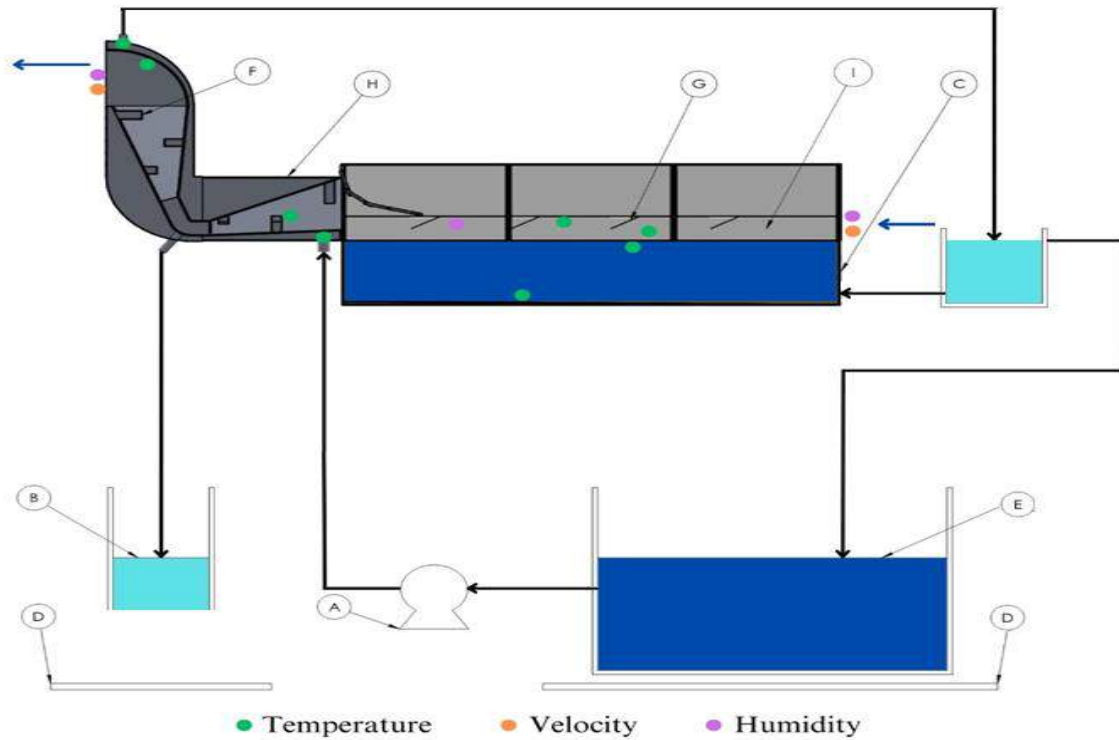
Kebutuhan akan air bersih dan garam terus meningkat dengan meningkatnya jumlah penduduk. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, para petani garam didorong untuk meningkatkan produksinya meskipun dengan cara tradisional dan sangat bergantung pada cuaca. Hal ini menjadi permasalahan bagi petani garam pada saat cuaca tidak bersahabat. Selain itu, air yang menguap tidak dimanfaatkan menjadi air bersih, padahal banyak para petani garam harus membeli air bersih untuk kebutuhan sehari - hari. Oleh karena itu, urgensi penelitian ini untuk mengatasi ketergantungan para petani garam pada cuaca dalam proses memproduksi garam dan kelangkaan air bersih untuk kebutuhan sehari – hari. Maka itu, penggabungan penggunaan energi baru terbarukan baik itu energi matahari, ombak, dan angin dengan vortex generatos (VGs) pada solar still untuk mempercepat laju penguapan dan pemekatan pada kolam pemekatan garam serta proses kondensasi untuk mengambil air bersihnya kembali menjadi tujuan penelitian ini. Secara khusus penelitian ini bertujuan menghasilkan air bersih dan meningkatkan produksi garam sehingga dapat meningkatkan kualitas hidup petani garam. Penelitian ini dilakukan selama 2 tahun. Penelitian pendahuluan yang telah dilakukan akan digunakan untuk memvalidasi simulasi model dalam menentukan dimensi terbaik kolam pemekatan. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, pada tahun pertama dibangun dua buah kolam pemekatan identik untuk pengambilan data dengan berbagai variasi pada proses evaporasi dan kondensasi sehingga tingkat kesiapan teknologi (TKT) 2 tercapai pada tahun ini. Luaran wajib yang ditargetkan pada tahun pertama ini adalah jurnal internasional terindeks pada database bereputasi Q3, yaitu CFD Letters ([https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD\\_Letters/index](https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD_Letters/index)) dengan status proses perbaikan hasil review penerbit dan International Journal of Heat and Technology (<https://www.iieta.org/Journals/IJHT>) dengan status masih proses review oleh penerbit. Hasil penelitian tahun ini menunjukkan bahwa Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa vortex generator meningkatkan laju penguapan. Pada unit dengan generator vorteks, penguapan terjadi 1,13 kali lebih

cepat dibandingkan tanpa generator vorteks. Artinya, lebih banyak air tawar yang dihasilkan. Dengan demikian, vortex generator dapat meningkatkan efisiensi unit desalinasi. Dalam eksperimen ini, efisiensi meningkat dari 66,4% pada unit tanpa vortex generator menjadi 76,1% dengan vortex generator. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa vortex generator dapat meningkatkan kinerja peralatan desalinasi. Oleh karena dapat disimpulkan bahwa penggunaan vortex generator di dalam solar still forced flow dapat di terapkan dan dikembangkan lebih lanjut. Selanjutnya, tahun kedua, penelitian akan difokuskan pada penggunaan energi baru terbarukan, yaitu angin dan ombak dan pemanfaatan vortex genartors untuk proses penguapan dan kondensasi dengan tingkat ketercapaian TKT-3. Luaran wajib pada tahun kedua ditargetkan untuk dipublikasikan di jurnal internasional terindeks scopus, Q3, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects ([https:// www.tandfonline.com/ toc/ ueso20/ current](https://www.tandfonline.com/toc/ueso20/current)) dan paten sederhana dengan status terdaftar.

## **B. KATA KUNCI**

pemekatan; garam; vortex generator; air bersih

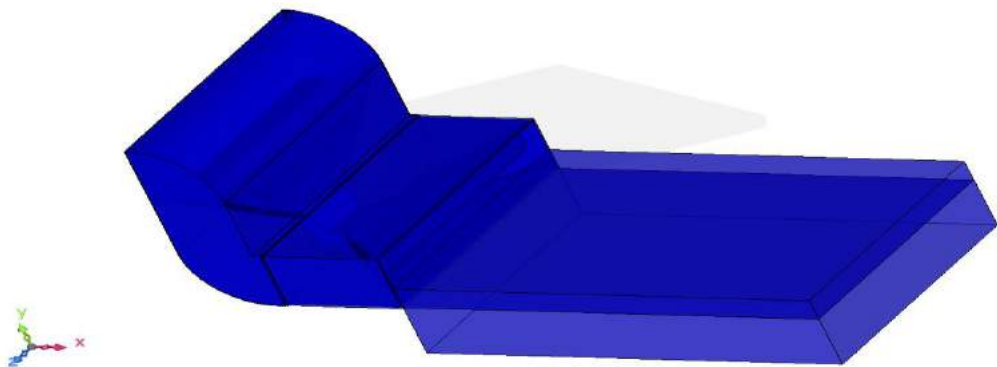




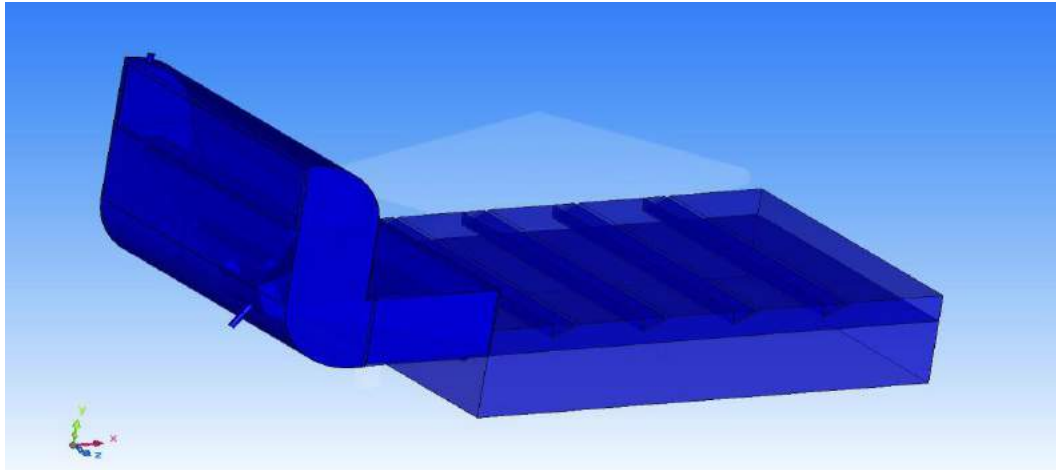
**Gambar 2.** Skema dari Alat Uji Desalinasi Aliran Paksa

(A) Pompa Sirkulasi, (B) Penampung Air Tawar, (C) Air Laut, (D) Timbangan, (E) Penampung Air Pendingin Kondensor, (F) Generator Vortex di Kondensor, (G) Generator Vortex, (H) Kondensor, (I) Ruang penguapan. Titik-titik berwarna menunjukkan lokasi sensor; panah menunjukkan arah aliran udara.

Dengan terancangnya alat uji seperti terlihat pada gambar 2, simulasi CFD yang dilakukan pada eksperimen ini menggunakan software Cradle CFD by Hexagon. Pada simulasi ini, model yang digunakan adalah domain fluida (model negatif) dari keseluruhan sistem dengan sedikit penyederhanaan pada fitur – fitur yang dapat mengurangi kualitas mesh dan tidak memberikan pengaruh signifikan pada aliran, seperti terlihat pada gambar 3.

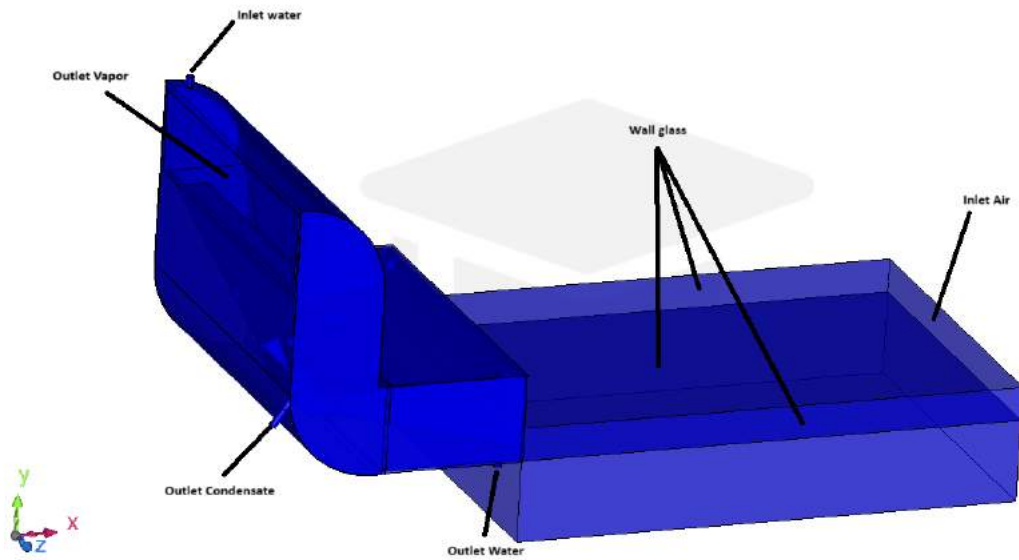


(A)

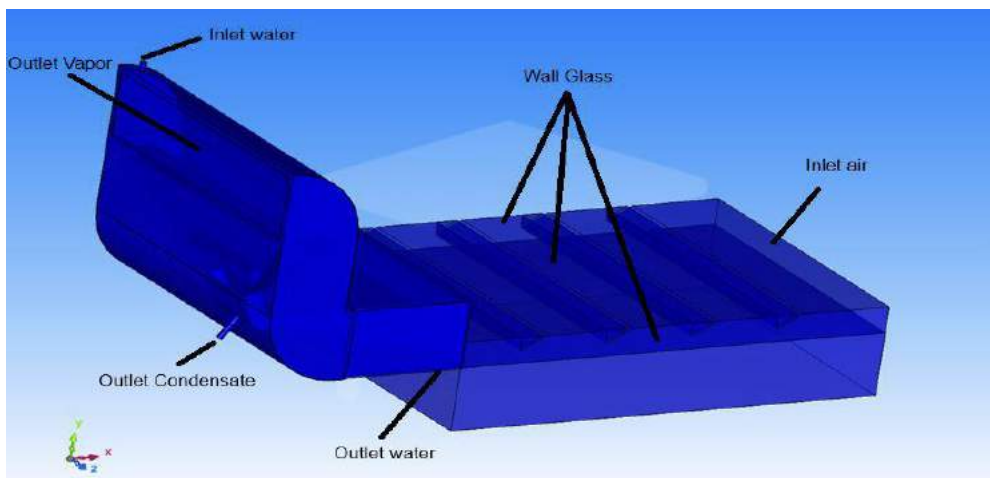


(B)

**Gambar 3.** Model Desalinasi (A) Tanpa Vortex Generator, (B) Menggunakan Vortex Generator  
Kemudian, dibentuk lapisan batas seperti terlihat pada gambar 4 berikut ini.



(A)

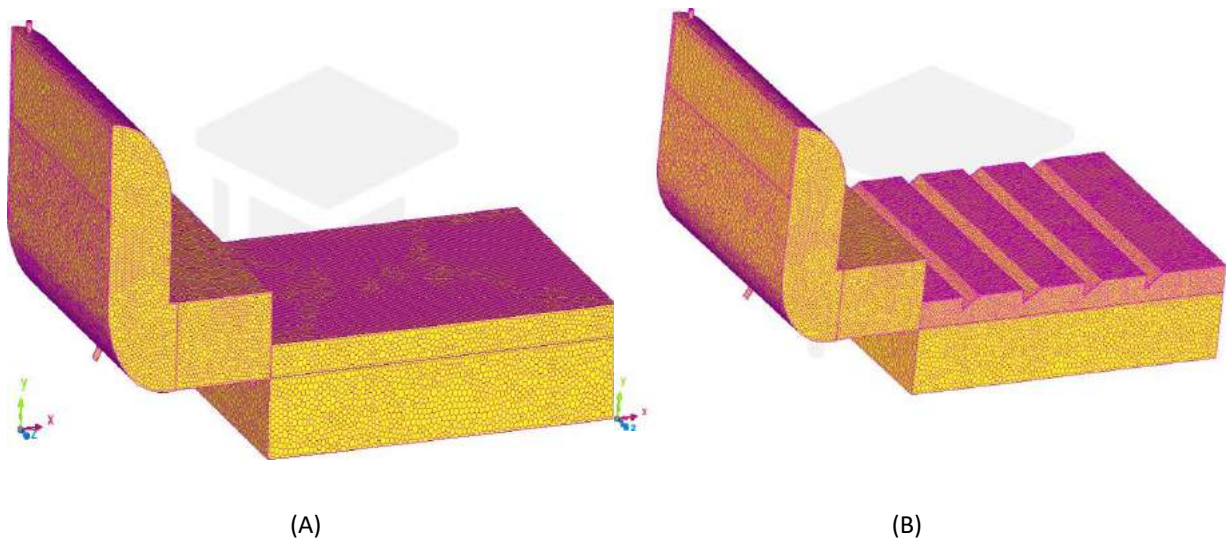


(B)

**Gambar 4.** Lapisan Batas (A) Tanpa Vortex (B) Menggunakan Vortex



Setelah penentuan lapisan batas, dilakukan meshing atau diskritisasi untuk mengubah domain fluida kontinu menjadi domain komputasi diskrit. Pendekatan ini memungkinkan persamaan fluida diselesaikan dengan menggunakan metode numerik. Jaring yang efisien sangat penting dalam simulasi multifase karena berdampak pada keakuratan simulasi (1). Meshing yang digunakan adalah heksahedron karena memiliki resolusi yang baik dan efisiensi komputasi yang tinggi. Untuk analisis lebih rinci, penelitian ini menggunakan meshing polihedral yang dapat mensimulasikan pergerakan benda sepanjang kelengkungan tinggi pada gambar 5 di bawah ini.



**Gambar 5.** Meshing hexahedron tanpa vortex generator (A) menggunakan vortex generator (B)

Hasil mesh untuk model tanpa vortex sebanyak 509258 dan 665116 elemen dengan menggunakan vortex generator. Setelah itu, dilakukan uji grid independensi (2,3) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1** Uji Grid Independence

Nomor Elemen	Level Air
169851	1.007815
276986	0.976572
350756	0.885430
494312	0.799841
509258	0.799853

Data tabel 1 didapat dengan parameter dan spesifikasi, seperti terlihat pada tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2** Parameter dan Spesifikasi Simulasi

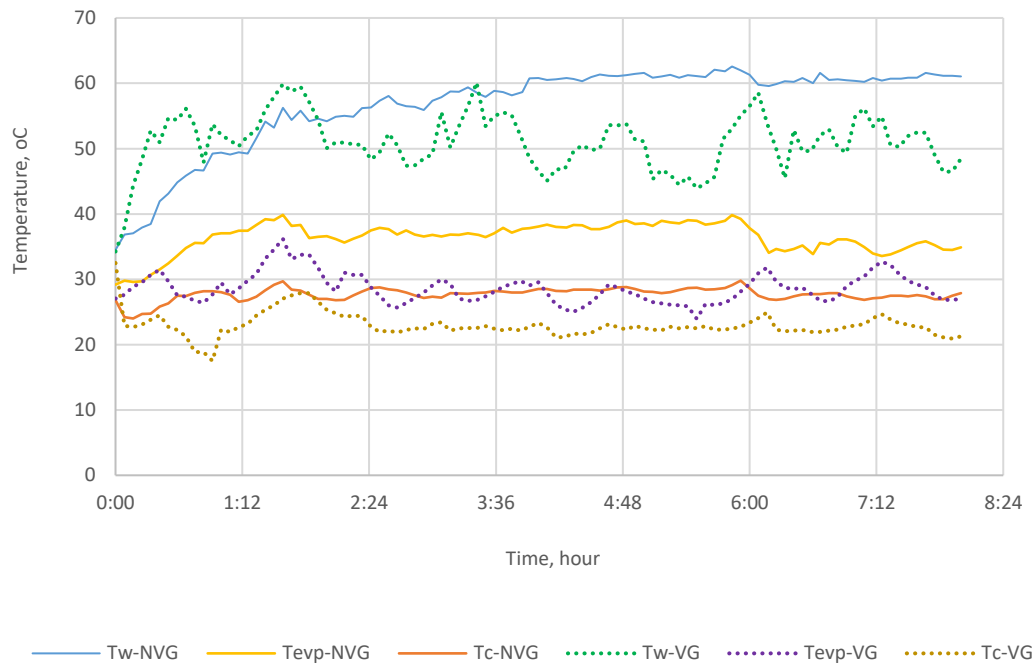
No.	Faktor	Alat	Spesifikasi
1	Temperature	Termometer	40–400 °C, 0.09%
2	Solar radiance	Solar meter	0–2000 W/m <sup>2</sup>
3	Kecepatan Angin	Wind meter	0–30 m/s
4	Kelembaban Relatif	Hygrometer	10%–99%
5	Berat	Digital balance	0–20 kg ± 0,1

Tahap selanjutnya, pembuatan kolam pemekatan seperti terlihat pada gambar 6. Desain dan dimensi kolam pemekatan sama seperti yang disimulasikan.



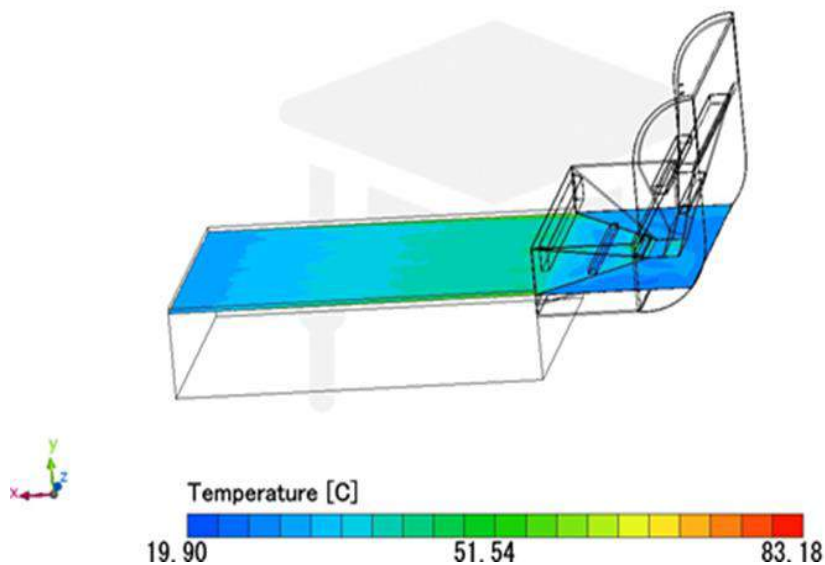
**Gambar 6.** Kolam Pemekatan Tanpa Vortex dan Menggunakan Vortex Generator

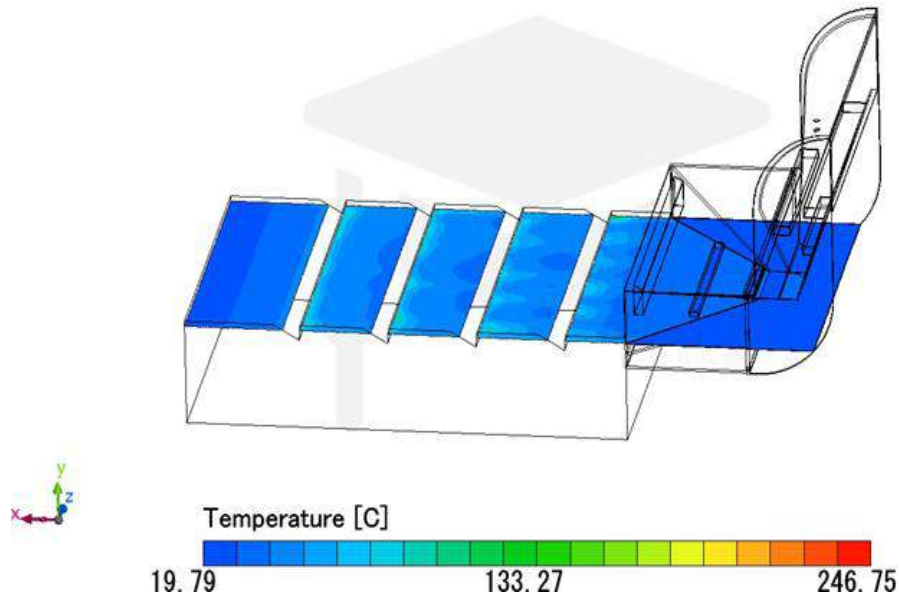
Berdasarkan hasil simulasi dan hasil eksperimen menunjukkan bahwa suhu air dan udara yang mengalir di atas air sangat mempengaruhi laju penguapan, sedangkan suhu kondensor menentukan jumlah uap air yang dapat dikondensasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 7 berikut ini.



**Gambar 7.** Suhu air ( $T_w$ ), suhu aliran udara ( $T_{ev}$ ) dan suhu kondensor ( $T_c$ ) pada unit desalinasi dengan ( $T_w$ -VG,  $T_{ev}$ -VG dan  $T_c$ -VG) dan tanpa generator pusaran ( $T_w$ -NVG,  $T_{ev}$ -VG dan  $T_c$ -VG)

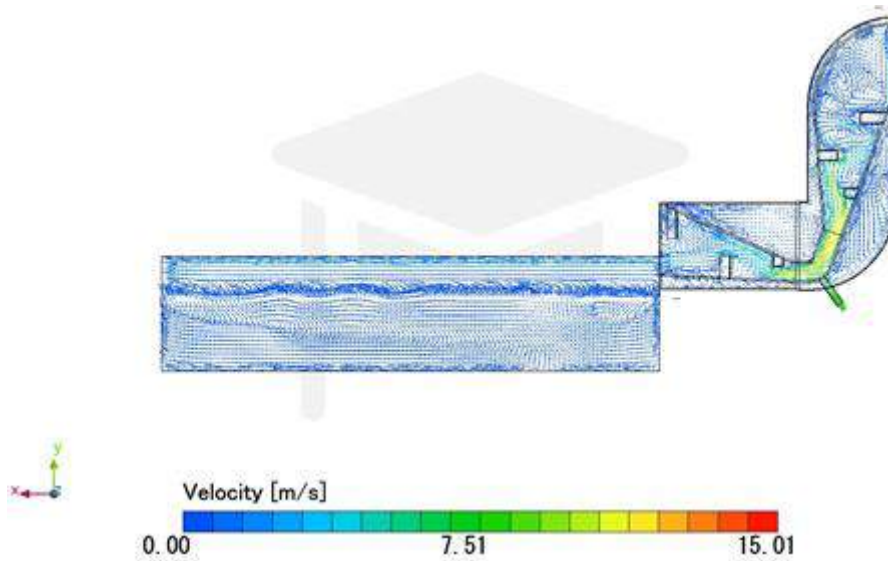
Seperti ditunjukkan pada Gambar 7, suhu air lebih rendah dengan vortex generator ( $T_w$ -VG) dibandingkan tanpa vortex generator ( $T_w$ -NVG). Rata-rata  $T_w$ -VG dan  $T_w$ -NVG masing-masing sebesar  $51,42\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $58,06\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Suhu aliran udara merupakan campuran suhu udara yang masuk dari luar dan suhu uap air yang diuapkan. Suhu aliran udara umumnya lebih rendah dengan vortex generator ( $T_{ev}$ -VG) dibandingkan tanpa vortex generator ( $T_{ev}$ -NVG). Meskipun  $T_{ev}$ -VG lebih rendah dari  $T_{ev}$ -NVG, perbedaan antara suhu air dan uap di unit desalinasi dengan vortex generator lebih besar daripada perbedaan antara suhu air dan uap di unit desalinasi tanpa vortex generator. Vortex generator; perbedaannya masing-masing adalah  $25,72\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $21,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Perbedaan suhu ini sebanding dengan perbedaan tekanan (4) dan mendorong penguapan.  $T_c$ -VG lebih rendah dibandingkan  $T_c$ -NVG, rata-rata perbedaan suhu tersebut adalah  $2,36\text{ }^{\circ}\text{C}$ , karena  $T_{ev}$ -VG yang masuk ke kondensor lebih rendah dibandingkan  $T_{ev}$ -NVG. Suhu saat evaporasi yang diprediksi oleh simulasi tidak berbeda jauh dengan suhu yang tercatat pada eksperimen, seperti terlihat pada Gambar 8.



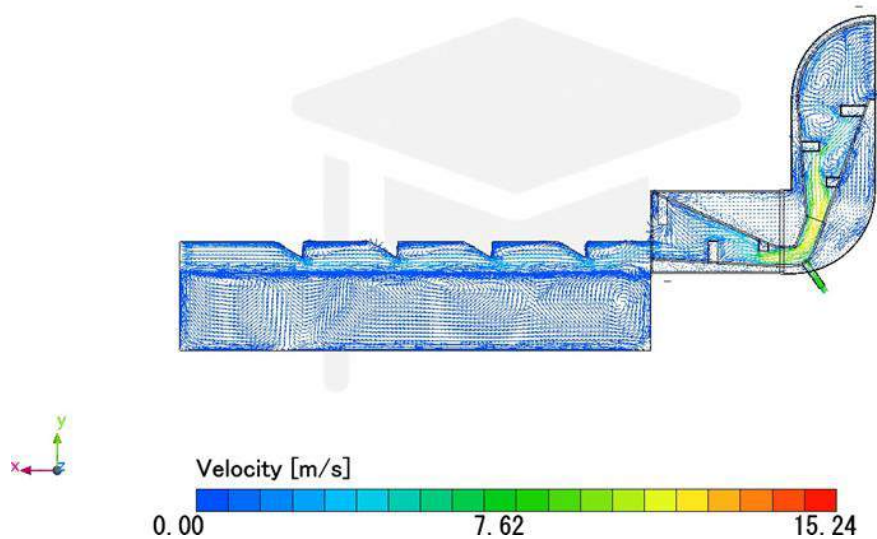


**Gambar 8.** Distribusi suhu tanpa (A) dan dengan generator pusaran (B)

Seperti ditunjukkan pada Gambar 8, suhu permukaan air dengan vortex generator sekitar 50 °C; suhunya sekitar 55 °C tanpa generator pusaran. Kecepatan aliran udara meningkat di sekitar ujung vortex generator, sehingga menurunkan suhu air. Peningkatan kecepatan aliran udara ini dapat dilihat pada Gambar 9.

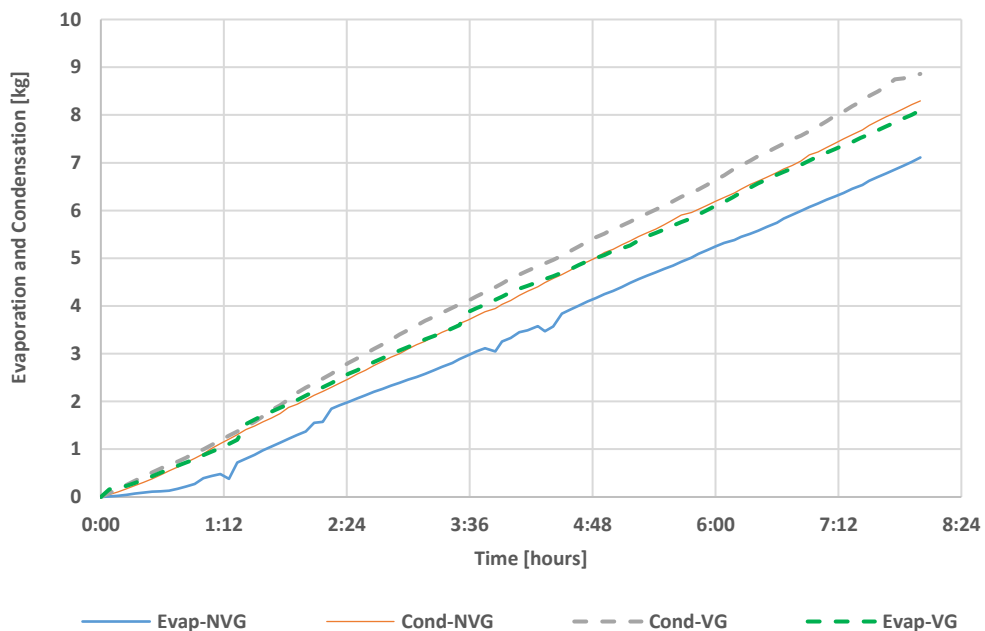






**Gambar 9.** Kecepatan aliran udara tanpa (A) dan dengan vortex generator (B)

Seperti ditunjukkan pada Gambar 9, laju aliran udara tanpa vortex generator adalah sekitar 2,28 m/s; tanpa vortex generator, kecepatan udara cenderung tetap konstan di seluruh ruang penguapan. Dengan adanya vortex generator, kecepatan aliran udara meningkat di sekitar ujung vortex generator. Peningkatan kecepatan ini menyebabkan penurunan tekanan udara di ujung vortex generator; penurunan ini tidak terjadi tanpa vortex generator (5). Pergeseran ini meningkatkan perbedaan tekanan udara, mendorong penguapan lebih cepat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Evaporasi dan kondensasi dengan (Evap-VG dan Cond-VG) dan tanpa (Evap-NVG dan Cond-NVG) vortex generator

Gambar 10 mengilustrasikan evaporasi dan kondensasi dengan (Evap-VG dan Cond-VG) dan tanpa (Evap-NVG dan Cond-NVG) vortex generator. Evap-VG secara konsisten lebih besar dari Evap-NVG; rata-rata perbedaannya 1,13 kali lebih besar. Kondensasi juga lebih besar dengan vortex generator; kelembaban relatif rata-rata setelah penguapan adalah 56,5% tanpa vortex generator dan

67,6% dengan vortex generator. Dengan vortex generator, 91% kondensasi menguap; tanpanya, hanya 86% kondensasi yang menguap. Dengan demikian, unit desalinasi dengan vortex generator menghasilkan lebih banyak uap air dibandingkan tanpa vortex generator. Bilangan Reynolds (Re) juga lebih tinggi dengan adanya vortex generator sebesar 11,259.23 dibandingkan tanpa vortex generator sebesar 5,236.37, yaitu 1.15 kali lebih tinggi. Bilangan Reynolds yang lebih tinggi menunjukkan lebih banyak vortisitas yang berputar berlawanan pada berbagai jarak ( $\delta$ ), yang menyebabkan penguapan lebih cepat.

Seperti disebutkan di atas, lebih banyak kondensasi menyebabkan penguapan lebih cepat. Hasil eksperimen ini juga selaras dengan simulasi. Karena hasil uap air lebih tinggi dengan generator pusaran dibandingkan tanpa generator pusaran, maka unit desalinasi dengan generator pusaran lebih efisien dibandingkan tanpa generator pusaran (Tabel 3).

**Tabel 3 Sistem Efisiensi**

	VG	NVG
Efisiensi	76.1%	66.4%

Seperti terlihat pada Tabel 3, unit desalinasi dengan Vortex Generator 1,14 kali lebih efisien dibandingkan unit tanpa vortex generator. Oleh karena itu, vortex generator sangat berguna untuk meningkatkan laju penguapan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa vortex generator meningkatkan laju penguapan. Pada unit dengan generator vorteks, penguapan terjadi 1,13 kali lebih cepat dibandingkan tanpa generator vorteks. Artinya, lebih banyak air tawar yang dihasilkan. Dengan demikian, vortex generator dapat meningkatkan efisiensi unit desalinasi. Dalam eksperimen ini, efisiensi meningkat dari 66,4% pada unit tanpa vortex generator menjadi 76,1% dengan vortex generator. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa vortex generator dapat meningkatkan kinerja peralatan desalinasi.

Data dan hasil penelitian di atas diolah dan analisa untuk mencapai luaran/*outcome* pada penelitian ini. Capaian luaran wajib sampai saat ini masih dalam proses perbaikan review, sedangkan luaran tambahan masih dalam proses review.

**D. STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui BIMA.

Jenis luaran wajib yang dijanjikan pada penelitian ini berupa publikasi pada jurnal internasional terindeks scopus Q3 sesuai yang dijanjikan pada proposal. Luaran wajib yang dipublish berjudul **Improving the performance of a forced-flow desalination unit using a vortex generator** dengan status perbaikan hasil reviewer pada jurnal CFD Letters dengan nomor ISSN: 2180-1363, scopus sebagai lembaga pengindek dengan url jurnal [https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD\\_Letters/index](https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD_Letters/index) .

Luaran tambahan yang dipublish berjudul **Effect of Geometry and Distance of Radial Vortex Generators on Thermal Enhancement Factor** dengan status masih pada proses review pada jurnal International Information and Engineering Technology Association (IIETA) dengan nomor ISSN: 0392-8764, dengan lembaga pengindek scopus, <https://www.iieta.org/Journals/IJHT> .

**E. PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUP). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui BIMA.

Skema penelitian yang diambil pada penelitian ini adalah penelitian fundamental reguler sehingga tidak ada realisasi kerjasama dan kontribusi mitra. *In kind* yang didapat hanya sarana dan prasarana dari Fakultas Teknologi Industri dan Informatika untuk laboratorium simulasi dan laboratorium/bengkel manufaktur.

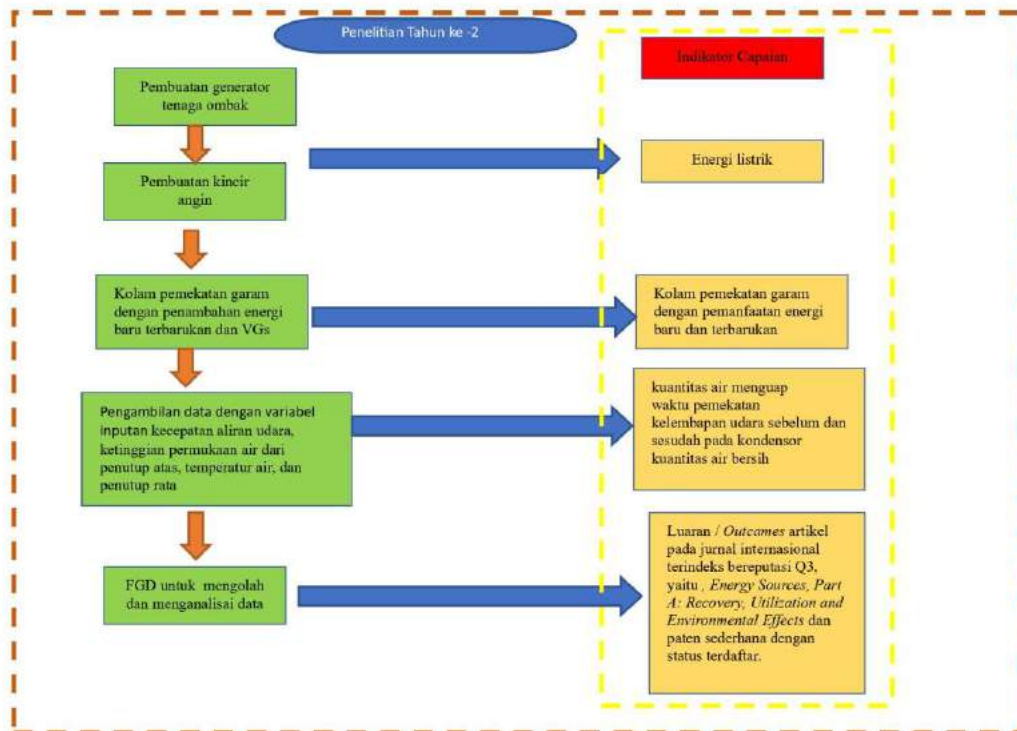
**F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian ini untuk mencapai luaran yang dijanjikan antara lain keterbatasan data yang didapat baik dari hasil simulasi ataupun eksperimen. Hal itu disebabkan terjadi kegagalan sebanyak dua kali dalam uji grid indepenence yang tidak mencapai konvergen, kebocoran bak penampung pada saat pengambilan data eksperimen sehingga volume penguapan maupun air tawar sangat menyimpang dari hasil simulasi, hasil validasi yang valid, dan jadwal yang diajukan pada proposal tidak sesuai dengan sistem (pada jadwal diproposal yang telah disetujui dimana bulan september merupakan bulan untuk mengolah dan menganalisa data). Akibat dari faktor – faktor tersebut menyebabkan penambahan waktu sehingga banyak kegiatan diselesaikan tidak sesuai pada waktu yang telah direncanakan. Pada laporan akhir ini, terjadi keterlambatan pada pelaporan dan pembuatan luaran yang berupa artikel ilmiah baik luaran wajib maupun luaran tambahan. Selain itu website publikasi jurnal tambahan yang dijanjikan pada proposal mengalami gangguan sehingga untuk luaran tambahan terjadi perubahan tempat penerbitan.

**G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA:** Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Setelah melakukan dua tahapan pada tahun pertama dengan indikator capaian yang telah tercapai mulai dari rancangan produk uji, hasil simulasi, dan hasil eksperimen maka pada tahun kedua dilakukan tahap ketiga dengan rencana penelitian seperti terlihat pada gambar 11 bagan di bawah ini. Pada tahap ini, menggunakan kolam pemekatan yang berupa *solar still* hasil tahun pertama dengan memanfaatkan energi baru terbarukan berupa tenaga ombak dan angin pada skala laboratorium. Untuk itu, akan dilakukan pembuatan generator ombak dan kincir angin sebagai energi tambahan untuk mempercepat proses penguapan pada kolam pemekatan garam yang berupa (*solar still*) dan mempercepat proses kondensasi untuk memproduksi air bersih. Ombak yang menyimpan energi kinetik jumlah besar akan dikonversikan menjadi energi listrik untuk menggerakkan generator. Begitu juga angin yang akan digunakan untuk menggerakkan kincir angin menghasilkan energi listrik. Indikator target capaian pada kegiatan ini adalah variabel optimum skala laboratorium dengan penambahan energi ombak dan angin untuk mendapatkan kuantitas penguapan, kelembapan, dan waktu pemekataan dengan variabel kecepatan angin, temperatur, dan tinggi permukaan yang sangat optimum. Rencana realisasi luaran pada tahun kedua adalah publikasi pada jurnal internasional terindeks scopus, Q3, *Energy Sources, Part A:*

Recovery, Utilization and Environmental Effects (<https://www.tandfonline.com/toc/ueso20/current>) dan paten sederhana dengan status terdaftar.



**Gambar 11.** Bagan Rencana Penelitian dan Indikator Capaian

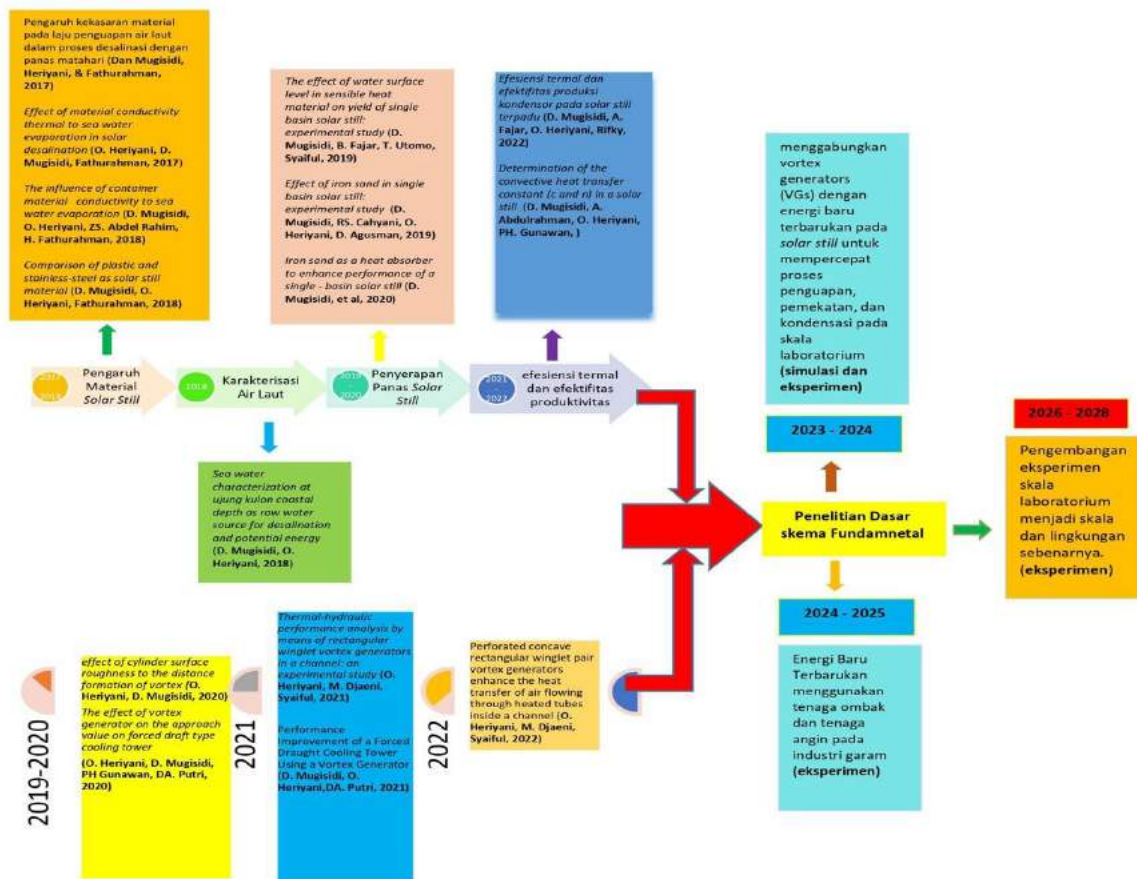
Tahapan – tahapan pada tahun kedua ini terjadwal pada rencana pelaksanaan penelitian di bawah ini.

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Pembuatan generator tenaga ombak	■	■										
2	Pembuatan kincir angin	■	■										
3	Modifikasi kolam pemekatan dengan penambahan energi baru terbarukan dan VGs			■	■								
4	Pengambilan data (kuantitas penguapan, kelembapan, dan waktu pemekataan dengan variabel kecepatan angin, temperatur, dan tinggi permukaan)					■	■	■					
5	FGD (mengolah dan menganalisa data)							■	■				
6	Pembuatan luaran (jurnal internasional bereputasi terindeks dan paten sederhana)										■	■	■
7	Pembuatan laporan										■	■	■

Penelitian awal karakterisasi air laut menunjukkan bahwa air laut di pesisir pantai Indonesia banyak mengandung garam Chloride, Sodium, Sulfate dan Flouride (7). Selain itu, penelitian awal yang telah dilakukan pada *solar still* menunjukkan bahwa material (8–10), penyerap panas (11,12), ketinggian air (13) dan kondensor pada *solar still* (14) mempengaruhi produktifitas *solar still*. Sementara itu, penelitian awal mengenai vortex generators juga telah dilakukan (15–19). Penelitian terdahulu dalam *solar still* dan vortex generator menjadi dasar untuk melanjutkan penelitian dengan menggabungkan vortex generators dengan *solar still* untuk



menghasilkan air tawar dan garam sebagaimana ditampilkan pada peta jalan (*roadmap*) penelitian berikut ini.



Gambar 12. Roadmap penelitian

**H. DAFTAR PUSTAKA:** Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Hamad A, Aftab SMA, Ahmad KA. Reducing flow separation in T-junction pipe using Vortex Generator: CFD study. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*. 2018;44(1):36–46.
2. Shoeibi S, Rahbar N, Esfahlani AA, Kargarsharifabad H. Energy matrices, exergoeconomic and enviroeconomic analysis of air-cooled and water-cooled solar still: Experimental investigation and numerical simulation. *Renew Energy* [Internet]. 2021;171:227–44. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.081>
3. Gnanavel C, Saravanan R, Chandrasekaran M. CFD analysis of solar still with PCM. *Mater Today Proc* [Internet]. 2020;37(Part 2):694–700. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.638>
4. Sellami MH, Touahir R, Guemari S, Loudiyi K. Use of Portland cement as heat storage medium in solar desalination. *Desalination* [Internet]. 2016;398:180–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2016.07.027>
5. Ramakrishnan R, Arumugam R. Optimization of operating parameters and performance evaluation of forced draft cooling tower using response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN). *Journal of Mechanical Science and Technology* [Internet]. 2012;26(5):1643–50. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/257774841\\_Optimization\\_of\\_operating\\_parameters\\_](https://www.researchgate.net/publication/257774841_Optimization_of_operating_parameters_)

and\_performance\_evaluation\_of\_forced\_draft\_cooling\_tower\_using\_response\_surface\_metho  
dology\_RSM\_and\_artificial\_neural\_network\_ANN

6. OYAKAWA K, FURUKAWA Y, TAIRA T, SENAHA I, NAGATA T. Effects of Vortex Generators on Heat Transfer Enhancement in A Duct. In: *Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics 1993*. 1993.
7. Mugisidi D, Heriyani O. Sea Water Characterization at Ujung Kulon Coastal Depth as Raw Water Source for Desalination and Potential Energy. In: *The 2nd International Conference on Energy, Environmental and Information System (ICENIS 2017)* [Internet]. 2018 [cited 2018 Apr 25]. Available from: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/06/e3sconf\\_icenis2018\\_02005.pdf](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/06/e3sconf_icenis2018_02005.pdf)
8. Mugisidi D, Heriyani O, Abdel-Rehim ZS, Fathurohman H. The influence of container material conductivity to sea water evaporation. In: *AIP Conference Proceedings*. 2018.
9. Mugisidi D, Heriyani O, Fathurahman H. Comparison of plastic and stainless-steel as solar still material. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2018;403(1).
10. Mugisidi D, Agusman D, Heriyani O, Fathurahman Hamdhi. Pengaruh Kekasaran Permukaan terhadap Kecepatan Penguapan Air Laut. 2016.
11. Mugisidi D, Fajar B, Syaiful S, Utomo T, Heriyani O, Agusman D, et al. Iron Sand as a Heat Absorber to Enhance Performance of a Single-Basin Solar Still. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*. 2020;70(1):125–35.
12. Mugisidi D, Cahyani RS, Heriyani O, Agusman D, Rifky. Effect of Iron Sand in Single Basin Solar Still: Experimental Study. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2019;268(1).
13. Mugisidi D, Fajar B, Utomo T, Syaiful. The Effect of Water Surface Level in sensible heat material on Yield of Single Basin Solar Still: Experimental Study. In: *Journal of Physics: Conference Series*. 2019.
14. Mugisidi D, Fajar A, Heriyani O, Mesin DT, Teknik F, Prof UM. Peningkatan efisiensi dan efektivitas kondensor pada Solar Still. 2022;12(1):19–31.
15. Heriyani O, Mugisidi D, Hilmi I. EFFECT OF CYLINDER SURFACE ROUGHNESS. 2020;94–8.
16. Heriyani O, Mugisidi D, Gunawan PH, Apriliana Putri D. The effect of vortex generator on the approach value on forced draft type cooling tower. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2020;909(1).
17. Heriyani O, Djaeni M, Syaiful . Thermal-Hydraulic Performance Analysis by Means of Rectangular Winglet Vortex Generators in a Channel: An Experimental Study. *European Journal of Engineering and Technology Research*. 2021;6(3):150–3.
18. Mugisidi D, Heriyani O, Gunawan PH, Apriani D. Performance improvement of a forced draught cooling tower using a vortex generator. *CFD Letters*. 2021;13(1):45–57.
19. Heriyani O, Djaeni M, Syaiful, Putri AK. Perforated concave rectangular winglet pair vortex generators enhance the heat transfer of air flowing through heated tubes inside a channel. *Results in Engineering* [Internet]. 2022;16(October):100705. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100705>

<b>Improving the performance of a forced-flow desalination unit using a vortex generator</b>	
<b>Dan Mugisidi<sup>1*</sup>, Oktarina Heriyani<sup>1</sup></b>	
1. Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr HAMKA, Indonesia	
<p>Received XX-XXXX-XXXX  Received in revised form XX-XXXX-XXXX  Accepted XX-XXXX-XXXX  Available online XX-XXXX-XXXX</p>	<p>Water is a primary need for living creatures, and water scarcity can trigger a crisis. Water scarcity is becoming an issue in Indonesia, especially in coastal village areas, including in salt-producing areas. Salt production involves evaporating large amounts of seawater in concentration ponds. Using evaporated seawater as a source of clean water would reduce the risk of water scarcity. Therefore, this study aims to obtain fresh water by condensing water vapour that has been evaporated in a desalination unit. More specifically, the study uses a vortex generator to increase the rate and efficiency of evaporation in a forced-flow desalination unit. This research was conducted indoors to reduce uncontrollable variables. An evaporation container with a volume of 0.35 m<sup>3</sup> was filled with sea water. The rate of evaporation in the desalination unit with a vortex generator was compared to that in a unit without a vortex generator. The results show that the vortex generator leads to faster evaporation. The rate of evaporation with a vortex generator was 1.13 times higher than that without a vortex generator, and evaporation efficiency was also increased 1.14 times with the vortex generator. Therefore, it can be concluded that vortex generators can improve the performance of desalination equipment.</p>
<b>Keywords:</b>	Desalination; evaporation; solar still; condenser; vortex generator

## 1. Introduction

Humans and other living creatures need water to live. As the global population increases, the need for water will increase as well; a global population increase of 15% will reduce the amount of available fresh water by 40% [1]. Without changes to the use and treatment of water, this will lead to water scarcity [2], which is predicted to impact half of the world's population by 2025 [3]. Water is so important that it can raise issues related to human rights, politics and even racism [4]. Since physical water scarcity is often associated with agricultural production, growing human populations and state sovereignty, it is almost certain that water scarcity will trigger various crises [5]. In addition to being a global threat, water scarcity has become an urgent issue in specific parts of the world, including Indonesia.

Indonesia, an archipelagic country, has the longest coastline in the world, so many people live in coastal areas. Unfortunately, coastal village communities often experience severe water scarcity. There are 12,827 coastal villages throughout Indonesia, and only 66.54% of these have regular access to clean water. Thus, coastal villagers use turbid and salty water for daily needs, such as washing and bathing, and buy drinking water [6]; many members of these coastal village communities are salt farmers.

There is a high demand for salt in Indonesia. The Indonesian salt industry still uses traditional mining methods, which involves injecting seawater into ponds and evaporating it. Evaporation of sea water in

concentration ponds is very dependent on water surface pressure and temperature [7]. Therefore, if the sun's heat is blocked or the wind is still, the rate of evaporation is slowed. However, making salt requires evaporating large amounts of water.

The water evaporated in the concentrating pool is not collected; it evaporates into the environment and rejoins seawater, which has a salinity of 30–45‰ or 3–4.5 °Be [8]. To concentrate 1,000 litres of seawater to 30–45 °Be, about 900 litres of seawater must be evaporated. A concentration pool for salt mining can contain up to 10,000 litres of seawater, which undergoes a concentration process lasting four to five days [8]. Collecting and condensing this evaporated seawater could provide 9,000 litres of clean water. A large amount of this water could then be used by villagers. Thus, the ability to collect and use the water that evaporates from the salt fields would significantly benefit Indonesia's coastal villages. However, recovering moisture from the salt fields without reducing salt production is a challenge. Little research has been done on the use of desalination to produce fresh water and salt [9]. A simpler solution would be to evaporate the seawater in evaporation chambers similar to solar stills.

A solar still is a simple device that uses the greenhouse effect [10] to convert salt water or waste water into clean water by evaporating and recondensing it [11]. A solar still can produce up to 200 m<sup>3</sup> of fresh water per day [12], and various studies have explored ways to increase the productivity of solar stills [13]. Methods for increasing the production of a solar still fall into four categories: hybrid solar stills, stills with added reflectors and concentrators, stills with added condensers, and stills with added absorbers. Several types of absorbers can increase the productivity of solar stills. These approaches include changing the type of heat absorber [14], [15], using a wick [16]–[19], using fins [20]–[22], adding reflectors [23]–[25] and adding a heat collector. Furthermore, according to Nasri [26], solar still heat absorbers can use materials such as gravel, sand or polyurethane, and it is easy to add such materials to speed the evaporation process. The expansion of the absorber increases the water temperature, while the addition of a condenser increases the heat absorption capabilities of the water vapour. Increasing the rate of air flow over the surface of the water also increases the rate of evaporation. The air flow causes the pressure above the water surface to decrease, resulting in evaporation [27]. Some studies have used increased air flow in solar stills to increase the rate of evaporation [28], [29] but so far, no solar still has used a vortex generator to increase the rate of evaporation.

A vortex generator reduces air pressure, thereby increasing the pressure difference between the surface of the water and the air above it. This pressure difference is the driving force for evaporation [30]. A vortex generator also increases heat transfer [31] by creating turbulence and vortices [32]. Vortex generators can increase heat transfer in cooling tower ducts [33] by increasing the speed of air flow around the tip of the vortex generator [34]. An increase in flow velocity creates vortices, lowering the surface pressure of the water and increasing the rate of evaporation. Thus, the present study aims to explore the impact of air flow on evaporation and condensation in salt field desalination units using vortex generator. Therefore, various amounts of air flow were tested with a constant water temperature. Each variation in air flow underwent two treatments, one without a vortex generator (NVG) and one with a vortex generator (VG). In addition, a condenser is used to condense water vapor since in previous studies prove that the addition of internal and external condensers has been shown to increase the efficiency of solar stills [35]–[43]. Solar still efficiency can also be increased by expanding the condensation surface [44]; increasing the condensation surface by 7.5 times increases fresh water production by more than 50% [45]. Specifically, this paper examines the impact of a vortex generator on the rate of evaporation in a forced-flow desalination unit.

## **2. Methods**

### *A. Experimental Setup*

This research was conducted indoors to reduce uncontrolled variables [46], as shown in Fig. 1. Three lamp units with a total power of 3,000 watts were used to maintain solar radiance at 500 watts/m<sup>2</sup>. As shown in the research scheme (Fig. 1.), water was pumped from the water reservoir to the water level



**Fig. 1.** Forced-flow desalination experimental rig

control, which was connected to the evaporation chamber. Thus, the water level in the evaporation chamber remained the same as that in the water level control. The evaporation chamber holds 350 litres of water. The water level control has an overflow channel, and the water level is determined by the height of the overflow. The water emerging from the overflow flows back into the seawater reservoir. When evaporation occurs in the evaporation chamber, water from the water level control flows into the evaporation chamber to equalize the level. Because the water level is maintained by the overflow, the reduction in water volume or weight in the seawater reservoir is proportional to the volume of the water that evaporates in the evaporation chamber. In addition to water circulation, the system also includes air flow. The direction of air flow is shown by the arrow in Figure 1. The air flow, at a rate of 1 m/s, is caused by fan suction. Air flow was tested in a desalination unit with (D-VG) and without (D-NVG) a vortex generator. The vortex generator was attached to the top cover of the evaporation container so that it could be removed and replaced with a cover that did not include a vortex generator. The vortex generator is 9.4 mm high and was mounted on the inside of the glass cover. The ratio of the height vortex generator to that of the glass cover is 0.47 [47]; the width of the vortex generator is the same as that of the glass cover. The first vortex generator was placed 286 mm from the air inlet, and the second vortex generator was placed 286 mm from the first. Thus, the longitudinal pitch ratio of the distance between the vortex generators to the length of the cover was 0.2 [48]. Four vortex generators were used, all placed 286 mm apart. Data were collected every five minutes. A simulation of the system was also conducted using computational fluid dynamics (CFD).





Table 1	
Grid independence test	
No. of element	Water level
169851	1.007815
276986	0.976572
350756	0.885430
494312	0.799841
509258	0.799853

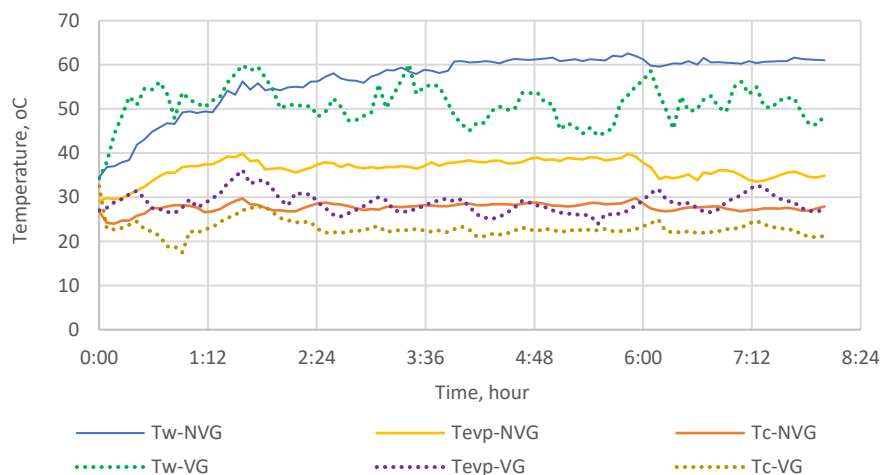
Data were collected using the tools listed in Table 2.

**Table 2**  
Tools used in the study

No.	Factor	Tools	Specification
1	Temperature	Thermometer	40–400 °C, 0.09%
2	Solar radiance	Solar meter	0–2000 W/m <sup>2</sup>
3	Wind velocity	Wind meter	0–30 m/s
4	Relative humidity	Hygrometer	10%–99%
5	Weight	Digital balance	0–20 kg ± 0,1

### 3. Results

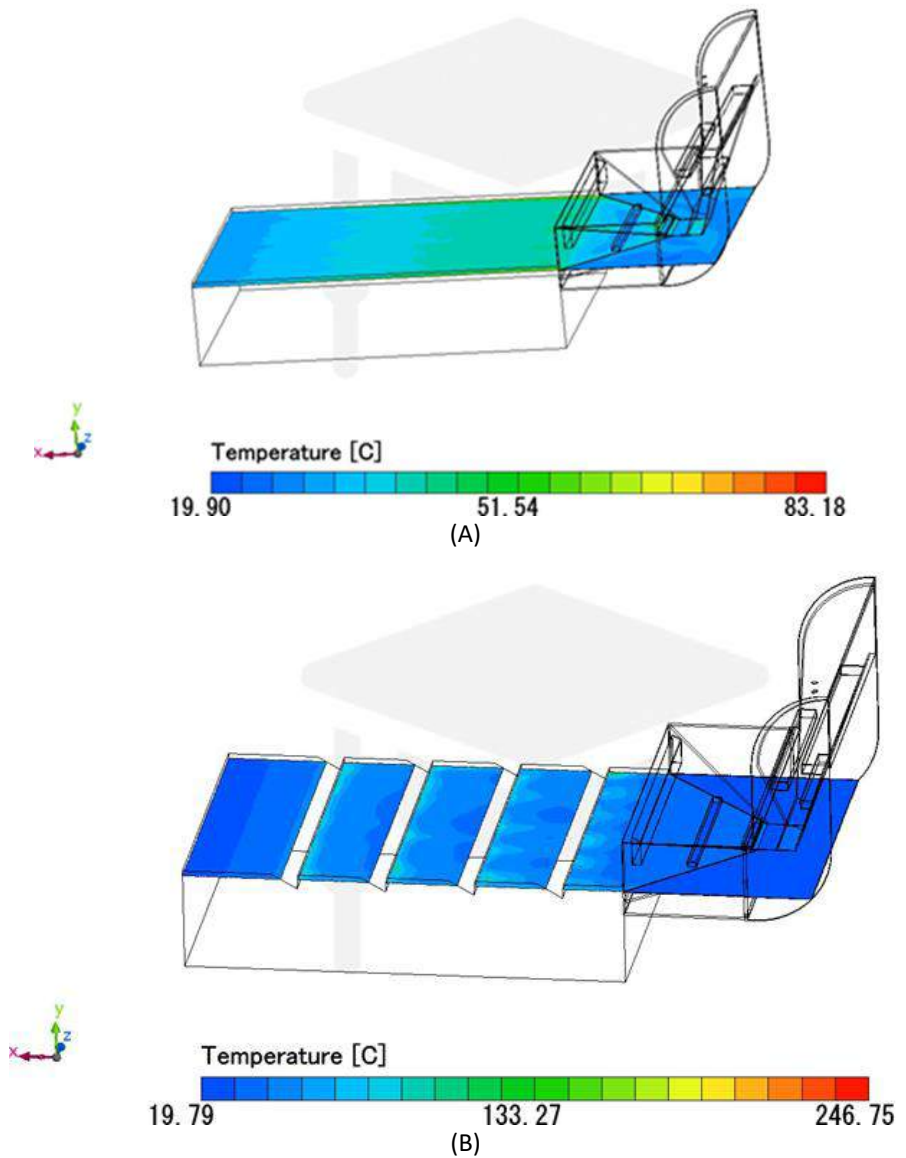
The temperature of the water and of the air flowing over the water significantly impact the rate of evaporation, while the condenser temperature determines the amount of water vapour that can be condensed, as shown in Fig. 4.



**Fig. 4.** Water temperature ( $T_w$ ), air flow temperature ( $T_{ev}$ ) and condenser temperature ( $T_c$ ) in the desalination units with ( $T_w$ -VG,  $T_{ev}$ -VG and  $T_c$ -VG) and without a vortex generator ( $T_w$ -NVG,  $T_{ev}$ -VG and  $T_c$ -VG)

As shown in Fig. 4, the water temperature was lower with a vortex generator ( $T_w$ -VG) than without it ( $T_w$ -NVG). The average  $T_w$ -VG and  $T_w$ -NVG were 51.42 °C and 58.06 °C, respectively. The air flow

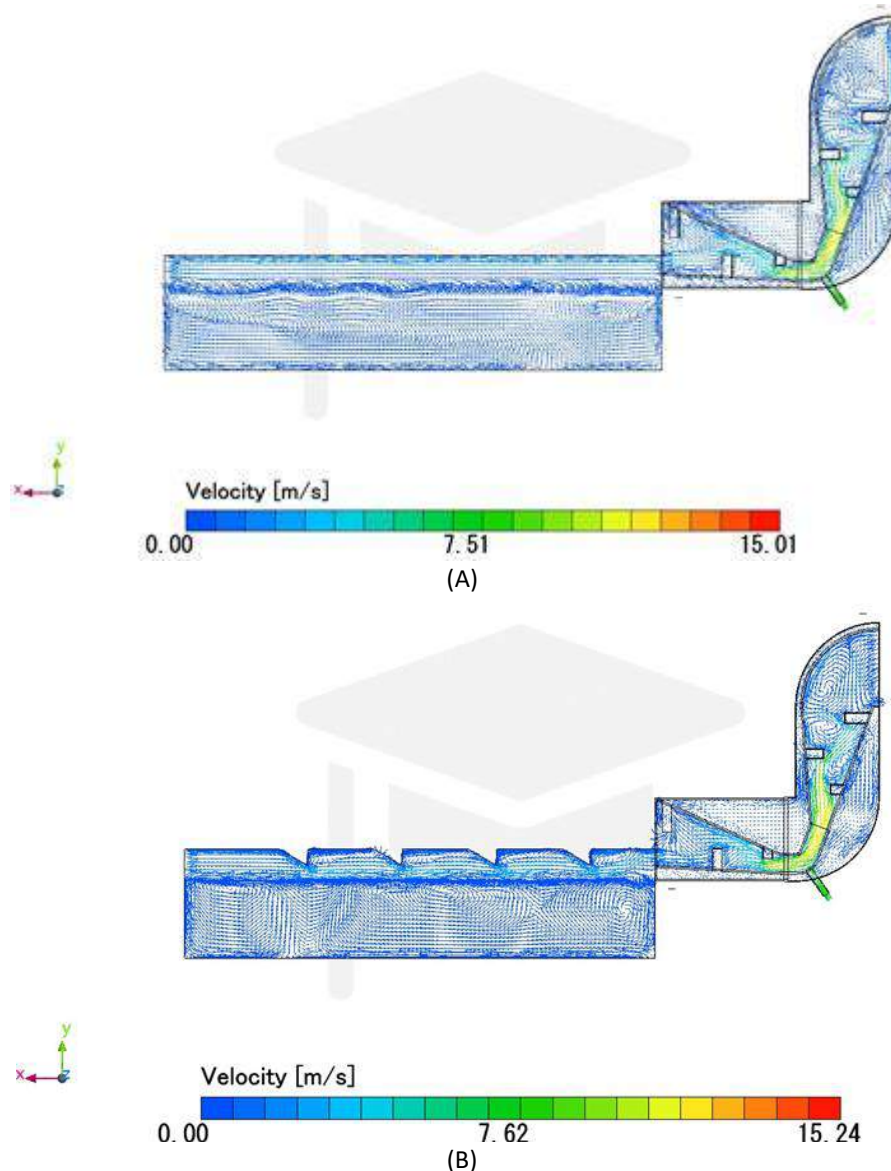
temperature is a mix of the temperature of the air entering from outside and the temperature of the evaporated water vapour. The temperature of air flow was generally lower with the vortex generator (Tev-VG) than without it (Tev-NVG). Although Tev-VG was lower than Tev-NVG, the difference between the temperature of the water and that of the vapour in the desalination unit with the vortex generator was greater than the difference between the temperature of the water and the vapour in that without the vortex generator; these differences are 25.72 °C and 21.18°C, respectively. This temperature difference is proportional to the pressure difference [30] and promotes evaporation. Tc-VG was lower than Tc-NVG, the average difference between these temperatures was 2.36 °C, because Tev-VG entering the condenser is lower than Tev-NVG. The temperature during evaporation predicted by the simulation does not differ much from the temperature recorded in the experiment, as shown in Fig. 5.



**Fig. 5.**Temperature distribution without (A) and with a vortex generator (B)

As shown in Figure 5, the temperature of the water surface with a vortex generator is about 50 °C; it is about 55 °C without the vortex generator. The speed of air flow increases around the tip of the vortex generator, reducing the water temperature. This increase in air flow speed can be seen in Fig. 6.





**Fig. 6.** Air flow velocity without (A) and with a vortex generator (B)

As shown in Fig. 6, the rate of air flow without the vortex generator was about 2.28 m/s; without the vortex generator, air speed tends to remain constant throughout the evaporation chamber. With a vortex generator, air flow speed increases around the tip of the vortex generator. This increase in speed causes a drop in air pressure at the tip of the vortex generator; this drop does not occur without the vortex generator [56]. This shift increases the difference in air pressure, encouraging faster evaporation, as shown in Figure 7.

Figure 7 illustrates evaporation and condensation with (Evap-VG and Cond-VG) and without (Evap-NVG and Cond-NVG) the vortex generator. Evap-VG was consistently greater than Evap-NVG; on average, the difference was 1.13 times greater. Condensation was also greater with the vortex generator; the average relative humidity after evaporation was 56.5% without the vortex generator and 67.6% with it. With the vortex generator, 91% of the condensation evaporated; without it, only 86% of the condensation evaporated. Thus, the desalination unit with the vortex generator created more water vapour than the one without a vortex generator. The Reynolds number ( $Re$ ) was also higher with a vortex generator than without it. Without a vortex generator,  $Re$  was 5.236.37; with it,  $Re$  was

11,259.23, 1.15 times greater. A higher Reynolds number indicates more counter-rotating vortices at various distances [57], which leads to faster evaporation.

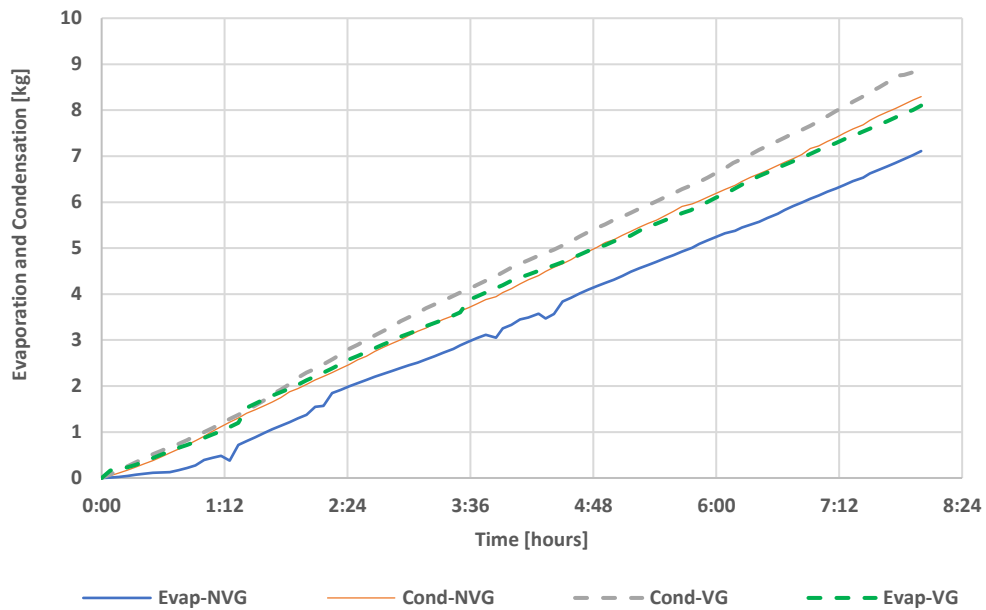


Fig. 7. Evaporation and condensation with (Evap-VG and Cond-VG) and without (Evap-NVG and Cond-NVG) a vortex generator

As mentioned above, more condensation leads to faster evaporation. This finding also aligned with the simulation. Since the yield of water vapour is higher with the vortex generator than without it, the desalination unit with the vortex generator is more efficient than the one without (Table 3).

**Table 3**  
System efficiency

	VG	NVG
Efficiency	76.1%	66.4%

As shown in Table 3, the desalination unit with the vortex generator is 1.14 times more efficient than the unit without the vortex generator. Therefore, a vortex generator is very useful for increasing the rate of evaporation.

#### 4. Conclusions

The results of this study show that a vortex generator increases the rate of evaporation. In the unit with a vortex generator, evaporation occurred 1.13 times faster than without a vortex generator. This means that more fresh water was produced. Thus, a vortex generator can increase the efficiency of a desalination unit. In this study, efficiency increased from 66.4% in a unit without a vortex generator to 76.1% with one. Therefore, it can be concluded that vortex generators can improve the performance of desalination equipment.

## Acknowledgement

This research has been funded by a grant from Menristekdikti (1422/LL3/AL.04/2023) and supported by the Office of Research and Development at Universitas Muhammadiyah Prof. Dr HAMKA (164/F.03.07/2023).

## References

- [1] J. Schewe, J. Heinke, D. Gerten, I. Haddeland, and N. W. Arnell, "Multimodel assessment of water scarcity under climate change," in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2014, vol. 111, no. 9, pp. 3245–50, doi: 10.1073/pnas.1222460110.
- [2] B. Sivakumar, "Water crisis: From conflict to cooperation—an overview," *Hydrological Sciences Journal*, vol. 56, no. 4, pp. 531–52, June 2011, doi: 10.1080/02626667.2011.580747.
- [3] UNICEF, "Water scarcity," 2020. [Online]. Available: <https://www.unicef.org/wash/water-scarcity> [Accessed 5 Aug., 2022].
- [4] B. J. Pauli, "The Flint water crisis," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, vol. 7, no. 3, May 2020, doi: 10.1002/WAT2.1420.
- [5] N. R. Bond, R. M. Burrows, M. J. Kennard, and S. E. Bunn, "Water scarcity as a driver of multiple stressor effects," in *Multiple Stressors in River Ecosystems: Status, Impacts and Prospects for the Future*, Elsevier, 2018, pp. 111–29, doi: 10.1016/B978-0-12-811713-2.00006-6.
- [6] LIPI, "Indonesia Negeri Tropis, Tapi Krisis Air Bersih di Kawasan Pesisir Terjadi?" [Online]. Available: <http://lipi.go.id/lipimedia/Indonesia-Negeri-Tropis-Tapi-Krisis-Air-Bersih-di-Kawasan-Pesisir-Terjadi/20218> [Accessed 5 Aug. 2022].
- [7] G. Guntur, A. A. Jaziri, A. A. Prihanto, D. M. Arisandi, and A. Kurniawan, "Development of salt production technology using prism greenhouse method," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 106, no. 1, pp. 0–6, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/106/1/012082.
- [8] C. M. Sartono *et al.*, "Konversi Tonase Air dengan Berat Garam [Conversion of water tonase with the weight of salt]," 2013. [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquaresTembalangSemarang50275Telp/Fax>.
- [9] J. Xu *et al.*, "Solar-driven interfacial desalination for simultaneous freshwater and salt generation," *Desalination*, vol. 484, December 2019, p. 114423, 2020, doi: 10.1016/j.desal.2020.114423.
- [10] S. A. Kalogirou, "Solar thermal collectors and applications," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 30, no. 3, pp. 231–95, 2004, doi: 10.1016/j.pecs.2004.02.001.
- [11] A. E. Kabeel and S. A. El-Agouz, "Review of researches and developments on solar stills," *Desalination*, vol. 276, no. 1–3, pp. 1–12, 2011, doi: 10.1016/j.desal.2011.03.042.
- [12] L. García-Rodríguez, "Seawater desalination driven by renewable energies: A review," *Desalination*, vol. 143, no. 2, pp. 103–13, 2002, doi: 10.1016/S0011-9164(02)00232-1.
- [13] K. Rabhi, R. Nciri, F. Nasri, C. Ali, and H. Ben Bacha, "Experimental performance analysis of a modified single-basin single-slope solar still with pin fins absorber and condenser," *Desalination*, vol. 416, pp. 86–93, 2017, doi: 10.1016/j.desal.2017.04.023.
- [14] P. K. Srivastava and S. K. Agrawal, "Experimental and theoretical analysis of single sloped basin type solar still consisting of multiple low thermal inertia floating porous absorbers," *Desalination*, vol. 311, pp. 198–205, 2013, doi: 10.1016/j.desal.2012.11.035.
- [15] D. Mugisidi *et al.*, "Iron sand as a heat absorber to enhance performance of a single-basin solar still," *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 70, no. 1, pp. 125–35, 2020, doi: 10.37934/arfmts.70.1.125135.
- [16] Z. Haddad, A. Chaker, and A. Rahmani, "Improving the basin type solar still performances using a vertical rotating wick," *Desalination*, vol. 418, May, pp. 71–78, 2017, doi: 10.1016/j.desal.2017.05.030.
- [17] R. S. Hansen, C. S. Narayanan, and K. K. Murugavel, "Performance analysis on inclined solar still with different new wick materials and wire mesh," *Desalination*, vol. 358, pp. 1–8, 2015, doi: 10.1016/j.desal.2014.12.006.

- [18] P. Pal, P. Yadav, R. Dev, and D. Singh, "Performance analysis of modified basin type double slope multi-wick solar still," *Desalination*, vol. 422, April, pp. 68–82, 2017, doi: 10.1016/j.desal.2017.08.009.
- [19] S. W. Sharshir, M. R. Elkadeem, and A. Meng, "Performance enhancement of pyramid solar distiller using nanofluid integrated with v-corrugated absorber and wick: An experimental study," *Applied Thermal Engineering*, vol. 168, May 2019, p. 114848, 2020, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2019.114848.
- [20] H. K. Jani and K. V. Modi, "Experimental performance evaluation of single basin dual slope solar still with circular and square cross-sectional hollow fins," *Solar Energy*, vol. 179, Nov. 2018, pp. 186–94, 2019, doi: 10.1016/j.solener.2018.12.054.
- [21] A. A. El-Sebaili and E. El-Bialy, "Advanced designs of solar desalination systems: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 49, pp. 1198–212, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.04.161.
- [22] D. Mevada *et al.*, "Effect of fin configuration parameters on performance of solar still: A review," *Groundwater for Sustainable Development*, vol. 10, Oct. 2019, p. 100289, 2020, doi: 10.1016/j.gsd.2019.100289.
- [23] M. R. Karimi Estahbanati, A. Ahsan, M. Feilizadeh, K. Jafarpur, S. S. Ashrafmansouri, and M. Feilizadeh, "Theoretical and experimental investigation on internal reflectors in a single-slope solar still," *Applied Energy*, vol. 165, pp. 537–47, 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.12.047.
- [24] Z. M. Omara, A. E. Kabeel, A. S. Abdullah, and F. A. Essa, "Experimental investigation of corrugated absorber solar still with wick and reflectors," *Desalination*, vol. 381, pp. 111–16, 2016, doi: 10.1016/j.desal.2015.12.001.
- [25] H. Tanaka, "Analyzing the effect of an enlarged flat plate reflector (FPR) on a vertical multiple-effect diffusion solar still's (VMEDS) performance," *Applied Thermal Engineering*, vol. 142, Feb., pp. 138–47, 2018, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.06.054.
- [26] B. Nasri, A. Benatiallah, S. Kalloum, and D. Benatiallah, "Improvement of glass solar still performance using locally available materials in the southern region of Algeria," *Groundwater for Sustainable Development*, vol. 9, Mar., p. 100213, 2019, doi: 10.1016/j.gsd.2019.100213.
- [27] R. Wirangga, D. Mugisidi, A. T. Sayuti, and O. Heriyani, "The impact of wind speed on the rate of water evaporation in a desalination chamber," *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 106, no. 1, pp. 39–50, June 2023, doi: 10.37934/arfmts.106.1.3950.
- [28] H. Fath, S. Elsherbiny, and Gazy, "A naturally circulated humidifying/dehumidifying solar still with a built-in passive condenser," *Desalination*, vol. 169, no. 2, pp. 129–49, 2004, doi: 10.1016/j.desal.2004.08.014.
- [29] A. Boutriaa and A. Rahmani, "Thermal modeling of a basin type solar still enhanced by a natural circulation loop," *Computers and Chemical Engineering*, vol. 101, pp. 31–43, 2017, doi: 10.1016/j.compchemeng.2017.02.033.
- [30] M. H. Sellami, R. Touahir, S. Guemari, and K. Loudiyi, "Use of Portland cement as heat storage medium in solar desalination," *Desalination*, vol. 398, pp. 180–88, 2016, doi: 10.1016/j.desal.2016.07.027.
- [31] J. S. Yang, M. Jeong, Y. G. Park, and M. Y. Ha, "Numerical study on the flow and heat transfer characteristics in a dimple cooling channel with a wedge-shaped vortex generator," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 136, pp. 1064–78, 2019, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.03.072.
- [32] M. Fiebig, "Vortices, generators and heat transfer," *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 76, no. 2, pp. 108–23, 1998, doi: 10.1205/026387698524686.
- [33] D. Mugisidi, O. Heriyani, P. H. Gunawan, and D. Apriani, "Performance improvement of a forced draught cooling tower using a vortex generator," *CFD Letters*, vol. 13, no. 1, pp. 45–57, 2021, doi: 10.37934/cfdl.13.1.4557.
- [34] M. F. Md Salleh, A. Gholami, and M. A. Wahid, "Numerical evaluation of thermal hydraulic performance in fin-and-tube heat exchangers with various vortex generator geometries arranged in common-flow-down or common-flow-up," *Journal of Heat Transfer*, vol. 141, no. 2, 2019, doi: 10.1115/1.4041832.
- [35] A. E. Kabeel, Z. M. Omara, and F. A. Essa, "Enhancement of modified solar still integrated with external condenser using nanofluids: An experimental approach," *Energy Conversion Management*, vol. 78, pp. 493–98, 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2013.11.013.

- [36] F. A. Essa, M. Abd Elaziz, and A. H. Elsheikh, "An enhanced productivity prediction model of active solar still using artificial neural network and Harris Hawks optimizer," *Applied Thermal Engineering*, vol. 170, no. 115020, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.115020.
- [37] Y. A. F. El-Samadony, A. S. Abdullah, and Z. M. Omara, "Experimental study of stepped solar still integrated with reflectors and external condenser," *Experimental Heat Transfer*, vol. 28, no. 4, pp. 392–404, 2015, doi: 10.1080/08916152.2014.890964.
- [38] A. Al-Hamadani and S. Shukla, "Performance of single slope solar still with solar protected condenser," *Distributed Generation and Alternative Energy Journal*, vol. 28, no. 2, pp. 6–28, 2013, doi: 10.1080/21563306.2013.10677548.
- [39] P. M. Sivaram, S. Dinesh Kumar, M. Premalatha, T. Sivasankar, and A. Arunagiri, "Experimental and numerical study of stepped solar still integrated with a passive external condenser and its application," *Environment, Development and Sustainability*, no. 0123456789, 2020, doi: 10.1007/s10668-020-00667-4.
- [40] H. M. Ahmed and G. Ibrahim, "Thermal performance of a conventional solar still with a built-in passive condenser: Experimental studies," *Journal of Advanced Science and Engineering Research*, vol. 7, no. 3, pp. 1–12, 2017.
- [41] M. M. Belhadj, H. Bouguettaia, Y. Marif, and M. Zerrouki, "Numerical study of a double-slope solar still coupled with capillary film condenser in south Algeria," *Energy Conversion Management*, vol. 94, pp. 245–52, 2015, doi: 10.1016/j.enconman.2015.01.069.
- [42] G. N. Tiwari, A. Kupfermann, and S. Aggarwal, "A new design for a double-condensing chamber solar still," *Desalination*, vol. 114, no. 2, pp. 153–64, 1997, doi: 10.1016/S0011-9164(98)00007-1.
- [43] A. El-Bahi and D. Inan, "Analysis of a parallel double glass solar still with separate condenser," *Renewable Energy*, vol. 17, no. 4, pp. 509–21, 1999, doi: 10.1016/S0960-1481(98)00768-X.
- [44] J. Xiong, G. Xie, and H. Zheng, "Experimental and numerical study on a new multi-effect solar still with enhanced condensation surface," *Energy Conversion Management*, vol. 73, pp. 176–185, 2013, doi: 10.1016/j.enconman.2013.04.024.
- [45] R. Bhardwaj, M. V. Ten Kortenaar, and R. F. Mudde, "Maximized production of water by increasing area of condensation surface for solar distillation," *Applied Energy*, vol. 154, pp. 480–90, 2015, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.05.060.
- [46] A. Kr. Tiwari and G. N. Tiwari, "Effect of the condensing cover's slope on internal heat and mass transfer in distillation: An indoor simulation," *Desalination*, vol. 180, no. 2, pp. 73–88, 2005, doi: 10.1016/j.desa1.2004.12.029.
- [47] Z. Han, Z. Xu, and H. Qu, "Parametric study of the particulate fouling characteristics of vortex generators in a heat exchanger," *Applied Thermal Engineering*, 2020, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2019.114735.
- [48] C. F. Dietz, M. Henze, S. O. Neumann, J. Von Wolfersdorf, and B. Weigand, "The effects of vortex structures on heat transfer and flow field behind arrays of vortex generators," *Journal of Enhanced Heat Transfer*, 2009, doi: 10.1615/JEnhHeatTransf.v16.i2.60.
- [49] A. R. Nadgire, S. B. Barve, and P. K. Ithape, "Experimental investigation and performance analysis of double-basin solar still using CFD techniques," *Journal of the Institution of Engineers (India): Series C*, vol. 101, no. 3, pp. 531–39, 2020, doi: 10.1007/s40032-020-00561-y.
- [50] V. R. Khare, A. P. Singh, H. Kumar, and R. Khatri, "Modelling and performance enhancement of single slope solar still using CFD," *Energy Procedia*, vol. 109, pp. 447–55, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.064.
- [51] M. S. El-Sebaey, A. Ellman, A. Hegazy, and T. Ghonim, "Experimental analysis and CFD modeling for conventional basin-type solar still," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 21, 2020, doi: 10.3390/en13215734.
- [52] T. Yan, G. Xie, H. Liu, Z. Wu, and L. Sun, "CFD investigation of vapor transportation in a tubular solar still operating under vacuum," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 156, p. 119917, 2020, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119917.
- [53] A. Hamad, S. M. A. Aftab, and K. A. Ahmad, "Reducing flow separation in T-junction pipe using vortex generator: CFD study," *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 44, no. 1, pp. 36–46, 2018.
- [54] S. Shoeibi, N. Rahbar, A. A. Esfahlani, and H. Kargarsharifabad, "Energy matrices, exergoeconomic and enviroeconomic analysis of air-cooled and water-cooled solar still: Experimental investigation and

- numerical simulation," *Renewable Energy*, vol. 171, pp. 227–44, 2021, doi: 10.1016/j.renene.2021.02.081.
- [55] C. Gnanavel, R. Saravanan, and M. Chandrasekaran, "CFD analysis of solar still with PCM," *Materials Today: Proceedings*, vol. 37, part 2, pp. 694–700, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.05.638.
- [56] R. Ramakrishnan and R. Arumugam, "Optimization of operating parameters and performance evaluation of forced draft cooling tower using response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN)," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 26, no. 5, pp. 1643–50, 2012, doi: 10.1007/s12206-012-0323-9.
- [57] K. Oyakawa, Y. Furukawa, T. Taira, I. Senaha, and T. Nagata, "Effects of vortex generators on heat transfer enhancement in a duct," in *Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics 1993*, 1993. doi: 10.1016/b978-0-444-81619-1.50075-7.

Dear Dan Mugisidi, Oktarina Heriyani:

CFD Letters URL: [https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD\\_Letters](https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD_Letters)

Submission URL: [https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD\\_Letters/authorDashboard/submission/5385](https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD_Letters/authorDashboard/submission/5385)

Username: {\$participantUsername}

We have reached a decision regarding your submission to CFD Letters, "Improving the performance of a forced-flow desalination unit using a vortex generator".

Our decision is: Revisions Required

Please revise your manuscript as requested in the following comments **AND PLEASE FILL IN THE "RESPONSE TO REVIEWER" [FORM](#)**. Please send the revised manuscript together with the form

**WITHIN TWO WEEKS.**

**Please send the revised manuscript in Microsoft word file BY FOLLOWING THE [CFD Letter template Download](#).**

**Editorial Comments:**

Laboratorium Fakultas Teknologi Industri dan Informatika

***Pemanfaatan Vortex Generators dan Energi Baru Terbarukan untuk  
Peningkatan Produksi Garam dan Air Bersih pada Industri Garam Rakyat***

Dr. Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si / 0301126901

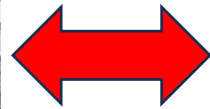
Oktarina Heriyani, S.Si., M.T / 0305067702

Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA  
Tahun 2023



**Keterbaruan:** menggunakan vortex generator di dalam *solar still*

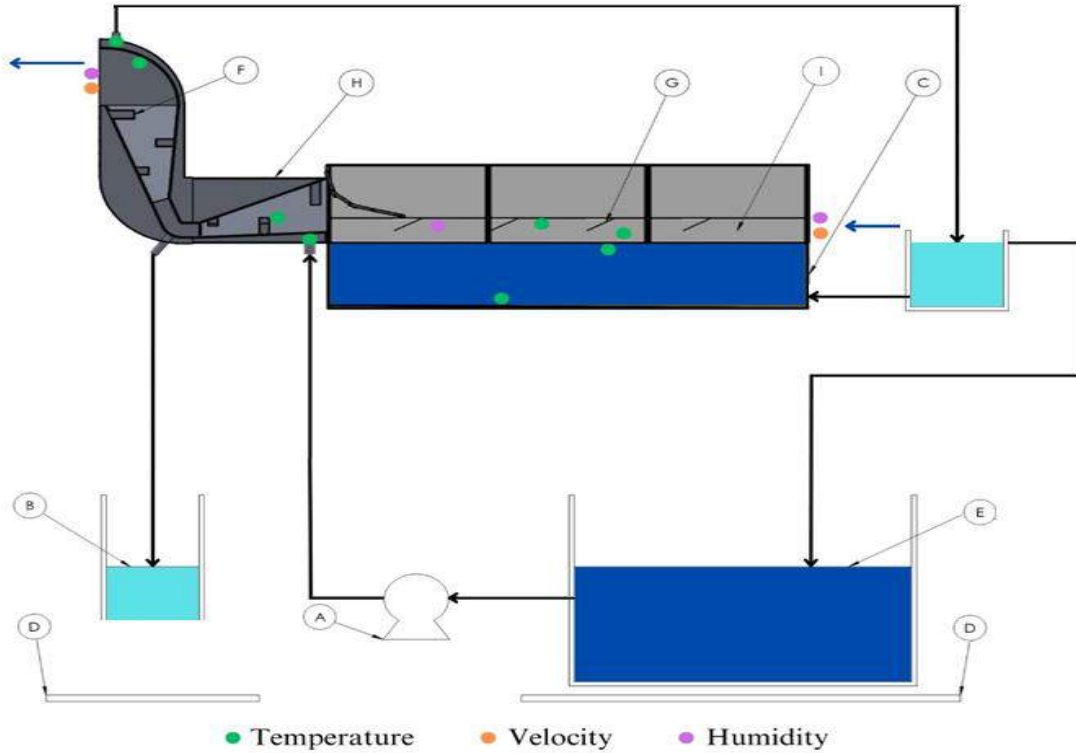
**Latar Belakang:**



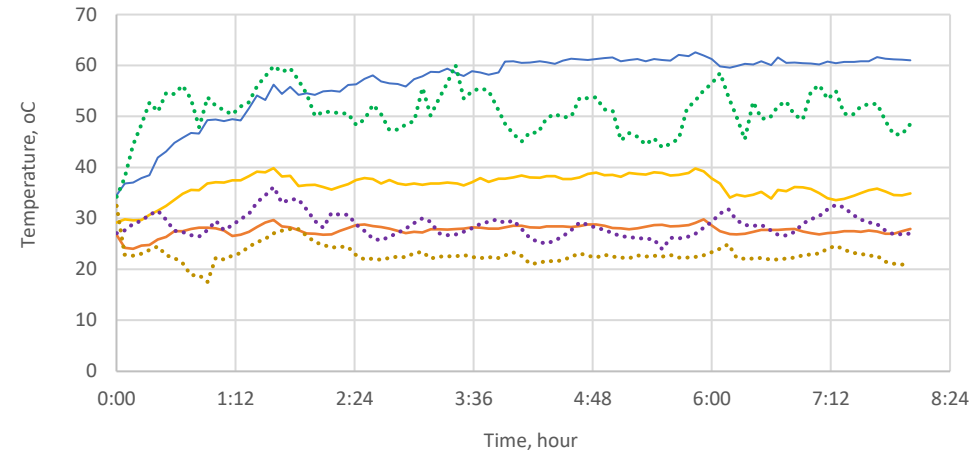
kelangkaan



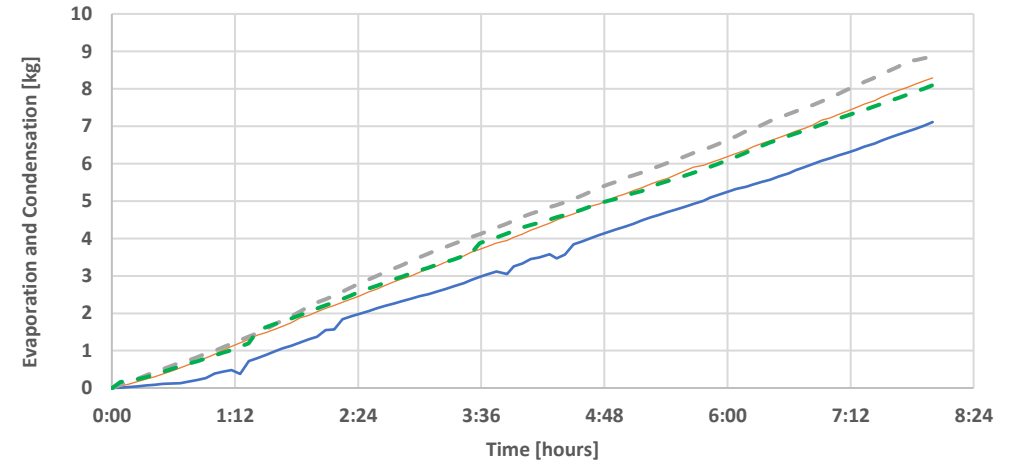
**Tujuan:** menghasilkan air bersih dan meningkatkan produksi garam sehingga dapat meningkatkan kualitas hidup petani garam



	VG	NVG
Efisiensi	76.1%	66.4%



— Tw-NVG    — Tvp-NVG    — Tc-NVG    ..... Tw-VG    ..... Tvp-VG    ..... Tc-VG



— Evap-NVG    — Cond-NVG    - - - Cond-VG    - - - Evap-VG

## Luaran:

**wajib:** berjudul **Improving the performance of a forced-flow desalination unit using a vortex generator** dengan status perbaikan hasil reviewer pada jurnal CFD Letters dengan nomor ISSN: 2180-1363, scopus sebagai lembaga pengindek dengan url jurnal [https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD\\_Letters/index](https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD_Letters/index) .

**tambahan:** berjudul **Effect of Geometry and Distance of Radial Vortex Generators on Thermal Enhancement Factor** dengan status masih pada proses review pada jurnal International Information and Engineering Technology Association (IETA) dengan nomor ISSN: 0392-8764, dengan lembaga pengindek scopus, <https://www.ieta.org/Journals/IJHT> .

## Kesimpulan:

Pada unit dengan generator vorteks, penguapan terjadi 1,13 kali lebih cepat dibandingkan tanpa generator vorteks. Artinya, lebih banyak air tawar yang dihasilkan. Dengan demikian, vortex generator dapat meningkatkan efisiensi unit desalinasi. Dalam eksperimen ini, efisiensi meningkat dari 66,4% pada unit tanpa vortex generator menjadi 76,1% dengan vortex generator. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa vortex generator dapat meningkatkan kinerja peralatan desalinasi.





## SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB BELANJA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr Dr. DAN MUGISIDI S.T, M.Si

Alamat : Jl. BB1 no 11 RT 004 /RW 15 Cipinang Muara, Jatinegara, Jakarta Timur

berdasarkan Surat Keputusan Nomor 179/E5/PG.02.00/PL/2023 dan Perjanjian / Kontrak Nomor 1422/LL3/AL.04/2023 mendapatkan Anggaran Penelitian Pemanfaatan Vortex Generators dan Energi Baru Terbarukan untuk Peningkatan Produksi Garam dan Air Bersih pada Industri Garam Rakyat Sebesar 98,100,000

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Biaya kegiatan Penelitian di bawah ini meliputi :

No	Uraian	Jumlah
01	<b>Bahan</b> air laut, kaca, arkilik, silent, pipa pvc, stainless steel, sensor temperatur, sensor salinitas, heater, kelembaban udara, kondensor, convetor, blower, pompa, sirkulator, anemometer, alumunium vortex, papan	79,850,000
02	<b>Pengumpulan Data</b> trasnport, konsumsi, pembantu lapangan	3,150,000
03	<b>Analisis Data(Termasuk Sewa Peralatan</b> simulasi, ruang penunjang, pengolah data	9,300,000
04	<b>Pelaporan, Luaran Wajib dan Luaran Tambahan</b> translate, proofread, apc publikasi	5,800,000
05	<b>Lain-lain</b>	0
	Jumlah	98,100,000

2. Jumlah uang tersebut pada angka 1, benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan kegiatan Penelitian dimaksud.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Jakarta, 28-12-2023

Ketua,



(Dr Dr. DAN MUGISIDI S.T, M.Si)

NIP/NIK 3175030112690005