

Penerapan Teknologi RAS Hemat Energi pada Sistem Vertical Crab Farming (VCF)

Nundang Busaeri¹, Nurul Hiron², Nadya Glaudira³, Acep Irham Gufroni⁴, Genta Nazwar Tarempa⁵

¹²³⁴⁵Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia

*e-mail korespondensi: nundangb@unsil.ac.id

Abstract

The vertical crab farming (VCF) system provides a solution to land limitations, but it often faces challenges due to high energy consumption from continuous pump operation. This community service aimed to implement an energy-efficient Recirculating Aquaculture System (RAS) in the VCF setup through a gravity-based water circulation system controlled by a water level sensor in a raised reservoir. The reservoir, placed 3 meters above ground, was filled using a 370-watt submersible pump operating intermittently. Testing showed that a flow rate of 0.4–0.5 L/min per box, totaling 1.8 m³/h for 50 boxes, was achieved. Analysis using flow and energy consumption equations indicated a daily energy requirement of only 1.97 kWh, compared to 8.88 kWh/day in conventional systems, achieving energy savings of 77.8%. The system also ensured even water distribution and stable water quality, supported by a precision manifold and orifice design. These results demonstrate that an energy-efficient RAS-based VCF system can be replicated by small-scale farmers to enhance operational efficiency and the sustainability of crab farming in limited spaces.

Keywords: Crab, Energy efficiency, Vertical farming

Abstrak

Sistem budidaya kepiting bakau berbasis apartemen vertikal (Vertical Crab Farming/VCF) memberikan solusi atas keterbatasan lahan, namun kerap terkendala pada tingginya konsumsi energi akibat penggunaan pompa secara terus-menerus. Kegiatan pengabdian ini bertujuan menerapkan teknologi Recirculating Aquaculture System (RAS) hemat energi pada sistem VCF melalui pendekatan sirkulasi air berbasis gravitasi yang dikendalikan oleh level air pada reservoir. Reservoir ditempatkan pada ketinggian 3 meter dan diisi menggunakan pompa celup 370 watt yang bekerja secara intermiten. Pengujian menunjukkan debit air sebesar 0,4–0,5 liter/menit per box mampu dipenuhi dengan total kebutuhan sirkulasi 1,8 m³/jam untuk 50 box. Analisis menggunakan pendekatan persamaan debit aliran dan konsumsi energi menunjukkan bahwa sistem ini hanya membutuhkan 1,97 kWh per hari, dibandingkan 8,88 kWh/hari pada sistem konvensional, dengan efisiensi penghematan energi mencapai 77,8%. Sistem juga menunjukkan efisiensi distribusi air yang merata dan mendukung kualitas air yang stabil dengan desain manifold dan orifice presisi. Hasil ini menunjukkan bahwa teknologi VCF berbasis RAS hemat energi dapat direplikasi oleh pembudidaya skala kecil untuk meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan budidaya kepiting di lahan terbatas.

Kata Kunci: Kepiting, Efisiensi Energi, Budidaya sistem vertikal

Accepted: 2025-10-01

Published: 2025-10-07

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki potensi perikanan budidaya yang sangat besar, termasuk budidaya kepiting bakau[1], yang merupakan komoditas ekspor bernilai[2]. Permintaan pasar terhadap kepiting terus meningkat, namun sistem budidaya yang digunakan oleh pembudidaya skala kecil masih banyak yang bersifat tradisional dan tidak efisien[3]. Budidaya konvensional seperti kolam tanah atau beton tanpa sistem sirkulasi tertutup memiliki banyak kelemahan, di antaranya adalah keterbatasan lahan, kualitas air yang buruk, dan tingginya angka kematian terutama pada fase moulting[4].

Sebagai solusi dari keterbatasan lahan, sistem budidaya kepiting model apartemen vertikal mulai diperkenalkan[5]. Sistem ini memungkinkan peningkatan padat tebar dan pemanfaatan ruang secara efisien. Namun, tanpa pengelolaan sirkulasi air yang baik, sistem ini justru berpotensi menyebabkan stres lingkungan yang lebih tinggi pada kepiting[3]. Penggunaan pompa listrik secara terus-menerus dalam sistem sirkulasi air konvensional menyebabkan tingginya konsumsi energi, mencapai 8,88 kWh per hari, yang berarti lebih dari 266 kWh per bulan. Jika dikonversikan dengan tarif listrik UMKM, maka biaya operasional bisa mencapai lebih dari Rp385.000 per bulan, angka yang signifikan bagi petambak skala mikro dan kecil [6].

Salah satu teknologi yang dikembangkan untuk menjawab tantangan tersebut adalah Recirculating Aquaculture System (RAS). RAS mampu mengelola kualitas air secara efektif dengan efisiensi penggunaan air hingga 90%, namun pada sistem konvensional tetap menuntut konsumsi energi yang tinggi[7]. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi teknologi RAS yang lebih hemat energi dan mudah diadopsi oleh masyarakat pembudidaya.

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk menerapkan sistem budidaya Vertical Crab Farming (VCF) berbasis RAS dengan konsep hemat energi, melalui pemanfaatan reservoir air yang dipompa secara intermiten berdasarkan level air, serta aliran gravitasi sebagai media distribusi air. Dengan sistem ini, pompa bekerja hanya sekitar 0,667 jam per hari dan konsumsi energi menurun menjadi sekitar 0,247 kWh/hari atau 92% lebih hemat dibanding sistem konvensional[8], [9].

Teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi, menjaga kualitas lingkungan budidaya, dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup kepiting (>85%) dalam sistem apartemen. Selain itu, teknologi ini dirancang agar dapat direplikasi oleh kelompok UMKM perikanan dengan biaya operasional yang rendah dan daya listrik rumah tangga terbatas, sehingga mendukung ketahanan pangan lokal berbasis teknologi tepat guna.

METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di lokasi mitra, yaitu kelompok Tunas Putra di Desa Sinagar, Kecamatan Sukaratu, Kabupaten Tasikmalaya. Metode pelaksanaan mengadopsi pendekatan partisipatif melalui beberapa tahapan utama yang saling berkesinambungan.

Tahap pertama adalah kegiatan sosialisasi dan diskusi awal dengan mitra untuk menjelaskan desain sistem *Vertical Crab Farming* (VCF) berbasis *Recirculating Aquaculture System* (RAS) hemat energi. Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan dan kesiapan lokasi.

Tahap kedua adalah pelatihan teknis dan pembangunan sistem. Sistem VCF dirancang dalam bentuk rak bertingkat empat dengan dua sisi paralel (kiri dan kanan), Kegiatan pengabdian telah berhasil merealisasikan pembangunan sistem VCF dengan desain vertikal 4 tingkat dan 2 sisi sejajar. Sebanyak 40 unit box apartemen kepiting telah terpasang dan terkoneksi dengan sistem sirkulasi air berbasis RAS hemat energi. Reservoir berkapasitas 200 liter berhasil diposisikan pada menara setinggi 3 meter di atas permukaan lantai, memastikan aliran air dapat disalurkan secara gravitasi ke 8 box teratas, dan selanjutnya mengalir ke level yang lebih rendah hingga mencapai bak filtrasi.



Gambar 1. VCF terpasang

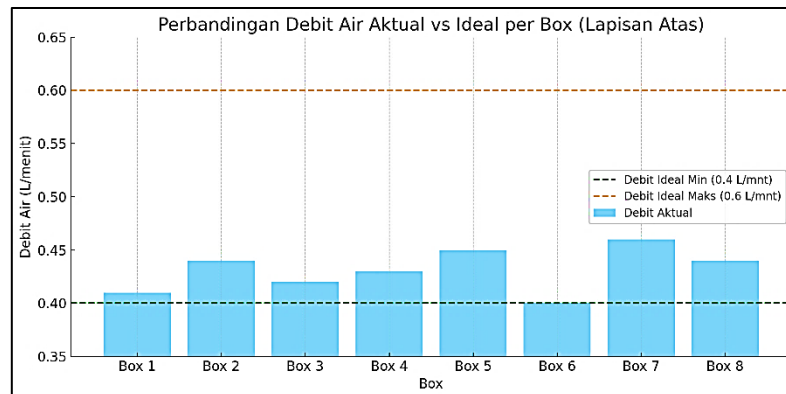
Setiap unit box dalam sistem Vertical Crab Farming (VCF) memiliki volume air sekitar 6 liter, diperoleh dari dimensi box 40×30 cm dengan tinggi air 5 cm. Volume ini sesuai dengan hasil perhitungan menggunakan dimensi fisik box dan tinggi kolom air. Untuk menjaga kualitas lingkungan budidaya, diperlukan sirkulasi air yang memadai. Berdasarkan standar turnover air sebanyak 4 hingga 6 kali per jam, debit ideal yang digunakan adalah 0,4–0,6 liter/menit per box untuk pemeliharaan normal, sebagaimana ditentukan dalam rancangan awal. Pada kondisi padat tebar tinggi atau saat potensi kenaikan amonia meningkat, turnover disarankan mencapai 6–8 kali per jam dengan debit 0,6–0,8 liter/menit. Sedangkan pada fase moulting yang sensitif

terhadap kualitas air, sirkulasi tetap dijaga pada kisaran 0,4–0,6 liter/menit untuk memastikan arus air yang lembut dan kandungan oksigen terlarut (DO) di atas 5 mg/L.

Secara praktis, sistem VCF ini disetel pada debit 0,6 liter/menit per box. Dengan jumlah 50 box, kebutuhan total aliran air dihitung menggunakan Persamaan (3):

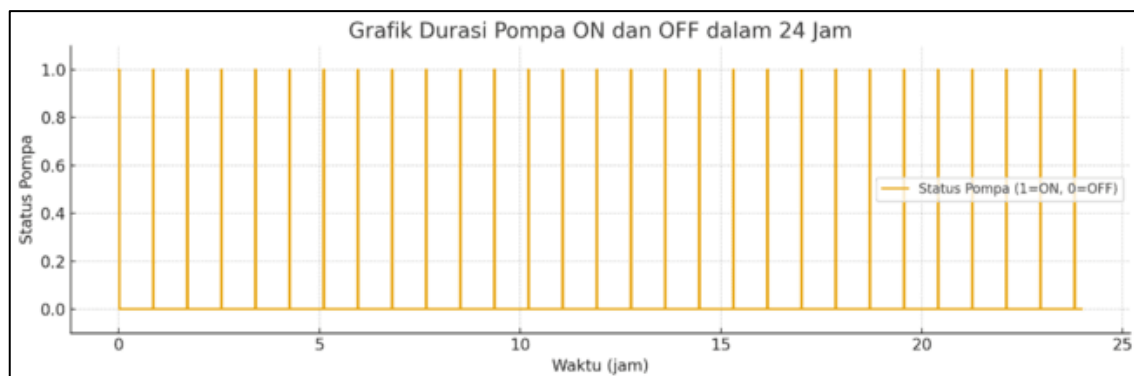
dengan $N_{\text{box}} = 50$ dan $q = 0,6$ liter/menit sehingga diperoleh $Q_{\text{total}} = 30$ liter/menit atau $1,8 \text{ m}^3/\text{jam}$. Untuk mengimbangi kehilangan tekanan akibat pipa dan elevasi (head loss), ditambahkan cadangan 20–30%, sehingga total kebutuhan pompa berada pada kisaran $2,2\text{--}2,4 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Ukuran orifice juga divalidasi menggunakan Persamaan (4). Persamaan ini digunakan untuk memastikan debit aktual sesuai dengan debit yang direncanakan. Dengan tekanan air (head) per orifice $\pm 0,5$ meter, untuk mencapai debit 0,6 liter/menit dibutuhkan diameter orifice sekitar 2,5–2,6 mm. Ukuran ini sesuai dengan panduan empiris, di mana orifice 2,1 mm menghasilkan debit 0,4 liter/menit dan orifice 3,0 mm menghasilkan debit 0,8 liter/menit.



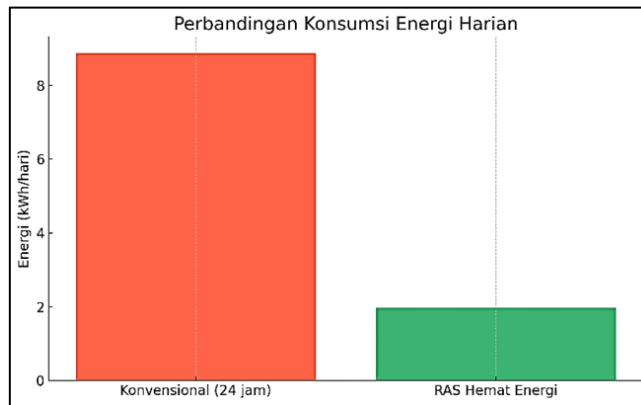
Gambar 2. Perbandingan debit air aktual dengan rentang debit ideal (0,4–0,6 L/menit)

Untuk efisiensi distribusi, sistem menggunakan manifold utama $\frac{1}{2}$ inch yang bercabang ke setiap box dengan selang berdiameter 4–6 mm, dikombinasikan dengan needle valve atau orifice tetap. Beda ketinggian antara inlet dan outlet dioptimalkan dengan arah aliran tangensial untuk menghasilkan pusaran lembut yang membantu pembersihan otomatis di dasar box. Tinggi air dalam box dipertahankan konstan pada 5 cm untuk menjaga kestabilan suhu dan salinitas, serta mempermudah manajemen kualitas air harian.

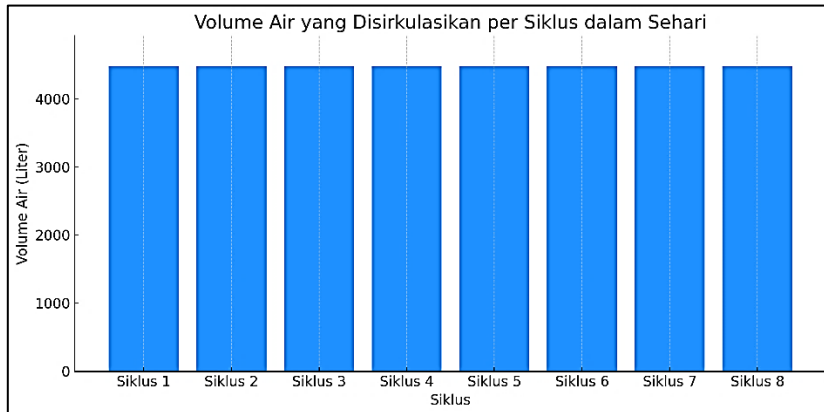


Gambar 3. Siklus ON–OFF pompa dalam 24 jam (dengan 8 siklus per hari, masing-masing terdiri dari 40 menit ON dan 20 menit OFF)

Uji coba awal menunjukkan sistem mampu mengalirkan air secara merata dengan debit 0,4–0,5 liter/menit per box, sesuai standar kebutuhan minimum budidaya. Konsumsi energi sistem divalidasi menggunakan Persamaan, dengan daya pompa $P = 0,370 \text{ kW}$ dan total waktu aktif pompa $t = 5,33 \text{ jam}$ per hari, diperoleh konsumsi energi $E = 1,97 \text{ kWh/hari}$. Angka ini jauh lebih hemat dibandingkan dengan sistem tanpa reservoir yang bekerja terus-menerus selama 24 jam ($8,88 \text{ kWh/hari}$), menghasilkan efisiensi penghematan energi sekitar 77,8%.



Gambar 4. Perbandingan konsumsi energi harian antara sistem konvensional (24 jam) dan sistem RAS hemat energi. Volume air yang disirkulasikan per hari dihitung menggunakan Persamaan (2), di mana dengan $Q = 30$ liter/menit dan waktu siklus harian total t , diperoleh volume sirkulasi yang mencukupi untuk menjaga kualitas air tetap optimal. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa rancangan sistem VCF berbasis RAS hemat energi efektif tidak hanya dari sisi teknis distribusi air, tetapi juga dari sisi efisiensi energi yang signifikan.



Gambar 5. volume air yang disirkulasikan per siklus dalam satu hari (8 siklus dengan masing-masing 40 menit, debit pompa 112 L/menit)

KESIMPULAN

Penerapan sistem Vertical Crab Farming (VCF) berbasis RAS hemat energi telah berhasil meningkatkan efisiensi operasional budidaya kepiting bakau. Sistem ini mengandalkan aliran gravitasi dari reservoir yang diisi secara otomatis berdasarkan level air, sehingga pompa bekerja secara intermiten dan konsumsi energi dapat ditekan hingga 77,8% dibanding sistem konvensional. Debit air terdistribusi merata ke setiap box budidaya dengan debit 0,4–0,5 liter/menit yang sesuai dengan standar kebutuhan lingkungan pemeliharaan. Teknologi ini tidak hanya hemat energi, tetapi juga meningkatkan kualitas pengelolaan air dan dapat diadopsi oleh pembudidaya skala kecil. Untuk kegiatan pengabdian selanjutnya, disarankan dilakukan pengembangan sistem monitoring kualitas air berbasis IoT untuk meningkatkan ketepatan manajemen budidaya secara real time.

DAFTAR REFERENSI

- [1] M. Haikal *et al.*, "Model Budidaya Kepiting Soka Skala Rumah Tangga Sistem Apartemen Sebagai Sarana Edukasi Masyarakat Pulau Bangka," *Jurnal Pengabdian pada Masyarakat*, Feb. 2022.
- [2] S. A. Akbar, D. F. Putra, and I. Rusydi, "Budidaya Kepiting Bakau (*Scylla Serrata*) Teknologi Apartemen Sistem Resirkulasi Desa Cot Lamkuweueh, Kota Banda Aceh," *Jurnal Pengabdian Nasional (JPN) Indonesia*, vol. 4, no. 3, pp. 518–527, Sep. 2023, doi: 10.35870/jpni.v4i3.432.
- [3] A. Putra Abdul Samad and A. Junita, "APLIKASI CRABBING APARTMENT PADA USAHA PEMBESARAN DAN PEMATANGAN TELUR KEPITING BAKAU UNTUK MENDUKUNG EKONOMI SIRKULAR," vol. 8, no. 5, pp. 5022–5032, 2024, doi: 10.31764/jmm.v8i5.26480.
- [4] O. Ningsih and R. Idris Affandi, "TEKNIK PEMBESARAN KEPITING BAKAU (*SCYLLA SP.*) DENGAN SISTEM APARTEMEN OLIVIA NINGSIH 1) , RANGGA IDRIS AFFANDI 2)," Mataram, Sep. 2023. [Online]. Available: <http://journal.unsmataram.ac.id/index.php/GARA>
- [5] W. Hao, A. Tablada, X. Shi, L. Wang, and X. Meng, "Efficiency Analysis of the Photovoltaic Shading and Vertical Farming System by Employing the Artificial Neural Network (ANN) Method," *Buildings*, vol. 14, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.3390/buildings14010094.
- [6] P. Studi, B. Perairan, and F. Pertanian, "MANAJEMEN KUALITAS AIR PADA PEMBESARAN KEPITING BAKAU (*SCYLLA SP.*) SISTEM APARTEMEN DI BALAI BESAR PERIKANAN BUDIDAYA AIR PAYAU (BBPBAP) JEPARA, JAWA TENGAH DARAJATUN AULIA 1) , WASTU AYU DIAMAHESA 2) *," MATaram, Jun. 2024. [Online]. Available: <http://journal.unsmataram.ac.id/index.php/GARA>
- [7] L. Agustine *et al.*, "Sistem Pembesaran Kepiting di Lahan Minimalis dengan Energi Surya," *Peka: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 7, no. 2, pp. 104–110, Jan. 2025, doi: 10.33508/peka.v7i2.7210.
- [8] N. Hiron and A. Andang, *2016 2nd International Conference on Science in Information Technology*. IEEE, 2016.
- [9] N. Hiron, F. M S Nursuwars, Supratman, and Sutisna, *ISCECC 2019 : International Conference on Sustainable Engineering and Creative Computing : proceedings : Bandung, 20-22 August 2019*. IEEE, 2019.