



PROTEKSI ISI PROPOSAL

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi proposal ini dalam bentuk apapun kecuali oleh pengusul dan pengelola administrasi pengabdian kepada masyarakat

PROPOSAL PENELITIAN 2024

Rencana Pelaksanaan Penelitian: tahun 2024 s.d. tahun 2024

1. JUDUL PENELITIAN

Penerapan Integrasi Teknologi Tangki Reaktor, Solar Still, dan Vortex Generator untuk Optimalisasi Produksi Garam dan Penyediaan Air Bersih

Bidang Fokus	Tema	Topik (jika ada)	Prioritas Riset
Energi	Teknologi Konservasi Energi	Teknologi hybrid dalam pemanfaatan sumber energi terbarukan	Green Economy

Rumpun Ilmu Level 1	Rumpun Ilmu Level 2	Rumpun Ilmu Level 3
ILMU TEKNIK	ILMU KETEKNIKAN INDUSTRI	Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)

Skema Penelitian	Strata (Dasar/Terapan/ Pengembangan)	Nilai SBK	Target Akhir TKT	Lama Kegiatan
Penelitian Terapan	Riset Terapan	500.000.000	4	1 Tahun

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Jenis	Program Studi/Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta
DAN MUGISIDI 0301126901 Ketua Pengusul Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka	Dosen	Teknik Mesin	mengkonsep, mendesaian, pembangunan, pengujian, dan pengopersaian sistem, pengambilan data, pembuatan manuscript paten dan artikel ilmiah serta memimpin dan mengarahkan tim	6007157
OKTARINA HERIYANI 0305067702 Anggota Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka	Dosen	Teknik Mesin	bertanggung jawab dalam pemilihan lokasi, analisis kebutuhan, pengujian dan pengoperasian sistem, pengambilan data, pengolahan dan analisa data serta melakukan pekerjaan administrasi	6007615
RIYAN ARIYANSAH 0324069102 Anggota Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka	Dosen	Teknik Mesin	bertanggung jawab dalam desain experimental, pembangunan sistem, pengujian dan pengoperasian sistem di lapangan, pengambilan serta pengolahan data.	6852632

3. DOKUMEN PENDUKUNG

URL Artikel di jurnal sebagai penulis pertama (first author) atau penulis korespondensi (corresponding author) yang relevan dengan usulan penelitian

http://repository.uhamka.ac.id/33982/2/Gabungan_Mugisidi%20et%20al.%20_%20Improving%20the%20Performance%20of%20a%20Forced-flow%20Desalination%20Unit%20Using%20a%20Vortex%20Generator%20_%20CFD%20Letters_online-merged-compressed.pdf

4. MITRA KERJASAMA PENELITIAN

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

Mitra	Nama Mitra	Dana
PT. Fujiyama Manggoro Manufacturing	Ahmad Nasrudin	Tahun 1 Rp 0
Petani Garam	Sugito	Tahun 1 Rp 0

5. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Kategori Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian	Keterangan
1	Purwarupa	Purwarupa Laik Industri (Luaran Paten)	Terdaftar	paten

6. ANGGARAN

Rencana Anggaran Biaya penelitian mengacu pada PMK dan buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang berlaku.

Total RAB 1 Tahun Rp312.910.000,00

Tahun 1 Total Rp312.910.000,00

Kelompok	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	heater udara 220 V 750 W	Unit	10	800.000	8.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	reflektor	Unit	10	250.000	2.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	sensor temperatur PT-100	Unit	50	125.000	6.250.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	vortex generator	Unit	200	150.000	30.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	dudukan apung VG	Unit	10	650.000	6.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	dudukan apung VG	Unit	10	350.000	3.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	saluran udara dan konektor	Unit	10	150.000	1.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	kondensor (HE tube and shell)	Unit	4	2.500.000	10.000.000
Sewa Peralatan	Kendaraan	truk penganktruk pengakut sistem integrasi untuk relokasi	OK (kali)	1	7.500.000	7.500.000
Pengumpulan Data	Penginapan	penginapan pada saat survei	OH	10	350.000	3.500.000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	konsumsi pengambilan data	OH	200	2.500	500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	kaki baja tangki reaktor 8000 L	Unit	1	26.000.000	26.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	air laut per 1 L	Unit	150 00	3.000	45.000.000

Kelompok	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pengumpulan Data	Tiket	tiket kereta Jakarta - Pati	OK (kali)	8	250.000	2.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	blower 5000 - 15.000 CMH	Unit	8	2.000.000	16.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	pipa saluran uap 1 inch 2 m	Unit	6	500.000	3.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	valve dan fitting 4 inch	Unit	6	215.000	1.290.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	solar cell 2200 W	Unit	6	4.500.000	27.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	pipa saluran air panas 1 inch 2 m	Unit	10	650.000	6.500.000
Analisis Data	Transport Lokal	50	OK (kali)	500	5.000	2.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	UNI-T UT333 Thermometer Hygrometer Humidity Ukur Suhu Kelembaban Udara	Unit	50	245.000	12.250.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	pompa sirkulasi 0,6 L per menit	Unit	10	1.069.000	10.690.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Biaya konsumsi rapat	fgd pembuatan laporan	OH	90	2.500	225.000
Pengumpulan Data	Transport	transportasi pengambilan data	OK (kali)	2500	5.000	12.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	wadah penampung garam terpal 166 L	Unit	2	4.500.000	9.000.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Biaya Pendaftaran KI	registrasi paten	Paket	1	1.500.000	1.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	solar still	Unit	5	2.500.000	12.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	sensor salinitas	Unit	200	15.000	3.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	temperature control autonics	Unit	50	125.000	6.250.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	pipa paralon 4 inch per batang	Unit	10	198.500	1.985.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	fiber glass (air filter)	Unit	40	120.000	4.800.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	silen acrylic / pipa	Unit	25	6.800	170.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	tangki reaktor 8000 L	Unit	1	29.000.000	29.000.000

B. RINGKASAN

Isian ringkasan penelitian tidak lebih dari 300 kata yang berisi urgensi, tujuan, metode, dan luaran yang ditargetkan

Garam adalah mineral yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat umum dan industri. Berbagai sektor industri, seperti pangan, pengolahan air, peternakan, perkebunan, tekstil, pengeboran minyak, farmasi hingga kosmetik membutuhkan garam. Akan tetapi, industri garam lokal baru mampu memenuhi 19,1% dari kebutuhan Indonesia yang mencapai 4,5 juta ton garam per tahun. Padahal, Indonesia memiliki potensi yang sangat besar sebagai produsen garam karena memiliki panjang pantai hingga 95.000 km. Selain itu, masih banyak masyarakat pesisir yang kesulitan mendapatkan akses air bersih, hanya sekitar 66,54% yang dapat memperolehnya. Oleh karena itu, **urgensi penelitian ini untuk mengatasi ketergantungan para petani garam pada cuaca dalam proses pemekatan air garam dan kelangkaan air bersih untuk kebutuhan sehari – hari**. Penelitian ini **bertujuan untuk meningkatkan produktifitas garam melalui peningkatan proses pemekatan yang kurang tergantung pada kondisi cuaca, sekaligus menghasilkan air bersih untuk masyarakat dari uap air yang dikondensasikan selama proses pemekatan**. Penelitian ini melanjutkan penelitian Fundamental - Reguler pendanaan Tahun 2023 oleh Kemendikbudristek dengan tingkat kesiapan teknologi (TKT) yang telah dicapai 3 dan **target pencapaian pada penelitian ini adalah TKT 4**. Untuk mencapai capaian tersebut, **metode yang digunakan eksperimen untuk menguji efektivitas penyesuaian dimensi dan jumlah vortex generator dan konensor**. Selain itu, uji pada lingkungan yang relevan akan dilakukan untuk menganalisa kapasitas penampung air pada penelitian sebelumnya sebesar 350 liter menjadi 5.000 liter yang disesuaikan pada lingkungannya. Mitra untuk mendukung penelitian ini adalah petani garam di Pati dan perusahaan manufaktur. Tangki reaktor dan kelengkapan untuk proses penguapan dan pengembunan akan menjadi **purwarupa yang didaftarkan paten dengan status terdaftar sebagai target luaran wajib**. Data yang memiliki kontribusi terhadap perkembangan industri dan ilmu pengetahuan akan dipublikasikan pada jurnal internasional bereputasi, yaitu journal of advanced research in fluid mechanics and thermal sciences

(https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/fluid_mechanics_thermal_sciences)

C. KATA KUNCI

Isian 5 kata kunci yang dipisahkan dengan tanda titik koma (;)

[solar still; vortex generator; produksi garam; air bersih; desalinasi]

D. PENDAHULUAN

Pendahuluan penelitian tidak lebih dari 1500 kata yang memuat, latar belakang, rumusan permasalahan yang akan diteliti, pendekatan pemecahan masalah, state-of-the-art dan kebaruan, peta jalan (road map) penelitian setidaknya 5 tahun. Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan.

[Garam adalah komponen esensial dalam berbagai sektor, diperlukan baik untuk keperluan sehari-hari masyarakat maupun kebutuhan industri. Industri-industri seperti pangan, penyamakan kulit, pengolahan air, peternakan, perkebunan, pengasinan ikan, tekstil, pengeboran minyak, kosmetik, dan farmasi sangat bergantung pada garam dalam proses produksinya. Kebutuhan akan garam di Indonesia mencapai sekitar 4,5 juta ton setiap tahunnya. Namun, produksi garam lokal saat ini hanya mampu memenuhi sekitar 19,1% dari total kebutuhan tersebut [1]. Karena itu, peningkatan produksi garam lokal menjadi suatu hal yang sangat penting untuk dilakukan.

Peningkatan produksi garam lokal sangat dimungkinkan di Indonesia. Selain memiliki panjang pantai yang mencapai 95.000 km [1], Indonesia berada di garis khatulistiwa yang memperoleh sinar matahari berlimpah. Proses produksi garam konvensional yang sangat bergantung pada sinar matahari [2] untuk menguapkan air laut di kolam dan meningkatkan konsentrasi garam [3]. Namun, meskipun kebutuhan akan garam meningkat, jumlah petani garam mengalami penurunan setiap tahunnya. Pada tahun 2019, jumlah petani garam mencapai 33.450, namun turun menjadi 30.291 pada tahun 2020, 29.617 pada tahun 2021, dan 22.431 pada tahun 2022 [4]. Penurunan ini disebabkan oleh proses masih sangat sederhana sehingga menghasilkan produksi rendah dan pendapatan yang minim [5]. Akibatnya, petani garam termasuk dalam kelompok ekonomi rendah dan sangat rendah [6],

[7]. Oleh karena itu, dukungan terhadap para petani garam untuk mendapatkan teknologi yang lebih handal dan efisien sangatlah penting.

Proses pembuatan garam di Indonesia masih dilakukan dengan cara tradisional. Meskipun telah ada pengembangan dengan menggunakan geomebran [8], [9] dan reverse osmosis [10] akan tetapi karena belum memadai keekonomisannya maka petani garam masih mengandalkan kolam penampung untuk menguapkan air laut [11]. Pada kolam pemekatan, air laut dengan salinitas sekitar 30-45 ‰ atau setara dengan 3-4,5 °Be akan mengalami peningkatan konsentrasi karena penguapannya hingga mencapai 30-45 °Be dalam waktu 4-5 hari [12]. Untuk meningkatkan konsentrasi air laut sebanyak 1.000 liter menjadi 30-45 °Be, perlu menguapkan 900 liter air laut. Ketika volume kolam produksi garam sebanyak 5.000 liter, diperlukan penguapan sebanyak 4.500 liter air laut. Apabila air bersih yang diuapkan tersebut dapat dikondensasikan kembali maka akan diperoleh air bersih dalam jumlah yang signifikan. Hal ini dapat memberikan manfaat besar bagi masyarakat pesisir yang sering kali mengalami krisis air bersih [13], mengingat hanya 66,54% dari mereka yang memiliki akses terhadap air bersih [14]. Berdasarkan paparan di atas, terdapat **dua permasalahan yang harus diatasi untuk memperoleh manfaat optimal: bagaimana meningkatkan produktivitas usaha garam rakyat dan bagaimana memperoleh air bersih dari proses penguapan**. Berdasarkan penelitian sebelumnya teknologi *solar still* dapat menjadi pilihan solusi yang baik sebagai suatu pendekatan pemecahan masalah.

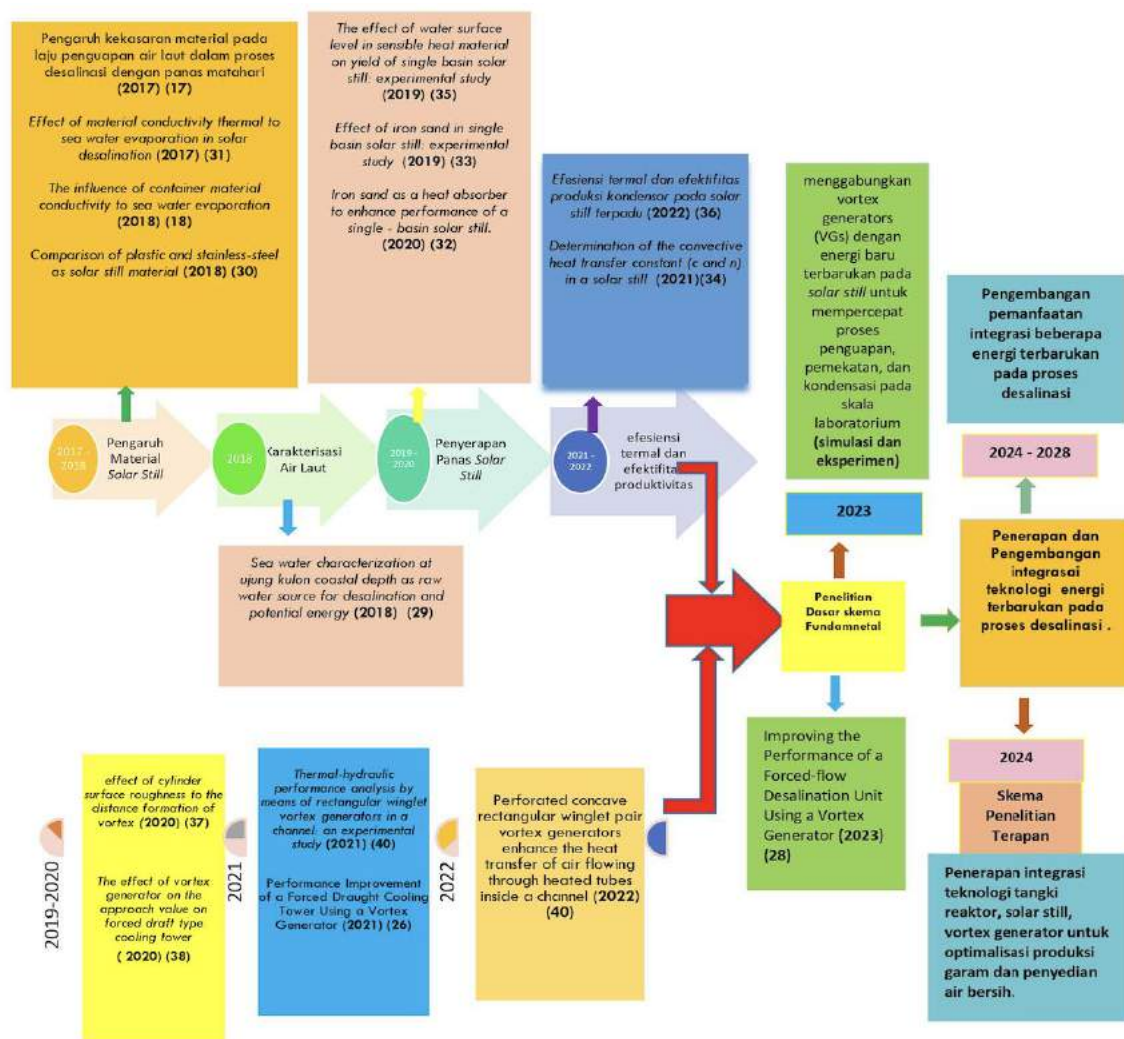
Solar still merupakan perangkat desalinasi surya sederhana yang memanfaatkan efek rumah kaca [15] untuk mengubah air garam atau limbah menjadi air bersih melalui proses penguapan dan kondensasi [16]. Keunggulan *solar still* terletak pada kemudahan penggunaannya sehingga penelitian terkait *solar still* mengalami perkembangan pesat. *Solar still* yang awalnya hanya melakukan proses penguapan dan kondensasi dalam satu ruang, kini telah mengalami perkembangan signifikan. Penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan produktivitas *solar still* yang dapat dikelompokkan menjadi dua [17], yaitu mempercepat proses penguapan dan meningkatkan efisiensi kondensasi. Salah satu pendekatan untuk mempercepat proses penguapan adalah melakukan modifikasi pada *absorber* untuk meningkatkan suhu air, sehingga mempercepat penguapan [18], [19], [20], [21], [22]. Di sisi lain, untuk meningkatkan efisiensi kondensasi, kondensor digunakan sebagai penyerap panas uap air dengan efektif [23], [24], [25], [26], [27]. Dalam perkembangan terbaru, *solar still* yang awalnya mengandalkan konveksi alami yang saat ini dikembangkan dengan penggunaan aliran udara untuk mempercepat proses penguapan [28]. Teknik tambahan, seperti penggunaan vortex generator juga dapat diterapkan untuk meningkatkan kecepatan penguapan.

Vortex generator menjadi pilihan yang menarik karena mampu meningkatkan perpindahan panas, sebagaimana yang terjadi pada saluran menara pendingin dan saluran udara [29]. Fungsi vortex generator adalah meningkatkan kecepatan aliran [30], yang pada gilirannya menghasilkan vortisiti yang dapat menurunkan tekanan permukaan air sehingga secara efektif meningkatkan proses penguapan. Meskipun penggunaan vortex generator telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, namun penggunaannya masih jarang ditemui pada unit desalinasi. **Penelitian ini merupakan kelanjutan dan penerapan dari penelitian fundamental - reguler yang didanai oleh Kemendikbudristek tahun 2023. Dalam penelitian sebelumnya, terbukti bahwa penggunaan vortex generator mampu meningkatkan efisiensi proses penguapan dalam unit desalinasi** [31]. Berdasarkan temuan pada penelitian sebelumnya, unit desalinasi akan diintegrasikan dengan vortex generator dan kondensor. Dengan integrasi ini, diharapkan unit desalinasi yang dapat menghasilkan garam sekaligus air tawar membawa dampak positif bagi industri dan masyarakat.

Sejauh yang diketahui, belum ditemukan **produk unit desalinasi yang menggunakan vortex generator dan kondensor untuk menghasilkan garam dan air bersih terutama untuk usaha garam rakyat**. Inovasi ini merupakan sebuah keterbaruan yang penting dalam industri, karena selain menghasilkan garam, alat desalinasi ini juga mampu memproduksi air tawar yang sangat dibutuhkan oleh banyak masyarakat di pesisir. Namun, keberhasilan implementasi teknologi ini tidak hanya ditentukan oleh keterbaruan saja, melainkan juga oleh **kemudahan perawatan dan pengoperasiannya**. Faktanya, mayoritas petani garam hanya memiliki pendidikan dasar seperti SD dan SMP,

sekitar 85,19%, sedangkan sisanya adalah lulusan SMA [5]. Oleh karena itu, dalam penelitian terapan ini, teknologi yang diusulkan harus mudah dioperasikan. Penelitian ini **mengusulkan pembuatan unit desalinasi dengan kapasitas 5.000 liter, menerapkan teknologi solar still yang diintegrasikan dengan vortex generator dan kondensor. Integrasi teknologi solar still, vortex generator dan kondensor ini dapat memberikan solusi yang inovatif, namun tetap mudah dioperasikan dan efisien dalam penggunaan energi.** Dengan demikian, teknologi ini dapat diaplikasikan dengan berhasil dalam usaha garam rakyat, memberikan dampak positif bagi industri serta masyarakat pesisir secara luas.

Pada penelitian ini, tim peneliti bermitra dengan Bapak Sugito, seorang petani garam dari Pati, serta PT Fujiyama Manggoro Manufacturing, untuk mengembangkan dan mengintegrasikan peralatan yang diperlukan. Usulan penelitian ini merupakan langkah progresif berdasarkan peta jalan pengembangan penelitian sebelumnya untuk diterapkan, yang dapat dilihat pada **Gambar 1**. Hasil penelitian pada Gambar 1 tentang *solar still* dan vortex generator menjadi landasan pada penelitian terapan ini, terutama hasil penelitian skema fundamental tahun 2023. Penelitian awal karakterisasi air laut menunjukkan bahwa di pesisir pantai Indonesia untuk kandungan garam chloride, sodium, sulfate, dan fluoride dalam air laut sangat tinggi [32]. Selain itu, penelitian awal mengenai *solar still* menunjukkan bahwa berbagai faktor seperti material [20], [21], [33], [34], penyerap panas [35], [36], [37], ketinggian air [38], dan kondensor pada *solar still* [39] berpengaruh terhadap produktivitasnya. Di samping itu, hasil penelitian awal mengenai vortex generators [29], [30], [40], [41], [42], [43] menunjukkan pengaruhnya terhadap peningkatan campuran udara, pengurangan separasi aliran, peningkatan transfer panas, dan peningkatan efisiensi.

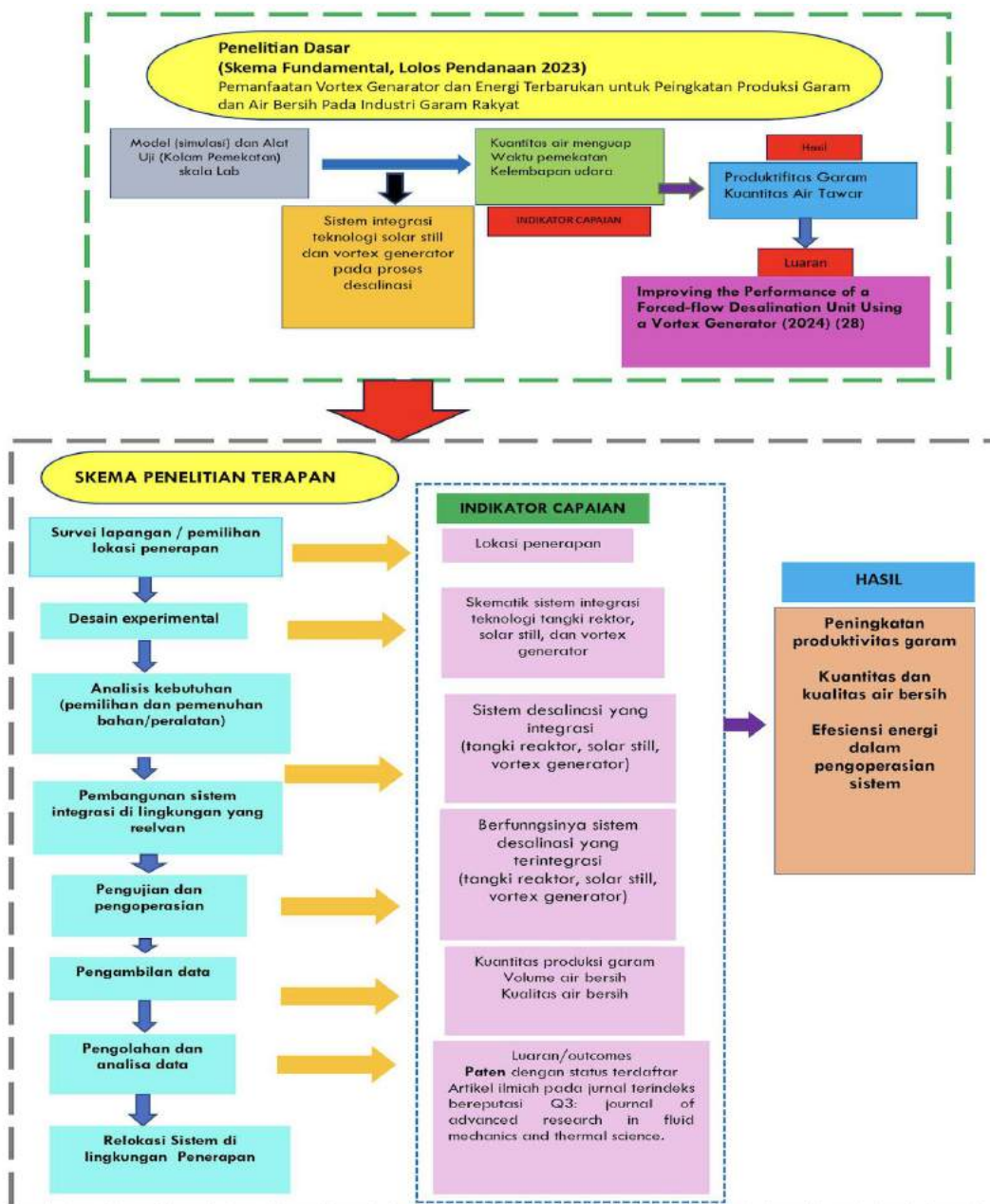


Gambar 1 Roadmap / Peta jalan Penelitian

E. METODE

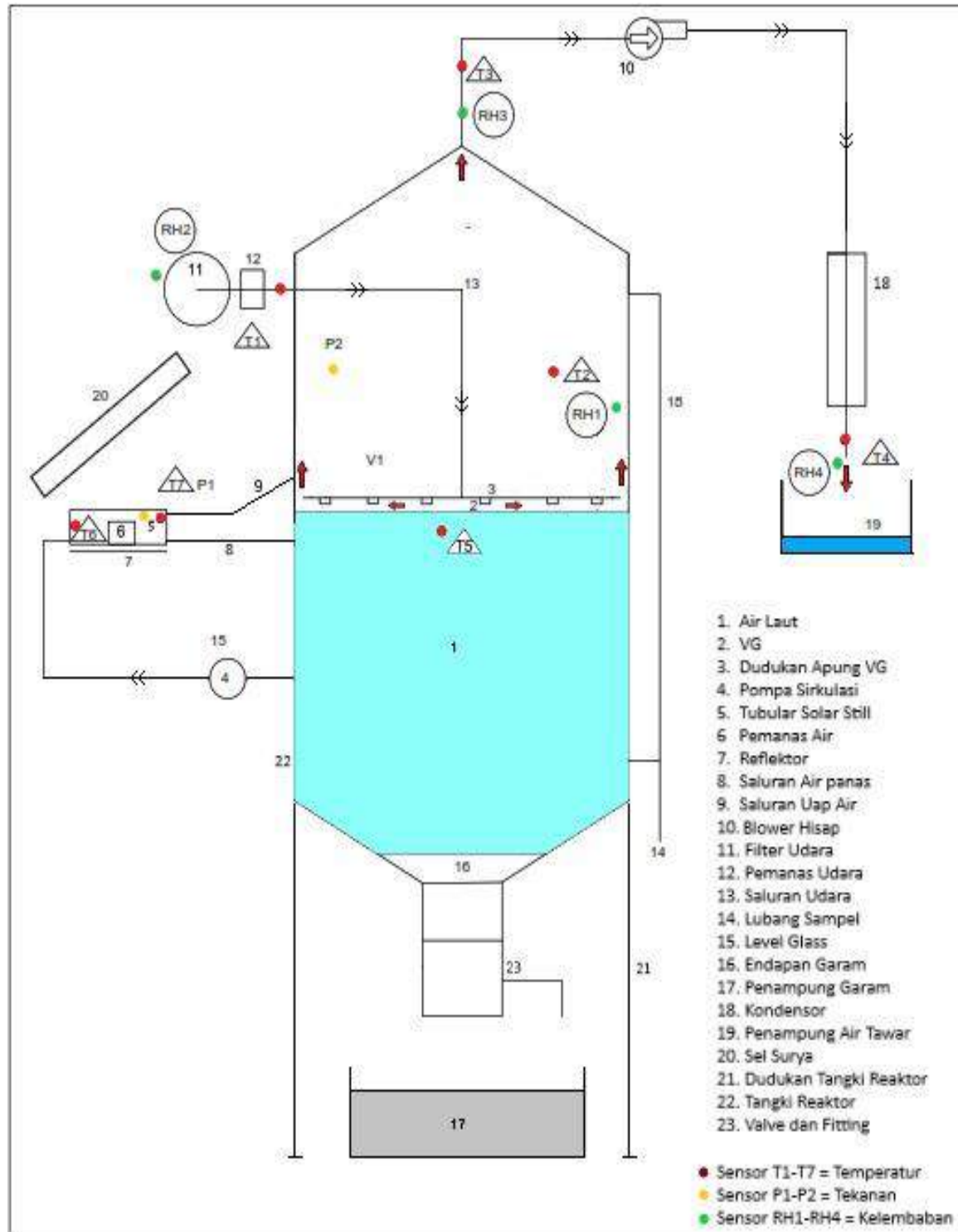
Isian metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan tidak lebih dari 1000 kata. Pada bagian metode wajib dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Metode penelitian harus memuat sekurang-kurangnya prosedur penelitian, hasil yang diharapkan, indikator capaian yang ditargetkan, serta anggota tim/mitra yang bertanggung jawab pada setiap tahapan penelitian. Metode penelitian harus sejalan dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

[Untuk mencapai tujuan pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah eksperimen dengan melanjutkan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu penelitian dasar skema fundamental pendanaan Kemendikbudristek tahun 2023. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa vortex generator dapat meningkatkan laju penguapan 1,13 kali lebih cepat dan peningkatan efisiensi sebesar 1,53 pada unit desalinasi dibandingkan tanpa menggunakan vortex generator [44]. Berdasarkan hasil tersebut, tim peneliti melanjutkan untuk penelitian lanjutan pada skema penerapan. Adapun tahapan prosedur penelitian yang akan dilaksanakan dengan indikator capaian dan hasil yang diharapkan seperti terlihat secara rinci pada **gambar 2** di bawah ini.



Gambar 2 Alur Penelitian

Pada **gambar 2** terlihat bahwa tahapan awal pada penelitian ini adalah melakukan pemilihan lokasi, yaitu direncanakan di Pati, Jawa Tengah yang merupakan salah satu daerah penghasil garam. Selanjutnya, membuat desain experimental berupa model skematik sistem integrasi teknologi tangki reaktor, *solar still*, dan *vortex generator*. Setelah itu, melakukan analisis kebutuhan yang dilanjutkan dengan perakitan sistem untuk menjadi suatu sistem yang terintegrasi. Kemudian, sistem dilakukan uji coba dan pengoperasian dengan proses seperti terlihat pada **gambar 3** berikut ini.



Gambar 3 Skematik Sistem Terintegrasi

Berdasarkan **gambar 3**, proses pengoperasian sistem terintegrasi terurai sebagai berikut. Tangki yang digunakan berkapasitas 7.000 liter, akan tetapi air laut {1} yang dimasukkan hanya sebanyak 5.000 liter dengan proses sebagai berikut.

1. Air laut sebanyak 5.000 liter dimasukkan ke dalam tangki {22}.
2. Vortex generator (VG) {2} diletakkan di bawah dudukan apung VG {3} yang berhadapan langsung dengan permukaan air.
3. Air laut disirkulasikan menggunakan pompa {4}. Untuk meningkatkan temperaturnya, digunakan tubular *solar still* {5} dan *heater* air {6} jika diperlukan. Tubular *solar still* dilengkapi dengan reflektor {7} untuk memusatkan panas matahari. Air panas dari tubular *solar still* dimasukkan kembali ke air laut bagian atas melalui saluran air panas {8}, sedangkan uap air dari tubular *solar still* dimasukkan diantara dudukan apung VG dan air laut sehingga terhisap ke kondensor. Uap air dari tubular *solar still* dialirkan melalui saluran uap {9}. Temperatur air di targetkan di antara 50-60 °C.
4. Blower isap {10} menghisap udara melalui filter {11} dan *heater* udara {12}. Kemudian, udara masuk melalui selang udara {13} menuju bagian bawah dudukan VG {3} yang selanjutnya mengalir di antara dudukan VG dengan air laut. Udara akan menabrak vortex generator {2} sehingga membentuk vortisiti dan menguapkan air laut. Jarak antara dudukan VG dengan permukaan air dapat divariasikan. Target temperatur udara yang mengalir antara 40–45 °C. Kecepatan aliran udara di area vortex generator bervariasi antara 0,5 m/s hingga 5 m/s
5. Saat air turun, dudukan apung VG {3} akan turun mengikuti permukaan air. Selang udara {13} dan selang air {8} juga akan mengikuti ketinggian air.
6. Air laut akan diambil sampel secara berkala untuk mengetahui peningkatan konsentrasi garamnya melalui lubang sampel {14}, sedangkan ketinggian air dapat dilihat dari *level glass* {15}.
7. Kristal garam {16} mengendap di bagian bawah tangki yang dapat di ambil dan ditempatkan pada penampung garam {17}.
8. Uap air akan terhisap oleh blower hisap {10}, selanjutnya dilewatkan ke kondensor {18} untuk dikondensasikan.
9. Air yang keluar dari kondensor akan ditampung di tangki penampung air bersih {19}, sedangkan udaranya akan dikeluarkan ke lingkungan.
10. Sensor temperatur (T1 – T7, kelembapan (RH1-RH4) dan tekanan (P1-P2) akan dibaca menggunakan data logger.
11. Daya *heater* menggunakan sel surya {20} yang dilengkapi dengan baterai.

Setelah tahapan pengujian dan pengopersasian, selanjutnya pengambilan data dengan hasil data yang didapat adalah kuantitas produksi garam, volume dan kualitas air bersih. Setelah pengolahan dan analisa data, dilanjutkan pembuatan luaran yang ditargetkan, yaitu **paten** dengan status terdaftar dan artikel ilmiah terindeks bereputasi pada journal of advanced research in fluid mechanics and thermal sciences

(https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/fluid_mechanics_thermal_sciences).

Indikator capaian yang akan dicapai pada penelitian ini adalah **beroperasinya setiap fungsi pada sistem integrasi teknologi tangki reaktor, solar still, dan vortex generator pada proses desalinasi dengan menggunakan sel surya sebagai energi terbarukan**. Adapun hasil yang diharapkan adalah **meningkatnya produktivitas garam, kuantitas air bersih, dan efisiensi energi**. Untuk pencapaian tersebut, setiap anggota tim bertanggung jawab pada tahapan – tahapannya. Ketua tim (Dan Mugisidi) bertanggung jawab mulai dari tahapan awal untuk mengkonsep, mendesaian, pembangunan, pengujian, dan pengopersaian sistem, pengambilan data, pembuatan manuscript paten dan artikel ilmiah serta memimpin dan mengarahkan tim. Anggota 1 (Oktarina Heriyani) bertanggung jawab dalam pemilihan lokasi, analisis kebutuhan, pengujian dan pengoperasian sistem, pengambilan data,

pengolahan dan analisa data serta melakukan pekerjaan administrasi. Anggota 2 (Riyan Ariyansah) bertanggung jawab dalam desain experimental, pembangunan sistem, pengujian dan pengoperasian sistem di lapangan, pengambilan serta pengolahan data. Untuk pembangunan dan pengoperasian sistem, tim peneliti bermitra dengan salah satu perusahaan manufaktur, yaitu **PT Fujiyama Manggoro Manufacturing**. Tim peneliti bermitra dengan petani garam Pati yang diwakili pak Sugianto sebagai salah satu **petani garam di Pati** sebagai tempat penerapan sistem.]

F. JADWAL PENELITIAN

Jadwal penelitian disusun berdasarkan pelaksanaan penelitian dan disesuaikan berdasarkan lama tahun pelaksanaan penelitian

Tahun ke-1

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Survei lapangan/pemilihan lokasi penerapan												
2	Desain experimental												
3	Analisis kebutuhan (pemilihan dan pemenuhan kebutuhan)												
4	Pembangunan sistem terintegrasi												
5	Pengujian dan pengoperasian												
6	Pengambilan data												
7	Pengolahan dan analisa data												
8	Pembuatan laporan dan luaran												
9	Relokasi sistem ke lingkungan sebenarnya												

Tahun ke-n

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1													
2													
dst.													

G. DAFTAR PUSTAKA

Sitasi disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

[

- [1] Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan, "Optimalisasi Industri Garam Terpadu untuk Wujudkan Merdeka Garam 2024," bpkp.go.id. Accessed: Mar. 16, 2024. [Online]. Available: <https://www.bpkp.go.id/berita/read/45338/0/Optimalisasi-Industri-Garam-Terpadu-untuk-Wujudkan-Merdeka-Garam-2024>
- [2] G. Guntur, A. A. Jaziri, A. A. Prihanto, D. M. Arisandi, and A. Kurniawan, "Development of salt production technology using prism greenhouse method," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 106, no. 1, pp. 0–6, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/106/1/012082.
- [3] D. Purbani, "Proses Pembentukan Kristalisasi Garam," 2000.
- [4] Statistik-KKP, "Petambak Garam," KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN RI. Accessed: Mar. 19, 2024. [Online]. Available: https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=petambak_garam&i=213

- [5] F. Nazizah and Sustiyana, "Analisis Tingkat Pendapatan Petani Garam yang Menggunakan Geomembran di Desa Lembung Kecamatan Galis Kabupaten Pamekasan," *Jurnal AgroSainTa: Widyaiswara Mandiri Membangun Bangsa*, vol. 6, no. 1, pp. 21–28, 2022, doi: 10.51589/ags.v6i1.89.
- [6] K. Hotimah and D. S. Singgih, "Perwaris Budaya Kemiskinan Dalam Kehidupan Petani Garam," *Repoe_Jurnal Pustaka*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2019, [Online]. Available: <http://repository.unair.ac.id/id/eprint/83761>
- [7] F. Fauzin, "Analisis Pengaturan Perlindungan Petambak Garam di Kabupaten Sampang dalam Kebijakan Tata Kelola Garam," *Jurnal Pamator*, vol. 12, no. 2, pp. 113–122, 2019.
- [8] Y. Rochwulaningsih *et al.*, "Traditional knowledge system in palung salt-making in Bali Island," *Journal of Ethnic Foods*, vol. 6, no. 1, 2019, doi: 10.1186/s42779-019-0018-2.
- [9] M. M. Cledera-Castro *et al.*, "An exploratory study of fibre microplastics pollution in different process stages of salt production by solar evaporation in Spain," *Heliyon*, vol. 10, no. 11, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e31609.
- [10] D. S. Ayou, H. M. Ega, and A. Coronas, "A feasibility study of a small-scale photovoltaic-powered reverse osmosis desalination plant for potable water and salt production in Madura Island: A techno-economic evaluation," *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 35, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.tsep.2022.101450.
- [11] Y. Rochwulaningsih, "Salt Production Business Potential in Aceh as Capital for the Coastal Communities Welfare," *Journal of Maritime Studies and National Integration*, vol. 2, no. 1, p. 23, 2018, doi: 10.14710/jmsni.v2i1.2882.
- [12] C. M. Sartono, P. Soedarsono, and M. R. Muskanonfola, "Konversi Tonase Air Dengan Berat Garam Yang Terbentuk Di Areal Pertambakan Tanggultare Jepara," *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, vol. 2, no. 3, pp. 20–26, 2013, doi: 10.14710/marj.v2i3.4177.
- [13] "Indonesia Negeri Tropis, Tapi Krisis Air Bersih di Kawasan Pesisir Terjadi? | Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia." Accessed: Feb. 07, 2022. [Online]. Available: <http://lipi.go.id/lipimedia/Indonesia-Negeri-Tropis-Tapi-Krisis-Air-Bersih-di-Kawasan-Pesisir-Terjadi/20218>
- [14] LIPI, "Indonesia Negeri Tropis, Tapi Krisis Air Bersih di Kawasan Pesisir Terjadi?" Accessed: Aug. 05, 2022. [Online]. Available: <http://lipi.go.id/lipimedia/Indonesia-Negeri-Tropis-Tapi-Krisis-Air-Bersih-di-Kawasan-Pesisir-Terjadi/20218>
- [15] S. A. Kalogirou, "Solar thermal collectors and applications," *Prog Energy Combust Sci*, vol. 30, no. 3, pp. 231–295, 2004, doi: 10.1016/j.pecs.2004.02.001.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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. 125–135, 2020, doi: 10.37934/arfmts.70.1.125135.

- [20] D. Mugisidi, D. Agusman, O. Heriyani, and Hamdhi. Fathurahman, "Pengaruh Kekasaran Permukaan terhadap Kecepatan Penguapan Air Laut," 2016.
- [21] D. Mugisidi, O. Heriyani, Z. S. Abdel-Rehim, and H. Fathurohman, "The influence of container material conductivity to sea water evaporation," in *AIP Conference Proceedings*, 2018. doi: 10.1063/1.5042943.
- [22] D. Mugisidi, B. Fajar, T. Utomo, and Syaiful, "The Effect of Water Surface Level in sensible heat material on Yield of Single Basin Solar Still: Experimental Study," *J Phys Conf Ser*, vol. 1373, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1373/1/012014.
- [23] D. Mugisidi, B. Fajar, S. Syaiful, and T. Utomo, "Solar Still with an Integrated Conical Condenser," *CFD Letters*, vol. 15, no. 8, pp. 122–134, Jun. 2023, doi: 10.37934/cfdl.15.8.122134.
- [24] B. Pushpa, K. S. Chendra, and K. P. Reddy, "A Study on Solar Still with Separate Condenser," *International Refereed Journal of Engineering and Science*, vol. 4, no. 6, pp. 94–98, 2015.
- [25] Ahmed, "Study of Single Effect Solar Still With an Internal Condenser," vol. 5, no. 6, pp. 637–643, 1988.
- [26] H. E. S. Fath and S. M. Elsherbiny, "Effect of adding a passive condenser on solar still performance," *Energy Convers Manag*, vol. 34, no. 1, pp. 63–72, 1993, doi: 10.1016/0196-8904(93)90008-X.
- [27] M. Ahangar Darabi *et al.*, "Experimental investigation of a novel single-slope tilted wick solar still with an affordable channeled absorber sheet, an external condenser, and a reflector," *Solar Energy*, vol. 241, no. February, pp. 650–659, 2022, doi: 10.1016/j.solener.2022.06.020.
- [28] Ristanto Wirangga, Dan Mugisidi, Adi Tegar Sayuti, and Oktarina 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, Jun. 2023, doi: <https://doi.org/10.37934/arfmts.106.1.3950>.
- [29] 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.
- [30] O. Heriyani, M. Djaeni, and . 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*, vol. 6, no. 3, pp. 150–153, 2021, doi: 10.24018/ejers.2021.6.3.2424.
- [31] Dan Mugisidi and Oktarina Heriyani, "Improving the Performance of a Forced-flow Desalination Unit using a Vortex Generator," *CFD Letters*, vol. 16, no. 10, pp. 81–93, Jun. 2024, doi: 10.37934/cfdl.16.10.8193.
- [32] D. Mugisidi and O. Heriyani, "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)*, 2018. doi: 10.1051/e3sconf/20183102005.
- [33] D. Mugisidi, O. Heriyani, and H. Fathurahman, "Comparison of plastic and stainless-steel as solar still material," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 403, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/403/1/012089.
- [34] O. Heriyani, M. Mugisidi, and H. F.-I. C. on, "Effect of Material Conductivity Thermal to Sea Water Evaporation in Solar Desalination," *jurnal.unissula.ac.id O Heriyani, M Mugisidi, H*

- [35] 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. 125–135, 2020, doi: <https://doi.org/10.37934/arfmts.70.1.125135>.
- [36] D. Mugisidi, R. S. Cahyani, O. Heriyani, D. Agusman, and Rifky, “Effect of Iron Sand in Single Basin Solar Still: Experimental Study,” *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 268, no. 1, 2019, doi: [10.1088/1755-1315/268/1/012158](https://doi.org/10.1088/1755-1315/268/1/012158).
- [37] D. Mugisidi, A. Rahman, P. H. Gunawan, and O. Heriyani, “DETERMINATION OF THE CONVECTIVE HEAT TRANSFER CONSTANT (C AND N) IN A SOLAR STILL,” *Teknosains*, vol. 11, no. 1, pp. 1–12, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.ugm.ac.id/teknosains>
- [38] D. Mugisidi, B. Fajar, T. Utomo, and 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. doi: [10.1088/1742-6596/1373/1/012014](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1373/1/012014).
- [39] D. Mugisidi, A. Fajar, O. Heriyani, D. T. Mesin, F. Teknik, and U. M. Prof, “Peningkatan efisiensi dan efektivitas kondensor pada Solar Still,” vol. 12, no. 1, pp. 19–31, 2022.
- [40] O. Heriyani, D. Mugisidi, and I. Hilmi, “EFFECT OF CYLINDER SURFACE ROUGHNESS TO THE DISTANCE FORMATION OF VORTEX,” *SINTEK*, vol. 14, no. 2, pp. 94–98, 2020, doi: [10.24853/sintek.14.2.94-98](https://doi.org/10.24853/sintek.14.2.94-98).
- [41] O. Heriyani, D. Mugisidi, P. H. Gunawan, and D. Apriliana Putri, “The effect of vortex generator on the approach value on forced draft type cooling tower,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 909, no. 1, 2020, doi: [10.1088/1757-899X/909/1/012016](https://doi.org/10.1088/1757-899X/909/1/012016).
- [42] O. Heriyani, M. Djaeni, Syaiful, and A. K. Putri, “Perforated concave rectangular winglet pair vortex generators enhance the heat transfer of air flowing through heated tubes inside a channel,” *Results in Engineering*, vol. 16, no. October, p. 100705, 2022, doi: [10.1016/j.rineng.2022.100705](https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100705).
- [43] O. Heriyani, M. Djaeni, and . 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*, vol. 6, no. 3, pp. 150–153, 2021, doi: [10.24018/ejers.2021.6.3.2424](https://doi.org/10.24018/ejers.2021.6.3.2424).
- [44] O. Heriyani and D. Mugisidi, “Improving the Performance of a Forced-flow Desalination Unit Using a Vortex Generator,” *CFD Letters*, vol. 16, no. 10, 2024, doi: [10.37934/cfdl.13.X.XX](https://doi.org/10.37934/cfdl.13.X.XX).



Improving the Performance of a Forced-flow Desalination Unit Using a Vortex Generator

Oktarina Heriyani¹, Dan Mugisidi^{1,*}

¹ Mechanical Engineering, Faculty of Industrial Technology and Informatics, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr HAMKA, Jakarta, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 4 November 2023

Received in revised form 30 December 2023

Accepted 22 Januari 2024

Available online April 2024

Keywords:

Desalination; solar still; evaporation;
vortex generator; condenser

ABSTRACT

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 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 evaporates 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 m³ was filled with seawater. 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 13% higher than that without a vortex generator, and the gained output ratio increased 14% with the vortex generator. Therefore, it can be concluded that vortex generators can improve the performance of desalination equipment.

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.

* Corresponding author.

E-mail address: dan.mugisidi@uhamka.ac.id (Dan Mugisidi)

There are 12,827 coastal villages throughout Indonesia, and only 66.54% of these villages 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; 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 involve injecting seawater into ponds and evaporating it. The evaporation of seawater in concentration ponds is very dependent on water surface pressure and temperature [6]. Therefore, if the sun's heat is blocked or the wind is still, the rate of evaporation slows. However, making salt requires evaporating large amounts of water.

Sea water in the concentration pond, with a salinity of 30–45‰ or 3–4.5 °Be [7], is allowed to evaporate into the environment. 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 [7]. 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 water that evaporates from salt fields would significantly benefit Indonesia's coastal villages. However, recovering moisture from 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 [8]. A simpler solution would be to evaporate the seawater in evaporation chambers similar to solar stills.

Solar still is a simple device that uses the greenhouse effect [9] to convert salt water or wastewater into clean water by evaporating and condensing it [10]. Even though its productivity is low, because its operation is easy and economical, various studies have explored ways to increase the productivity of solar distillation equipment [11]. Methods for increasing the production of solar still fall into four categories: hybrid solar stills, stills with reflectors and concentrators, stills with condensers and stills with absorbers. Several types of absorbers can increase the productivity of solar stills. These approaches include changing the type of heat absorber [12, 13] using a wick [14–17], using fins [18–20], adding reflectors [21–23] and adding a heat collector. Furthermore, according to Nasri [24], 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 [25]. Some studies have used increased air flow in solar stills to increase the rate of evaporation [26, 27] but so far, few solar stills have used vortex generators to increase the rate of evaporation.

A vortex generator reduces air pressure, thereby increasing the difference in pressure between the surface of the water and the air above it. This pressure difference is the driving force for evaporation [28]. A vortex generator also increases heat transfer [29] by creating turbulence and vortices [30]. Vortex generators can increase heat transfer in cooling tower ducts [31] by increasing the speed of air flow around the tip of the vortex generator [32]. 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 a vortex generator. Therefore, various amounts of air flow were tested with constant heat. Each variation in air flow underwent two treatments: one without a vortex generator and one with a vortex generator. In addition, a condenser is used to condense water vapour; previous studies have proven that the addition of internal and external condensers has been shown to increase the efficiency of solar stills [33–40]. Solar still efficiency can also be increased by expanding the

condensation surface [41]; increasing the condensation surface by 7.5 times increases freshwater production by more than 50% [42]. Specifically, this paper examines the impact of a vortex generator on the rate of evaporation in a forced-flow desalination unit.

2. Methodology

2.1 Experimental Setup

This research was conducted indoors to reduce uncontrolled variables [43], as shown in Figure 1. Three lamp units with a total power of 3,000 watts were used to maintain a constant solar radiance at 500 watts/m². As shown in the research scheme in Figure 2, water was pumped from the water



Fig. 1. Forced-flow desalination experimental rig

reservoir to the water level 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. 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 water that evaporates in the evaporation chamber. In addition to water circulation, the system also includes air flow. The direction of the air flow is shown by the arrow in Figure 1. The air flow at a rate of 2 m/s is caused by fan suction. Air flow was tested in a desalination unit with (D-VG) and without a vortex generator (D-NVG). 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 was 9.4 mm high and mounted on the inside of the glass cover. The ratio of the height vortex generator to that of the glass cover is 0.47 [44]; 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 and the length of the cover was 0.2 [45]. Four vortex generators were used, all placed 286 mm apart. A schematic of forced-flow desalination is shown in Figure 2. Data were collected every five minutes. A simulation of the system was also conducted using computational fluid dynamics (CFD).

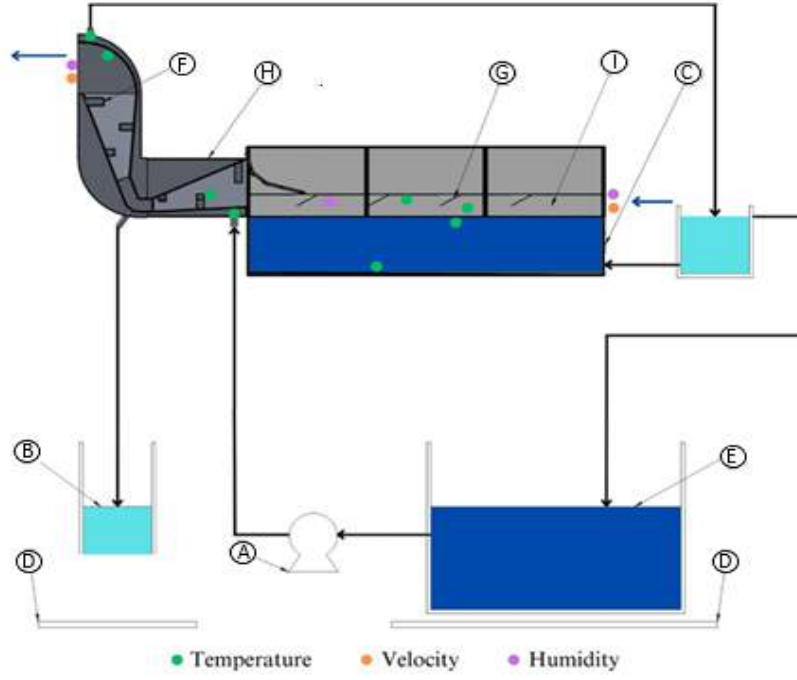


Fig. 2. Schematic of the forced-flow desalination experimental rig. (A) Circulation pump, (B) Freshwater reservoir, (C) Sea water, (D) Scale, (E) Condenser cooling water reservoir, (F) Vortex generator in condenser, (G) Vortex generator, (H) Condenser, (I) Evaporation chamber. The coloured dots show the locations of the sensors; the arrows show the direction of air flow

Many previous studies have included CFD simulations [46-49]. In the present study, a simulation was created using Cradle CFD software by Hexagon. There are three governing equations in fluid dynamics: the continuity equation, the momentum equation and the energy equation.

Integral form continuity equation:

$$\frac{\partial}{\partial t} \iiint_V \rho dV + \iint_A \rho \vec{V} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (1)$$

Differential form continuity equation:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \vec{V} \cdot \vec{V} = 0 \quad (2)$$

Momentum equation in the x-axis direction:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \vec{V} \cdot (\rho u \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \rho f_x \quad (3)$$

The momentum equation in the y-axis direction:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \vec{V} \cdot (\rho v \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \rho f_y \quad (4)$$

The momentum equation in the z-axis direction:

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho w \vec{V}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \rho f_z \quad (5)$$

The energy equation is written in the form of internal energy:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(e + \frac{V^2}{2} \right) \right] + \vec{\nabla} \cdot \left[\rho \left(e + \frac{V^2}{2} \right) \vec{V} \right] = \rho \dot{q} - \frac{\partial(\rho p)}{\partial x} - \frac{\partial(vp)}{\partial y} - \frac{\partial(wp)}{\partial z} + \rho \vec{f} \cdot \vec{V} \quad (6)$$

In CFD, meshing or discretization is used to convert a continuous fluid domain into a discrete computational domain. This approach allows fluid equations to be solved using numerical methods. An efficient mesh is very important in multiphase simulations because it impacts the accuracy of the simulation [50]. A hexahedron mesh was used here; this mesh has good resolution and high computational efficiency. For more detailed analyses, a polyhedral mesh was used in the present study, which can simulate the movements of objects along a high curvature (Figure 3). When creating a CFD simulation, it is also necessary to conduct a grid independence test [51, 52] as shown in Figure 4.

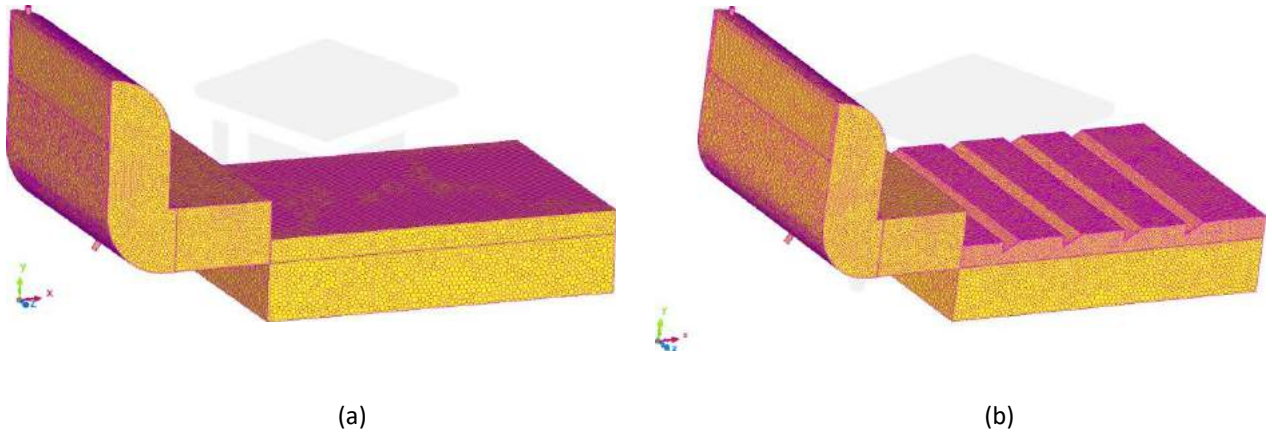


Fig. 3. A CFD hexahedron mesh (a) without vortex generator (b) using vortex generator

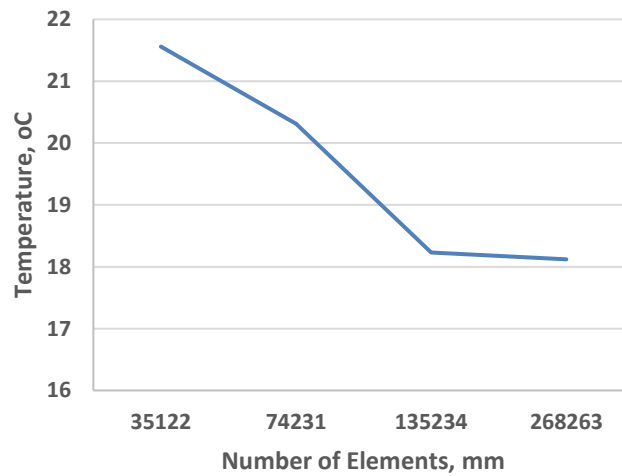


Fig. 4. Grid independence test

Data were collected using the tools listed in Table 1.

Table 1
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 ²
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 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 Figure 5.

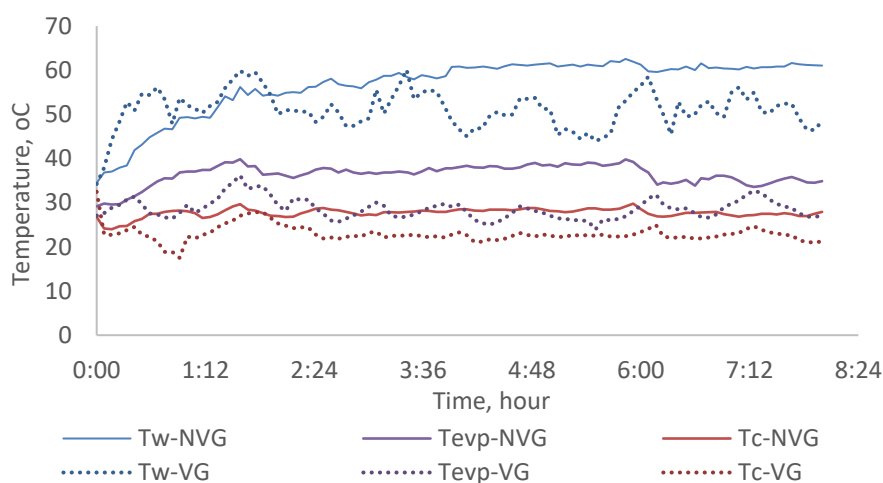


Fig. 5. Water temperature (Tw), air flow temperature (Tev) and condenser temperature (Tc) in the desalination units with (Tw-VG, Tev-VG and Tc-VG) and without a vortex generator (Tw-NVG, Tev-VG and Tc-VG)

As shown in Figure 5, the water temperature was lower with a vortex generator (Tw-VG) than without it (Tw-NVG). The average Tw-VG and TW-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 air flow temperature 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 D-VG was greater than the difference between the temperature of the water and the vapour in the D-NVG; these differences were 25.72 °C and 21.18 °C, respectively. This temperature difference is proportional to the pressure difference [28] 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 did not differ much from the temperature recorded in the experiment, as shown in Figure 6.

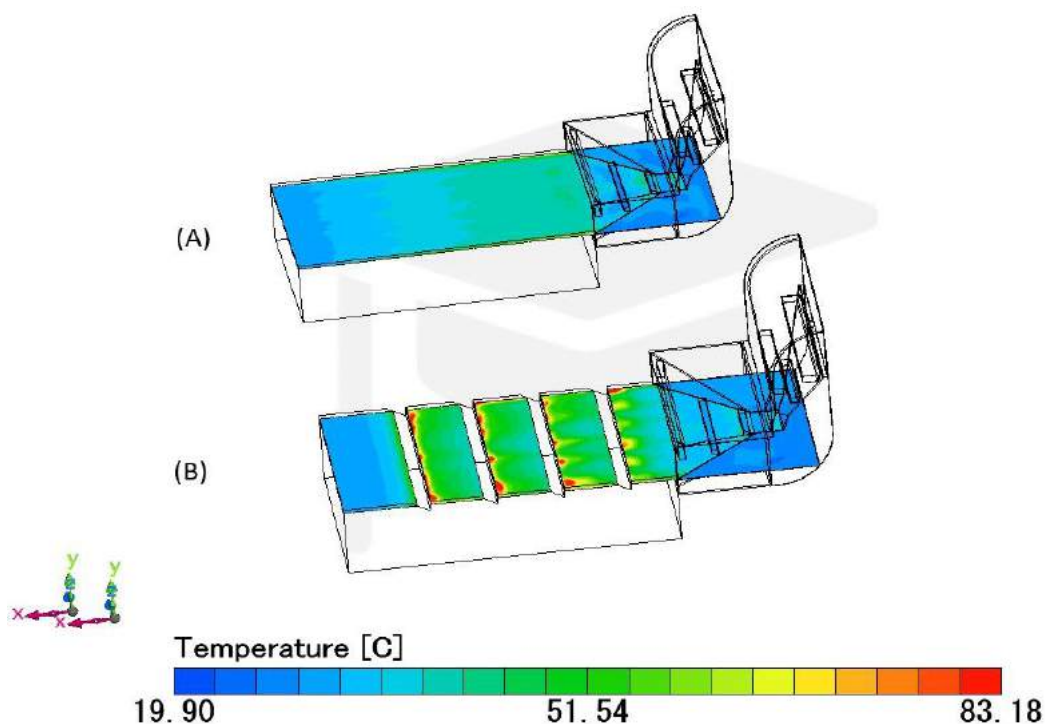


Fig. 6. Temperature distribution (A) without vortex generator (B) with a vortex generator

As shown in Figure 6, 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, thus reducing the water temperature. This increase in air flow speed can be seen in Figure 7.

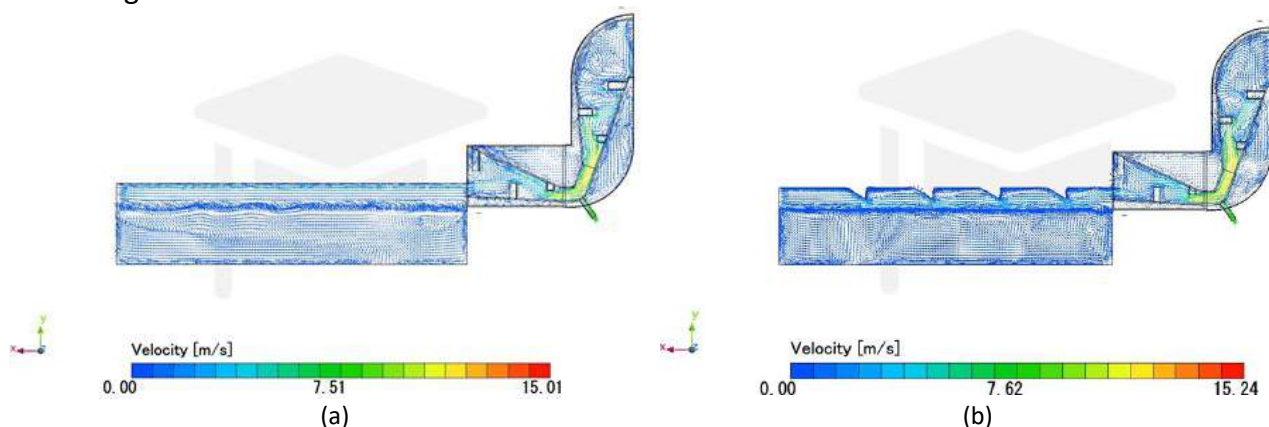


Fig. 7. Air flow velocity (a) without vortex generator (b) with a vortex generator

As shown in Figure 7, the rate of air flow without the vortex generator was about 2.28 m/s; without the vortex generator, the air speed tends to remain constant throughout the evaporation chamber. With a vortex generator, the 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 [53]. This shift increases the difference in air pressure, encouraging faster evaporation, as shown in Figure 8.

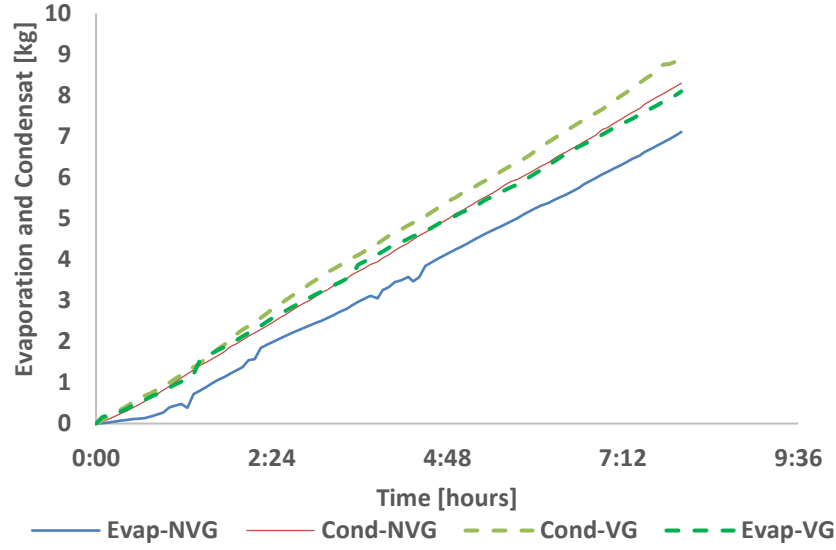


Fig. 8. Evaporation and condensation with (Evap-VG and Cond-VG) and without (Evap-NVG and Cond-NVG) a vortex generator

Figure 8 illustrates evaporation and condensation with (Evap-VG and Cond-VG) and without (Evap-NVG and Cond-VG) vortex generators. 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 D-VG created more water vapour than the D-NVG. The Reynolds number (Re) was also higher with a vortex generator than without it. The Reynolds number is calculated as follows:

$$Re = \frac{\rho V x}{\mu}, \quad (7)$$

Where the dynamic viscosity μ , density of air ρ and length x were taken as 1.954×10^{-5} kg/ms, 1.09 kg/m³ and 0.025 m, respectively. The evaporation coefficient (h_{ew}) and convection coefficient (h_{cw}) can be calculated based on evaporation [54]; the results of evaporation per hour (m_w) for a solar still are [55] as follows:

$$m_w = \frac{h_{ew}(T_w - T_{evp})}{h_{fg}} \times 3600, \quad (8)$$

where the latent heat of evaporation (h_{fg}) were taken as $2.372.099$. The convection coefficient was obtained from the following equation:

$$h_{e,w-gi} = 0,0163 \times h_{cw} \left[\frac{P_w - P_{evp}}{T_w - T_{ev}} \right], \quad (9)$$

Where P_w and P_{evp} are partial vapour pressure at the water surface temperature and partial vapour pressure at the evaporation chamber, respectively. The results can be seen in Table 2.

Table 2
Reynolds Number (Re), evaporation coefficient (h_{ew}) and convection coefficient (h_{cw})

	Re	h_{ew}	h_{cw}
Without vortex generator	6,626.29	1,148.92	124.76
With vortex generator	7,729.21	3,543.10	560.74

Without a vortex generator, Re was 6.626.29; with it, Re was 7,731.12, 1.15 times greater. A higher Reynolds number indicates more counter-rotating vortices [56] and also leads to an increase in the mass transfer coefficient [57], hence increasing the convection and evaporation rate, which is indicated by increasing the convection coefficient (h_{cw}) and evaporation (h_{ew}).

As mentioned above, greater evaporation leads to higher condensation. This finding also aligns with the simulation. Since the yield of water vapour was higher with the vortex generator than without it, the D-VG was more efficient than the D-NVG (Table 3).

The efficiency of the system is measured by the gained output ratio (GOR), which can be expressed as [58]:

$$GOR = \frac{\sum m_w \cdot h_{fg}}{Q_{in}} \quad (10)$$

Table 3
System efficiency and comparison

	GOR	η
Flat plate evaporator	4.49	[59]
Thermal collector–evaporator	3.99	[60]
With vortex generator	1.53	76.1%
Without vortex generator	1.34	66.4%
Air heating counter flow	0.62	[61]
Air motion in solar still		55.6% [62]
Natural circulation loop		45.15% [63]

As shown in Table 3, efficiency or can be measured as GOR [64, 65]; the D-VG is 1.14 times more efficient than the D-NVG. Although several studies show higher GOR values, the system used is different and can be used in further research. However, when compared with solar desalination, the efficiency of using a vortex generator is higher. 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, GOR or efficiency increased from 1.53 in a unit without a vortex generator to 1.34 in a unit with a vortex generator. Therefore, it can be concluded that vortex generators can improve the performance of desalination equipment.

Acknowledgements

This research was 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] Schewe, Jacob, Jens Heinke, Dieter Gerten, Ingjerd Haddeland, Nigel W. Arnell, Douglas B. Clark, Rutger Dankers *et al.*, "Multimodel assessment of water scarcity under climate change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, no. 9 (2014): 3245-3250. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110>
- [2] Sivakumar, Bellie. "Water crisis: from conflict to cooperation—an overview." *Hydrological Sciences Journal* 56, no. 4 (2011): 531-552. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.580747>
- [3] UNICEF, "Water scarcity," 2020. Accessed: Aug. 05, 2022.
- [4] Pauli, Benjamin J. "The Flint water crisis." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 7, no. 3 (2020): e1420. <https://doi.org/10.1002/WAT2.1420>
- [5] Bond, Nick R., Ryan M. Burrows, Mark J. Kennard, and Stuart E. Bunn. "Water scarcity as a driver of multiple stressor effects." In *Multiple stressors in river ecosystems*, pp. 111-129. Elsevier, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811713-2.00006-6>
- [6] Guntur, G., A. A. Jaziri, A. A. Prihanto, D. M. Arisandi, and A. Kurniawan. "Development of salt production technology using prism greenhouse method." In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 106, no. 1, p. 012082. IOP Publishing, 2018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012082>
- [7] Sartono, Cinthia Morris, Prijadi Soedarsono, and Max Rudolf Muskanonfolo. "Konversi tonase air dengan berat garam yang terbentuk di areal pertambakan Tanggultare Jepara." *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)* 2, no. 3 (2013): 20-26. <https://doi.org/10.14710/mari.v2i3.4177>
- [8] Xu, Jiale, Zizhao Wang, Chao Chang, Benwei Fu, Peng Tao, Chengyi Song, Wen Shang, and Tao Deng. "Solar-driven interfacial desalination for simultaneous freshwater and salt generation." *Desalination* 484 (2020): 114423. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114423>
- [9] Kalogirou, Soteris A. "Solar thermal collectors and applications." *Progress in energy and combustion science* 30, no. 3 (2004): 231-295. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>
- [10] Kabeel, A. E., and S. A. El-Agouz. "Review of researches and developments on solar stills." *Desalination* 276, no. 1-3 (2011): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.03.042>
- [11] Rabhi, Kamel, Rached Nciri, Faouzi Nasri, Chaouki Ali, and Habib Ben Bacha. "Experimental performance analysis of a modified single-basin single-slope solar still with pin fins absorber and condenser." *Desalination* 416 (2017): 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.04.023>
- [12] Srivastava, Pankaj K., 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* 311 (2013): 198-205. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.11.035>
- [13] Mugisidi, Dan, Berkah Fajar, Syaiful Syaiful, Tony Utomo, Oktarina Heriyani, Delvis Agusman, and Regita Regita. "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* 70, no. 1 (2020): 125-135. <https://doi.org/10.37934/arfmts.70.1.125135>
- [14] Haddad, Zakaria, Abba Chaker, and Ahmed Rahmani. "Improving the basin type solar still performances using a vertical rotating wick." *Desalination* 418 (2017): 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.05.030>
- [15] Hansen, R. Samuel, C. Surya Narayanan, and K. Kalidasa Murugavel. "Performance analysis on inclined solar still with different new wick materials and wire mesh." *Desalination* 358 (2015): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.12.006>
- [16] Pal, Piyush, Pankaj Yadav, Rahul Dev, and Dhananjay Singh. "Performance analysis of modified basin type double slope multi-wick solar still." *Desalination* 422 (2017): 68-82. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.08.009>
- [17] Sharshir, Swellam W., M. R. Elkadeem, and An Meng. "Performance enhancement of pyramid solar distiller using nanofluid integrated with v-corrugated absorber and wick: an experimental study." *Applied Thermal Engineering* 168 (2020): 114848. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114848>
- [18] Jani, Hardik K., and Kalpesh V. Modi. "Experimental performance evaluation of single basin dual slope solar still with circular and square cross-sectional hollow fins." *Solar Energy* 179 (2019): 186-194. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.12.054>

- [19] El-Sebaili, A. A., and E. El-Bialy. "Advanced designs of solar desalination systems: A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49 (2015): 1198-1212. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.161>
- [20] Mevada, Dinesh, Hitesh Panchal, Kishor kumar Sadasivuni, Mohammad Israr, M. Suresh, Swapnil Dharaskar, and Hemin Thakkar. "Effect of fin configuration parameters on performance of solar still: a review." *Groundwater for Sustainable Development* 10 (2020): 100289. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100289>
- [21] Estahbanati, MR Karimi, Amimul Ahsan, Mehrzad Feilizadeh, Khosrow Jafarpur, Seyedeh-Saba Ashrafmansouri, and Mansoor Feilizadeh. "Theoretical and experimental investigation on internal reflectors in a single-slope solar still." *Applied energy* 165 (2016): 537-547. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.12.047>
- [22] Omara, Z. M., A. E. Kabeel, A. S. Abdullah, and F. A. Essa. "Experimental investigation of corrugated absorber solar still with wick and reflectors." *Desalination* 381 (2016): 111-116. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2015.12.001>
- [23] Tanaka, Hiroshi. "Analyzing the effect of an enlarged flat plate reflector (FPR) on a vertical multiple-effect diffusion solar still's (VMEDS) performance." *Applied Thermal Engineering* 142 (2018): 138-147. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.06.054>
- [24] Nasri, B., A. Benatallah, S. Kalloum, and D. Benatallah. "Improvement of glass solar still performance using locally available materials in the southern region of Algeria." *Groundwater for Sustainable Development* 9 (2019): 100213. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100213>
- [25] Wirangga, Ristanto, Dan Mugisidi, Adi Tegar Sayuti, and Oktarina 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* 106, no. 1 (2023): 39-50. <https://doi.org/10.37934/arfmts.106.1.3950>
- [26] Fath, Hassan ES, Samy Elsherbiny, and Ahmad Ghazy. "A naturally circulated humidifying/dehumidifying solar still with a built-in passive condenser." *Desalination* 169, no. 2 (2004): 129-149. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.08.014>
- [27] Boutriaa, Abdelouahab, and Ahmed Rahmani. "Thermal modeling of a basin type solar still enhanced by a natural circulation loop." *Computers & Chemical Engineering* 101 (2017): 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2017.02.033>
- [28] Sellami, M. Hassen, R. Touahir, S. Guemari, and K. Loudiyi. "Use of Portland cement as heat storage medium in solar desalination." *Desalination* 398 (2016): 180-188. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.07.027>
- [29] Yang, Jae Sung, Myunggeun Jeong, Yong Gap Park, and Man Yeong 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* 136 (2019): 1064-1078. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.03.072>
- [30] Fiebig, M. "Vortices, generators and heat transfer." *Chemical Engineering Research and Design* 76, no. 2 (1998): 108-123. <https://doi.org/10.1205/026387698524686>
- [31] Mugisidi, Dan, Oktarina Heriyani, Pancatativa Hesti Gunawan, and Dwi Apriani. "Performance Improvement of a Forced Draught Cooling Tower Using a Vortex Generator." *CFD Letters* 13, no. 1 (2021): 45-57. <https://doi.org/10.37934/cfdl.13.1.4557>
- [32] Md Salleh, Mohd Fahmi, Ahmadali Gholami, and Mazlan 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* 141, no. 2 (2019): 021801. <https://doi.org/10.1115/1.4041832>
- [33] Kabeel, A. E., Z. M. Omara, and F. A. Essa. "Enhancement of modified solar still integrated with external condenser using nanofluids: An experimental approach." *Energy conversion and management* 78 (2014): 493-498. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.11.013>
- [34] Essa, F. A., Mohamed Abd Elaziz, and Ammar H. Elsheikh. "An enhanced productivity prediction model of active solar still using artificial neural network and Harris Hawks optimizer." *Applied Thermal Engineering* 170 (2020): 115020. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115020>
- [35] El-Samadony, Y. A. F., A. S. Abdullah, and Z. M. Omara. "Experimental study of stepped solar still integrated with reflectors and external condenser." *Experimental heat transfer* 28, no. 4 (2015): 392-404. <https://doi.org/10.1080/08916152.2014.890964>
- [36] Al-Hamadani, Ali AF, and S. K. Shukla. "Performance of single slope solar still with solar protected condenser." *Distributed Generation & Alternative Energy Journal* 28, no. 2 (2013): 6-28. <https://doi.org/10.1080/21563306.2013.10677548>
- [37] Sivaram, P. M., 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* 23 (2021): 2143-2171. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00667-4>
- [38] Belhadj, Mohamed Mustapha, Hamza Bouguettaia, Yacine Marif, and Moussa Zerrouki. "Numerical study of a double-slope solar still coupled with capillary film condenser in south Algeria." *Energy Conversion and Management* 94 (2015): 245-252. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.01.069>

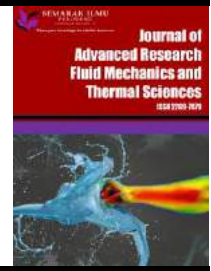
- [39] Tiwari, G. N., A. Kupfermann, and Shruti Aggarwal. "A new design for a double-condensing chamber solar still." *Desalination* 114, no. 2 (1997): 153-164. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(98\)00007-1](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(98)00007-1)
- [40] El-Bahi, A., and D. Inan. "Analysis of a parallel double glass solar still with separate condenser." *Renewable energy* 17, no. 4 (1999): 509-521. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(98\)00768-X](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00768-X)
- [41] Xiong, Jianyin, Guo Xie, and Hongfei Zheng. "Experimental and numerical study on a new multi-effect solar still with enhanced condensation surface." *Energy conversion and management* 73 (2013): 176-185. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.04.024>
- [42] Bhardwaj, R., M. V. Ten Kortenaar, and R. F. Mudde. "Maximized production of water by increasing area of condensation surface for solar distillation." *Applied energy* 154 (2015): 480-490. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.05.060>
- [43] Tiwari, Anil Kr, and G. N. Tiwari. "Effect of the condensing cover's slope on internal heat and mass transfer in distillation: an indoor simulation." *Desalination* 180, no. 1-3 (2005): 73-88. <https://doi.org/10.1016/j.desa1.2004.12.029>
- [44] Han, Zhimin, Zhiming Xu, and Hongwei Qu. "Parametric study of the particulate fouling characteristics of vortex generators in a heat exchanger." *Applied Thermal Engineering* 167 (2020): 114735. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114735>
- [45] Dietz, C. F., M. Henze, S. O. Neumann, and Jens von Wolfersdorf. "The effects of vortex structures on heat transfer and flow field behind arrays of vortex generators." *Journal of Enhanced Heat Transfer* 16, no. 2 (2009). <https://doi.org/10.1615/JEnhHeatTransf.v16.i2.60>
- [46] Nadgire, Anand R., Shivprakash B. Barve, and Prachi K. Ithape. "Experimental investigation and performance analysis of double-basin solar still using CFD techniques." *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C* 101 (2020): 531-539. <https://doi.org/10.1007/s40032-020-00561-y>
- [47] Khare, Vaibhav Rai, Abhay Pratap Singh, Hemant Kumar, and Rahul Khatri. "Modelling and performance enhancement of single slope solar still using CFD." *Energy Procedia* 109 (2017): 447-455. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.064>
- [48] S. El-Sebaey, Mahmoud, Asko Ellman, Ahmed Hegazy, and Tarek Ghonim. "Experimental analysis and CFD modeling for conventional basin-type solar still." *Energies* 13, no. 21 (2020): 5734. <https://doi.org/10.3390/en13215734>
- [49] Yan, Tiantong, Guo Xie, Hongtao Liu, Zhanglin Wu, and Licheng Sun. "CFD investigation of vapor transportation in a tubular solar still operating under vacuum." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 156 (2020): 119917. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119917>
- [50] Hamad, A., Syed Mohammed Aminuddin Aftab, and Kamarul Arifin Ahmad. "Reducing flow separation in T-junction pipe using vortex generator: CFD study." *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* 44, no. 1 (2018): 36-46.
- [51] Shoeibi, Shahin, Nader Rahbar, Ahad Abedini Esfahlani, and Hadi Kargarsharifabad. "Energy matrices, exergoeconomic and enviroeconomic analysis of air-cooled and water-cooled solar still: Experimental investigation and numerical simulation." *Renewable Energy* 171 (2021): 227-244. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.081>
- [52] Gnanavel, C., R. Saravanan, and M. Chandrasekaran. "CFD analysis of solar still with PCM." *Materials Today: Proceedings* 37 (2021): 694-700. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.638>
- [53] Ramakrishnan, Ramkumar, and Ragupathy 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* 26 (2012): 1643-1650. <https://doi.org/10.1007/s12206-012-0323-9>
- [54] Dan Mugisidi, Dan Mugisidi, Abdul Rahman Abdul Rahman, Oktarina Heriyani Oktarina Heriyani, and Pancatatva Hesti Gunawan Pancatatva Hesti Gunawan. "Determination of the convective heat transfer constant (c and n) in a solar still." *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi* 11, no. 1 (2021): 1-12. <https://doi.org/10.22146/teknosains.50908>
- [55] Elango, C., N. Gunasekaran, and K. Sampathkumar. "Thermal models of solar still—A comprehensive review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 47 (2015): 856-911. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.054>
- [56] Oyakawa, K., 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*, pp. 633-640. Elsevier, 1993. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-81619-1.50075-7>
- [57] Ali, H. M. "Effect of forced convection inside the solar still on heat and mass transfer coefficients." *Energy conversion and management* 34, no. 1 (1993): 73-79. [https://doi.org/10.1016/0196-8904\(93\)90009-y](https://doi.org/10.1016/0196-8904(93)90009-y)
- [58] Kabeel, A. E., and Emad MS El-Said. "Applicability of flashing desalination technique for small scale needs using a novel integrated system coupled with nanofluid-based solar collector." *Desalination* 333, no. 1 (2014): 10-22. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2013.11.021>

- [59] Yu, Jing, Juan Yang, and Weidong Yan. "Characteristics and performance investigation of solar AES system with novel flat-plate collector-evaporator integrated unit capable of salinity wastewater thermal self-storage." *Desalination* 555 (2023): 116559. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2023.116559>
- [60] Yu, Jing, Juan Yang, and Weidong Yan. "Thermodynamic simulation and experiment research of the solar air evaporating separation system for saline wastewater treatment with thermal collector–evaporator integrated unit." *Energy Reports* 8 (2022): 6707-6728. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.05.025>
- [61] Yu, Jing, Sumin Jin, and Yujiang Xia. "Experimental and CFD investigation of the counter-flow spray concentration tower in solar energy air evaporating separation saline wastewater treatment system." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 144 (2019): 118621. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.118621>
- [62] Ali, H. M. "Experimental study on air motion effect inside the solar still on still performance." *Energy conversion and management* 32, no. 1 (1991): 67-70. [https://doi.org/10.1016/0196-8904\(91\)90144-8](https://doi.org/10.1016/0196-8904(91)90144-8)
- [63] Rahmani, Ahmed, Abdelouahab Boutriaa, and Amar Hadeef. "An experimental approach to improve the basin type solar still using an integrated natural circulation loop." *Energy conversion and management* 93 (2015): 298-308. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.01.026>
- [64] Rostamzadeh, Hadi, Amin Shekari Namin, Pejman Nourani, Majid Amidpour, and Hadi Ghaebi. "Feasibility investigation of a humidification-dehumidification (HDH) desalination system with thermoelectric generator operated by a salinity-gradient solar pond." *Desalination* 462 (2019): 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.04.001>
- [65] Yu, Jing, Liang Chen, Sumin Jin, and Weidong Yan. "Performance investigation of the double-stage solar air evaporating separation system for saline wastewater treatment." *Desalination* 515 (2021): 115194. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.115194>



Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences

Journal homepage:
https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/fluid_mechanics_thermal_sciences/index
ISSN: 2289-7879



The Impact of Wind Speed on the Rate of Water Evaporation in a Desalination Chamber

Ristanto Wirangga¹, Dan Mugisidi^{1,*}, Adi Tegar Sayuti¹, Oktarina Heriyani¹

¹ Department of Mechanical engineering, Faculty of Industrial and Informatic Technology, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, Indonesia

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Received 19 January 2023 Received in revised form 15 April 2023 Accepted 22 April 2023 Available online 14 May 2023 Keywords: Sea water; desalination; evaporation; wind velocity	Water is very important to human life, and its use is increasing as the population grows. However, sources of fresh water on the earth's surface are limited, as seawater covers most of the earth. Therefore, seawater desalination is a potential solution to water shortages. Desalination is the process of removing salt from seawater to produce fresh water. Desalination is particularly useful approach in Indonesia because two-thirds of this nation's territory is ocean. Desalination involves two stages: evaporation and condensation. Wind speed affects the rate of evaporation. Thus, this study explores the effect of wind speed on the rate of evaporation. Wind speed was regulated using a fan, and wind speeds of 0 m/s, 0.6 m/s, 2.6 m/s, and 5 m/s were tested; the water temperature was kept constant at 60 °C. The data were analyzed statistically to determine the effect of wind speed on the evaporation of seawater. The highest rate of evaporation occurred at a wind speed of 5 m/s and the lowest at a wind speed of 0 m/s. The highest amount of condensation occurred at a wind speed of 0.6 m/s and the lowest at a wind speed of 5 m/s.

1. Introduction

Water is very important for humans. Water consumption increases as the number of people on earth increases, and a global population increase of 15% will reduce the quality and amount of clean water by 40% [1-3]. Clean water shortages occur all over the world, including in Indonesia. In fact, in several places in Indonesia lack clean water and must buy it from other areas [4,5]. Even though Indonesia is the largest archipelagic country in the world and two-thirds of its area (3,288,683 km²) consists of ocean, shortages of clean water occur in many places, especially in coastal regions, only 66.54% have access to clean water [6-8]. This is a serious concern; only 2.8% of water on the earth's surface is fresh, while the rest is advance water [9]. Therefore, seawater is a potential source of clean water, and due to the abundance of seawater in Indonesia, desalinating seawater to convert it to clean water could help address the nation's water problems [10,11].

* Corresponding author.
E-mail address: dan.mugisidi@uhamka.ac.id

Desalination is the process of removing the salt from seawater to produce fresh water that uses two processes to separate salt from water: evaporation and condensation [12-16]. The resulting fresh water can be used for various human needs, including drinking, washing, and cooking [17]. In addition to converting seawater into fresh water, the desalination process also produces salt through the separation of seawater content. The salt produced through this process has potential as a valuable product. However, modern desalination equipment is fairly inefficient due to ineffective evaporation processes [18].

Many studies on evaporation have been conducted. Some study that has been explored include the effect of pressure and material on evaporation, the impact of the angle of the glass roof and the mirror at the base of the basin on evaporation; the effect of sunlight on evaporation; the effect of water level on evaporation; the effect of temperature on evaporation; and the use of mist sprayed from a nozzle to evaporate water [19-35]. However, no previous study has explored the effect of wind speed on the evaporation of sea water in desalination chamber.

Therefore, the present study aimed to determine the effect of wind speed on the evaporation of seawater in a desalination device. This study has analysed the impact of various wind speeds on the evaporation of seawater at a constant temperature. This research is believed to be beneficial for traditional salt-making farmers who still take advantage of natural conditions in the salt-making process. Evaporation in salt fields depends on wind speed and solar heat. The results of this study can be used to improve salt industry facilities in order to increase their efficiency.

1.1 Mass Transfer

Mass transfer is the transfer of a substance in a mixture from one location to another [36,37]. Mass transfer can also be interpreted as the driving force that causes the movement of molecules in liquid [38-41]. The mechanism of mass transfer is largely due to the dynamics of liquids [42]. Many physical and chemical processes involve mass transfer, including adsorption, evaporation, precipitation, membrane filtration, desalination and drying [43]. Engineers use mass transfer to describe physical processes involving molecular diffusion and the convection transfer of chemical species within a system. Previous studies have shown that number of mass transfer can vary depending on the physical and chemical parameters of the system, such as temperature, pressure, viscosity, and flow rate [44,45].

Evaporation is the process by which water transforms into water vapour or gas. It is caused by the difference in pressure between the surface of the water and the air above it [46]. Evaporation can be affected by several physical parameters, including humidity, wind speed and air temperature [47]. There are various methods for measuring evaporation [48].

Evaporation rate calculation:

According to Yuga *et al.*, [49], the rate of evaporation is defined as

$$E_{lp} = (0.37 + 0.0041 \bar{u})(p_s - p_w)^{0.88} \quad (1)$$

where

E_{lp} = evaporation rate, in/day

$\bar{u}$ = wind movement, mi/day

p_s = saturation vapor pressure at air temperature water vapor, in Hg, and

p_w = actual vapor pressure of air under conditions of temperature and humidity, in Hg.

To calculate the mass evaporation rate per unit area, uses the following equation [50]

$$\frac{\dot{m}_w}{A} = \frac{E_{lp}}{12} \rho_w \quad (2)$$

where

E_{lp} = mass evaporation rate per unit area, $\text{kg/h} \cdot \text{m}^2$ and

ρ_w = water density, lb/ft^3 .

To determine the efficiency of the condenser in a desalination system, condensation efficiency is calculated using the following equation [51]

$$(\eta) = \frac{\text{condensation results}}{\text{evaporation result}} \times 100\% \quad (3)$$

1.2 Pressure

Pressure is one of the primary factors impacting the rate of evaporation [52]. Therefore, it is necessary to determine the pressure in the water and on its surface because evaporation occurs when the air pressure above the water is lower than the surface water pressure. When the air pressure is low, water molecules evaporate into the atmosphere, leaving water behind. During evaporation, water molecules draw heat from the environment, which causes the temperature of the water to decrease and reduces the concentration of water molecules in the water.

The following equation is used to calculate water pressure [53]

$$P_w = \exp \left[25.317 - \frac{5144}{T_w + 273} \right] \quad (4)$$

where

P_w = water pressure (Pa) and

T_w = water temperature ($^{\circ}\text{C}$).

2. Methods

In this study, a temperature of 60°C was maintained in the main water container. Several wind speeds (0 m/s, 0.6 m/s, 2.6 m/s, and 5 m/s) were obtained using an adjustable fan to compare the rate of seawater evaporation during desalination at different wind speeds. High wind speeds can help remove the water vapor from the surface of the desalination device and reduce the pressure, thus accelerating evaporation. However, wind speeds that are too high can cause vortices and energy losses [54].

Thus, various wind speeds were compared in this study to help determine the optimal conditions to maximize the evaporation rate of seawater during desalination. The following tools were used as shown in Table 1.

Table 1
Measurement tools

No	Tools	Function	Specifications
1	Thermostat XH-W3001	Temperature	-50°C -110°C, $\pm 0.1^\circ\text{C}$.
2	Anemometer GM816	Wind speed	0 – 30 m/s, 0.1 m/s,
3	Digital thermometer	Water temperature	-50°C -110°C, $\pm 0.1^\circ\text{C}$
4	Digital hygrometer	Humidity	10% – 99%, $\pm 1\%$
5	Digital scale 40 kg	Water mass	0 – 40 kg, 0.005 kg
6	Digital scale 5 kg	Condensed water mass	0 – 5 kg, 1 gr

Figure 1 shows the design of the research tool. The study was conducted in the mechanical engineering laboratory of the Faculty of Industrial and Informatics Technology at the Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA from March to August 2022.

Figure 2 shows a schematic of a desalination device used in this study. In this device, seawater in the main container is heated to maintain the water temperature at 60°C . As the water evaporates, water vapour moves towards the steam funnel and through it to the condenser. Wind speeds of 0 m/s, 0.6 m/s, 2.6 m/s and 5 m/s were tested. Seawater in the holding container is channelled to the condenser by a pump. Water from the condenser flows into the control container through the condenser outlet. To maintain the water level at a certain level, the control container has an overflow into the holding container. Therefore, the water level in the control container remains constant, while the water level in the holding container decreases due to evaporation. So that the rate of evaporation is measured by the mass of the water in the holding container. Every 15 minutes, the mass of the water in the holding container is measured using a digital scale to determine whether the water mass has reduced due to evaporation. In Figure 2, data are collected at RH1, RH2, T1 and T2. Where T1 is temperature of the incoming air above the seawater in the main container, T2 is temperature of the outgoing air over the seawater in the main container, RH1 is humidity of the incoming air over the seawater in the main container and RH 2 is humidity of the outgoing air over the seawater in the main container.

This study was conducted indoors to minimise of uncontrollable variables such as wind speed and solar radiation

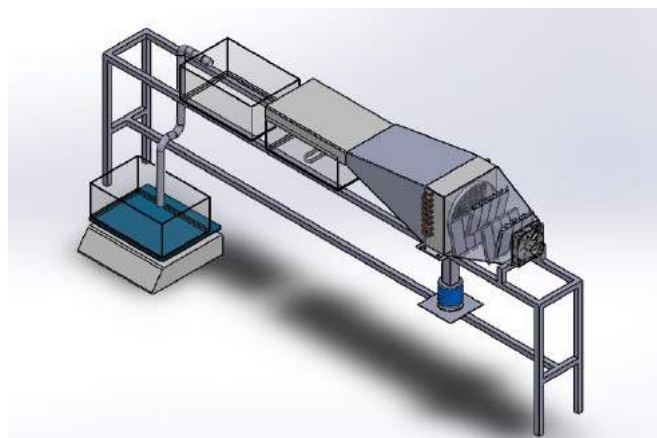


Fig. 1. Experimental rig

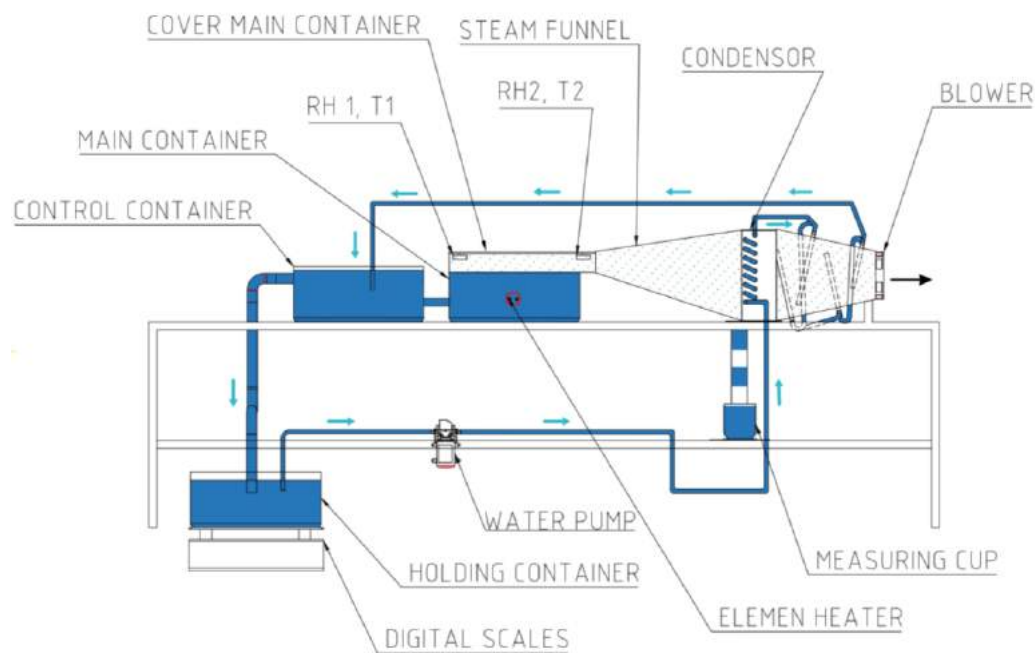


Fig. 2. Experimental setup

3. Results

In this study, four variables were tested: wind speeds of 0 m/s, 0.6 m/s, 2.6 m/s and 5 m/s. Other data collected were water and air temperature, relative humidity, mass of water in holding container to measure evaporation results and mass of measuring cup to measure condensation results.

Figure 3 shows the evaporation and condensation data collection processes. Seawater in the main container is heated using a heater which is regulated by a thermostat to maintain a constant temperature of 60°C. Data collection begins when seawater in the holding container is pumped into the condenser, from there to the heat exchanger, and from there to the control container, which is connected to the main container. This ensures a constant level of seawater in the main container. Data were collected every 15 minutes for two hours.



Fig. 3. Desalination equipment

3.1 Total Evaporation

To determine how much seawater evaporates under four different wind speeds, it is necessary to measure the reduction in mass of water in the holding container. This was measured using digital scales to determine how much seawater evaporated during desalination.

Using Eq. (1) and Eq. (2), the theoretical and measured evaporation rates per unit area over two hours were calculated; the results are shown in Table 2.

The values shown in Table 2 are plotted in Figure 4 to illustrate the correlation between the experimental and theoretical evaporation.

Table 2
Experimental and theoretical evaporation

	Experimental	Theoretical
V = 0 m/s	335 ml	360.5 ml
V = 0.6 m/s	455 ml	496.3 ml
V = 2.6 m/s	530 ml	549.8 ml
V = 5 m/s	715 ml	763.5 ml

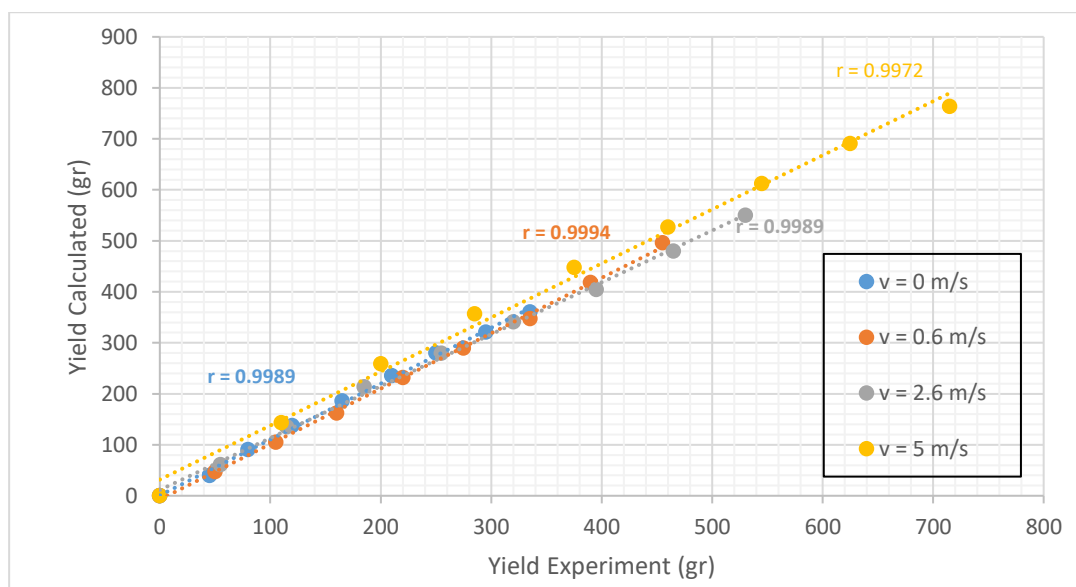


Fig. 4. Correlation of experimental and theoretical evaporation rates

The experimental results show the actual evaporation rates at various wind speeds over a period of two hours. These results show that higher wind speeds led to higher evaporation rates. At a wind speed of 0 m/s, the actual evaporation rate is 335 ml, while at a wind speed of 0.6 m/s, the actual evaporation rate increases to 445 ml. At a wind speed of 2.6 m/s, the actual evaporation rate is 530 ml, and at a wind speed of 5 m/s, the actual evaporation rate reaches 715 ml. The theoretical evaporation rates at these wind speeds were also calculated. The theoretical evaporation rate at a wind speed of 0 m/s is 360.505 ml, while at a wind speed of 0.6 m/s, the theoretical evaporation rate increases to 496.3 ml. At a wind speed of 2.6 m/s, the theoretical evaporation rate is 549.8 ml, and at a wind speed of 5 m/s, the theoretical evaporation rate reaches 763.5 ml. The results of this study show that wind speed significantly impacts the evaporation rate. Increased wind speed causes a decrease in air pressure above the basin, accelerating the evaporation process [55].

It can therefore be concluded from these findings that wind speed affects the rate of evaporation. However, it should be noted that the theoretical evaporation rate may differ from the actual evaporation rate due to other factors not measured in this study. The results of this study can be used as a reference for calculating the evaporation rate in a given location based on wind speed.

The correlation between measured and theoretical evaporation rates ranges from 0.9972 to 0.9994 (Figure 4), which means it is between 0.99 and 1. This indicates a strong correlation between actual and theoretical evaporation rates in the present study and the future similar studies can be predicted using this calculation [56]. Thus, it can be concluded that wind speed significantly affects evaporation, and this study shows that the measured evaporation rates correlate strongly with theoretical calculations. These findings can be used as a basis for developing a model to predict evaporation rates.

Pressure is one of the main factors impacting evaporation; therefore, in the present study, it was necessary to measure the pressure in the water vapor and the surface pressure of the water [57]. This is because evaporation is caused by pressure differences. The vapour properties were used to measure the air pressure above the basin as shown in Table 3 [58]. Water pressure was calculated as 19,331.67 Pa using Eq. (4). Thus, the air pressure above the surface of the water is lower than the water pressure; this difference in pressure causes evaporation [59].

As seen in Figure 5, the temperature of the air entering the basin (T1) is always lower than the temperature of the air leaving the basin (T2). This is because, during evaporation, water draws heat energy and transforms into water vapor [60]. Therefore, the air leaving the basin has a higher temperature because it has heat energy.

As shown in Figure 5, higher wind speeds decrease the air temperature. Thus, increasing the wind speed increases the rate of evaporation because the wind carries the newly formed water vapor away from the surface of the water and replaces it with drier air. Increasing the wind speed also increases the rate at which heat is transferred from the surface of the water to the surrounding air, decreasing the air temperature further.

Relative humidity (RH) is a ratio of the humidity ratio of a particular water-air mixture compared to the saturation humidity ratio at a given temperature (dry-bulb) [61]. As wind speed increases, the pressure of partial water vapour decreases, causing RH to decrease. This is shown in Table 3; higher wind speeds lead to lower pressure in the partial water vapour. As shown in Figure 5, increasing the wind speed decreases the humidity. Previous studies have also shown that higher wind speeds lead to lower RH [62]. The decrease in humidity from the time of entry (RH1) to exit (RH2) depends on wind speed; faster wind speeds bring water vapour, decreasing air humidity, which accelerates evaporation [63].

Table 3

Air pressure over the basin

Air pressure over the basin			
v = 0 m/s	v = 0.6 m/s	v = 2.6 m/s	v = 5 m/s
10433 Pa	6159 Pa	5154 Pa	5123 Pa

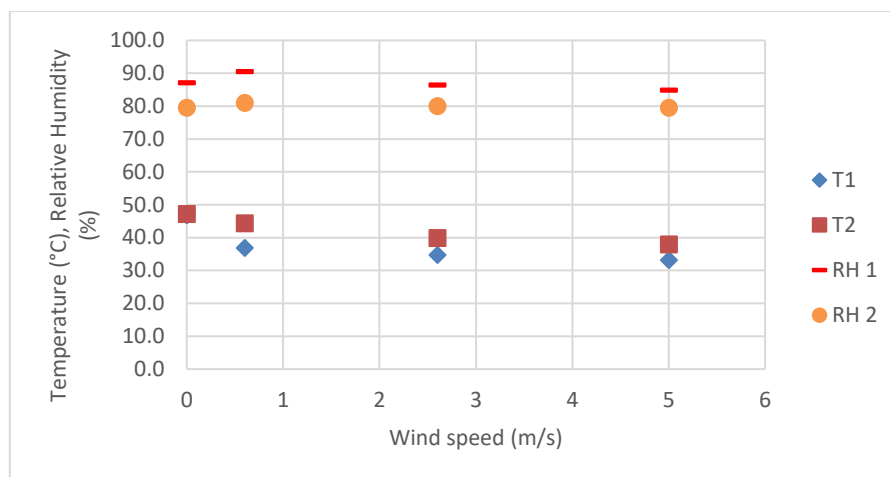


Fig. 5. Temperature (T1, T2) and relative humidity (RH1, RH2)

3.2 Amount of Condensed Water Produced

The largest condensation results are produced by a speed of 0.6 m/s as can be seen in Figure 6. In the same figure it can also be seen that the smallest condensation results are at speeds of 0 m/s and 5 m/s, namely 9 ml in two hours because the speed wind for $(V) < 0.9$ m/s, convection heat transfer and condensation rate increase with a large increase in gradient [64]. So that with increasing wind speed the evaporation rate increases but the heat transfer from water vapor to the condenser does not have enough time to turn into a liquid phase because wind speeds above the range of 5-7 mph will reduce the condensation rate [65].

Eq. (3) was used to calculate the condensation efficiency of the desalination device. At a wind speed of 0 m/s, the device's efficiency is 2.69%; at a wind speed of 0.6 m/s, it is 14.28%; at a wind speed of 2.6 m/s, it is 8.87%; and at a wind speed of 5 m/s, it is 1.26%. These results indicate that changing the condenser would improve the efficiency of condensation [66].

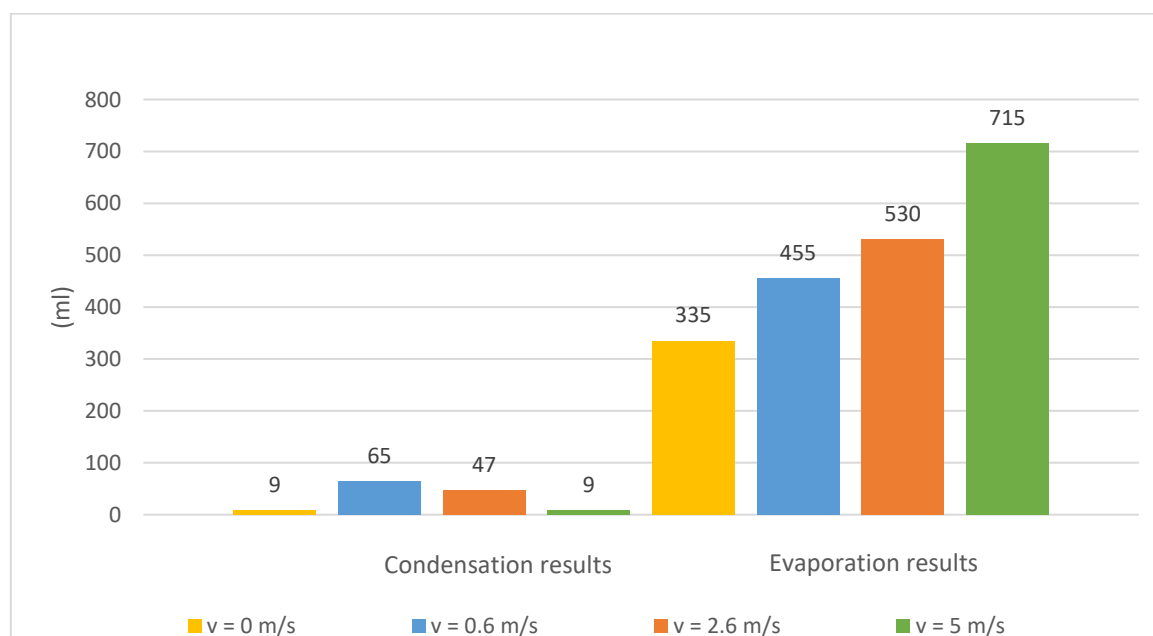


Fig. 6. Evaporation vs condensation over a two-hour period

4. Conclusions

Based on the results of the study, it can be concluded that wind speed significantly impacts the rate of seawater evaporation during desalination. The present study has demonstrated that increasing the wind speed accelerates evaporation. Over a period of two hours, the highest amount of water evaporated (715 ml) with a wind speed of 5 m/s; the lowest amount of water evaporated (335 ml) with a wind speed of 0 m/s. However, higher wind speeds also decrease condensation because wind causes the water vapour to exit the condenser more quickly, before it can condense. Therefore, the condenser used in this research should be improved to support more efficient desalination.

Acknowledgement

The author would like to thank the UHAMKA Research and Development Office for funding this research under contract number 51/F.03.07/2022.

References

- [1] Habib, Somar Moaen, Ahmed Hamed, Ahmed Yahia Youssef, Mahmoud Kassem, and Abdalla Hanafi. "Dynamic Modeling and Simulation of the Forward Feed MED-TVC Desalination Plant." *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* 92, no. 1 (2022): 190-211. <https://doi.org/10.37934/arfmts.92.1.190211>
- [2] Maizunati, Nur Afiah, and Mohamad Zaenal Arifin. "Pengaruh Perubahan Jumlah Penduduk Terhadap Kualitas Air di Indonesia." *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah* 15, no. 2 (2017): 207-215. <https://doi.org/10.36762/litbangjateng.v15i2.417>
- [3] Schewe, Jacob, Jens Heinke, Dieter Gerten, Ingjerd Haddeland, Nigel W. Arnell, Douglas B. Clark, Rutger Dankers et al. "Multimodel assessment of water scarcity under climate change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111, no. 9 (2014): 3245-3250. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110>
- [4] Bakrie, M. "Krisis Air Bersih Melanda Pesisir Maros Sulsel." *detikNews*, August 2, 2019. <https://news.detik.com/berita/d-4649550/krisis-air-bersih-melanda-pesisir-maros-sulsel>.
- [5] Walangare, Kristian BA, Arie SM Lumenta, Janny O. Wuwung, and Brave A. Sugiarto. "Rancang bangun alat konversi air laut menjadi air minum dengan proses destilasi sederhana menggunakan pemanas elektrik." *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* 2, no. 2 (2013).
- [6] Fithriatus, Shalihah. "Perlindungan Hukum Terhadap Kedaulatan Wilayah Negara Republik Indonesia Menurut Konsep Negara Kepulauan Dalam United Nation Convention On The Law Of The Sea (UNCLOS) 1982." (2016): 117.
- [7] Lestari, Fera, Try Susanto, and Kastamto Kastamto. "Pemanenan Air Hujan Sebagai Penyediaan Air Bersih Pada Era New Normal Di Kelurahan Susunan Baru." *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan* 4, no. 2 (2021): 427-434. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i2.4447>
- [8] Ambari, M. "Indonesia Negeri Tropis, Tapi Krisis Air Bersih di Kawasan Pesisir Terjadi?." (2018).
- [9] Belessiotis, Vassilis, Soteris Kalogirou, and Emmy Delyannis. *Thermal solar desalination: Methods and systems*. Elsevier, 2016.
- [10] Mugisidi, Dan, Oktarina Heriyani, Zeinab S. Abdel-Rehim, and Hamdi Fathurohman. "The influence of container material conductivity to sea water evaporation." In *AIP Conference Proceedings*, vol. 1977, no. 1, p. 030023. AIP Publishing LLC, 2018. <https://doi.org/10.1063/1.5042943>
- [11] Mugisidi, Dan, and Okatrina Heriyani. "Sea water characterization at ujung kulon coastal depth as raw water source for desalination and potential energy." In *E3S Web of Conferences*, vol. 31, p. 02005. EDP Sciences, 2018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183102005>
- [12] Curto, Domenico, Vincenzo Franzitta, and Andrea Guercio. "A review of the water desalination technologies." *Applied Sciences* 11, no. 2 (2021): 670. <https://doi.org/10.3390/app11020670>
- [13] Abd Wahid, Khairul Anuar, Ilham Fahmi, Zaid Puteh, Muhammad Nur Farhan Saniman, Kamal Rusulan, Khairul Azhar, and Wan Mansor Wan Muhammad. "Self-Desalination Seawater Jig Based on Solar Thermal Energy." *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* 91, no. 1 (2022): 92-101. <https://doi.org/10.37934/arfmts.91.1.92101>
- [14] Youssef, P. G., R. K. Al-Dadah, and S. M. Mahmoud. "Comparative analysis of desalination technologies." *Energy Procedia* 61 (2014): 2604-2607. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.258>

- [15] Amirfakhraei, Amirhossein, Taleb Zarei, and Jamshid Khorshidi. "Performance improvement of adsorption desalination system by applying mass and heat recovery processes." *Thermal Science and Engineering Progress* 18 (2020): 100516. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100516>
- [16] Sadasivuni, Kishor kumar, Hitesh Panchal, Anuradha Awasthi, Mohammad Israr, F. A. Essa, S. Shanmugan, M. Suresh, V. Priya, and Abderrahmane Khechekhouche. "Ground water treatment using solar radiation-vaporization & condensation-techniques by solar desalination system." *International Journal of Ambient Energy* 43, no. 1 (2022): 2868-2874. <https://doi.org/10.1080/01430750.2020.1772872>
- [17] Pakombong, Stefany. "Efek Permukaan Berkain Pada Efisiensi Distilasi Air Energi Surya Jenis Bak."
- [18] Mugisidi, Dan, Berkah Fajar, Syaiful Syaiful, Tony Utomo, Oktarina Heriyani, Delvis Agusman, and Regita Regita. "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* 70, no. 1 (2020): 125-135. <https://doi.org/10.37934/arfmts.70.1.125135>
- [19] Liu, Kai, Zhi Wang, Can Jin, Fang Wang, and Xueyuan Lu. "An experimental study on thermal conductivity of iron ore sand cement mortar." *construction and Building Materials* 101 (2015): 932-941. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.108>
- [20] Mugisidi, D., R. S. Cahyani, O. Heriyani, and D. Agusman. "Effect of Iron Sand in Single Basin Solar Still: Experimental Study." In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 268, no. 1, p. 012158. IOP Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/268/1/012158>
- [21] Kazemi, Mohammad Amin, David S. Nobes, and Janet AW Elliott. "Experimental and numerical study of the evaporation of water at low pressures." *Langmuir* 33, no. 18 (2017): 4578-4591. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.7b00616>
- [22] Szilagyi, Jozsef. "On the thermodynamic foundations of the complementary relationship of evaporation." *Journal of Hydrology* 593 (2021): 125916. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125916>
- [23] Jaafar, Zahraa Abdulkareem, Hassanain Ghani Hameed, and Ridha Hasan Hussein. "Experimental investigation of a single slope solar still performance-evaporation process enhancement." In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 928, no. 2, p. 022096. IOP Publishing, 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/928/2/022096>
- [24] Aprizki, Eriz, Mamat Rokhmat, and Edy Wibowo. "Analisis Pengaruh Kemiringan Sudut Atap Kaca Dan Penambahan Cermin Pada Alas Basin Terhadap Laju Penguapan Air Garam Dalam Distilator Tenaga Surya." *eProceedings of Engineering* 5, no. 3 (2018).
- [25] Ding, Tianpeng, Yi Zhou, Wei Li Ong, and Ghim Wei Ho. "Hybrid solar-driven interfacial evaporation systems: Beyond water production towards high solar energy utilization." *Materials Today* 42 (2021): 178-191. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2020.10.022>
- [26] Chen, Chaoji, Yudi Kuang, and Liangbing Hu. "Challenges and opportunities for solar evaporation." *Joule* 3, no. 3 (2019): 683-718. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.12.023>
- [27] Mugisidi, Dan, Berkah Fajar, and Tony Utomo. "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*, vol. 1373, no. 1, p. 012014. IOP Publishing, 2019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1373/1/012014>
- [28] Feilizadeh, Mehrzad, MR Karimi Estahbanati, Amimul Ahsan, Khosrow Jafarpur, and Amin Mersaghian. "Effects of water and basin depths in single basin solar stills: An experimental and theoretical study." *Energy conversion and management* 122 (2016): 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.05.048>
- [29] Tarawneh, Muafag Suleiman K. "Effect of water depth on the performance evaluation of solar still." *JJMIE* 1, no. 1 (2007).
- [30] Tiwari, Anil Kr, and G. N. Tiwari. "Effect of water depths on heat and mass transfer in a passive solar still: in summer climatic condition." *Desalination* 195, no. 1-3 (2006): 78-94. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.11.014>
- [31] Kabeel, A. E., Swellam W. Sharshir, Gamal B. Abdelaziz, M. A. Halim, and Ahmed Swidan. "Improving performance of tubular solar still by controlling the water depth and cover cooling." *Journal of cleaner production* 233 (2019): 848-856. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.104>
- [32] Geng, Junxia, Yan Luo, Haiying Fu, Qiang Dou, Hui He, Guoan Ye, and Qingnuan Li. "Temperature and pressure effect on evaporation behavior of chloride salts using low pressure distillation." *Progress in Nuclear Energy* 147 (2022): 104212. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2022.104212>
- [33] Speedy, Robin J., Pablo G. Debenedetti, R. Scott Smith, Chen Huang, and Bruce D. Kay. "The evaporation rate, free energy, and entropy of amorphous water at 150 K." *The Journal of chemical physics* 105, no. 1 (1996): 240-244. <https://doi.org/10.1063/1.471869>
- [34] Fathinia, Farshid, Mehdi Khiadani, and Yasir M. Al-Abdeli. "Experimental and mathematical investigations of spray angle and droplet sizes of a flash evaporation desalination system." *Powder Technology* 355 (2019): 542-551. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.07.081>

- [35] Farnham, Craig, Masaki Nakao, Minako NABESHIMA, and Takeo MIZUNO. "Effect of water temperature on evaporation of mist sprayed from a nozzle." *change* 1, no. 3 (2015): 5.
- [36] Holman, J. P. "Heat transfer, 10th editi. ed." *Mc-GrawHill Higher education* (2010).
- [37] Khan, Md Imran H., Chanaka Prabuddha Batuwatta-Gamage, M. A. Karim, and YuanTong Gu. "Fundamental Understanding of Heat and Mass Transfer Processes for Physics-Informed Machine Learning-Based Drying Modelling." *Energies* 15, no. 24 (2022): 9347. <https://doi.org/10.3390/en15249347>
- [38] Mohamad, Barhm. "Lecture Notes in Mass Transfer. " (2022).
- [39] Bravo, Jose L. "Principles and Modern Applications of Mass Transfer Operations By J. Benitez." (2011): 3243-3243. <https://doi.org/10.1002/aic.12641>
- [40] Utami, Herti, and Azhar Azhar. "Buku Ajar Transfer Massa dan Panas." (2017).
- [41] Rohmawati, Indah. "Simulasi Model Perpindahan Panas dan Massa pada Proses Pengeringan Butiran Kedelai." (2013).
- [42] Murzin, Dmitry Yu. "Chapter 3: Chemical Processes and Unit Operations." Essay. In *Chemical Reaction Technology*, 67–102. Turku: De Gruyter, 2015. <https://doi.org/10.1515/9783110336443-005>
- [43] Sorokova, Natalia, Vladimir Didur, and Miroslav Variny. "Mathematical Modeling of Heat and Mass Transfer during Moisture–Heat Treatment of Castor Beans to Improve the Quality of Vegetable Oil." *Agriculture* 12, no. 9 (2022): 1356. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091356>
- [44] Walelign, Tadesse, Eshetu Haile, Tesfaye Kebede, and Assaye Walelgn. "Analytical study of heat and mass transfer in MHD flow of chemically reactive and thermally radiative Casson nanofluid over an inclined stretching cylinder." *Journal of Physics Communications* 4, no. 12 (2020): 125003. <https://doi.org/10.1088/2399-6528/abcedba>
- [45] Dan Mugisidi, Dan Mugisidi, Abdul Rahman Abdul Rahman, Oktarina Heriyani Oktarina Heriyani, and Pancatatva Hesti Gunawan Pancatatva Hesti Gunawan. "Determination of the convective heat transfer constant (c and n) in a solar still." *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi* 11, no. 1 (2021): 1-12. <https://doi.org/10.22146/teknosains.50908>
- [46] Kamel, Ammar Hatem, Haitham Abdulmohsin Afan, Mohsen Sherif, Ali Najah Ahmed, and Ahmed El-Shafie. "RBFNN versus GRNN modeling approach for sub-surface evaporation rate prediction in arid region." *Sustainable Computing: Informatics and Systems* 30 (2021): 100514. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2021.100514>
- [47] Invernizzi, Marzio, Alessia Bellini, Riccardo Miola, Laura Capelli, Valentina Busini, and Selena Sironi. "Assessment of the chemical-physical variables affecting the evaporation of organic compounds from aqueous solutions in a sampling wind tunnel." *Chemosphere* 220 (2019): 353-361. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.124>
- [48] Tanggu, Rini, Dian Pranata Putra Ambali, Rikardus Rantetasak, Nuri Tumba Saranga, Winriani Tandiabang, and Asri Palullungan. "Tingkat Evaporasi di Kampus II Universitas Kristen Indonesia Toraja." *Journal Dynamic Saint* 6, no. 2 (2021): 53-56.
- [49] Uno, Paul J. "Plastic shrinkage cracking and evaporation formulas." *ACI Materials Journal* 95 (1998): 365-375. <https://doi.org/10.14359/379>
- [50] Yuga, Ahmad Yudha, Tamrin Tamrin, Warji Warji, and Sapto Kuncoro. "Modifikasi Rancang Bangun Kondensasi Uap Air Laut untuk Mendapatkan Air Murni." *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering* 1, no. 4 (2022): 446-454.
- [51] Zhang, Ke, John S. Kimball, Ramakrishna R. Nemani, Steven W. Running, Yang Hong, Jonathan J. Gourley, and Zhongbo Yu. "Vegetation greening and climate change promote multidecadal rises of global land evapotranspiration." *Scientific reports* 5, no. 1 (2015): 1-9. <https://doi.org/10.1038/srep15956>
- [52] Elango, C., N. Gunasekaran, and K. Sampathkumar. "Thermal models of solar still—A comprehensive review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 47 (2015): 856-911. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.054>
- [53] Nurhayati, Nurhayati, and Jamrud Aminuddin. "Pengaruh kecepatan angin terhadap evapotranspirasi berdasarkan metode penman di kebun stroberi purbalingga." *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology* 2, no. 1 (2016): 21-28.
- [54] Mugisidi, Dan, Oktarina Heriyani, Pancatatva Hesti Gunawan, and Dwi Apriani. "Performance Improvement of a Forced Draught Cooling Tower Using a Vortex Generator." *CFD Letters* 13, no. 1 (2021): 45-57. <https://doi.org/10.37934/cfdl.13.1.4557>
- [55] Dewi, Francisca Gayuh Utami. "Pengaruh Kecepatan Dan Arah Aliran Udara Terhadap Kondisi Udara Dalam Ruangan Pada Sistem Ventilasi Alamiah." *Jurnal Rekayasa Mesin* 3, no. 2 (2012): 299-304.
- [56] Sulfemi, Wahyu Bagja. "Korelasi Kompetensi Pedagogik Guru dengan Prestasi Belajar Mata Pelajaran IPS Di SMP Muhammadiyah Pamijahan Kabupaten Bogor." (2019). <https://doi.org/10.31227/osf.io/9qrbc>
- [57] Majhi, Babita, Diwakar Naidu, Ambika Prasad Mishra, and Suresh Chandra Satapathy. "Improved prediction of daily pan evaporation using Deep-LSTM model." *Neural Computing and Applications* 32 (2020): 7823-7838. <https://doi.org/10.1007/s00521-019-04127-7>
- [58] Holman, Jack Philip. "Experimental Methods for Engineers Eighth Edition." (2021).

- [59] Khamdila, Ali, Santhi Wilastari, and Agus Saleh. "Menjaga Kestabilan Suhu Ruang Evaporator Berdampak Pada Hasil Produksi Air Tawar Fresh Water Generator." *Jurnal Sains Dan Teknologi Maritim* 19, no. 2 (2019): 111-120. <https://doi.org/10.33556/jstm.v19i2.200>
- [60] Mardatila, Ani. "Mengenal Siklus Air Beserta Pengertian, Tahapan Dan Urutannya." merdeka.com, August 28, 2020. <https://www.merdeka.com/sumut/mengenal-siklus-air-beserta-pengertian-tahapan-dan-urutannya-klm.html>.
- [61] Ahmad, Latief, Raihana Habib Kanth, Sabah Parvaze, and Syed Sheraz Mahdi. *Experimental agrometeorology: a practical manual*. Vol. 159. Springer International Publishing, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69185-5>
- [62] Davarzani, Hossein, Kathleen Smits, Ryan M. Tolene, and Tissa Illangasekare. "Study of the effect of wind speed on evaporation from soil through integrated modeling of the atmospheric boundary layer and shallow subsurface." *Water resources research* 50, no. 1 (2014): 661-680. <https://doi.org/10.1002/2013WR013952>
- [63] As-syarif, Anwar Hidayat, Suwandi Suwandi, and Endang Rosdiana. "Pengaruh Penguapan Air Terhadap Suhu Dan Kelembaban Udara Di Suatu Ruangan." *eProceedings of Engineering* 8, no. 2 (2021).
- [64] Young, Jim. "Factors Influencing the Likelihood of Surface Condensation on Mechanical Systems Insulation, Part 1" *Insulation Outlook Magazine*, July 1, 2012. <https://insulation.org/io/articles/factors-influencing-the-likelihood-of-surface-condensation-on-mechanical-systems-insulation-part-one/>
- [65] Titahelu, Nicolas, and Samy J. Litololy. "Analisis Laju Kondensasi Akibat Pengaruh Kecepatan Udara Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Pada Oven Pengereng Pati Sagu Kapasitas." *ALE Proceeding* 1 (2018): 108-114. <https://doi.org/10.30598/ale.1.2018.108-114>
- [66] Tamrin, Tamrin, Rivaldo Rivaldo, and Warji Warji. "Kinerja Alat Kondensasi Uap Air Laut Untuk Mendapatkan Air Murni." *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)* 10, no. 4 (2021): 425-431. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v10i4.425-431>



PT.FUJIYAMA MANGGORO MANUFACTURING

PT. FUJIYAMA MANGGORO MANUFACTURING

📍 JL. K.H. Agus Salim No. 50 F Kelurahan Bekasi Jaya
Kec. Bekasi Timur Kab. Bekasi

✉️ fujiyamamanggoro@gmail.com ☎️ 0821 2571 7079

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Nasrudin
Jabatan (jika ada) : Direktur Utama
Instansi/Lembaga : PT. Fujiyama Manggoro Manufakturing
No Telepon/HP : 085198691421
Alamat : Jl. K.H Agus Salim no 50 F Kelurahan Bekasi Jaya, Bekasi Timur

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi mitra terhadap penelitian:

Nama : Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si
NIDN : 0301126901
Judul Proposal : Penerapan Integrasi Teknologi Tangki Reaktor, *Solar Still*, dan Vortex Generator untuk Optimalisasi Produksi Garam dan Penyediaan Air Bersih
Bentuk Dukungan/ : Fabrikasi peralatan
Total Kontribusi Dana

Dan saya menyatakan bahwa saya tidak memiliki afiliasi atau hubungan keluarga dengan tim pengusul. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bekasi, 28 Maret 2024



PT. Fujiyama Manggoro Manufacturing

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sugito
Jabatan (jika ada) : Kepala SD (Petani Garam)
Instansi/Lembaga : SD Negeri Bumimulyo 01
No Telepon/HP : 082133472474
Alamat : Desa Ketitangwetan Rt 02/Rw 02, Kecamatan Batangan
Kabupaten Pati.

dengan ini menyatakan bersedia menjadi mitra terhadap penelitian:

Nama : Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si
NIDN : 0301126901
Judul Proposal : Penerapan Integrasi Teknologi Tangki Reaktor, *Solar Still*,
dan Vortex Generator untuk Optimalisasi Produksi Garam
dan Penyediaan Air Bersih
Bentuk Dukungan/ : Informasi Lapangan dan Uji Coba
Total Kontribusi Dana

Dan saya menyatakan bahwa saya tidak memiliki afiliasi atau hubungan keluarga dengan tim pengusul. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pati, 16 Maret 2024



Sugito



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Jl. Warung Buncit Raya Lantai 6 Gedung Sekolah PascaSarjana
E-mail: lemlit@uhamka.ac.id; Web: www.lemlit.uhamka.ac.id

**PERNYATAAN KESANGGUPAN PELAKSANAAN DAN
PENYUSUNAN LAPORAN PENELITIAN**

Saya yang bertanda-tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si.
NIDN : 0301126901
Instansi : Universitas Muhammadiyah PROF. DR. HAMKA

Sehubungan dengan Kontrak Penelitian:

Tanggal Kontrak Induk* : 11 Juni 2024
Nomor Kontrak Induk* : 105/E5/PG.02.00.PL/2024
Tanggal Kontrak Turunan** : 26 Juni 2024, 27 Juni 2024
Nomor Kontrak Turunan** : 812/LL3/AL.04/2024, 094 /F.03.07/2024
Judul Penelitian : Penerapan Integrasi Teknologi Tangki Reaktor, Solar Still, dan Vortex Generator untuk Optimalisasi Produksi Garam dan Penyediaan Air Bersih
Tahun Usulan : 2024
Tahun Pelaksanaan : 2024
Jangka Waktu Penelitian : 1 tahun
Periode Penelitian : Tahun ke-1 dari 1 tahun*
Dana Penelitian : Rp.312.910.000,00

Periode	Dana Penelitian (Rp)	Dana Tambahan (Rp)
Tahun ke-	312.910.000	0

Dengan ini menyatakan bahwa Saya bertanggungjawab penuh untuk menyelesaikan penelitian serta mengunggah laporan kemajuan dan laporan akhir penelitian sebagaimana diatur dalam Kontrak Penelitian tersebut diatas.

Apabila sampai dengan masa penyelesaian pekerjaan sebagaimana diatur dalam Kontrak Penelitian tersebut di atas saya lalai/cidera janji/wanprestasi dan/atau terjadi

pemutusan Kontrak Penelitian, saya bersedia untuk mengembalikan/menyetorkan kembali uang ke kas negara sebesar nilai sisa pekerjaan yang belum ada prestasinya.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Jakarta, 22 Juni 2024



(Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si.)

Keterangan:

*diisi tanggal dan nomor Kontrak Induk antara DRTPM Kemdikbudristek dengan LP/LPPM Perguruan Tinggi Negeri atau LLDIKTI

**Kontrak Turunan:

- Untuk Perguruan Tinggi Negeri diisi tanggal dan nomor kontrak antara LP/LPPM Perguruan Tinggi dengan Peneliti
- Untuk Perguruan Tinggi Swasta diisi tanggal dan nomor kontrak LLDIKTI dg PTS dan PTS dengan Peneliti yang dipisahkan dengan tanda koma (,)

PERSETUJUAN PENGUSUL

Tanggal Pengiriman	Tanggal Persetujuan	Nama Pimpinan Pemberi Persetujuan	Sebutan Jabatan Unit	Nama Unit Lembaga Pengusul
30/03/2024	30/03/2024	SUPANDI	Ketua Lemlitbang UHAMKA	Lembaga Penelitian dan Pengembangan

Komentar : Disetujui

Proposal sesuai



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
Jl. Buncit Raya Kalibata kec Pancoran, Jakarta Selatan 12740
Telp: 021-8416624, Fax: 021-87781809

SURAT PERJANJIAN/KONTRAK KERJA PENELITIAN
DALAM RANGKA PELAKSANAAN PROGRAM PENELITIAN
HIBAH DRPM KEMENDIKBUDRISTEK TAHUN ANGGARAN 2024

Nomor : 094 / F.03.07 / 2024
Tanggal : 27 Juni 2024

Bismillahirrahmanirrahim,
Assalammualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Pada hari ini **Kamis**, tanggal **Dua puluh tujuh** bulan **Juni**, tahun **Dua ribu dua puluh empat**, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. **Dr. apt. Supandi, M.Si.** : **Ketua Lemlitbang UHAMKA Jakarta**, bertindak atas nama Rektor **Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA** yang selanjutnya dalam Surat Perjanjian ini disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**;
2. **Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si** : Dosen Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2024 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

Perjanjian perjanjian ini berdasarkan pada Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian bagi dosen perguruan tinggi Swasta Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah III Jakarta Tahun Anggaran 2024 tanggal 26 Juni 2024 Nomor : 812/LL3/AL.04/2024.

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA**, secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Hibah dengan ketentuan dan syarat-syarat dalam pasal-pasal sebagai berikut:

Pasal 1

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi tugas kepada **PIHAK KEDUA**, dan **PIHAK KEDUA** menerima tugas tersebut untuk melaksanakan Kegiatan Penelitian Hibah tahun anggaran 2024 dengan judul "**Penerapan Integrasi Teknologi Tangki Reaktor, Solar Still, dan Vortex Generator untuk Optimalisasi Produksi Garam dan Penyediaan Air Bersih**".
- (2) **PIHAK KEDUA** bertanggung jawab penuh atas pelaksanaan administrasi dan keuangan atas pekerjaan sebagai mana dimaksud dan berkewajiban menyerahkan semua bukti-bukti pengeluaran serta dokumen pelaksanaan lainnya dalam bendel laporan yang tersusun secara sistematis kepada **PIHAK PERTAMA**.

- (3) Penugasan Pelaksanaan Penelitian Hibah Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi (DRTPM Kemendikbudristek) tahun anggaran 2024.
- (4) Waktu Pelaksanaan penelitian 27 Juni 2024 s/d 10 Desember 2024

Pasal 2

PIHAK PERTAMA menyerahkan dana penelitian sebagaimana dimaksud dalam pasal 1 sebesar *Rp. 312.910.000,- (Terbilang : Tiga Ratus Dua belas Juta Sembilan Ratus Sepuluh Ribu Rupiah)* yang berasal dari DIPA KemendikbudDikti melalui Rekening Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA. Pencairan dana

- (1) Dana Penugasan Pelaksanaan sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** dengan 2 tahap, Tahap 1 sebesar 80% setelah dilakukan revisi proposal pada akun SIBIMA, Tahap 2 sebesar 20% setelah mengunggah Surat Pertanggung Jawab Belanja (SPTB), maksimal 30 September 2024.
- (2) Pekerjaan penelitian yang telah dilaksanakan **PIHAK PERTAMA** diunggah ke SIBIMA Kemendikbud paling lambat tanggal 20 November 2024, meliputi;
 - Catatan harian pelaksanaan penelitian
 - Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan
 - Laporan kemajuan pelaksanaan penelitian
 - Laporan akhir penelitian
 - Luaran penelitian, dalam hal luaran publikasi ilmiah wajib mencantumkan ucapan terima kasih kepada pemberi dana penelitian DRTPM kemendikbudristek.
- (3) **PIHAK KEDUA** bertanggungjawab mutlak dalam pembelanjaan dana tersebut pada ayat (1) sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui dan berkewajiban untuk menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** semua bukti-bukti pengeluaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan kepada **PIHAK PERTAMA** untuk disetor ke Kas Negara.
- (5) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyampaikan salinan lembar keempat bukti pengembalian Dana ke Kas Negara yang telah divalidasi oleh KPPN setempat kepada **PIHAK PERTAMA**.

Pasal 3

- (1) Dana Penugasan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat 1 dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** melalui rekening yang diajukan dan atas nama **PIHAK KEDUA**.
- (2) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam mengisi data lembaga, nama bank, nomor rekening, alamat dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

Pasal 4

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menindaklanjuti dan mengupayakan hasil Program Hibah Penelitian berupa hak kekayaan intelektual dan atau publikasi ilmiah sesuai dengan luaran yang dijanjikan pada Proposal.
- (2) Perolehan hasil sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dimanfaatkan sebesar-besarnya untuk pelaksanaan Catur Dharma Perguruan Tinggi.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan perolehan hasil sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada **PIHAK PERTAMA** selambat-lambatnya pada tanggal 30 September 2024.

Pasal 5

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah laporan pelaksanaan kegiatan ke SIBIMA Kemendikbug paling lambat tanggal 20 November 2024 sesuai ketentuan pada Buku Panduan Program Hibah Penelitian Anggaran Tahun 2024.
- (2) **PIHAK PERTAMA** melakukan Monitoring dan Evaluasi internal terhadap kemajuan pelaksanaan Program Hibah Penelitian tahun Anggaran 2024 sebelum pelaksanaan monitoring dan evaluasi eksternal oleh DRTPM KemendikbudDikti.
- (3) **PIHAK KEDUA** menanggung biaya pelaksanaan penelitian meliputi; Monev laporan kemajuan, laporan akhir dan administrasi kegiatan Hibah Penelitian DRTPM tahun Anggaran 2024.

Pasal 6

- (1) **PIHAK KEDUA** harus menyampaikan Surat Pernyataan telah menyelesaikan seluruh pekerjaan yang dibuktikan dengan pengunggahan pada SIBIMA Kemendikbud:
 - a) Catatan harian dan laporan komprehensif pelaksanaan penelitian, pada tanggal 30 September 2024,
 - b) Laporan akhir, capaian hasil, poster, artikel ilmiah dan profil, pada tanggal 20 November 2024.
- (2) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Hibah Penelitian telah berakhir, **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya dan/atau terlambat mengirim laporan Kemajuan dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi denda sebesar 1% (satu persen) setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-tingginya 5% (lima persen), terhitung dari tanggal jatuh tempo sebagaimana tersebut pada ayat (1), (2) dan (3), yang terdapat dalam Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian bagi dosen Perguruan Tinggi Swasta Tahun Anggaran 2024.
- (3) Peneliti/Pelaksana Hibah Penelitian yang tidak hadir dalam kegiatan Monitoring dan Evaluasi serta Seminar Hasil Penelitian Tahun pertama, tanpa pemberitahuan sebelumnya ke Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat, maka Pelaksana Hibah tidak berhak mendapatkan dana penelitian untuk pendanaan tahun-tahun berikutnya. **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penugasan tahun-tahun berikutnya yang telah diterima ke Kas Negara disertai dengan surat pemberitahuan pengembalian dana.
- (4) **PIHAK PERTAMA** berkewajiban menyampaikan salinan lembar keempat bukti pengembalian Dana ke Kas Negara yang telah divalidasi oleh KPPN setempat kepada **PIHAK KEDUA**.

Pasal 7

- (1) Laporan hasil Hibah Penelitian sebagaimana tersebut dalam pasal 6 ayat (1) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Bentuk/ukuran kertas A4;
2. Warna cover warna Kuning Tua;
3. Di bawah bagian kulit ditulis :

Dibiayai oleh
Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian Masyarakat
Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi
Sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Hibah Penelitian
Nomor : 812/LL3/AL.04/2024, Tanggal 26 Juni 2024

- (2) Soft copy Laporan Hasil Hibah Penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) harus diunggah ke SIBIMA Kemendikbudikti sedangkan hardcopy wajib disampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** dan disimpan oleh **PIHAK KEDUA**.

Pasal 8

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** berhenti dari jabatannya, sebelum pelaksanaan perjanjian ini selesai, maka **PIHAK KEDUA** wajib menyerahterimakan tanggung jawabnya kepada pejabat baru yang menggantikannya.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak bisa melaksanakan penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib menunjuk penggantinya, yang merupakan salah satu anggota tim setelah mendapat persetujuan dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan.
- (3) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak bisa melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1, maka harus mengembalikan dana yang telah diterimanya ke Kas Negara disertai dengan surat pemberitahuan pengembalian dana.
- (4) Apabila dikemudian hari judul Penelitian Hibah sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran/itikad kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan Penelitian tersebut dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana Penelitian Hibah yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke Kas Negara.

Pasal 9

PIHAK KEDUA berkewajiban memungut dan menyetor pajak ke kantor pelayanan setempat yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa :

1. Pembelian barang dan jasa dikenai PPN sebesar 10% dan PPh 22 sebesar 1,5%;
2. Belanja honorarium dikenai PPh Pasal 21 dengan ketentuan:
 - a. 5% bagi yang memiliki NPWP untuk golongan III, serta 6% bagi yang tidak memiliki NPWP.
 - b. Untuk golongan IV sebesar 15%; dan
3. Pajak-pajak lain sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 10

- (1) Hak atas kekayaan intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan Program Hibah Penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.
- (2) Hasil Penelitian berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari kegiatan ini adalah milik negara yang dapat dihibahkan kepada institusi/ lembaga/ masyarakat melalui Surat Keterangan Hibah.

Pasal 11

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum yang berlaku dengan memilih domisili Hukum di Pengadilan DKI Jakarta.
- (2) Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini diatur kemudian oleh kedua belah pihak.

Pasal 12

Surat Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Program Hibah Penelitian ini dibuat rangkap 3 (tiga) bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan biaya materai dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA

Lembaga Penelitian dan Pengembangan,
Ketua;



Dr. apt. Supandi, M.Si
NIDN. 0319067801

PIHAK KEDUA

Dosen yang bersangkutan,



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



Mengetahui;
Wakil Rektor II,

Dr. Desvian Bandarsyah, M.Pd
NIDN. 0317126903



PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN TERAPAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi proposal ini dalam bentuk apapun kecuali oleh pengusul dan pengelola administrasi pengabdian kepada masyarakat

LAPORAN AKHIR 2024

Rencana Pelaksanaan Penelitian Terapan: tahun 2024 s.d. tahun 2024

1. JUDUL PENELITIAN

Penerapan Integrasi Teknologi Tangki Reaktor, Solar Still, dan Vortex Generator untuk Optimalisasi Produksi Garam dan Penyediaan Air Bersih

Bidang Fokus	Tema	Topik (jika ada)	Prioritas Riset
Energi	Teknologi Konservasi Energi	Teknologi hybrid dalam pemanfaatan sumber energi terbarukan	Green Economy

Rumpun Ilmu Level 1	Rumpun Ilmu Level 2	Rumpun Ilmu Level 3
ILMU TEKNIK	ILMU KETEKNIKAN INDUSTRI	Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan Lain)

Skema Penelitian	Strata (Dasar/Terapan/Pengembangan)	Nilai SBK	Target Akhir TKT	Lama Kegiatan
Penelitian Terapan	Riset Terapan	500.000.000	4	1 Tahun

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Jenis	Program Studi/Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta
DAN MUGISIDI 0301126901 Ketua Pengusul Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka	Dosen	Teknik Mesin	mengkonsep, mendesaian, pembangunan, pengujian, dan pengopersaian sistem, pengambilan data, pembuatan manuscript paten dan artikel ilmiah serta memimpin dan mengarahkan tim	6007157
OKTARINA HERIYANI 0305067702 Anggota Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka	Dosen	Teknik Mesin	bertanggung jawab dalam pemilihan lokasi, analisis kebutuhan, pengujian dan pengoperasian sistem, pengambilan data, pengolahan dan analisa data serta melakukan pekerjaan administrasi	6007615
RIYAN ARIYANSAH 0324069102 Anggota Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka	Dosen	Teknik Mesin	bertanggung jawab dalam desain experimental, pembangunan sistem, pengujian dan pengoperasian sistem di lapangan, pengambilan serta pengolahan data.	6852632

3. DOKUMEN PENDUKUNG

URL Artikel di jurnal sebagai penulis pertama (first author) atau penulis korespondensi (corresponding author) yang relevan dengan usulan penelitian

http://repository.uhamka.ac.id/33982/2/Gabungan_Mugisidi%20et%20al.%20_%20Improving%20the%20Performance%20of%20a%20Forced-flow%20Desalination%20Unit%20Using%20a%20Vortex%20Generator%20_%20CFD%20Letters_online-merged-compressed.pdf

4. MITRA KERJASAMA PENELITIAN

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

Mitra	Nama Mitra	Dana
PT. Fujiyama Manggoro Manufacturing	Ahmad Nasrudin	Tahun 1 Rp 0
Petani Garam	Sugito	Tahun 1 Rp 0

5. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Kategori Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian	Keterangan
1	Purwarupa	Purwarupa Laik Industri (Luaran Paten)	Terdaftar	paten

6. ANGGARAN

Rencana Anggaran Biaya penelitian mengacu pada PMK dan buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang berlaku.

Total RAB 1 Tahun Rp312.910.000,00

Tahun 1 Total Rp312.910.000,00

Kelompok	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	heater udara 220 V 750 W	Unit	10	800.000	8.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	reflektor	Unit	10	250.000	2.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	sensor temperatur PT-100	Unit	50	125.000	6.250.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	vortex generator	Unit	200	150.000	30.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	dudukan apung VG	Unit	10	650.000	6.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	dudukan apung VG	Unit	10	350.000	3.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	saluran udara dan konektor	Unit	10	150.000	1.500.000
Pengumpulan Data	Penginapan	penginapan pada saat survei	OH	10	350.000	3.500.000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	konsumsi pengambilan data	OH	200	2.500	500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	kaki baja tangki reaktor 8000 L	Unit	1	26.000.000	26.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	air laut per 1 L	Unit	15000	3.000	45.000.000
Pengumpulan Data	Tiket	tiket kereta Jakarta - Pati	OK (kali)	8	250.000	2.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	blower 5000 - 15.000 CMH	Unit	8	2.000.000	16.000.000
Bahan	Bahan	pipa saluran uap 1 inch	Unit	6	500.000	3.000.000

Kelompok	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
	Penelitian (Habis Pakai)	2 m				
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	valve dan fitting 4 inch	Unit	6	215.000	1.290.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	solar cell 2200 W	Unit	6	4.500.000	27.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	pipa saluran air panas 1 inch 2 m	Unit	10	650.000	6.500.000
Analisis Data	Transport Lokal	50	OK (kali)	500	5.000	2.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	UNI-T UT333 Thermometer Hygrometer Humidity Ukur Suhu Kelembaban Udara	Unit	50	245.000	12.250.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	pompa sirkulasi 0,6 L per menit	Unit	10	1.069.000	10.690.000
Sewa Peralatan	Kendaraan	truk pengangkut pengangkut sistem integrasi untuk relokasi	OK (kali)	1	7.500.000	7.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	sensor salinitas	Unit	200	15.000	3.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	temperature control autonics	Unit	50	125.000	6.250.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	pipa paralon 4 inch per batang	Unit	10	198.500	1.985.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	fiber glass (air filter)	Unit	40	120.000	4.800.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	silen acrylic / pipa	Unit	25	6.800	170.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	tangki reaktor 8000 L	Unit	1	29.000.000	29.000.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	kondensor (HE tube and shell)	Unit	4	2.500.000	10.000.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Biaya konsumsi rapat	fgd pembuatan laporan	OH	90	2.500	225.000
Pengumpulan Data	Transport	transportasi pengambilan data	OK (kali)	250 0	5.000	12.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	wadah penampung garam terpal 166 L	Unit	2	4.500.000	9.000.000
Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Biaya Pendaftaran KI	registrasi paten	Paket	1	1.500.000	1.500.000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	solar still	Unit	5	2.500.000	12.500.000

*. KEMAJUAN PENELITIAN

A. RINGKASAN

Garam adalah mineral yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat umum dan industri. Berbagai sektor industri, seperti pangan, pengolahan air, peternakan, perkebunan, tekstil, pengeboran minyak, farmasi hingga kosmetik membutuhkan garam. Akan tetapi, industri garam lokal baru mampu memenuhi 19,1% dari kebutuhan Indonesia yang mencapai 4,5 juta ton garam per tahun. Padahal, Indonesia memiliki potensi yang sangat besar sebagai produsen garam karena memiliki panjang pantai hingga 95.000 km. Selain itu, masih banyak masyarakat pesisir yang kesulitan mendapatkan akses air bersih, hanya sekitar 66,54% yang dapat memperolehnya. Oleh karena itu, urgensi penelitian ini untuk mengatasi ketergantungan para petani garam pada cuaca dalam proses pemekatan air garam dan kelangkaan air bersih untuk kebutuhan sehari – hari. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktifitas garam melalui peningkatan proses pemekatan yang kurang tergantung pada kondisi cuaca, sekaligus menghasilkan air bersih untuk masyarakat dari uap air yang dikondensasikan selama proses pemekatan. Penelitian ini melanjutkan penelitian Fundamental - Reguler pendanaan Tahun 2023 oleh Kemendikbudristek dengan tingkat kesiapan teknologi (TKT) yang telah dicapai 3 dan target pencapaian pada penelitian ini adalah TKT 4. Untuk mencapai capaian tersebut, metode yang digunakan eksperimen untuk menguji efektivitas penyesuaian dimensi dan jumlah vortex generator dan konensor. Selain itu, uji pada lingkungan yang relevan akan dilakukan untuk menganalisa kapasitas penampung air pada penelitian sebelumnya sebesar 350 liter menjadi 5.000 liter yang disesuaikan pada lingkungannya. Mitra untuk mendukung penelitian ini adalah petani garam di Pati dan PT. Fujiyama Manggoro yang merupakan perusahaan manufaktur. Hingga tahun 2024, hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe awal berhasil meningkatkan laju penguapan hingga rata-rata 42,05% dibandingkan sistem tanpa VGs, dengan peningkatan efisiensi sistem mencapai 1,53 kali lipat. Paten telah terdaftar dengan nomor permohonan P00202415580. Teknologi ini menunjukkan potensi signifikan untuk meningkatkan produktivitas garam lokal sekaligus menyediakan air bersih secara efisien bagi masyarakat pesisir.

B. KATA KUNCI

solar still; vortex generator; desalinasi; garam; air bersih

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan seringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan teknologi tangki reaktor, *solar still*, dan *vortex generators* (VGs) guna meningkatkan efisiensi produksi garam dan desalinasi air laut menjadi air bersih. Berikut adalah hasil yang telah dicapai:

1. **Survei Lapangan:**

- Dilakukan di Desa Ketitangwetan, Kabupaten Pati.
- Proses tradisional produksi garam diobservasi, mencakup persiapan lahan, pengaliran air laut, pengendapan, penguapan, hingga panen dan penyimpanan garam, seperti terlihat pada gambar berikut ini.



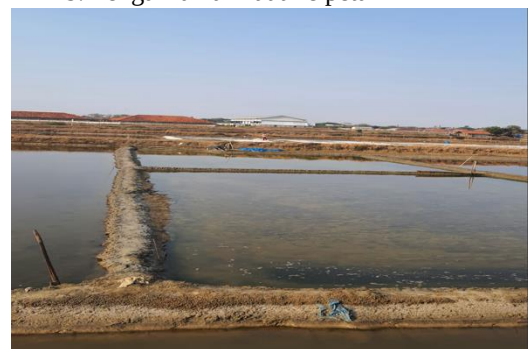
a. Pemompoan air laut



b. Pengaliran air laut ke petak



c. Pengendapan air laut



d. Hasil pengendapan



e. Pemindahan air hasil pengendapan



f. Proses penguapan



g. Panen garam



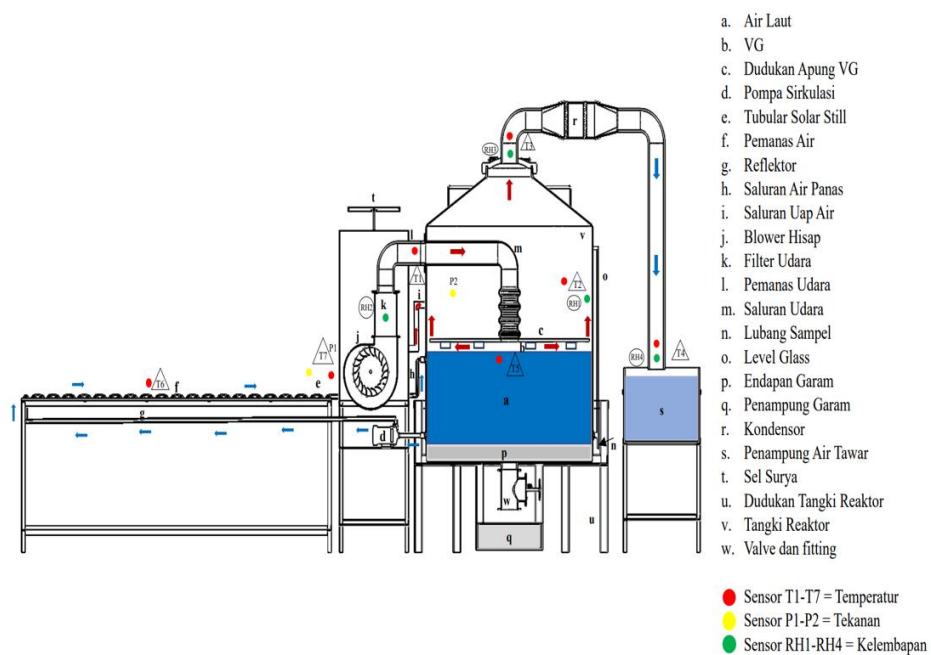
h. Pengangkutan garam hasil panen

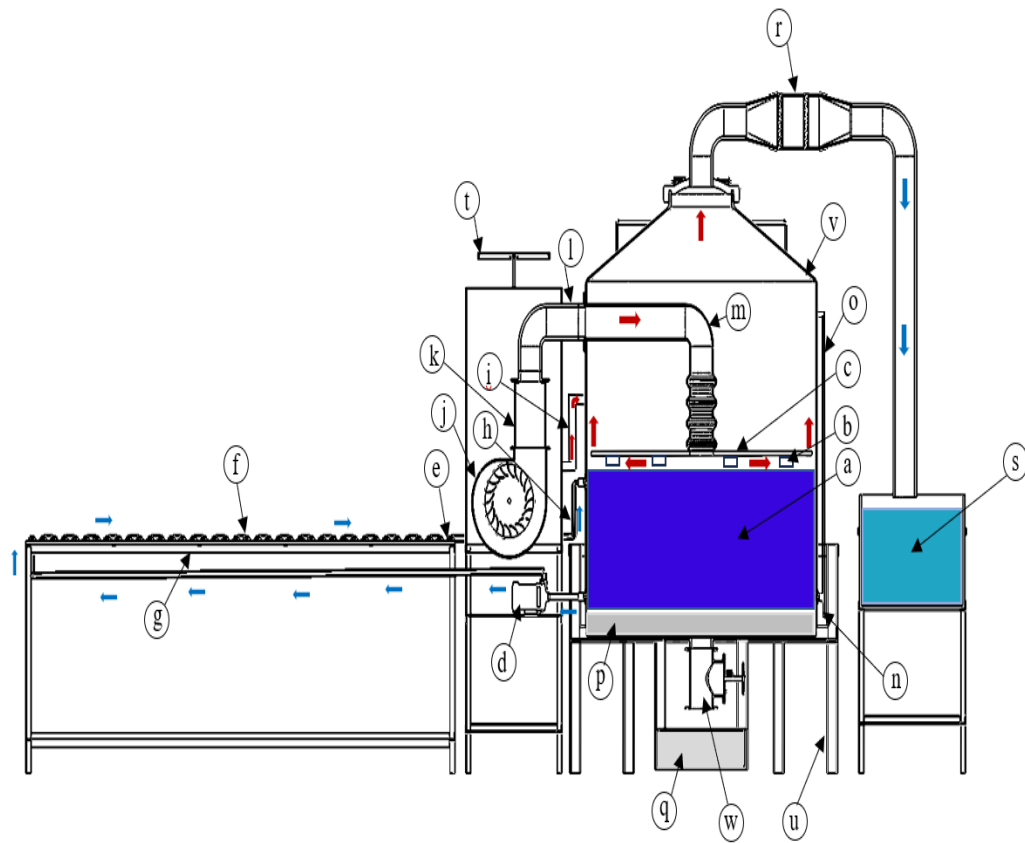


i. Tempat penyimpanan garam

Gambar 1. Hasil survei lapangan

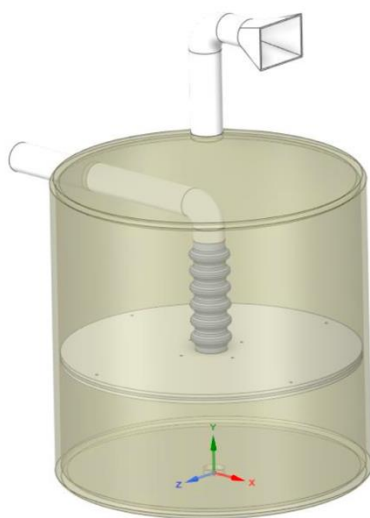
- Identifikasi kebutuhan teknologi untuk meningkatkan efisiensi produksi garam dan penyediaan air bersih.
2. **Desain Eksperimental:**
- Sistem desalinasi dirancang dengan integrasi tangki reaktor, *solar still*, dan VGs, seperti terlihat pada gambar berikut ini.



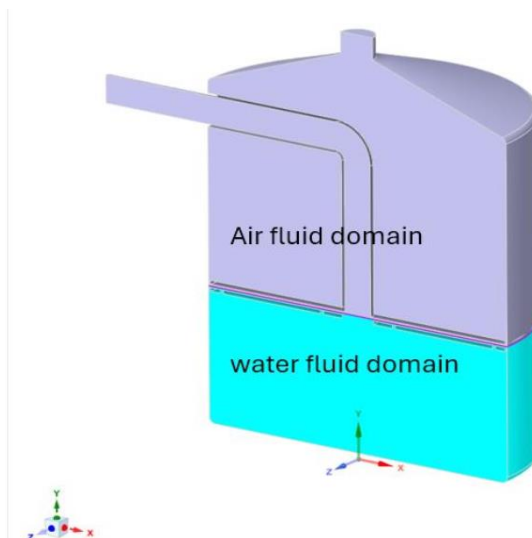


Gambar 2 Desain Experimental

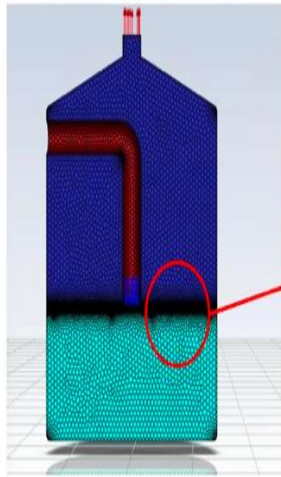
- Simulasi menggunakan perangkat lunak (ANSYS) dengan hasil seperti terlihat berikut ini.



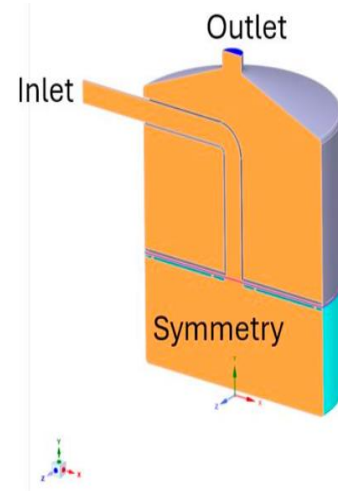
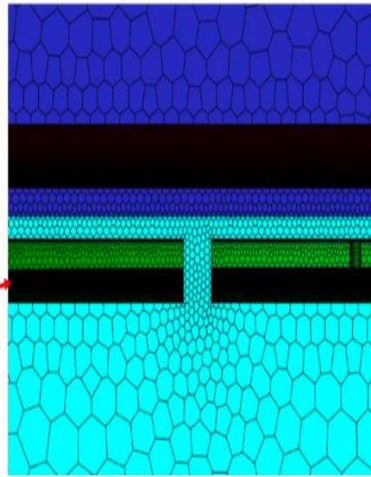
a. Geometri tangki



b. Domain fluida



c. Meshing



d. Boundar condition

Gambar 3. Paramter desain

3. Pembangunan Sistem:

- Prototipe sistem dibangun dan diuji, meliputi uji kebocoran tangki serta pengoperasian sensor dan alat.



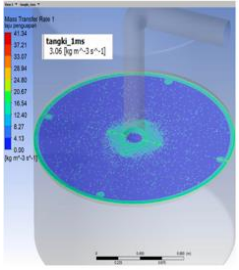
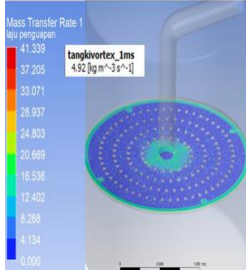
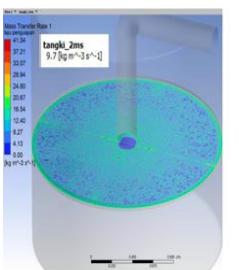
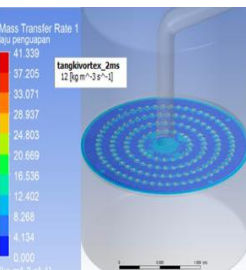
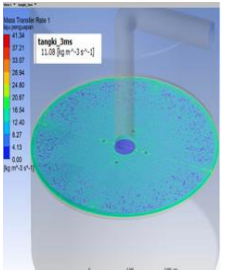
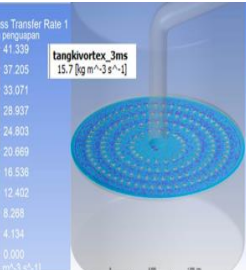
Gambar 4. Pembangunan sistem

Pembangunan sistem dilakukan dengan merakit komponen – komponen utama, yaitu tangki, solar still, dan vortex generators. Setelah itu, dilakukan pengujian alat – alat, seperti yang telah dilakukan adalah kebocoran tangki, beroperasinya sensor – sensor, dan alat secara keseluruhan.

4. Pengujian, pengoperasian dan pengambilan data

Sebelum dilakukan pengambilan data, pengujian dan pengoperasian dilakukan uji coba, seperti kebocoran tangki, dan beroperasinya alat. Berdasarkan hasil simulasi didapat data sebagai berikut.

Tabel 1. Laju Penguapan

v (m/s)	Tanpa VGs	Laju penguapan (kg/m.s)	VGs	Laju penguapan (kg/m.s)	Persentase peningkatan
1		3,06		4,92	60,78%
2		9,7		12	23,71%
3		11,08		15,7	41,72%

Pada tabel 1 terlihat bahwa laju penguapan yang lebih tinggi pada penggunaan vortex generator dibandingkan tanpa vortex generator dikarenakan beberapa mekanisme fisik yang mendukung peningkatan efisiensi proses penguapan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan turbulensi akibat penggunaan vortex generator pada sistem penguapan meningkatkan laju perpindahan panas dan massa, sehingga laju penguapan meningkat secara signifikan dibandingkan tanpa vortex generator (1). Peningkatan turbulensi juga menyebabkan peningkatan transfer massa dari permukaan cairan ke udara. Pusaran-pusaran udara yang diciptakan oleh vortex generator mempercepat perpindahan molekul-molekul air dari permukaan cairan ke udara bebas. Pusaran udara yang dihasilkan oleh vortex generator mengurangi tekanan permukaan di atas cairan, yang mengurangi hambatan bagi molekul-molekul air untuk menguap (2). Pengurangan tekanan ini memungkinkan penguapan pada suhu yang lebih rendah. Vortex generator dapat menciptakan dinamika permukaan cairan yang lebih aktif, seperti riak atau gelombang kecil, yang meningkatkan area permukaan efektif untuk penguapan (3).

Gerakan aliran udara dinamis yang dihasilkan oleh vortex generator meningkatkan energi kinetik molekul-molekul air, sehingga lebih banyak molekul yang dapat mencapai energi aktivasi untuk berubah dari fase cair ke fase uap (4). Vortex generator membantu mempercepat perpindahan uap air dari permukaan cairan ke aliran udara di sekitarnya, mengurangi kemungkinan terjadinya kondensasi kembali (*recondensation*) uap air ke dalam cairan (5). Hal ini mengakibatkan peningkatan energi kinetik molekul air, sehingga lebih banyak molekul air yang mencapai energi aktivasi untuk menguap, meningkatkan laju penguapan dibandingkan sistem tanpa vortex generator.

Laju penguapan dipengaruhi oleh kecepatan udara, seperti terlihat pada gambar 5 berikut ini. Pada kecepatan udara yang lebih tinggi, lapisan batas udara yang berada di atas permukaan cairan menjadi lebih tipis. Lapisan batas ini adalah lapisan udara yang bergerak lambat karena viskositas dan hambatan permukaan cairan. Ketika kecepatan udara meningkat, lapisan ini menjadi lebih tipis, sehingga hambatan terhadap perpindahan uap air dari permukaan cairan ke udara berkurang (6). Ini memungkinkan lebih banyak molekul air untuk menguap dari permukaan cairan ke atmosfer.



Gambar 5. Grafik Laju penguapan terhadap kecepatan udara

Dengan meningkatnya kecepatan udara, konsentrasi uap air di atas permukaan cairan dapat lebih cepat dibawa menjauh dari permukaan. Ini menyebabkan peningkatan gradien konsentrasi uap air antara permukaan cairan dan udara di sekitarnya. Gradien konsentrasi yang lebih tinggi mendorong lebih banyak molekul air untuk berpindah dari fase cair ke fase gas (uap), sehingga meningkatkan laju penguapan (7).

Kecepatan udara yang lebih tinggi meningkatkan laju transfer massa (massa air yang berpindah per satuan waktu) dari permukaan cairan ke aliran udara. Transfer massa yang lebih besar ini mengakibatkan lebih banyak molekul air yang dapat meninggalkan permukaan cairan dan berpindah ke fase gas, yang berarti lebih banyak air yang diuapkan dalam waktu yang lebih singkat (8). Udara dengan kecepatan tinggi lebih efektif dalam menghilangkan uap air yang baru saja menguap dari permukaan cairan. Ketika uap air cepat terbawa oleh aliran udara, uap tersebut tidak akan berkumpul di atas permukaan cairan, yang dapat menurunkan laju penguapan. Penghilangan uap air yang lebih cepat ini mempertahankan kondisi di mana lebih banyak molekul air dapat menguap dari permukaan cairan (9).

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan VGs pada sistem desalinasi menghasilkan peningkatan rata-rata **42,05%** dalam laju penguapan dibandingkan dengan sistem tanpa VGs. Hal ini menunjukkan bahwa turbulensi yang dihasilkan oleh VGs secara signifikan mempercepat perpindahan panas dan massa. Peningkatan kecepatan udara secara langsung memengaruhi laju penguapan. Pada kecepatan udara 3 m/s, laju penguapan dengan VGs mencapai **15,7 kg/m².s**, yang lebih tinggi dibandingkan tanpa VGs sebesar **11,08 kg/m².s**. Ini membuktikan pentingnya dinamika fluida dalam meningkatkan efisiensi desalinasi. Integrasi teknologi ini meningkatkan efisiensi sistem hingga **1,53 kali lipat**, memberikan solusi yang lebih hemat energi untuk proses desalinasi.

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, 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 melalui BIMA.

Jenis : Kekayaan Intelektual (Paten)

Identitas: Paten dengan judul "Alat untuk Optimalisasi Produksi Garam dan Penyediaan Air Bersih melalui Integrasi Teknologi Tangki, Solar Still, dan Vortex Generators".

Status Ketercapaian:

- Paten: telah submit dengan nomor permohonan **P00202415580**
- Bukti submit paten telah diunggah pada sistem BIMA sebagai bagian dari laporan luaran.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* serta mengunggah bukti dokumen pendukung sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra dapat diunggah melalui BIMA.

Catatan:

Bagian ini wajib diisi untuk penelitian terapan, untuk penelitian dasar (Fundamental, Pascasarjana, PKDN, Dosen Pemula) boleh mengisi bagian ini (tidak wajib) jika melibatkan mitra dalam pelaksanaan penelitiannya

Penelitian ini melibatkan dua mitra strategis yang memberikan kontribusi nyata baik secara *in-kind* maupun *in-cash* untuk mendukung pelaksanaan penelitian. Berikut adalah detail realisasi kerjasama dan kontribusi masing-masing mitra

1. PT. Fujiyama Manggoro Manufacturing

- **Jenis Kontribusi:** *In-kind*
 - **Realisasi Kerjasama:**
 - PT. Fujiyama terlibat dalam pengembangan teknologi, khususnya pada konstruksi tangki desalinasi dan solar still.
 - Mitra menyediakan tenaga ahli untuk proses desain dan perakitan sistem.
 - Menyediakan tenaga teknis dalam pengujian awal sistem, termasuk pengoperasian dan evaluasi performa.
 - **Bukti Pendukung:**
 - Dokumen kerjasama formal (kontrak kerja).
 - Foto dan laporan kontribusi teknis dari tim PT. Fujiyama.
 - Bukti realisasi kerjasama telah diunggah ke sistem BIMA.

2. Kelompok Petani Garam Desa Ketitangwetan, Kecamatan Batangan, Kabupaten Pati

- **Jenis Kontribusi:** *In-kind*
 - **Realisasi Kerjasama:**
 - Mitra memberikan informasi detail mengenai proses produksi garam secara tradisional, termasuk tahapan persiapan lahan, penguapan, dan panen garam.
 - Mendukung implementasi teknologi di lapangan dan memberikan umpan balik untuk perbaikan sistem.
 - **Bukti Pendukung:**
 - Dokumentasi berupa foto dan video aktivitas di lapangan.
 - Dokumen realisasi kerjasama diunggah pada BIMA.

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.

Selama pelaksanaan penelitian, beberapa kendala dan hambatan dihadapi yang memengaruhi waktu, proses, dan capaian luaran yang direncanakan. Berikut adalah kendala yang terjadi beserta penjelasannya:

1. Kondisi Cuaca yang Tidak Mendukung

- **Deskripsi Kendala:**

Selama tahap pembangunan dan pengujian sistem, sering terjadi hujan besar yang menghambat proses perakitan, seperti pengeleman tangki dan pemasangan komponen lainnya.
- **Dampak:**
 - Proses perakitan membutuhkan waktu tambahan karena harus menunggu kondisi cuaca yang lebih baik.
 - Jadwal penelitian mengalami keterlambatan.

2. Keterbatasan Sumber Daya dan Infrastruktur

- **Deskripsi Kendala:**
 - Beberapa material dengan spesifikasi tertentu sulit ditemukan di pasaran lokal sehingga harus dipesan secara khusus secara online.
 - Proses pengadaan memakan waktu lebih lama dari yang direncanakan karena adanya waktu tunggu untuk produksi dan pengiriman material.
- **Dampak:**
 - Keterlambatan dalam tahap pembangunan prototipe.
 - Penundaan jadwal pengujian sistem.

3. Kendala Teknis pada Sistem

- **Deskripsi Kendala:**
 - Ketidaksesuaian dalam penyetelan parameter sistem seperti aliran air, temperatur, dan waktu proses.
 - Beberapa pengujian awal memerlukan pengulangan karena parameter operasional belum mencapai hasil yang optimal.
- **Dampak:**
 - Durasi waktu pengujian menjadi lebih lama dari rencana awal.
 - Penyesuaian desain dilakukan untuk mengatasi kendala teknis.

4. Keterbatasan Akses dan Infrastruktur Pendukung

- **Deskripsi Kendala:**
 - Lokasi pengujian lapangan memiliki akses yang terbatas terhadap infrastruktur, seperti peralatan pendukung.
- **Dampak:**
 - Memerlukan improvisasi pada metode pengujian untuk menyesuaikan dengan keterbatasan di lapangan.

5. Waktu Penyelesaian Draft Paten

- **Deskripsi Kendala:**
 - Penyusunan klaim paten memerlukan koordinasi yang intensif antara tim peneliti.
 - Revisi berulang dilakukan untuk memastikan klaim paten sesuai dengan inovasi yang dihasilkan.
- **Dampak:**
 - Waktu yang dihabiskan untuk penyelesaian draft paten lebih panjang dari yang direncanakan.

Meskipun menghadapi berbagai kendala, penelitian tetap berjalan sesuai jalur dengan beberapa penyesuaian untuk memastikan luaran dapat tercapai dalam waktu yang tersisa.

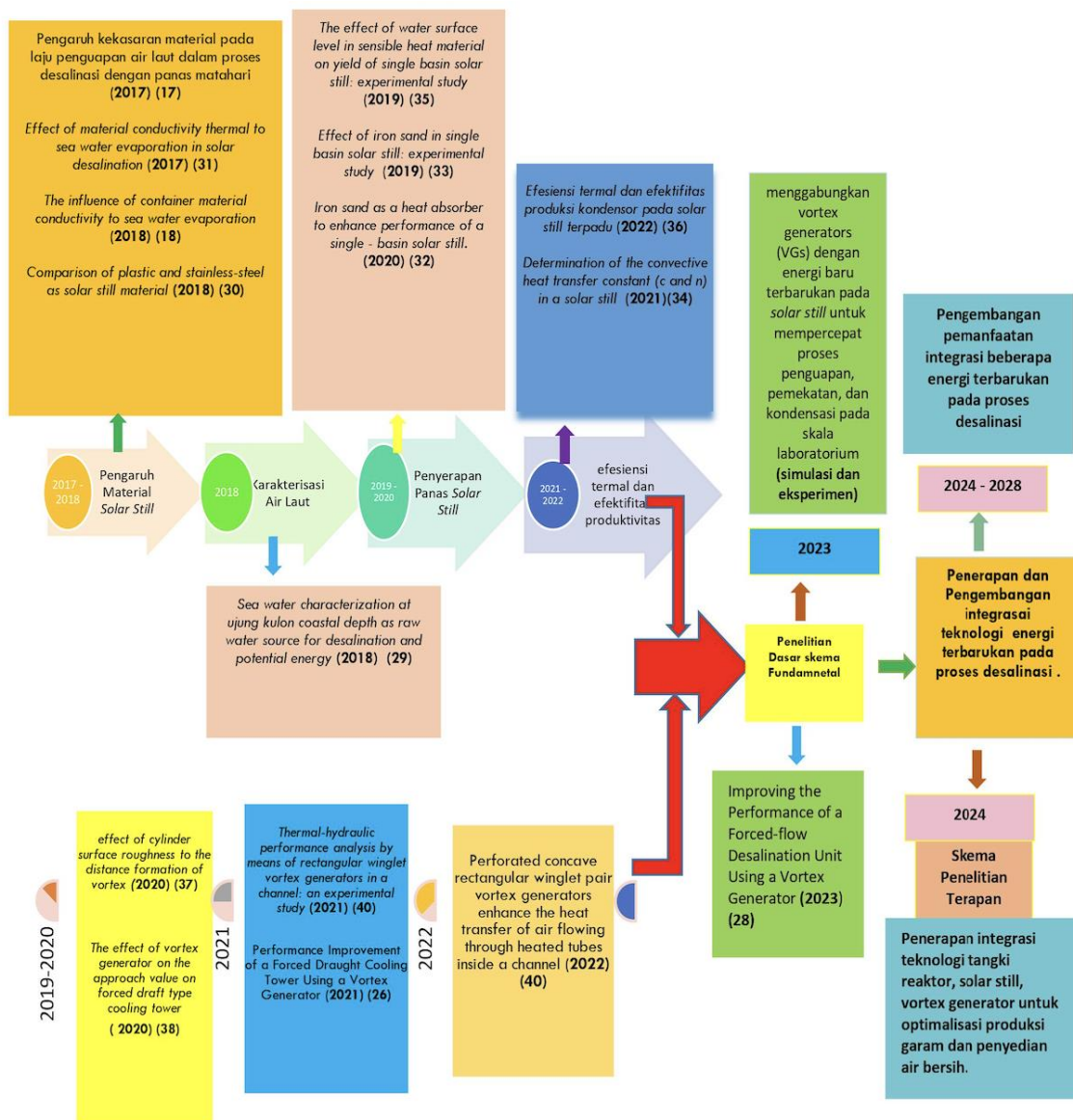
G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian selanjutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi 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. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Penelitian tahun pertama telah berhasil merancang dan menguji prototipe awal sistem desalinasi yang mengintegrasikan tangki, solar still, dan vortex generators (VGs). Fokus tahun berikutnya adalah optimalisasi sistem, pengembangan skala, dan penyelesaian luaran wajib seperti paten dan publikasi. Selain itu, akan dilakukan

pengujian lapangan untuk memastikan fungsionalitas sistem dalam skala yang lebih besar serta dampaknya bagi masyarakat.

Berdasarkan hasil pengujian prototipe awal, terdapat beberapa aspek teknis yang perlu ditingkatkan, seperti pengaturan aliran udara, efisiensi perpindahan panas, dan pengurangan kebocoran energi. Untuk itu, penelitian selanjutnya akan berfokus pada optimalisasi sistem melalui simulasi numerik (CFD) guna mengevaluasi dan memvalidasi parameter desain baru. Konfigurasi vortex generators (VGs) akan dioptimalkan agar menghasilkan turbulensi maksimal tanpa meningkatkan kebutuhan energi. Setelah optimalisasi, sistem akan dikembangkan dalam skala menengah dengan kapasitas 1.500 liter air laut per siklus untuk menguji kemampuan sistem pada tingkat produksi yang lebih besar. Komponen sistem akan diproduksi dengan desain modular untuk mempermudah pengangkutan dan pemasangan, serta melibatkan mitra industri dalam proses manufaktur dan pengujian untuk memastikan kesiapan implementasi.

Penelitian akan memonitor performa sistem dalam kondisi nyata, termasuk parameter teknis seperti produktivitas garam dan air bersih, serta feedback dari pengguna. Protokol perawatan dan operasi juga akan dikembangkan untuk mempermudah pengguna akhir. Teknologi ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi garam, tetapi juga memberikan akses air bersih bagi masyarakat pesisir. Untuk mengevaluasi dampaknya, penelitian akan mengukur peningkatan pendapatan petani garam serta mengidentifikasi penghematan biaya dan waktu melalui adopsi teknologi ini. Dengan strategi ini, penelitian selanjutnya diharapkan dapat memberikan solusi yang inovatif dan berdampak positif secara sosial-ekonomi bagi komunitas pesisir.



Gambar 6. Roadmap penelitian

Tercapainya setiap indikator pada tahun penelitian ini, merupakan kelanjutan dari tercapainya semua indikator pada penelitian sebelumnya tahun 2023 (10) dengan skema fundamnetal, seperti tergambar pada gambar 6, yaitu *roadmap* penelitian secara keseluruhan sampai tahun 2028. Berdasarkan *roadmap*, penelitian awal karakterisasi air laut menunjukkan bahwa di pesisir pantai Indonesia untuk kandungan garam chloride, sodium, sulfate, dan fluoride dalam air laut sangat tinggi (11). Selain itu, penelitian awal mengenai *solar still* menunjukkan bahwa berbagai faktor seperti material (12–15), penyerap panas (16–18), ketinggian air (19), dan kondensor pada *solar still* (20) berpengaruh terhadap produktivitasnya. Di samping itu, hasil penelitian awal mengenai vortex generators (21–26) menunjukkan pengaruhnya terhadap peningkatan campuran udara, pengurangan separasi aliran, peningkatan transfer panas, dan peningkatan efesiensi.

Roadmap penelitian jangka panjang dirancang untuk mengarahkan langkah-langkah strategis dari tahun 2024 hingga 2028, dengan fokus pada pengembangan teknologi desalinasi yang inovatif dan berdampak luas. Pada tahun 2024 yang telah dilakukan, penelitian telah berfokus pada finalisasi paten dan pengembangan sistem desalinasi skala menengah untuk menguji efisiensi dan performanya dalam kapasitas yang lebih besar. Selanjutnya, pada tahun 2025, hasil penelitian akan dipublikasikan di jurnal internasional, dan sistem akan dilengkapi dengan integrasi tenaga angin untuk meningkatkan efisiensi energi. Pada tahun 2026, penelitian akan melibatkan penambahan panel surya untuk menciptakan sistem hybrid yang mengombinasikan berbagai sumber energi terbarukan, sehingga sistem menjadi lebih mandiri dan ramah lingkungan. Implementasi skala besar akan dilakukan pada tahun 2027, di mana sistem ini diterapkan langsung di lapangan dengan kapasitas produksi yang lebih tinggi dan dampak yang signifikan bagi masyarakat. Akhirnya, pada tahun 2028, teknologi ini akan memasuki tahap komersialisasi melalui pengembangan model bisnis yang matang, memungkinkan adopsi yang lebih luas oleh komunitas pesisir dan sektor industri. Roadmap ini bertujuan untuk memastikan keberlanjutan dan relevansi teknologi dalam memenuhi kebutuhan air bersih dan meningkatkan produktivitas garam lokal.

Rencana penelitian yang akan dilakukan pada tahun 2024 – 2028, yaitu pengembangan pemanfaatan integrasi beberapa energi terbarukan pada proses desalinasi dimana pada tahun berikutnya akan memanfaatkan tenaga angin menggunakan kincir angin dengan luaran yang direncanakan sama dengan tahun 2024, yaitu paten dengan skema penelitian “Terapan”.

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

1. Vane LM, Rock K, Jordan D. Energy efficient vortex-enhanced water evaporation technology for concentrated brine management: Theory and process simulation evaluation. *Desalination*. 2022 Jan 15;522:115427.
2. Terekhin AA, Zolotykh IK. Evaporator System of Water Desalination Based on Ranque-Hilsch Vortex Effect. *Procedia Eng*. 2015 Jan 1;129:337–43.
3. Shmroukh AN, Attalla M, Abd El-Hakim AAEN. Experimental investigation of a novel sea water desalination system using ranque-hilsch vortex tube. *Appl Therm Eng*. 2019 Feb 25;149:658–64.
4. Mohamed AAA, Tawfik MHM, Attalla M, Maghrabie HM. Productivity, energy, and exergy analyses of a water desalination system-based vortex tubes with different configurations: An experimental implementation. *Appl Therm Eng*. 2024 Dec 15;257:124413.
5. Gonzalez-Vogel A, Rojas OJ. Exploiting electroconvective vortices in electrodialysis with high-frequency asymmetric bipolar pulses for desalination in overlimiting current regimes. *Desalination*. 2020 Jan 15;474:114190.
6. Goncharova ON, Bekezhanova VB. Numerical Simulation of Thermocapillary Convection with Evaporation Induced by Boundary Heating. *Fluid Dynamics and Materials Processing*. 2024 Jul 23;20(7):1667–86.
7. Wu YG, Xue CH, Guo XJ, Huang MC, Wang H Di, Ma CQ, et al. Highly efficient solar-driven water evaporation through a cotton fabric evaporator with wettability gradient. *Chemical Engineering Journal*. 2023 Sep 1;471:144313.
8. You Y, Wang G, Guo C, Jiang H. Study on mass transfer time relaxation parameter of indirect evaporative cooler considering primary air condensation. *Appl Therm Eng*. 2020 Nov 25;181:115958.

9. Han KW, Shi K Bin, Yan XJ, Ling F, Hao GC, Qin QR. Estimating water surface evaporation losses under floating coverage: Modeling and Application. *J Hydrol (Amst)*. 2023 Nov 1;626:130252.
10. Wirangga R, Mugisidi D, Sayuti AT, Heriyani O. The Impact of Wind Speed on the Rate of Water Evaporation in a Desalination Chamber. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* [Internet]. 2023 Jun 19 [cited 2024 Sep 29];106(1):39–50. Available from: https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/fluid_mechanics_thermal_sciences/article/view/2383
11. 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
12. Mugisidi D, Heriyani O, Abdel-Rehim ZS, Fathurohman H. The influence of container material conductivity to sea water evaporation. In: *AIP Conference Proceedings*. 2018.
13. 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).
14. Mugisidi D, Agusman D, Heriyani O, Fathurahman Hamdhi. Pengaruh Kekasaran Permukaan terhadap Kecepatan Penguapan Air Laut. 2016.
15. Heriyani O, Mugisidi M, on HFIC. Effect of Material Conductivity Thermal to Sea Water Evaporation in Solar Desalination. *jurnal.unissula.ac.id* O Heriyani, M Mugisidi, H Fathurohman *International Conference on Coastal and Delta Areas* jurnal.unissula.ac.id [Internet]. [cited 2024 Mar 23]; Available from: <https://jurnal.unissula.ac.id/index.php/ICCCA/article/view/1994>
16. 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.
17. 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).
18. Mugisidi D, Rahman A, Gunawan PH, Heriyani O. DETERMINATION OF THE CONVECTIVE HEAT TRANSFER CONSTANT (C AND N) IN A SOLAR STILL. *Teknosains* [Internet]. 2021;11(1):1–12. Available from: <https://jurnal.ugm.ac.id/teknosains>
19. 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.
20. 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.
21. Heriyani O, Mugisidi D, Hilmi I. EFFECT OF CYLINDER SURFACE ROUGHNESS TO THE DISTANCE FORMATION OF VORTEX. *SINTEK* . 2020;14(2):94–8.
22. 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).
23. 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.
24. 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>
25. 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.
26. 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.



PT.FUJIYAMA MANGGORO MANUFACTURING

PT. FUJIYAMA MANGGORO MANUFACTURING

📍 JL. K.H. Agus Salim No. 50 F Kelurahan Bekasi Jaya
Kec. Bekasi Timur Kab. Bekasi

✉️ fujiyamamanggoro@gmail.com ☎️ 0821 2571 7079

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Nasrudin
Jabatan (jika ada) : Direktur Utama
Instansi/Lembaga : PT. Fujiyama Manggoro Manufakturing
No Telepon/HP : 085198691421
Alamat : Jl. K.H Agus Salim no 50 F Kelurahan Bekasi Jaya, Bekasi Timur

Dengan ini menyatakan bersedia menjadi mitra terhadap penelitian:

Nama : Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si
NIDN : 0301126901
Judul Proposal : Penerapan Integrasi Teknologi Tangki Reaktor, *Solar Still*, dan Vortex Generator untuk Optimalisasi Produksi Garam dan Penyediaan Air Bersih
Bentuk Dukungan/ : Fabrikasi peralatan
Total Kontribusi Dana

Dan saya menyatakan bahwa saya tidak memiliki afiliasi atau hubungan keluarga dengan tim pengusul. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bekasi, 28 Maret 2024



PT. Fujiyama Manggoro Manufacturing



















SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sugito
Jabatan (jika ada) : Kepala SD (Petani Garam)
Instansi/Lembaga : SD Negeri Bumimulyo 01
No Telepon/HP : 082133472474
Alamat : Desa Ketitangwetan Rt 02/Rw 02, Kecamatan Batangan
Kabupaten Pati.

dengan ini menyatakan bersedia menjadi mitra terhadap penelitian:

Nama : Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si
NIDN : 0301126901
Judul Proposal : Penerapan Integrasi Teknologi Tangki Reaktor, *Solar Still*,
dan Vortex Generator untuk Optimalisasi Produksi Garam
dan Penyediaan Air Bersih
Bentuk Dukungan/ : Informasi Lapangan dan Uji Coba
Total Kontribusi Dana

Dan saya menyatakan bahwa saya tidak memiliki afiliasi atau hubungan keluarga dengan tim pengusul. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pati, 16 Maret 2024



Sugito



















Penerapan Integrasi Teknologi Tangki Reaktor, Solar Still, dan Vortex Generators untuk Optimalisasi Produksi Garam dan Penyediaan Air Bersih

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA
Skema Penelitian Terapan
Penelitian DRTPM Tahun Pelaksanaan 2024

Ketua : Dan Mugisidi – 0301126901
Anggota: Oktarina Heriyani – 0305067702
Riyan Ariyansah – 0324069102

Pendanaan

Penelitian ini dibiayai oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui Hibah DRTPM pendanaan Tahun 2024 pada skema Penelitian Terapan berdasarkan Surat Keputusan Nomor 0667/E5/AL.04/2024 dan Perjanjian/Kontrak Nomor 812/LL3/AL.04/2024 (094/F.03.07/2024) sebesar **Rp.312.910.000,00**.

Ringkasan

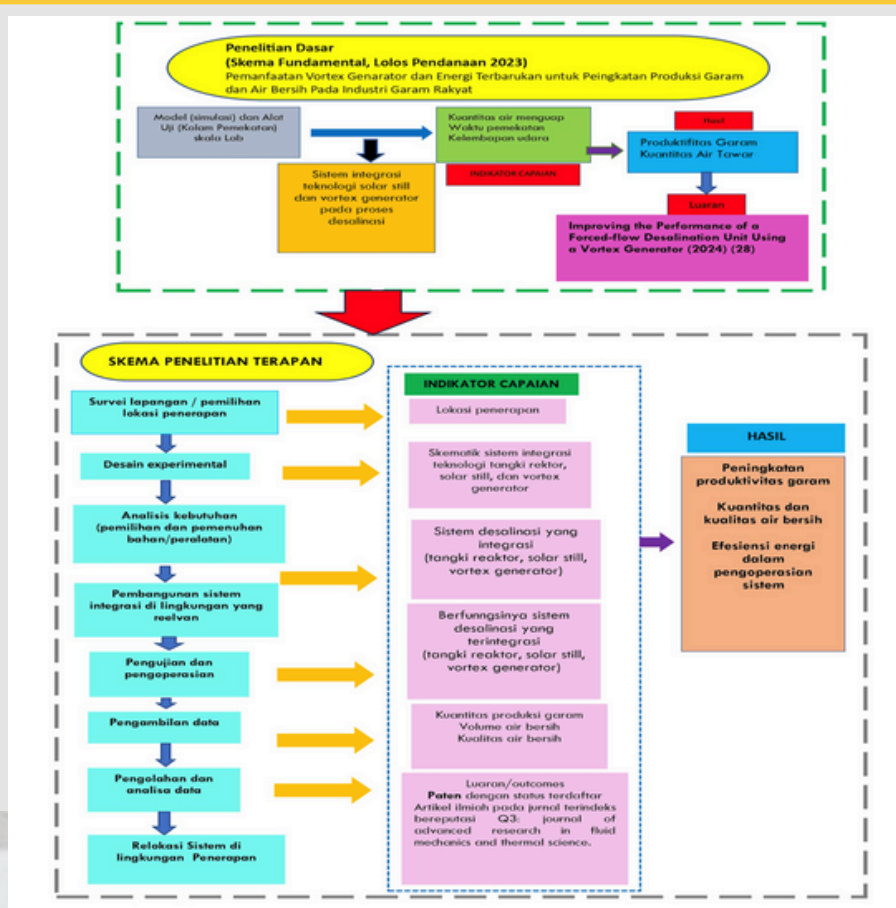
Produksi garam lokal di Indonesia hanya memenuhi 19,1% dari kebutuhan nasional sebesar 4,5 juta ton per tahun, meskipun memiliki potensi besar dengan panjang pantai 95.000 km (1). Proses tradisional yang sederhana menyebabkan rendahnya produktivitas dan pendapatan petani garam, serta menurunnya jumlah petani setiap tahun (2). Selain itu, masyarakat pesisir sering menghadapi krisis air bersih, dengan akses hanya sekitar 66,54% (3). Inovasi-inovasi seperti modifikasi absorber untuk mempercepat penguapan (4–8) dan penggunaan kondensor untuk meningkatkan efisiensi kondensasi (9–13) telah diterapkan. Selain itu, pengembangan terbaru melibatkan integrasi aliran udara terkontrol untuk mempercepat penguapan (14). Untuk itu, penelitian ini mengintegrasikan solar still, vortex generators (VGs), dan kondensor dalam satu sistem desalinasi yang terintegrasi, yang belum pernah ditemukan sebelumnya dalam literatur terkait (15). Oleh karena itu, urgensi penelitian ini untuk mengatasi ketergantungan para petani garam pada cuaca dalam proses pemekatan air garam dan kelangkaan air bersih untuk kebutuhan sehari – hari. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produktifitas garam melalui peningkatan proses pemekatan yang kurang tergantung pada kondisi cuaca, sekaligus menghasilkan air bersih untuk masyarakat dari uap air yang dikondensasikan selama proses pemekatan. Untuk mencapai capain tersebut, metode yang digunakan eksperimen untuk menguji efektivitas penyesuaian dimensi dan jumlah vortex generator dan konensor. Selain itu, uji pada lingkungan yang relevan akan dilakukan untuk menganalisa kapasitas penampung air pada penelitian sebelumnya sebesar 350 liter menjadi 5.000 liter yang disesuaikan pada lingkungannya. Mitra untuk mendukung penelitian ini adalah petani garam di Pati dan PT. Fujiyama Manggoro yang merupakan perusahaan manufaktur.

Kata Kunci:
Solar still; vortex generator; garam; air bersih; desalinasi

Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)

Penelitian ini melanjutkan penelitian Fundamental - Regular pendanaan Tahun 2023 oleh Kemendikbudristek dengan TKT yang telah dicapai 3 dan pada Skema Terapan pendanaan Tahun 2024 target pencapaian pada penelitian ini adalah TKT 4.

Metodelogi Penelitian



Gambar Alur Penelitian

Penelitian ini menghasilkan bahwa integrasi vortex generators (VGs) dalam unit desalinasi mampu meningkatkan laju penguapan air laut 1,13 kali lebih cepat dibandingkan tanpa teknologi ini. Efisiensi sistem meningkat hingga 1,53 kali lipat, menjadikannya solusi yang lebih efektif untuk proses desalinasi. Laju penguapan menggunakan voretx generatars rata - rata meningkat sebesar 42,05% dibandingkan tanpa vortex generators.

Tabel Laju Penguapan

v (m/s)	Tanpa VGs	Laju penguapan (kg/m.s)	VGs	Laju penguapan (kg/m.s)
1		3,06		4,92
2		9,7		12
3		11,08		15,7



Gambar Grafik Laju penguapan terhadap kecepatan udara

Luaran

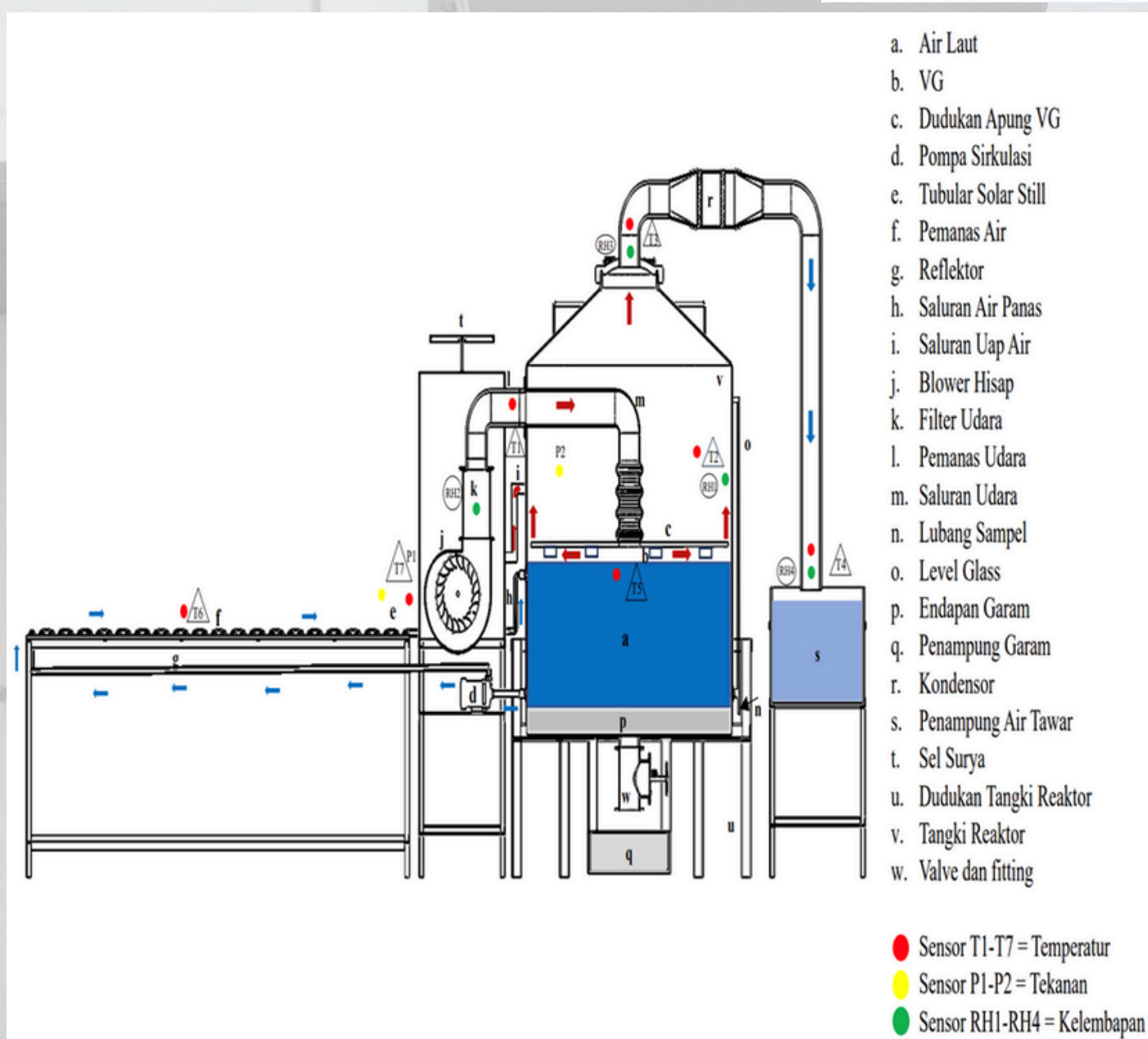
Paten telah terdaftar dengan nomor permohonan **P00202415580** yang berjudul “Alat untuk Optimalisasi Produksi Garam dan Penyediaan Air Bersih melalui Integrasi Teknologi Tangki, Solar Still, dan Vortex Generators”. Teknologi ini menunjukkan potensi signifikan untuk meningkatkan produktivitas garam lokal sekaligus menyediakan air bersih secara efisien bagi masyarakat pesisir.

Acknowledgement

Terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dukungan pembiayaan penelitian Tahun 2024 pada skema Penelitian Terapan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Fakultas Teknologi Industri dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan. bpkp.go.id. 2023 [cited 2024 Mar 16]. Optimalisasi Industri Garam Terpadu untuk Wujudkan Merdeka Garam 2024. Available from: <https://www.bpkp.go.id/berita/read/45338/0/Optimalisasi-Industri-Garam-Terpadu-untuk-Wujudkan-Merdeka-Garam-2024>
- Statistik-KKP. KEMENTERIAN KELAUTAN DAN PERIKANAN RI. 2024 [cited 2024 Mar 19]. Petambak Garam. Available from: https://statistik.kkp.go.id/home.php?m=petambak_garam&i=213
- LIPI. Indonesia Negeri Tropis, Tapi Krisis Air Bersih di Kawasan Pesisir Terjadi? [Internet]. 2018 [cited 2022 Aug 5]. Available from: <http://lipi.go.id/lipimedia/Indonesia-Negeri-Tropis-Tapi-Krisis-Air-Bersih-di-Kawasan-Pesisir-Terjadi/20218>
- Srivastava PK, Agrawal SK. Experimental and theoretical analysis of single sloped basin type solar still consisting of multiple low thermal inertia floating porous absorbers. Desalination. 2013;311:198–205.
- 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.
- Mugisidi D, Agusman D, Heriyani O, Fathurahman Hamdhi. Pengaruh Kekasaran Permukaan terhadap Kecepatan Penguapan Air Laut. 2016.
- Mugisidi D, Heriyani O, Abdel-Rehim ZS, Fathurohman H. The influence of container material conductivity to sea water evaporation. In: AIP Conference Proceedings. 2018.
- 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. J Phys Conf Ser. 2019;1373(1).
- Mugisidi D, Fajar B, Syaiful S, Utomo T. Solar Still with an Integrated Conical Condenser. CFD Letters. 2023 Jun 23;15(8):122–34.
- Pushpa B, Chendra KS, Reddy KP. A Study on Solar Still with Separate Condenser. International Refereed Journal of Engineering and Science. 2015;4(6):94–8.
- Ahmed. Study of Single Effect Solar Still With an Internal Condenser. 1988;5(6):637–43.
- Fath HES, Elsherbiny SM. Effect of adding a passive condenser on solar still performance. Energy Convers Manag. 1993;34(1):63–72.
- Ahangar Darabi M, Pasha G, Ebrahimpour B, Guodarzi AM, Morshedsolouk F, Habibnejad Roshan H, et al. Experimental investigation of a novel single-slope tilted wick solar still with an affordable channelled absorber sheet, an external condenser, and a reflector. Solar Energy [Internet]. 2022;241(Febuary):650–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.06.020>
- Ristanto Wirangga, Dan Mugisidi, Adi Tegar Sayuti, Oktarina 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 [Internet]. 2023 Jun 19;106(1):39–50. Available from: https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/fluid_mechanics_thermal_sciences/article/view/2383
- Dan Mugisidi, Oktarina Heriyani. Improving the Performance of a Forced-flow Desalination Unit using a Vortex Generator. CFD Letters [Internet]. 2024 Jun 2;16(10):81–93. Available from: https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD_Letters/article/view/5385
- Shmroukh AN, Attalla M, Abd El-Hakim AAEN. Experimental investigation of a novel sea water desalination system using ranque-hilsch vortex tube. Appl Therm Eng. 2019 Feb 25;149:658–64.
- Mohamed AAA, Tawfik MHM, Attalla M, Maghrabie HM. Productivity, energy, and exergy analyses of a water desalination system-based vortex tubes with different configurations: An experimental implementation. Appl Therm Eng. 2024 Dec 15;257:124413.
- Gonzalez-Vogel A, Rojas OJ. Exploiting electroconvective vortices in electrodialysis with high-frequency asymmetric bipolar pulses for desalination in overlimiting current regimes. Desalination. 2020 Jan 15;474:114190.



Gambar Skematik Sistem Terintegrasi

Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan desain unit desalinasi terintegrasi yang memanfaatkan vortex generators (VGs) untuk meningkatkan efisiensi penguapan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kecepatan aliran udara meningkat dengan berkurangnya luas penampang saluran, sesuai prinsip dinamika fluida (16),(17),(18).

Mitra : PT. Fujiyama Manggoro Manufacturing dan Petani Garam Pati

Deskripsi

ALAT UNTUK OPTIMALISASI PRODUKSI GARAM DAN PENYEDIAAN AIR BERSIH MELALUI INTEGRASI TEKNOLOGI TANGKI, *SOLAR STILL*, DAN *VORTEX* 5 *GENERATORS*

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini berkaitan dengan pemanfaatan teknologi tangki,
solar still, dan *vortex generators* secara terintegrasi untuk
10 optimalisasi produksi garam dan penyediaan air bersih.

Latar Belakang Invensi

Garam merupakan komponen esensial yang dibutuhkan di berbagai
sektor, baik untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat maupun untuk
15 industri. Industri pangan, penyamakan kulit, pengolahan air,
peternakan, perkebunan, pengasinan ikan, tekstil, pengeboran
minyak, kosmetik, dan farmasi sangat bergantung pada pasokan garam
dalam proses produksinya. Di Indonesia, kebutuhan garam mencapai
sekitar 4,5 juta ton per tahun. Namun, produksi lokal hanya mampu
20 memenuhi sekitar 19,1% dari kebutuhan tersebut, sehingga
peningkatan produksi garam nasional menjadi sangat penting.

Indonesia memiliki potensi besar untuk meningkatkan produksi
garam lokal. Dengan panjang garis pantai mencapai 95.000 km dan
sinar matahari melimpah sepanjang tahun, negara ini memiliki
25 kondisi yang ideal untuk produksi garam. Proses konvensional
produksi garam menggunakan kolam penguapan yang memanfaatkan sinar
matahari untuk meningkatkan konsentrasi air laut. Meski demikian,
metode ini masih memiliki beberapa kendala utama, yaitu rendahnya
efisiensi produksi dan penghasilan petani yang minim. Hal ini
30 menyebabkan penurunan jumlah petani garam setiap tahun. Pada tahun
2019, tercatat 33.450 petani garam, namun jumlah ini menurun
menjadi hanya 22.431 pada tahun 2022. Penurunan ini
mengindikasikan perlunya dukungan teknologi yang lebih efisien
untuk meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani garam.

35 Selain tantangan dalam produksi garam, masyarakat pesisir
Indonesia juga menghadapi permasalahan krisis air bersih. Hanya

sekitar 66,54% penduduk pesisir yang memiliki akses terhadap air bersih. Proses produksi garam yang melibatkan penguapan air laut menghasilkan uap air yang sebenarnya dapat dikondensasikan kembali menjadi air bersih. Jika teknologi yang tepat diterapkan, hasil
5 sampingan ini dapat dimanfaatkan untuk menyediakan air bersih bagi masyarakat sekitar.

Teknologi *solar still* menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengatasi kedua masalah tersebut. *Solar still* adalah perangkat desalinasi sederhana yang memanfaatkan efek rumah kaca untuk
10 mengubah air asin menjadi air bersih melalui proses penguapan dan kondensasi. Perangkat ini mudah digunakan dan terus mengalami perkembangan untuk meningkatkan efisiensi. Upaya peningkatan efisiensi *solar still* berfokus pada dua aspek utama, yaitu mempercepat proses penguapan dan meningkatkan efisiensi
15 kondensasi. Salah satu metode untuk mempercepat penguapan adalah dengan memodifikasi *absorber* guna meningkatkan suhu air. Sementara itu, untuk meningkatkan efisiensi kondensasi, digunakan kondensor yang efektif menyerap panas dari uap air.

Dalam perkembangan terbaru, *solar still* yang sebelumnya
20 mengandalkan konveksi alami kini dikembangkan dengan tambahan aliran udara untuk mempercepat penguapan. Salah satu pendekatan inovatif adalah penggunaan *vortex generators* untuk menciptakan aliran turbulen, yang dapat meningkatkan laju penguapan secara signifikan.

Beberapa invensi terkait teknologi produksi garam dan air bersih telah dikembangkan sebelumnya. Salah satunya adalah invensi dengan nomor paten US 10093552 B2, yang menggunakan rumah kaca untuk menguapkan air garam sehingga garam dapat dipanen secara efisien. Namun, teknologi ini belum mengintegrasikan proses
30 produksi garam dengan penyediaan air bersih dalam satu sistem terpadu.

Berdasarkan permasalahan dan peluang yang diuraikan di atas, invensi ini bertujuan untuk mengembangkan alat yang mampu mengoptimalkan produksi garam sekaligus menyediakan air bersih
35 melalui integrasi teknologi tangki, *solar still*, dan *vortex*

generators. Teknologi ini diharapkan dapat memberikan solusi inovatif dan berkelanjutan bagi kebutuhan masyarakat dan industri.

Uraian Singkat Invensi

5 Invensi ini berkaitan dengan sistem terintegrasi yang bertujuan optimalisasi produksi garam dan penyediaan air bersih dengan menggabungkan tiga teknologi utama: tangki reaktor untuk pengolahan awal air laut, *solar still* untuk distilasi air laut menggunakan energi matahari, dan *vortex generators* untuk
10 meningkatkan efisiensi pencampuran serta kristalisasi garam. Sistem ini dirancang dengan tujuan menghasilkan garam dengan tingkat kemurnian tinggi dan air bersih secara efisien. Teknologi ini memberikan solusi terhadap kebutuhan sumber daya yang penting secara bersamaan, meningkatkan produktivitas, serta menawarkan
15 manfaat ekonomi dan lingkungan khususnya bagi masyarakat di wilayah pesisir.

Uraian Singkat Gambar

 Invensi ini dapat lebih mudah dipahami dengan merujuk pada
20 gambar 1 yang menampilkan keseluruhan sistem terintegrasi, termasuk tangki reaktor, *solar still*, dan *vortex generators* serta komponen - komponen pendukung lainnya. Gambar 1 menunjukkan hubungan antar komponen utama dan alur proses produksi garam serta penyediaan air bersih.

25

Uraian Lengkap Invensi

 Produksi garam dan penyediaan air bersih merupakan dua kebutuhan mendesak di banyak wilayah pesisir, terutama di daerah dengan keterbatasan akses terhadap sumber daya air bersih.
30 Teknologi yang efisien dan berkelanjutan diperlukan untuk mengatasi tantangan ini. Invensi ini menawarkan solusi yang inovatif dengan mengintegrasikan teknologi tangki reaktor, *solar still*, dan *vortex generators* untuk mengoptimalkan produksi garam serta penyediaan air bersih secara simultan.

35

Invensi ini adalah alat yang terdiri dari sistem terintegrasi untuk mengoptimalkan proses produksi garam dan penyediaan air bersih dengan memanfaatkan teknologi mutakhir dalam satu kesatuan sistem. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yang berfungsi secara sinergis untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi penggunaan energi, dan memaksimalkan hasil. Berikut adalah komponen-komponen utama dari sistem ini:

- **Tangki reaktor (v)**: tangki reaktor (v) berfungsi sebagai tempat pengolahan awal air laut. Di dalam tangki ini, air laut (a) diproses untuk memisahkan garam dari air. Untuk memastikan pemisahan yang optimal, tangka (v) dilengkapi dengan **sensor suhu (T1-T7)** yang memantau suhu di berbagai bagian tangki dan menjaga kondisi suhu yang diperlukan untuk mempercepat proses pemisahan garam melalui penguapan.
- **Solar still (e)**: *solar still* adalah komponen yang memanfaatkan energi matahari untuk proses distilasi. Air laut yang telah diproses di tangki reaktor akan diuapkan di dalam *solar still*, kemudian dikondensasikan menjadi air bersih. **Reflektor (g)** digunakan untuk meningkatkan penerimaan sinar matahari ke permukaan air, mempercepat proses distilasi, dan meningkatkan jumlah air bersih yang dihasilkan.
- **Vortex Generators (b)**: *vortex generators* berfungsi untuk menciptakan vorteks yang meningkatkan pencampuran larutan di dalam tangki reaktor. Dengan menciptakan vorteks terkontrol, proses penguapan dan kristalisasi garam dapat berlangsung lebih cepat dan efisien. **Dudukan apung VGs (c)** digunakan untuk menstabilkan posisi *vortex generators* dalam tangki agar vorteks dapat terbentuk secara maksimal dan efisien.
- **Pompa sirkulasi (d)**: pompa sirkulasi digunakan untuk mengalirkan air laut (a) secara berkelanjutan melalui sistem, memastikan pencampuran yang optimal di dalam tangki

reaktor (v) dan menjaga kestabilan aliran air laut dalam sistem.

- **Blower Hisap (j):** blower hisap (j) digunakan untuk mempercepat proses kondensasi uap air yang dihasilkan oleh *solar still*(E) dengan menghisap udara dan meningkatkan aliran udara dingin yang menuju kondensor (r). Hal ini mengoptimalkan pengumpulan air bersih dari proses distilasi.
- **Kondensor (r):** kondensor (r) berfungsi untuk mengubah uap air yang berasal dari *solar still* (e) menjadi air bersih melalui proses pengembunan. Air yang terkondensasi kemudian dialirkan ke dalam **penampung air tawar (s)**.
- **Penampung air tawar (s):** penampung air tawar (s) berfungsi untuk menampung air bersih yang dihasilkan melalui distilasi.
- **Endapan garam (p) dan penampung garam (q):** selama proses pemisahan dan kristalisasi, endapan garam (P) terbentuk di dalam tangki reaktor (V). Endapan ini kemudian dipindahkan dan dikumpulkan di **penampung garam (q)** untuk digunakan atau diproses lebih lanjut.
- **Sel surya (t):** sel surya (t) digunakan untuk menghasilkan energi listrik yang mendukung proses-proses dalam sistem ini, termasuk pemanas air (f) dan blower hisap (j). Dengan menggunakan energi terbarukan dari matahari, alat ini menjadi ramah lingkungan dan mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi fosil.
- **Pemanas udara (l) dan saluran udara (m):** pemanas udara (l) digunakan untuk memanaskan udara yang dialirkan melalui **saluran udara** (m) menuju *solar still* (e). Udara panas ini membantu meningkatkan suhu di dalam *solar still* (e) dan mempercepat proses distilasi.
- **Valve dan fitting (w):** *valve* dan *fitting* digunakan untuk mengatur aliran air, uap, dan udara di dalam sistem. Mereka memastikan aliran yang tepat dan efisien antara semua komponen.

- **Sensor kelembapan (RH1-RH4):** sensor kelembapan digunakan untuk memonitor kelembapan dalam berbagai bagian sistem, memastikan kondisi kelembapan yang optimal untuk proses distilasi dan kristalisasi.

5 Invensi ini dirancang untuk digunakan di daerah pesisir, terutama di wilayah dengan akses terbatas terhadap air bersih dan kebutuhan produksi garam yang tinggi. Sistem ini dapat diimplementasikan dalam skala kecil hingga menengah untuk komunitas lokal, atau diintegrasikan ke dalam industri garam dan
10 air bersih. Sistem ini memiliki keunggulan, yaitu

- **Efisiensi energi:** Sistem ini memanfaatkan energi terbarukan dari matahari untuk mendukung proses distilasi dan pemanasan, sehingga mengurangi konsumsi energi fosil dan biaya operasional.

- 15 - **Proses terintegrasi:** Dengan menggabungkan tiga teknologi utama: tangki reaktor (v), *solar still* (e), dan *vortex generators* (b). Sistem ini dapat menghasilkan garam dan air bersih secara simultan, meningkatkan efisiensi dan mengurangi waktu proses.

- 20 - **Ramah lingkungan:** Menggunakan energi matahari sebagai sumber energi utama menjadikan sistem ini ramah lingkungan dan berkelanjutan.

- **Pengoptimalan proses:** Dengan menggunakan *vortex generators*, sistem ini mengoptimalkan pencampuran larutan
25 dan meningkatkan efisiensi penguapan serta kristalisasi garam, yang menghasilkan kualitas garam yang lebih tinggi dan dalam waktu yang lebih singkat.

Sistem yang diuraikan ini tidak hanya mengoptimalkan produksi garam dan air bersih tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan
30 lingkungan dengan menggunakan sumber energi terbarukan dan meminimalkan dampak negatif terhadap ekosistem. Dengan memanfaatkan inovasi teknologi yang terintegrasi, invensi ini diharapkan memberikan solusi yang signifikan untuk mengatasi dua tantangan utama di wilayah pesisir.

Sistem ini sangat cocok untuk digunakan di daerah pesisir, terutama di wilayah yang memiliki akses terbatas terhadap sumber daya air bersih atau yang membutuhkan produksi garam dalam skala besar. Alat ini dapat diimplementasikan dalam skala kecil hingga
5 menengah untuk komunitas lokal atau digunakan dalam industri pengolahan garam dan air bersih.

Dengan mengintegrasikan teknologi mutakhir ini, invensi ini menyediakan solusi praktis yang berkelanjutan untuk dua tantangan utama di daerah pesisir: produksi garam dan penyediaan air bersih.

10 Oleh karena itu, ruang lingkup atau cakupan invensi ini dinyatakan dalam klaim - klaim berikut.

Klaim

1. Alat untuk optimalisasi produksi garam dan penyediaan air bersih, yang terdiri dari:

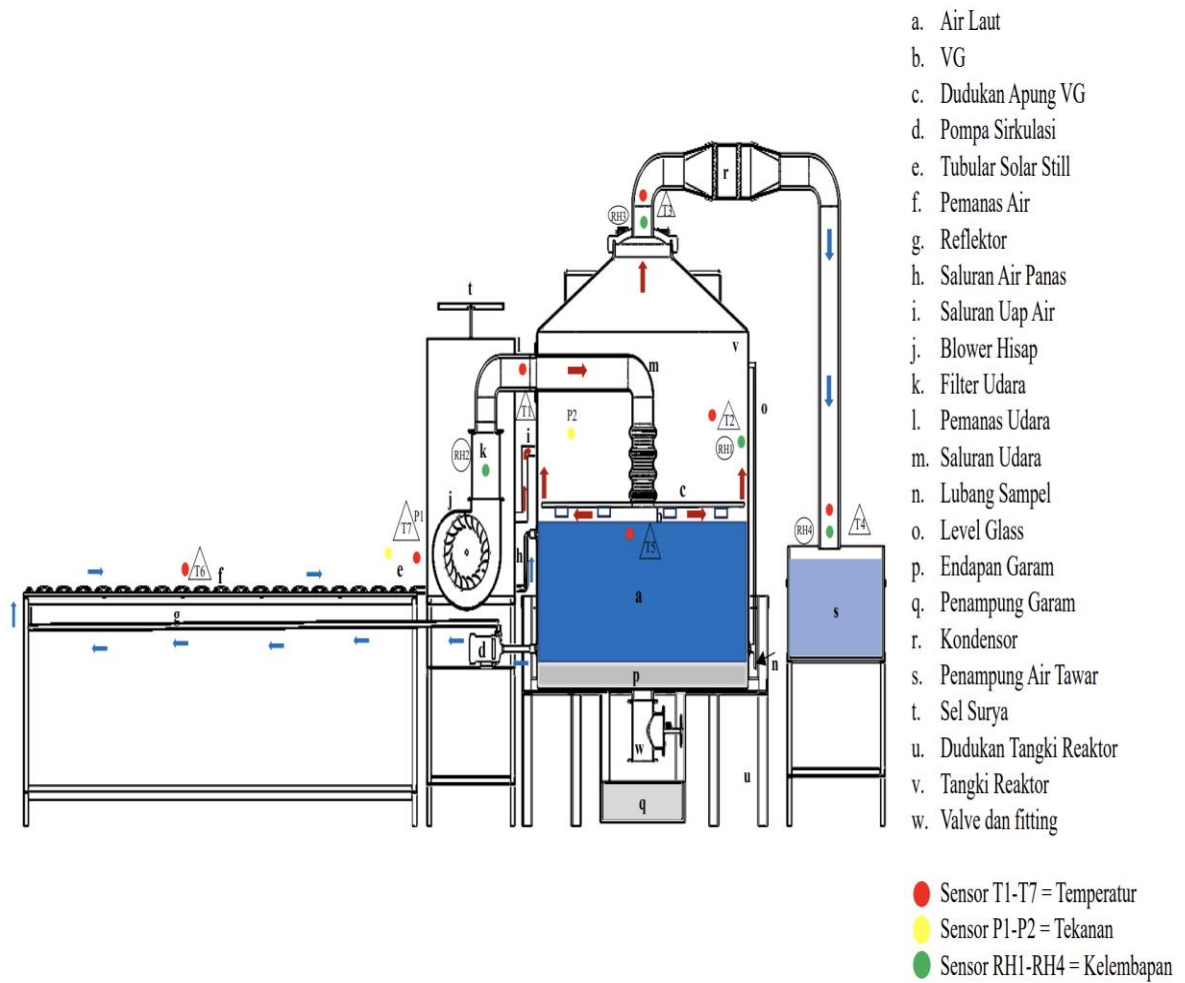
- 5 - Tangki reaktor (v) yang berfungsi sebagai tempat pengolahan awal air laut (a), di mana proses pemisahan garam pertama kali dilakukan, dengan dilengkapi sensor suhu (T1-T7) untuk memantau dan mengontrol suhu dalam tangki guna memastikan kondisi optimal untuk pemisahan garam dari air laut.
- 10 - *Solar Still* (e), yang terhubung dengan tangki reaktor (v), digunakan untuk memanfaatkan energi matahari dalam proses distilasi air laut menjadi uap, yang kemudian dikondensasikan menjadi air bersih, dengan tambahan reflektor (g) yang meningkatkan intensitas sinar matahari
- 15 yang diterima oleh permukaan air, mempercepat proses distilasi.
- *Vortex Generators* (b) yang ditempatkan di dalam tangki reaktor (v) untuk menciptakan vorteks yang meningkatkan pencampuran larutan dan mempercepat proses kristalisasi
- 20 garam dengan mengoptimalkan penguapan larutan garam dalam tangki.
- Dudukan Apung (c) untuk menahan *vortex generators* (b) di posisi optimal dalam tangki, memastikan vortex terbentuk dengan efisien untuk meningkatkan proses kristalisasi dan
- 25 pemisahan garam.
- Pompa Sirkulasi (d) yang memompa air laut secara berkelanjutan melalui sistem untuk memastikan sirkulasi dan pencampuran larutan yang optimal dalam tangki reaktor (v).
- 30 - Blower Hisap (j) yang digunakan untuk mempercepat proses kondensasi uap air dalam sistem dengan menghisap udara, yang berfungsi mempercepat pengalihan uap air menuju kondensor (r).

- Kondensor (r) yang berfungsi untuk mengubah uap air hasil distilasi dari *solar still* (e) kembali menjadi air bersih yang terkondensasi.
 - Penampung Air Tawar (s) yang menampung air bersih yang dihasilkan dari proses distilasi.
 - Endapan Garam (p) yang terbentuk selama proses pemisahan melalui kristalisasi dan penguapan, yang kemudian terkumpul di Penampung Garam (q).
 - *Level Glass* (o) yang digunakan untuk memantau tingkat cairan dalam tangki reaktor (v), agar kondisi operasional tetap optimal selama proses berlangsung.
 - Sel Surya (t) yang digunakan sebagai sumber energi utama untuk memanaskan air laut (a) dan mendukung operasi seluruh sistem dengan energi terbarukan.
 - Pemanas Udara (l) yang memanaskan udara untuk mendukung proses distilasi di dalam *solar still* (e), yang dialirkan melalui saluran udara (m) menuju *solar still* (e) untuk meningkatkan efisiensi distilasi.
 - Saluran Air Panas (h) yang menyalurkan air panas dari solar still (v) ke bagian lain dari sistem untuk penggunaan lebih lanjut.
 - Saluran Uap Air (i) yang mengalirkan uap air menuju kondensor (r) untuk dikondensasikan menjadi air bersih.
 - *Valve* dan *Fitting* (w) yang digunakan untuk mengatur aliran air, uap, dan udara, serta memastikan sambungan antar komponen sistem terhubung dengan tepat dan aman.
 - Filter Udara (k) yang digunakan untuk menyaring udara yang masuk ke dalam sistem untuk menjaga kualitas udara dalam proses.
2. Alat sebagaimana klaim 1, di mana tangki reaktor (v) dilengkapi dengan sensor suhu (T1-T7) yang memantau suhu di berbagai bagian tangki untuk menjaga suhu tetap berada pada kondisi optimal yang diperlukan untuk proses pemisahan garam dan kristalisasi air laut.

3. Alat sebagaimana klaim 1, di mana *solar still* (e) menggunakan reflector (g) tambahan untuk meningkatkan penerimaan sinar matahari pada permukaan air laut, yang mempercepat proses distilasi dan meningkatkan jumlah air bersih yang dihasilkan.
- 5 4. Alat sebagaimana klaim 1, di mana vortex generator (b) di dalam tangki reaktor (v) berfungsi untuk menciptakan vorteks yang mempercepat proses penguapan larutan dan kristalisasi garam dengan meningkatkan aliran fluida dalam tangki, sehingga mengoptimalkan efisiensi pemisahan garam dan
- 10 penguapan air laut.
5. Alat sebagaimana klaim 1, di mana pompa sirkulasi (d) berfungsi untuk menjaga aliran air laut yang berkelanjutan melalui sistem, sehingga memastikan pencampuran yang merata dan mempercepat proses pemisahan dan kristalisasi garam.
- 15 6. Alat sebagaimana klaim 1, di mana blower hisap (j) menghisap uap air dari *solar still* (e) untuk mempercepat proses kondensasi di kondensor (r) dan meningkatkan efisiensi pengumpulan air bersih.
- 20 7. Alat sebagaimana klaim 1, di mana sensor kelembapan (RH1-RH4) digunakan untuk memantau kelembapan dalam berbagai bagian sistem guna mengoptimalkan kondisi untuk penguapan dan kondensasi.

Abstrak**ALAT UNTUK OPTIMALISASI PRODUKSI GARAM DAN PENYEDIAAN AIR BERSIH
MELALUI INTEGRASI TEKNOLOGI TANGKI, SOLAR STILL, DAN VORTEX
GENERATORS**

Invensi ini merupakan alat untuk optimalisasi produksi garam dan penyediaan air bersih melalui integrasi teknologi tangki reaktor, *solar still*, dan *vortex generators*. Alat ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu: tangki reaktor yang berfungsi untuk memisahkan garam dari air laut, *solar still* yang memanfaatkan energi matahari untuk proses distilasi air laut menjadi air bersih, dan *vortex generators* yang meningkatkan pencampuran larutan di dalam tangki reaktor, mempercepat penguapan, dan meningkatkan efisiensi kristalisasi garam. Sistem ini juga dilengkapi dengan pompa sirkulasi untuk menjaga aliran air laut, blower hisap untuk mempercepat kondensasi uap air, kondensor untuk mengubah uap menjadi air bersih, serta penampung garam dan penampung air tawar untuk menampung hasil akhir. Sistem ini menggunakan sel surya untuk menyediakan energi terbarukan yang mendukung operasional alat. Invensi ini menawarkan solusi yang efisien dan berkelanjutan dalam produksi garam dan penyediaan air bersih, mengurangi ketergantungan pada energi fosil, dan mendukung keberlanjutan lingkungan.



Gambar 1

FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN PATEN INDONESIA
APPLICATION FORM OF PATENT REGISTRATION OF INDONESIA

Data Permohonan (Application)			
Nomor Permohonan Number of Application	: P00202415580	Tanggal Penerimaan Date of Submission	: 18 Desember 2024
Jenis Permohonan Type Of Application	: Paten	Jumlah Klaim Total Claim	: 7
		Jumlah Halaman Total Page	: 3
Judul Title	: ALAT UNTUK OPTIMALISAI PRODUKSI GARAM DAN PENYEDIAAN AIR BERSIH MELALUI INTEGRASI TEKNOLOGI TANGKI, SOLAR STILL, DAN VORTEX GENERATORS		
Abstrak Abstract	: Invensi ini merupakan alat untuk optimalisasi produksi garam dan penyediaan air bersih melalui integrasi teknologi tangki reaktor, solar still, dan vortex generators. Alat ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu: tangki reaktor yang berfungsi untuk memisahkan garam dari air laut, solar still yang memanfaatkan energi matahari untuk proses distilasi air laut menjadi air bersih, dan vortex generators yang meningkatkan pencampuran larutan di dalam tangki reaktor, mempercepat penguapan, dan meningkatkan efisiensi kristalisasi garam. Sistem ini juga dilengkapi dengan pompa sirkulasi untuk menjaga aliran air laut, blower hisap untuk mempercepat kondensasi uap air, kondensor untuk mengubah uap menjadi air bersih, serta penampung garam dan penampung air tawar untuk menampung hasil akhir. Sistem ini menggunakan sel surya untuk menyediakan energi terbarukan yang mendukung operasional alat. Invensi ini menawarkan solusi yang efisien dan berkelanjutan dalam produksi garam dan penyediaan air bersih, mengurangi ketergantungan pada energi fosil, dan mendukung keberlanjutan lingkungan.		

Permohonan PCT (PCT Application)			
Nomor PCT PCT Number	:	Nomor Publikasi Publication Number	:
Tanggal PCT PCT Date	:	Tanggal Publikasi Publication Date	:

Pemohon (Applicant)		
Nama (Name)	Alamat (Address)	Surel/Telp (Email/Phone)
Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka	Jl. Raya Jakarta-Bogor No.KM.23 No.99, RT.4/RW.5, Rambutan, Kec. Ciracas, Kota Jakarta Timur,ID	Sentraki@uhamka.ac.id 082143195811

Penemu (Inventor)			
Nama (Name)	Warganegara (Nationality)	Alamat (Address)	Surel/Telp (Email/Phone)
Dan Mugisidi	Indonesia	Jl.BB1 No.11, RT.4 RW.15, Cipinang Muara, Jatinegara, Jakarta Timur,ID	08161678953 dan.mugisidi@uhamka.ac.id
Oktarina Heriyani, S.Si., M.T.	Indonesia	Jl. Palapa, Perumahan Serpong Green Park, Blok N. No. 2, Serua, Ciputat Tangerang Selatan,ID	0816610785 oktarina@uhamka.ac.id
Riyan Ariyansyah	Indonesia	KP. Pande RT.008 RW. 004, Desa Cilamaya, Kecamatan Cilamaya Wetan, Kabupaten Karawang, Jawa Barat,ID	08388911005 riyan_ariyansah@uhamka.ac.id

Data Prioritas (Priority Data)		
Negara (Country)	Nomor (Number)	Tanggal (Date)

Korespondensi (Correspondence)

Nama (Name)	Alamat (Address)	Surel/Telp (Email/Phone)
Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka	Jl. Raya Jakarta-Bogor No.KM.23 No.99, RT.4/RW.5, Rambutan, Kec. Ciracas, Kota Jakarta Timur	Sentraki@uhamka.ac.id 082143195811

Kuasa/Konsultan KI (Representative/ IP Consultan)		
Nama (Name)	Alamat (Address)	Surel/Telp (Email/Phone)

Lampiran (Attachment)
ABSTRAK
DESKRIPSI BAHASA INDONESIA
GAMBAR TEKNIK
KLAIM FILE BAHASA INDONESIA
SURAT PENGALIHAN INVENSI
SURAT PERNYATAAN KEPEMILIKAN INVENSI OLEH INVENTOR
SURAT PERNYATAAN PELAKU UMK/SURAT PENUNJUKAN PENDIRIAN LEMBAGA

Detail Pembayaran (Payment Detail)			
No	Nama Pembayaran	Sudah Bayar	Jumlah
1.	Pembayaran Permohonan Paten	☒	Rp. 350.000
2.	Pembayaran Kelebihan Deskripsi	☐	-
3.	Pembayaran Kelebihan Klaim	☐	-
4.	Pembayaran Pemeriksaan Subtantif	☒	Rp. 3.500.000
5.	Pembayaran Percepatan Pengumuman	☒	Rp. 500.000

Jakarta, 18 Desember 2024

Pemohon / Kuasa
Applicant / Representative



Tanda Tangan / Signature
Nama Lengkap / Fullname

BUKTI PEMBAYARAN PEMERIKSAAN SUBSTANTIF PERMOHONAN PATEN

Data Permohonan (Application)			
Nomor Permohonan Number of Application	: P00202415580	Tanggal Permohonan Date of Submission	: 18 Desember 2024
Nomor Registrasi Number of Registration	: -	Tanggal Registrasi Date of Registration	:
Nama Pemegang Paten Owner Name	: Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka		
Judul Title	: ALAT UNTUK OPTIMALISAI PRODUKSI GARAM DAN PENYEDIAAN AIR BERSIH MELALUI INTEGRASI TEKNOLOGI TANGKI, SOLAR STILL, DAN VORTEX GENERATORS		

No Billing : 820241218589780
Tanggal Pembayaran : 18 Desember 2024
Jumlah Pembayaran : Rp. 3.500.000

Jakarta, 18 Desember 2024
Pemohon / Kuasa
Applicant / Representative



Tanda Tangan / Signature
Nama Lengkap / Fullname

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 0667/E5/AL.04/2024 dan Perjanjian / Kontrak Nomor 812/LL3/AL.04/2024 (094/F.03.07/2024) mendapatkan Anggaran Penelitian Penerapan Integrasi Teknologi Tangki Reaktor, Solar Still, dan Vortex Generator untuk Optimalisasi Produksi Garam dan Penyediaan Air Bersih Sebesar Rp.312.910.000

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Biaya kegiatan Penelitian di bawah ini meliputi :

No	Uraian	RAB 100%	Realisasi
1	Bahan tangki, nickel sludge, kondensor, reflektor, blower, nickel sludge, besi siku, besi plat, elektrode, kayu tick blok, resin, katalis, pvc pipa 8 in, L bow, lem pipa, triplek, baut, mur, ring baja, plat baja, kawat las, mata bor, mata gerinda, sarung tangan, tiner, cat, kuas cat, papan kayu film, jeringen, air laut, plat gavanis, ring, long drat, kabel, mcb, aqua proof, silent, heater air, nozel, pipa, klem, axial fan direct, dexton	Rp.282.685.000	Rp.282.685.000
2	Pengumpulan Data konsumsi, transportasi, penginapan (survei lapangan)	Rp.18.500.000	Rp.18.500.000
3	Analisis Data konsumsi, transportasi	Rp.2.500.000	Rp.2.500.000
4	Sewa Peralatan forklift hydrolic, mobil box pangangkut barang	Rp.7.500.000	Rp.7.500.000
5	Pelaporan Luaran Wajib bimtek, regsitasi paten	Rp.1.725.000	Rp.1.725.000
6	Lain-lain -	Rp.0	Rp.0
Realisasi (100 %)			Rp.312.910.000

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

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Jakarta, 23-12-2024, Ketua



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

NIP/NIPK 0301126901