

Pelatihan dan Percontohan Aplikasi RAS dan Fitobiotik untuk Pokdakan Pembenuhan Kepiting Bakau Bahari Sakti, Tanjungpinang

(Training and Pilot on Phyto-biotic and RAS Application for the Bahari Sakti Mud Crab Hatchery Group, Tanjungpinang)

Irzal Effendi^{1,2}, Dinamella Wahyuningrum^{1*}, Shavika Miranti³

¹ Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.

² Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Baranangsiang, Bogor 16144.

³ Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Jl.Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100.

*Penulis Korespondensi: dinamellawa@apps.ipb.ac.id
Diterima November 2022/Disetujui Mei 2023

ABSTRAK

Kegiatan ini bertujuan untuk memberi pengetahuan, wawasan, dan ketrampilan aplikasi teknologi *Recirculated Aquaculture System* (RAS) dan fitobiotik kepada anggota kelompok pembudidaya ikan (Pokdakan) pembenuhan kepiting bakau Bahari Sakti di Pulau Penyengat Tanjungpinang, Kepulauan Riau. Penguasaan aplikasi ini penting untuk meningkatkan kinerja produksi pembenuhan kepiting bakau Pokdakan tersebut yang dihadapkan oleh permasalahan tingginya frekuensi serangan penyakit pada induk dan rendahnya tingkat kelangsungan hidup larva. Kegiatan yang mencakup pelatihan, percontohan, dan pendampingan ini berlangsung pada Juni–September 2022 diikuti oleh 20 orang peserta yang terdiri dari anggota Pokdakan Bahari Sakti dan masyarakat umum. Metode pelatihan berupa ceramah, diskusi, demonstrasi cara, dan praktikum, dengan materi mencakup aspek teknis dan manajemen pembenuhan kepiting bakau serta aplikasi RAS dan fitobiotik tepung bawang putih pada pemeliharaan induk dan larva. Metode percontohan dan pendampingan berupa instalasi RAS dan aplikasi fitobiotik bersama peserta. Setelah mengikuti pelatihan terjadi peningkatan pengetahuan dan wawasan ketiga aspek tersebut secara signifikan sebesar 47, 51, dan 26% masing-masing untuk aspek pembenuhan kepiting bakau, fitobiotik, dan RAS. Percontohan dan pendampingan berupa pemeliharaan induk kepiting bakau dalam sistem RAS dengan aplikasi fitobiotik dilakukan setelah pelatihan di fasilitas produksi Pokdakan Bahari Sakti. Peserta kegiatan mengikuti percontohan dan pendampingan cukup antusias, meskipun tingkat kehadiran peserta hanya 25–35%. Aplikasi RAS bisa memperbaiki kualitas air media pemeliharaan induk kepiting bakau, sedangkan untuk aplikasi fitobiotik tidak dilakukan evaluasi.

Kata kunci: bawang putih, kinerja produksi, kualitas air

ABSTRACT

This activity aims to provide knowledge, insight, and skills in the application of recirculated aquaculture system (RAS) technology and phytobiotics to members of the Bahari Sakti mud crab hatchery group on Penyengat Island, Tanjungpinang, Riau Islands. Mastery of this application is important to improve the production performance of the mud crab hatchery group which is faced with the problem of high frequency of disease attacks on broodstock and low survival rate of larvae. The activity, which includes training, piloting, and mentoring, were take place from June–September 2022, attended by 20 participants consisting of members of the Bahari Sakti mud crab hatchery group and public. The training materials covered the technical and management aspects of mud crab hatchery, RAS application, and phytobiotics of garlic flour in broodstock and larvae rearing. Pilot methods and mentoring were conducted in the form of RAS installations and application of phytobiotics with participants. After attending the training, there was a significant increase in knowledge and insight of these three aspects by 47, 51, and 26%, respectively, for the mud crab hatchery, phytobiotic, and RAS aspects. Pilots and mentoring in the form of rearing and spawning in the RAS system with the application of phytobiotics were carried out after training at the production facility of mud crab hatchery group. Participants in the pilot and mentoring activities were quite enthusiastic, although the attendance rate of participants was only 25–35%. The RAS application can improve the water quality of the mud crab broodstock rearing media, while for the application of phytobiotics was not evaluated.

Keywords: garlic, production performance, water quality

PENDAHULUAN

Permintaan kepiting bakau *Scylla* spp. atau *mud crab* sampai saat ini terus meningkat terutama di Asia (seperti Singapura, Thailand, Taiwan, Hongkong, dan China) maupun Amerika Serikat dan Eropa (MarketWatch 2022). Ada empat spesies kepiting bakau yang menjadi fokus produksi perikanan secara komersial dan paling banyak di pasar, yaitu *Scylla serrata* (*giant* atau *king crab*), *S. Tranquebarica* (*purple mud crab*), *S. Paramamosain* (*green mud crab*), dan *S. olivacea* (*orange mud crab*) (Keenan *et al.* 1998; Shelley & Lovatelli 2011; Akpaniteaku & Joseph 2020; Gao *et al.* 2023; Khaksari *et al.* 2023). Tingginya permintaan pasar komoditas ini berdampak kepada semakin tingginya tingkat eksploitasi melalui kegiatan penangkapan yang mengancam kelestarian biota tersebut (Khasanah *et al.* 2019). Guna mengantisipasi hal tersebut, pemerintah Indonesia antara lain melalui Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 16/2022 mendorong pembudidayaan komoditas ini, baik pembenihan maupun pembesaran. Pembudidayaan kepiting bakau di Kota Tanjungpinang telah dilakukan oleh PT Era Mas Internasional, namun masih mengandalkan benih dari hasil tangkapan dari alam. Perusahaan tersebut bermitra dengan kelompok pembudidaya ikan (Pokdakan) Bahari Sakti yang telah mencoba membenihkan kepiting bakau untuk menjamin ketersediaan benih bagi usaha budi daya. Perusahaan tersebut memproduksi kepiting bakau dengan menggunakan sistem apartemen dan menjual produknya ke Singapura, sehingga memerlukan benih secara kontinu, tepat jumlah, dan mutu.

Pokdakan Bahari Sakti yang terbentuk pada 2019 dan beranggotakan 10 orang serta berdomisili di Pulau Penyengat Kota Tanjungpinang membenihkan kepiting bakau dengan memelihara induk yang berasal dari hasil penangkapan di alam. Induk tersebut dipijahkan secara alami dan telur yang dihasilkan kemudian ditetaskan dan larva yang diperoleh selanjutnya dipelihara hingga mencapai ukuran benih crablet sebagai input bagi usaha pembesaran. Sayangnya dalam pemeliharaan induk tersebut sering terjadi serangan parasit dari golongan protozoa seperti *Zoomthamnium* sp., *Epistylis* sp., dan *Vorticella* sp., serta dari kelompok arthropoda antara lain *Octolamis* sp., yang menyerang insang, kaki renang, karapas, dan mulut kepiting bakau (Keenan & Blackshaw 1999, Puspitasari *et al.* 2020, Putra *et al.* 2021). Permasalahan lain yang biasa muncul dalam pembenihan kepiting bakau

adalah kematian tinggi pada stadia larva yang disebabkan belum mantapnya protokol pengelolaan air dan pemberian pakan (Ruscoe *et al.* 2004, Waiho *et al.* 2018). Kurang optimalnya kualitas air media pemeliharaan, yaitu tingginya kandungan bahan organik di air, menjadi penyebab utama munculnya serangan parasit dan penyakit pada kepiting bakau (Santos & Santos 2017, Kasan *et al.* 2022). Tingkat kebersihan dan biosekuriti yang relatif tinggi dalam pembenihan kepiting bakau diperlukan untuk memperoleh kelangsungan hidup larva yang tinggi secara konsisten (Shelley & Lovatelli 2011).

Penggunaan *Recirculated Aquaculture System* (RAS) dan fitobiotik diharapkan bisa mengatasi permasalahan tersebut di atas. RAS merupakan salah satu inovasi teknologi yang tengah dikembangkan di IPB University, yaitu aplikasi bahan herbal (fitobiotik) untuk pencegahan (peningkatan imunitas dan vitalitas) dan pengobatan (Wahjuningrum *et al.* 2012), sedangkan untuk kualitas air adalah sistem filtrasi (resirkulasi) dan pemberian probiotik. Aplikasi fitobiotik untuk pencegahan dan pengobatan penyakit pada kepiting bakau pernah dilakukan oleh Hono *et al.* (2018), sedangkan sistem resirkulasi oleh Hastuti *et al.* (2020) dan Nurcahyono *et al.* (2022), dan keduanya berdampak positif terhadap kinerja produksi kepiting bakau. Aplikasi teknologi RAS pada budi daya udang dan ikan berdampak positif terhadap kualitas air dan kinerja produksi (Suantika *et al.* 2020, Xu *et al.* 2020, Das *et al.* 2022, Baßmann *et al.* 2023, Fudge *et al.* 2023, Panigrahi *et al.* 2023). Tujuan kegiatan ini adalah memberi pengetahuan, wawasan, dan ketrampilan aplikasi teknologi *recirculated aquaculture system* (RAS) dan fitobiotik kepada anggota kelompok pembudidaya ikan (Pokdakan) pembenihan kepiting Bahari Sakti di Pulau Penyengat Tanjungpinang, Kepulauan Riau melalui pelatihan, percontohan, dan pendampingan.

Sumber daya manusia dan inovasi teknologi kesehatan kepiting dan kualitas air media pemeliharaan menjadi faktor penting dalam pembenihan kepiting bakau (Misbah 2020). Pengembangan SDM pembudidaya dapat dilakukan melalui pelatihan, percontohan, dan pendampingan (Misbah 2020, Wang *et al.* 2020). Pelatihan merupakan salah satu metode diseminasi untuk transfer informasi dan teknologi, dan bisa memengaruhi pengambilan keputusan adopsi teknologi akuakultur (Kumar *et al.* 2018). Percontohan dan pendampingan merupakan upaya untuk memperkuat diseminasi inovasi

teknologi yang telah disampaikan dalam pelatihan. Materi pelatihan, percontohan, dan pendampingan sebaiknya yang relevan dengan permasalahan yang tengah dihadapi oleh pembudidaya (Effendi *et al.* 2021).

METODE PELAKSANAAN KEGIATAN

Waktu, Tempat, dan Peserta

Kegiatan ini berlangsung pada Juni–September 2022 untuk Pokdakan pembenihan kepiting bakau Bahari Sakti Kelurahan Pulau Penyengat, Kota Tanjungpinang Kepulauan Riau. Kegiatan yang berlangsung selama empat bulan ini dilakukan secara serial, didahului oleh pelatihan, dilanjutkan dengan percontohan, dan dibarengi dengan pendampingan. Pelatihan dilakukan di rumah Ketua Pokdakan Bahari Sakti, sedangkan percontohan dan pendampingan berlangsung di fasilitas produksi pembenihan (*hatchery*) kelompok ini. Fasilitas *hatchery* berjarak sekitar 5 m dari pantai dengan air laut yang relatif jernih, dan terdapat sumur sebagai sumber air tawar untuk pengaturan salinitas media pemeliharaan kepiting bakau sesuai saran Shelley & Lovatelli (2011). Peserta pelatihan sebanyak 20 orang peserta yang terdiri dari anggota Pokdakan Bahari Sakti dan peserta umum, yang sebagian besar bermata pencaharian sebagai nelayan (perikanan tangkap), sehingga perlu pendekatan khusus (Cleaver *et al.* 2018). Kriteria dan persyaratan peserta pelatihan adalah sebagai berikut: 1) Berusia produktif, yaitu 15–65 tahun; 2) Sehat jasmani dan rohani; 3) Bisa membaca dan menulis; 4) Warga setempat atau berdomisili di Kota Tanjungpinang; dan 5) Bersedia mengikuti pelatihan dari awal sampai akhir.

Pelatihan

Pelatihan bertujuan untuk memberikan pengetahuan dan wawasan yang mencakup: 1) Pembenihan kepiting bakau; 2) Aplikasi *recirculated aquaculture system* (RAS); dan 3) Aplikasi fitobiotik. Ketiga materi tersebut diberikan selama enam jam, masing-masing dua jam, dalam bentuk ceramah, diskusi, demonstrasi cara mengacu kepada Dickson *et al.* (2016). Instruktur pelatihan adalah dosen IPB University, dan dibantu oleh dosen dan mahasiswa dari Program Studi Akuakultur, Universitas Maritim Raja Ali Haji (Umrah) Tanjungpinang. Peserta pelatihan juga diberikan materi *entrepreneurship* dengan

cara disisipkan pada materi pembenihan kepiting bakau. Materi tersebut antara lain mencakup topik kemampuan mencatat, pembukuan, dan pengambilan keputusan dalam menjalankan usaha pembenihan. Sesi diskusi dilakukan menjelang akhir pelatihan pada setiap materi yang diberikan. Setelah pelatihan dilakukan kunjungan lapangan ke lokasi dan fasilitas *hatchery* kepiting bakau Pokdakan untuk memberi gambaran praktis dari materi yang diberikan saat pelatihan di kelas.

Sebelum dan setelah pelatihan dilakukan tes atau ujian (*pre-test* dan *post-test*) untuk mengevaluasi keberhasilan pelatihan terkait pengetahuan dan wawasan peserta (ITECH 2010). Pertanyaan yang diajukan *pre-test* dan *post-test* adalah sama, dan disusun berdasarkan kepada materi yang diberikan dalam pelatihan tersebut, sehingga pengetahuan dan/atau wawasan peserta sebagai dampak dari pelatihan dapat dievaluasi.

Percontohan dan Pendampingan

Percontohan dan pendampingan yang diberikan kepada peserta mencakup pemeliharaan induk kepiting bakau, aplikasi RAS, dan aplikasi fitobiotik tepung bawang putih di fasilitas produksi pembenihan milik Pokdakan Bahari Sakti. Selama proses tersebut, kehadiran peserta program dicatat, demikian pula diskusi yang terjadi antara peserta dengan pendamping. Pendampingan dilakukan oleh dosen dan mahasiswa pada saat percontohan dan supervisi.

Pemeliharaan Induk

Kegiatan pemeliharaan induk kepiting bakau berlangsung setiap hari sebagaimana yang telah dilakukan oleh Pokdakan, namun dilengkapi dengan aplikasi RAS dan fitobiotik, dan di bawah supervisi dosen dan mahasiswa. Pokdakan ini memiliki 12 unit tangki pemeliharaan induk dari bahan plastik (*high density polyethylene*, HDPE) berwarna hitam, berbentuk bulat dengan diameter 52 cm pada bagian atas, dan 37 cm pada bagian bawah, tinggi 36 cm, dan volume 57 L. Tanki ditempatkan dalam *hatchery semi-indoor*, yakni beratap kedap air dan cahaya dengan dinding setengah terbuka, sehingga memberi kesan pencahayaan normal pada siang dan malam hari (12 jam terang dan 12 jam gelap). Pengaturan intensitas cahaya dan periode pencahayaan berperan penting pada pemeliharaan beberapa spesies budidaya (Di *et al.* 2023). Suhu udara di *hatchery semi-indoor* ini sekitar 26–33°C, sedangkan suhu air berkisar antara 27–

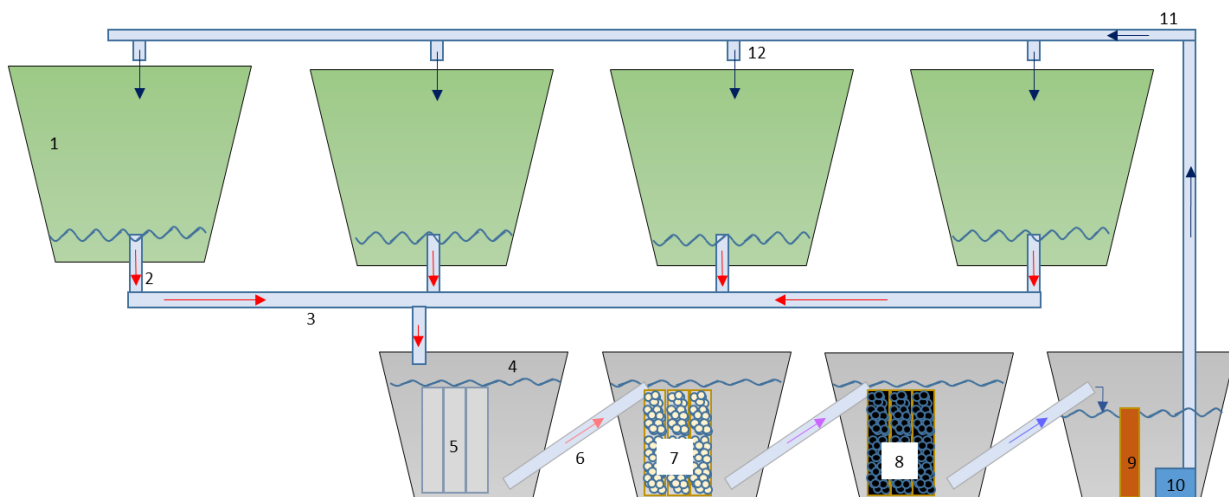
30°C. Tanki pemeliharaan induk kepiting bakau dilengkapi dengan sistem pengairan *flow through* dan aerasi, yakni air laut dipompa dari pantai dengan titik *intake* sekitar 10 m dari lokasi *hatchery* menggunakan pipa 1 inchi, dan dimasukkan ke dalam tangki untuk mengganti air yang terbuang pada saat *overflow* dan penyifonan. Penyifonan air dilakukan untuk membersihkan sisa makanan dan feses yang terdapat di dasar tangki pemeliharaan induk. Ketinggian air dalam tangki induk adalah sekitar 5–7 cm, dan setiap tangki diisi seekor induk.

Induk kepiting bakau yang berasal dari hasil penangkapan di alam dari kawasan estuaria hutan mangrove di sekitar Tanjungpinang berukuran lebar karapas 15–20 cm dipelihara dengan kepadatan satu ekor per tangki. Kepiting bakau betina yang matang kelamin saja yang dipelihara dalam wadah induk, dan induk sudah beberapa kali kawin (memijah). Induk yang sudah dewasa dan pernah memijah dicirikan oleh segmen abdomen melekat secara longgar pada sternum (bagian ventral dari segmen) toraks, sedangkan yang belum pernah kawin biasanya melekat erat (Paran 2022). Induk kepiting bakau milik Pokdakan Bahari Sakti sudah beberapa kali memijah, dan telur yang diproduksi bisa menetas menjadi larva, namun mati semua sebelum mencapai stadia megalopa. Salah satu penyebab kondisi tersebut di atas adalah kualitas air saat pemeliharaan induk dan pemeliharaan larva

yang tidak optimal, sehingga induk terserang parasit dan berdampak kepada kualitas telur dan larva.

Aplikasi RAS

Aplikasi RAS diterapkan pada pemeliharaan induk kepiting bakau yang sebelumnya menggunakan sistem *flow through*. RAS adalah sistem budi daya yang mendaur ulang media pemeliharaan ikan setelah difilter secara fisika, kimia, dan biologi, sehingga bisa menghemat dan mengontrol kualitas air (Martins *et al.* 2010). Kegiatan aplikasi RAS ini mencakup persiapan (rancang bangun sistem yang akan dikembangkan, pengadaan bahan dan alat), instalasi sistem, aplikasi sistem pada pemeliharaan induk kepiting bakau, pengamatan kualitas air untuk menguji sistem yang diterapkan. RAS terdiri dari tangki pemeliharaan induk dan sistem filter yang dihubungkan dengan menggunakan pipa PVC sebagai saluran pemasukan dan saluran pembuangan (Gambar 1). Filter RAS terdiri dari filter fisik, kimia, dan biologi yang masing-masing ditempatkan dalam ember plastik berwarna hitam berbentuk bulat dengan diameter bagian atas 38 cm dan bawah 30 cm sehingga volume air 34,5 L. Antar ember filter dihubungkan oleh pipa PVC berdiameter 1 inchi, sehingga tercipta prinsip bejana berhubungan. Setiap unit filter digunakan untuk melayani empat tangki pemeliharaan induk yang masing-masing bervolume



Keterangan: 1) Tangki pemeliharaan induk kepiting bakau (HDPE, Ø 52 cm, volume 57 L); 2) Pipa outlet (PVC, ¾ inchi); 3) Pipa saluran pembuangan air (PVC, 1 inchi); 4) Tangki filter (HDPE, Ø 38 cm, volume 35 L); 5) Filter fisik terbuat dari busa dakron; 6) Pipa saluran air antar wadah filter (PVC, 1 inchi); 7) Filter kimia berupa batuan zeolit; 8) Filter biologi berupa *bioball*; 9) *Protein skimmer*; 10) Pompa *sub-mersible*; 11) Pipa saluran pemasukan air; dan 12) Pipa inlet (PVC, ½ inchi).

Gambar 1 Rancang bangun *recirculated aquaculture system* (RAS) yang diterapkan pada pemeliharaan induk kepiting bakau (*Scylla serrata*) Pokdakan Bahari Sakti.

57 L. Penggunaan wadah dan dimensi tersebut di atas sesuai dengan fasilitas yang dimiliki oleh Pokdakan.

Pada kegiatan ini, indikator kinerja RAS yang dicontohkan kepada peserta didasarkan kepada hasil pengukuran kualitas air sebelum dan setelah diaplikasikannya sistem ini. Kualitas air yang diukur mencakup parameter suhu, bau, pH, salinitas, amoniak, nitrit, dan nitrat. Sampel air yang diukur berasal dari dasar tangki pemeliharaan induk yang biasanya terjadi sedimentasi buangan pemeliharaan induk (sisa pakan, feses, dan urin). Pengukuran kualitas air media pemeliharaan induk kepinging bakau tersebut dilakukan secara *in-situ*, dengan menggunakan test kit, sebelum dan setelah aplikasi RAS.

Aplikasi fitofarmaka

Jenis fitobiotik yang digunakan adalah bubuk bawang putih komersial dengan merk Allium 100 yang diproduksi oleh PT. Sinar Multi Satwa Tangerang, Banten. Dosis bubuk bawang putih yang diterapkan adalah 1 gL^{-1} , untuk total air 10 L per satu induk kepinging dalam wadah perendaman bervolume 70 L. Bubuk bawang putih ditimbang, kemudian dicampurkan dengan air laut sesuai dosis di atas. Air laut yang digunakan disaring terlebih dahulu agar bebas dari partikel kotoran. Induk kepinging bakau diambil dari tangki RAS, kemudian dimasukkan ke dalam wadah perendaman. Induk kepinging bakau direndam selama 30 menit dalam air yang mengandung bubuk bawang putih, kemudian dikembalikan ke tangki pemeliharaan RAS (Wahjuningrum *et al.* 2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelatihan

Pelatihan berbentuk ceramah, diskusi, dan demonstrasi cara ini telah dilaksanakan dengan jadwal dan materi sesuai dengan rencana, dan diikuti oleh peserta dengan penuh antusias (Gambar 2). Aktivitas diskusi menjelang akhir sesi setiap materi ditandai oleh adanya 3–4 peserta yang bertanya dan memberikan pendapat terkait materi yang diberikan. Berdasarkan hasil tes sebelum (*pre-test*) dan setelah pelatihan (*post-test*) yang diberikan kepada peserta, setelah pelatihan ini terdapat peningkatan pengetahuan dan wawasan untuk semua materi yang diberikan, yaitu aspek pembenihan kepinging bakau, aplikasi fitobiotik dan *Recirculated Aquaculture System* (RAS) masing-masing sebesar 47,

51, dan 26% (Tabel 1). Peningkatan pengetahuan dan wawasan yang cukup signifikan terjadi pada materi aplikasi fitobiotik yakni sebesar 51%, kemudian diikuti materi pembenihan kepinging bakau dan aplikasi RAS masing-masing sebesar 47 dan 26%. Peningkatan pengetahuan dan wawasan yang diidentifikasi melalui tes tersebut mengindikasikan keberhasilan pelatihan.

Percontohan dan Pendampingan

Percontohan dan pendampingan berupa pemeliharaan induk kepinging bakau, aplikasi RAS, dan aplikasi fitobiotik tepung bawang putih telah dilakukan. Kegiatan ini mencakup persiapan bahan dan peralatan untuk RAS dan fitobiotik, instalasi RAS, aplikasi RAS dan fitobiotik pada pemeliharaan induk kepinging bakau, dan pengamatan kualitas air. Rancang bangun dan spesifikasi komponen RAS yang diaplikasikan sesuai dengan yang direncanakan. Instalasi RAS mulai dari pemotongan pipa PVC, pembuatan lubang pada wadah filter, pemasangan pipa PVC pada wadah filter dan wadah produksi dilaksanakan bersama-sama oleh peserta program dan mahasiswa (Gambar 3). Jumlah keseluruhan peserta sebanyak 20 orang, namun hanya 5–7 orang saja yang aktif mengikuti kegiatan percontohan dan pendampingan, atau sekitar 25–35% sejak persiapan hingga aplikasi kedua inovasi teknologi pada pemeliharaan induk kepinging bakau. Hal ini disebabkan oleh sebagian besar peserta program melakukan aktivitas rutin sehari-hari sesuai dengan mata pencaharian masing-masing. Kehadiran peserta secara penuh pada saat percontohan dan pendampingan tidak menjadi syarat peserta kegiatan ini, mengingat aktivitas harian rutin peserta tersebut.

Uji coba RAS pascainstalasi pada pemeliharaan induk kepinging bakau sudah dilakukan,



Gambar 2 Aktifitas pelatihan pembenihan kepinging bakau serta aplikasi *recirculated aquaculture system* (RAS) dan fitobiotik pada Pokdakan Bahari Sakti, Tanjungpinang Kepulauan Riau.

Tabel 1 Jawaban peserta pelatihan yang benar pada *pre-test* dan *post-test* dalam pelatihan aplikasi RAS dan fitobiotik pada pembenihan kepiting bakau Pokdakan Bahari Sakti Tanjung Pinang, dengan peserta sebanyak 20 orang

Keterangan	Pembenihan kepiting bakau									
	1		2		3		4		5	
Pertanyaan ke-										
<i>Test</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
Jumlah (orang)	5	17	2	6	2	18	7	18	14	18
Persentase (%)	25	85	10	30	10	90	35	90	70	90
Rata-rata (%):										
a. <i>Pre-test</i>	30									
b. <i>Post-test</i>	77									
c. Peningkatan	47									
	Aplikasi fitobiotik									
Pertanyaan ke-	6		7		8		9		10	
<i>Test</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
Jumlah (orang)	8	15	4	16	5	16	1	16	11	17
Persentase (%)	40	75	20	80	25	80	5	80	55	85
Rata-rata (%):										
a. <i>Pre-test</i>	29									
b. <i>Post-test</i>	80									
c. Peningkatan	51									
	Recirculated aquaculture system									
Pertanyaan ke-	11		12		13		14		15	
<i>Test</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>	<i>Pre</i>	<i>Post</i>
Jumlah (orang)	11	16	5	11	10	16	9	16	16	18
Persentase (%)	55	80	25	55	50	80	45	80	80	90
Rata-rata (%):										
a. <i>Pre-test</i>	51									
b. <i>Post-test</i>	77									
c. Peningkatan	26									



a



b

Gambar 3 a dan b Aktivitas percontohan dan pendampingan *recirculated aquaculture system* (RAS) dan fitobiotik pada Pokdakan pembenihan kepiting bakau Bahari Sakti, Tanjungpinang Kepri.

dan kondisi kualitas air yang tercipta dalam wadah pemeliharaan induk sudah diukur. Berdasarkan kepada hasil pengukuran kualitas air dalam tangki pemeliharaan induk kepiting bakau sebelum dan setelah aplikasi RAS, tampak bahwa aplikasi sistem ini bisa memperbaiki kualitas air (Tabel 2). Kadar amoniak dan nitrit air media pemeliharaan induk kepiting bakau dengan menggunakan sistem RAS relatif lebih kecil dibandingkan dengan kinerja fitobiotik pada percontohan dan pendampingan aplikasi teknologi tidak dievaluasi sebagaimana pada aplikasi

RAS. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan fasilitas pada saat kegiatan berlangsung, antara lain mikroskop, peralatan dan bahan untuk kultur bakteri, dan sebagainya.

Pembahasan

Tingginya dan terus meningkatnya permintaan kepiting bakau di pasar domestik dan pasar ekspor Asia, Amerika Serikat, dan Eropa Barat menuntut peningkatan produksi melalui budidaya, setelah menyusutnya stok komoditas ini di alam (Keenan *et al.* 1998, Shelley & Lovatelli

Tabel 2 Kualitas air sebelum dan setelah aplikasi *Recirculated Aquaculture System* (RAS) media pemeliharaan induk kepiting bakau (*Scylla serrata*) Pokdakan Bahari Sakti

Parameter	Unit	Aplikasi <i>recirculated aquaculture system</i>	
		Sebelum	Setelah
Suhu	°C	26,00–30,00	26,00–30,00
Bau	-	Alami	Alami
pH	-	06,23–06,89	06,20–06,50
Salinitas	ppt	30,00–31,00	30,00–32,00
Amoniak	mg/L	00,15–00,25	<0,15
Nitrit	mg/L	00,25–00,50	00,10–00,25
Nitrat	mg/L	50,00–10,00	05,00–10,00

2011, Khasanah *et al.* 2019, MarketWatch 2022). Di Tanjungpinang terdapat perusahaan budidaya yang memproduksi kepiting bakau dengan menggunakan sistem apartemen dan menjual produknya ke Singapura. Sistem apartemen atau dikenal pula sebagai sistem seluler, yaitu satu wadah untuk satu ekor, bertujuan untuk produksi kepiting bakau penggemukan (*fattening*), pembesaran (*grow-out*), atau cangkang lunak (*soft carapace*, disingkat ke dalam Bahasa Indonesia menjadi soka). Sistem ini biasanya dilengkapi dengan teknologi resirkulasi guna menyediakan kualitas air yang optimum dan stabil (Quinitio & Lwin 2009, Shelley & Lovatelli 2011, Quinitio 2015).

Upaya budi daya kepiting bakau terkendala oleh ketersediaan benih yang sebagian besar berasal dari hasil pengangkapan di alam. Oleh karena itu, perusahaan tersebut telah melakukan kemitraan dengan kelompok pembudidaya ikan (Pokdakan) pembenihan kepiting bakau Bahari Sakti, sebagai upaya menghadapi kendala benih dengan pendekatan *community-based aquaculture* (CBA). Pendekatan ini terbukti ampuh dalam mengembangkan teknologi akuakultur seperti yang dilakukan oleh Agbayani & Toledo (2008) dan Funk *et al.* (2022). Upaya pembenihan yang dilakukan oleh Pokdakan Bahari Sakti Kelurahan Pulau Penyengat, Kota Tanjungpinang Kepri dihadapkan kepada rendahnya kinerja produksi. Hal ini disebabkan antara lain oleh serangan penyakit pada induk dan kematian tinggi pada larva yang terutama disebabkan oleh kurang optimalnya kualitas air (Keenan & Blackshaw 1999, Ruscoe *et al.* 2004, Santos & Santos 2017, Waiho *et al.* 2018, Puspitasari *et al.* 2020, Putra *et al.* 2021, Kasan *et al.* 2022). SDM sangat penting dalam penguasaan teknologi akuakultur termasuk pembenihan kepiting bakau, sehingga perlu ditingkatkan kapasitasnya antara lain melalui pelatihan, percontohan dan pendampingan (Misbah 2020, Wang *et al.* 2020).

Pelatihan yang diberikan pada program ini bisa meningkatkan pengetahuan dan wawasan peserta untuk semua materi yang diberikan, yakni aspek pembenihan kepiting bakau, *recirculated aquaculture system* (RAS), dan aplikasi fitobiotik. Hasil yang serupa didapat oleh Jha *et al.* (2020) pada pengembangan SDM budi daya ikan nila di Nepal, dan Qurani *et al.* (2021) dalam sekolah lapangan pesisir dalam pengelolaan tambak air payau. Peningkatan pengetahuan dan wawasan yang paling relatif tinggi dicapai peserta terjadi pada materi aplikasi fitobiotik. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain minat peserta, materi yang diberikan, pemberi materi, dan metode penyampaian (Effendi *et al.* 2021). Peningkatan pengetahuan dan wawasan paling rendah dicapai pada materi RAS. Hal ini diduga disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain waktu pelatihan, materi pelatihan, dan instruktur. Waktu pelatihan untuk materi ini diselenggarakan pada sesi akhir, sehingga kemungkinan peserta sudah mengalami kejenuhan dan kelelahan. Materi pelatihan mencakup penggunaan instrumen yang relatif mahal seperti pompa, filter, dan bak. Hal ini bisa menjadi kendala bagi peserta dalam pengadaan instrumen tersebut, dan itu sudah terpikirkan oleh mereka sejak pelatihan berlangsung.

Peningkatan pengetahuan dan wawasan ini diharapkan bisa mempengaruhi pengambilan keputusan adopsi teknologi oleh peserta. Keputusan untuk mengadopsi teknologi baru pada usaha akuakultur bersifat kompleks, dan faktor-faktor yang mendorongnya kurang mendapat perhatian dari stakeholders akuakultur, di sisi lain perkembangan teknologi akuakultur berkembang dengan pesat dalam beberapa dekade terakhir di seluruh dunia, termasuk Indonesia (Kumar *et al.* 2018). Beberapa faktor penting yang mempengaruhi keputusan adopsi teknologi akuakultur oleh pelaku usaha akuakultur antara lain metode transfer informasi, karakteristik teknologi, karakteristik pertanian, faktor ekono-

mi, dan faktor sosio-demografi dan kelembagaan. Pelaku usaha akuakultur cenderung mengadopsi teknologi yang dianggap lebih menguntungkan daripada yang lain dalam hal produktivitas, efisiensi biaya, dan kemudahan pengelolaan (Kumar *et al.* 2018). Kencenderungan tersebut juga tampak pada peserta pelatihan yang sebagian besar didominasi oleh anggota Pokdakan Bahari Sakti. Peningkatan kapasitas SDM dalam rangka meningkatkan kemampuan mengadopsi inovasi teknologi dilakukan melalui pelatihan, percontohan, dan pendampingan, sebagaimana yang dilakukan oleh Mudege *et al.* (2020), Munyua *et al.* (2020), dan pemerintah Cina (Wang *et al.* 2020).

Aktivitas peserta pada percontohan dan pendampingan pemeliharaan kepiting bakau, aplikasi RAS, dan aplikasi fitobiotik relatif rendah, sehingga interaksi antara instruktur (dosen) dan pendamping (mahasiswa) dengan peserta relatif rendah. Menurut Saha *et al.* (2020) terdapat lima variabel yang memberikan kontribusi yang signifikan terhadap produksi dan produktivitas pada sekolah lapangan akuakultur, yaitu umur pembudidaya, frekuensi kunjungan ke unit produksi akuakultur, lama kunjungan, interaksi dengan sesama pembudidaya, dan advokasi teknologi maju kepada pembudidaya. Terlepas dari kekurangan kegiatan percontohan, para peserta umumnya mengungkapkan keinginan untuk menjadi pengusaha pembenihan kepiting bakau yang sukses. Menurut Dahlen (2020) ambisi tersebut selanjutnya akan dibatasi oleh beberapa tantangan seperti sikap budaya terhadap kewirausahaan, tantangan keuangan, dan birokrasi yang tidak efisien. Wang *et al.* 2020 menambahkan bahwa penyuluhan yang diberikan berupa pelatihan, percontohan, dan pendampingan di Cina dihadapkan kepada permasalahan pendanaan yang tidak mencukupi, struktur staf yang ketinggalan zaman, dan sistem manajemen yang efisien.

Percontohan pembenihan kepiting bakau, induk dilakukan secara semi-*outdoor* dan mendapat pencahayaan normal (12 jam terang dan 12 jam gelap). Pemeliharaan kepiting bakau secara *indoor* dengan kegelapan total dapat mengurangi kandungan karotenoid dan protein ovarium, sehingga kondisi tersebut menjadi faktor pembatas proses reproduksi (Farhadi *et al.* 2021). Tangki pemeliharaan induk yang digunakan berwarna hitam, warna ini cocok juga untuk pemeliharaan larva kepiting bakau stadia instar crablet (Rabbani & Zeng 2005, Thien *et al.* 2022). Tangki dilengkapi dengan sistem

pengaliran *flow through* dan aerasi, seperti yang dideskripsikan oleh Mann *et al.* (1999). Ketinggian air dalam tangki induk adalah sekitar 5–7 cm, dan setiap tangki diisi seekor induk. Pemeliharaan induk dengan ketinggian air yang dangkal lebih baik dibandingkan dengan yang dalam (Quinitio *et al.* 2011).

Pokdakan ini menggunakan induk kepiting bakau yang berasal dari hasil penangkapan di alam dari kawasan estuaria hutan mangrove di sekitar Tanjungpinang. Induk kepiting bakau alam umumnya memiliki kinerja reproduksi yang lebih baik dari induk hasil budidaya, yang disebabkan oleh kualitas asupan pakan (Shelley & Lovatelli 2011). Kepiting bakau betina yang matang kelamin saja yang dipelihara dalam wadah induk, dan induk sudah beberapa kali kawin (memijah). Induk yang sudah dewasa dan pernah memijah dicirikan oleh segmen abdomen melekat secara longgar pada sternum (bagian ventral dari segmen) toraks, sedangkan yang belum pernah kawin biasanya melekat erat (Paran 2022). Kematangan ovarium dinilai oleh warna ovarium, dan diamati dengan menekan segmen perut pertama yang berdekatan dengan karapas (Shelley & Lovatelli 2011). Pematangan ovarium pada kepiting bakau biasanya didahului oleh aktivitas perkawinan (Ezhirarasi & Subramoniam (1980). Induk kepiting bakau milik Pokdakan Bahari Sakti sudah beberapa kali memijah, dan telur yang diproduksi bisa menetas menjadi larva, namun mati semua sebelum mencapai stadia megalopa. Salah satu penyebab kondisi tersebut di atas adalah kualitas air saat pemeliharaan induk dan pemeliharaan larva yang tidak optimal, sehingga induk terserang parasit dan berdampak kepada kualitas telur dan larva.

Mempertahankan kualitas air yang baik adalah mata rantai yang paling penting untuk memastikan efisiensi produksi dan kualitas akuakultur. Kondisi kualitas air lingkungan akuakultur bisa mempengaruhi karakteristik dan perilaku biota kultur yang pada gilirannya akan mempengaruhi kinerja produksi dan kinerja usaha (Hu *et al.* 2020). Salah satu upaya menyediakan kualitas air yang optimal untuk biota kultur adalah menerapkan RAS. Aplikasi RAS bisa menyediakan kualitas air lingkungan akuakultur yang optimal bagi budidaya kepiting bakau (Hastuti *et al.* 2020, Nurcahyono *et al.* 2022). Pada kegiatan ini aplikasi ini berhasil memperbaiki kualitas air media pemeliharaan induk kepiting bakau Pokdakan Bahari Sakti. Kandungan amoniak dan nitrit air media

pemeliharaan induk kepiting bakau yang menggunakan aplikasi RAS lebih rendah dibandingkan dengan yang tanpa RAS. Kedua variabel kimia air tersebut berifat racun dan membahayakan bagi kepiting bakau dan biota kultur pada umumnya pada kadar tertentu. Kadar amoniak yang dibolehkan untuk budidaya kepiting bakau adalah kurang dari 0,1 mg/L (Fauzzia *et al.* 2013, Kurniah *et al.* 2016). Amoniak dan nitrit ini berasal dari hasil penguaraian bahan organik dari sisa pakan dan feses kepiting bakau oleh bakteri pengurai (dekomposer), dan juga dari buangan metabolit kepiting bakau.

Kegiatan ini diharapkan bisa meningkatkan kinerja pembenihan kepiting bakau dalam rangka penyediaan benih untuk usaha pembesaran hingga mencapai ukuran konsumsi (*edible size*) dan laku dijual (*marketable size*), juga untuk usaha penggemukan, dan produksi kepiting soka. Harga kepiting bakau yang berukuran di atas 200 g/ekor mencapai Rp 100.000–200.000/kg. Pembesaran atau *grow-out* adalah upaya untuk membesarkan kepiting bakau hingga mencapai ukuran pasar, sedangkan penggemukan atau *fattening* adalah upaya untuk menjadikan jaringan otot kepiting bakau bisa mengisi seluruh ruang dalam cangkang secara penuh. Sesaat setelah *molting* atau ganti kulit/cangkang, cangkang atau karapas kepiting bakau yang baru dan membesar mulai mengeras sementara jaringan ototnya masih berukuran kecil dan menyerap banyak air. Kepiting bakau dengan kondisi demikian berkesan kosong dan berair dan di dalam perdagangan masing-masing dikenal dengan kepiting kosong atau kepiting kopong dan sebagai kepiting air. Harga jual kepiting demikian biasanya rendah sekali dan bahkan ditolak oleh pasar tertentu terutama pasar ekspor atau tidak laku dijual (Shelley & Lovatelli 2011). Pada usaha penggemukan, kepiting bakau dengan kondisi tersebut di atas dipelihara beberapa saat dengan diberi asupan nutrisi yang cukup, sehingga jaringan ototnya berkembang dan mengeras, serta mengisi seluruh rongga dalam cangkang secara penuh dan sesak. Produksi kepiting soka dilakukan dengan cara kepiting bakau yang baru saja *molting* segera dipanen, di-*packing*, dan dimasukkan ke dalam *freezer* sebelum dijual. Konsumen menyenangi produksi kepiting ini karena bila dimasak bisa dimakan seluruhnya bersama dengan cangkangnya, karena masih lunak.

SIMPULAN

Setelah mengikuti pelatihan terjadi peningkatan pengetahuan dan wawasan ketiga aspek tersebut secara signifikan sebesar 47, 51, dan 26% masing-masing untuk aspek pembenihan kepiting bakau, fitobiotik, dan RAS. Percontohan dan pendampingan berupa pemeliharaan induk kepiting bakau dalam sistem RAS dengan aplikasi fitobiotik dilakukan setelah pelatihan di fasilitas produksi Pokdakan Bahari Sakti. Peserta kegiatan mengikuti percontohan dan pendampingan cukup antusias, meskipun tingkat kehadiran peserta hanya 25–35%. Aplikasi RAS dapat memperbaiki kualitas air media pemeliharaan induk kepiting bakau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Institut Pertanian Bogor yang telah mendanai dan memberikan pembimbingan pada Program Dosen Mengabdikan Pulang Kampung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pokdakan Pembenihan Kepiting Bakau Bahari Sakti, Pulau Penyengat Kota Tanjung Pinang, Kepri dan Jurusan Akuakultur Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Umrah yang telah memfasilitasi Program Dosen Mengabdikan Pulang Kampung ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agbayani RF, Toledo JD. 2008. Institutional capacity development for sustainable aquaculture and fisheries: Strategic partnership with local institutions. *Dalam* Tsukamoto K, Kawamura T, Takeuchi T, Beard Jr B, Kaiser MJ (Eds.). *Fisheries for Global Welfare and Environment: Memorial Book of the 5th World Fisheries Congress 2008*. (pp. 435–448). Tokyo (JP): Terrapub.
- Akpaniteaku R, Joseph B. 2020. Mini review on value chain of brachyuran crab aquaculture and capture. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. 6(2): 39–44. <https://doi.org/10.18331/SFS2020.6.2.5>
- Baßmann B, Hahn L, Rebl A, Wenzel LC, Hildebrand MC, Verleih M, HW Palm. 2023.

- Effects of stocking density, size, and external stress on growth and welfare of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) in a commercial RAS. *Fishes*. 8(2): 74. <https://doi.org/10.3390/fishes8020074>
- Cleaver C, Johnson TR, Hanes SP, Pianka K. 2018. From fishers to farmers: Assessing aquaculture adoption in a training program for commercial fishers. *Bulletin of Marine Science*. 94(3): 1215–1222. <https://doi.org/10.5343/bms.2017.1107>
- Dahlen IM. 2020. I want to become an aquapreneur. A case study from an entrepreneurship training program for aquaculture in Mozambique. [Thesis]. Norway (NO): Norwegian University of Life Sciences.
- Das RR, Sarkar S, Saranya C, Esakkiraj P, Aravind R, Saraswathy R, Rekha PN, Muralidhar M, Panigrahi A. 2022. Co-culture of Indian white shrimp, *Penaeus indicus* and seaweed, *Gracilaria tenuistipitata* in amended biofloc and recirculating aquaculture system (RAS). *Aquaculture*. 548(Part 1): 737432. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737432>
- Di Z, Li K, Li T, Yan L, Jiang H, Liu L. 2023. Effects of light intensity and photoperiod on the growth performance of juvenile Murray cods (*Maccullochella peelii*) in recirculating aquaculture system (RAS). *Aquaculture and Fisheries*. 8(3): 274–279. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.12.009>
- Dickson M, Nasr-Allah A, Kenawy D, Kruijssen F. 2016. Increasing fish farm profitability through aquaculture best management practice training in Egypt. *Aquaculture*. 465: 172–178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.015>
- Effendi I, Diatin I, Budiardi T, Hadiroseyani Y. 2021. Pengembangan pendederan ikan kerapu melalui peningkatan kapasitas kelompok untuk penguatan komoditas unggulan Kabupaten Administratif Kepulauan Seribu, Jakarta. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. 7(2): 148–161. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.7.2.148-161>
- Ezhirarasi S, Subramoniam T. 1980. *Spermathecal activity and ovarian development in Scylla serrata (Forsk.) (Decapoda, Portunidae)*. Dalam: Subramoniam T, Varadarajan S. (Eds.), *Progress in invertebrate reproduction and aquaculture. Proceedings of First all India Symposium on Invertebrate Reproduction*. Madras University, Madras. Pp: 55–80.
- Farhadi A, Huang Z, Qiu B, Ikhwanuddin M, Ma H. 2021. Effect of light condition on the growth performance and biochemical compositions of post-mating female mud crab (*Scylla paramamosain*). *Aquaculture Reports*. 21: 100807. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100807>
- Fauzzia M, Rahmawati I, Widiarsa. 2013. Penyisihan amoniak dan kekeruhan pada sistem resirkulasi budidaya kepiting dengan teknologi membran biofilter. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(2): 155–161.
- Fudge M, Higgins V, Vince J, Rajaguru R. 2023. Social acceptability and the development of commercial RAS aquaculture. *Aquaculture*. 568: 739295. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739295>
- Funk L, Wilson AMW, Gough C, Brayne K, Djerryh NR. 2022. Perceptions of access and benefits from community-based aquaculture through Photovoice: A case study within a locally managed marine area in Madagascar. *Ocean & Coastal Management*. 222(1 May): 106046. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106046>
- Gao W, Yuan Y, Huang Z, Chen Y, Cui W, Zhang Y, Saqib HSA, Ye S, Li S, Zheng H, Zhang Y, Ikhwanuddin M, Ma H. 2023. Evaluation of the feasibility of harvest optimisation of soft-shell mud crab (*Scylla paramamosain*) from the perspective of nutritional values. *Foods*. 12(3): 583. <https://doi.org/10.3390/foods12030583>
- Hastuti YP, Wicaksono PH, Nurusallam W, Tridesianti S, Fatma YS. 2020. Addition of shelters to control the physiological responses and production of mud crab *Scylla serrata* in recirculation aquaculture system. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 12(1): 299–310. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i1.30753>
- Hono H, Saloso Y, Eoh CB. 2018. Pengaruh pemberian ekstrak bawang putih (*Alium sativum*) terhadap tingkat kesembuhan dan kelulushidupan kepiting bakau (*Scylla serrata*) yang dimutilasi. *Jurnal Akuatik*. 1(1): 50–58.

- Hu Z, Li R, Xia X, Yu C, Fan X, Zhao Y. 2020. A method overview in smart aquaculture. *Environmental Monitoring and Assessment*. 192(8): 493. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08409-9>
- [ITECH] International Training and Education Center for Health. 2010. Guidelines for Pre- and Post-testing. I-TECH Technical Implement Guide. Seattle, Washington [USA]: University of Washington
- Jha DK, Pandit NP, Khanal NB, Ranjan R, Mahato IS, Shrestha MK, Diana JS, Eгна H. 2020. Outreach to increase efficiency of aquaculture in Nepal. *Research Project Investigations: Human Nutrition and Human Health Impacts of Aquaculture*, pp: 328-337
- Kasan NA, Manan H, Lal MTM, Rahim AIA, Kamaruzzan AS, Ishak AN, Ikhwanuddin M. 2022. A novel study on the effect of rapid biofloc as pellet feed on the survival rate and water quality of mud crab, *Scylla olivacea* culture. *Journal of Sustainability Science and Management*. 17(2): 46–54. <https://doi.org/10.46754/jssm.2022.02.005>
- Khaksari H, Safaie M, Salarzadeh A. 2023. Population dynamics and reproductive biology of *Scylla serrata* (Forskål, 1775) on the shores overlooking the mangrove forest of the Persian Gulf. *Regional Studies in Marine Science*. 57 (2023): 102758. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102758>
- Keenan CP, Blackshaw A. 1999. Mud crab aquaculture and biology. In: *Proceedings of An International Scientific Forum Held in Darwin, Australia, 21–24 April 1997*. ACIAR Proceedings No. 78. 216 p
- Keenan C, Davie PJP, Mann DL. 1998. A revision of the genus *Scylla* de Haan, 1833 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Portunidae). *Raffles Bulletin of Zoology*. 46: 217–245.
- Khasanah U, Huang WC, Asmara R. 2019. Indonesia frozen and processed crab export performance and competitiveness analysis. *Agricultural Socio-Economics Journal*. 19(3): 165–171. <https://doi.org/10.21776/ub.agrise.2019.019.3.5>
- Kumar G, Engle C, Tucker C. 2018. Factor driving aquaculture technology adoption. *Journal of the World Aquaculture Society*. 49(3): 447–476. <https://doi.org/10.1111/jwas.12514>
- Kurniah, Rohani S, Gaffar A. 2016. Fluktuasi amonia dan nitrit pada pemeliharaan kepiting bakau (*Scylla* sp.) sistem silvikultur. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*. 11(2): 93–96. <https://doi.org/10.15578/blta.2.2.2003.11-12>
- Mann D, Asakawa T, Pizzutto M. 1999. Development of a hatchery system for larvae of the mud crab *Scylla serrata* at the Bribie Island Aquaculture Research Centre. Dalam Keenan CP & Blackshaw A (Eds.). *Mud Crab Aquaculture and Biology*. Proceedings of an international scientific forum held in Darwin, Australia, 21–24 April 1997. Australian Centre For International Agricultural (ACIAR). pp. 153–158.
- MarketWatch. 2022. Crab Market Size 2022 Industry Share, Growth, Business Challenges, Investment Opportunities, Demand, Key Manufacturers and 2025 Forecast Research Report. <https://www.marketwatch.com/press-release/crab-market-size-2022-industry-share-growth-business-challenges-investment-opportunities-demand-key-manufacturers-and-2025-forecast-research-report-2022-03-17>
- Martins CIM, Eding EH, Verdegem MCJ, Heinsbroek LTN, Schneider O, Blancheton JP, d'Orbcastel ER, Verreth JAJ. 2010. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*. 43(3): 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>
- Misbah I. 2020. Upaya peningkatan kualitas sumber daya pelaku agribisnis perikanan melalui teknologi pembenihan kepiting bakau (*Scylla* sp.). *Jurnal Sipatokkong*. 1(1): 73–86.
- Mudege NN, Lundeba M, Kayembo H, Mutakela M. 2020. Training of trainers and capacity building workshop for hatchery and feed operators in Kasama, Zambia. Workshop Report. WorldFish. Penang, Malaysia (MY).
- Munyua HM, Mudege NN, Muzungaire L, Kakwasha K, Lundeba M, Chileya A. 2020. Brief on lessons learned and best practices of the AQ TEVET Project. WorldFish. Penang, Malaysia (MY).
- Nurchayono E, Widodo MS, Ekawati AW, Raharjo S. 2022. The effect of a recirculation aquaculture system on the reproductive

- performance of female mud crabs (*Scylla serrata*). *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 15(1): 115–125.
- Paran BC, Jeyagobi B, Kizhakedath VK, Antony J, Francis B, Anand PSS, Radhakrishnapillai A, Lalramchhani C, Kannappan S, Marimuthu RD, Paulpandi S. 2022. Production of juvenile mud crabs, *Scylla serrata*: Captive breeding, larviculture and nursery production. *Aquaculture Reports*. 22 (2022): 101003. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.101003>
- Panigrahi A, Das RR, Sarkar S, Aravind R, Rekha PN, Sandeep KP. 2023. Biofloc-based farming of Indian white shrimp, *Penaeus indicus*, in recirculating aquaculture system (RAS) enriched with rotifers as feed supplement. *Aquaculture International*. 31: 657–680. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-01000-8>
- Puspitasari SD, Wulan SPD, Kismiyati. 2020. Ectoparasites of mangrove crabs (*Scylla serrata*) and white shrimps (*Litopenaeus vannamei*) from Gresik, Indonesia. *Journal of Veterinary Parasitology*. 34(1): 32–36. <https://doi.org/10.5958/0974-0813.2020.00006.6>
- Putra DF, Ashari R, N Nurfadillah N, Othman N. 2021. Ectoparasite infections on mangrove crabs (*Scylla* sp.) in soft shell crab aquaculture in Banda Aceh city, Indonesia. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 674 (2021) 012106. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/674/1/012106>
- Quinitio ET. 2015. Status of mud crab industry in the Philippines. *Dalam* Quinitio ET, Parado-Estepa FD, Raj YTCS, Mandal A (Eds.), *Proceedings of the International Seminar-Workshop on Mud Crab Aquaculture and Fisheries Management*, 10–12 April 2013, Tamil Nadu, India (pp. 27–35). Rajiv Gandhi Centre for Aquaculture (MPEDA), Tamil Nadu, India
- Quinitio ET, Lwin MMN. 2009. *Soft-shell mud crab farming*. Philippines (PH): Seafdec. 21 pp
- Quinitio ET, de la Cruz JJ, Eguia MRR, Parado-Estepa FD, Pates G, Lavilla-Pitogo CRI. 2011. Domestication of the mud crab *Scylla serrata*. *Aquaculture International*. 19(2): 237–250. <https://doi.org/10.1007/s10499-010-9381-0>
- Qurani IZ, Fawzi NI, Fadilah R, Kismorodati W. 2021. Empowering fish-farmer through Coastal Field School: Towards sustainable aquaculture practice. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 750 (2021) 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/750/1/012054>
- Rabbani AG, Zeng C. 2005. Effects of tank colour on larval survival and development of mud crab *Scylla serrata* (Forskål). *Aquaculture Research*. 36(11): 1112–1119. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01328.x>
- Ruscoe IM, Williams GR, Shelley CC. 2004. Limiting the use of rotifers to the first zoeal stage in mud crab (*Scylla serrata* Forskal) larval rearing. *Aquaculture*. 231: 517–527. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.11.021>
- Saha GS, De HK, Mahapatra AS, Panda N. 2020. Factors contributing to the success of aquaculture field schools. *Journal of Extension Education* 32(1): 6441–6447. <https://doi.org/10.26725/JEE.2020.1.32.6441-6447>
- Santos M, Santos F. 2017. Mud crab *Scylla serrata* hatchery operation. Philippines In the forefront of the mud crab industry development: proceedings of the 1st National Mud Crab Congress. 16–18 November 2015. Philippines (PH): Iloilo City. P: 142.
- Shelley C, Lovatelli A. 2011. *Mud crab aquaculture-A practical manual*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 567. Rome (IT): FAO. 78 pp.
- Suantika G, Situmorang ML, Saputra FI, Putri SLE, Putri SP, Aditiawati P, Fukusaki E. 2020. Metabolite profiling of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* from super-intensive culture in closed aquaculture systems: a recirculating aquaculture system and a hybrid zero water discharge-recirculating aquaculture system. *Metabolomics*. 16(4): 49. <https://doi.org/10.1007/s11306-020-01675-1>
- Thien FY, Hamasaki K, Shapawi R, Kawamura G, de la Cruz-Huervana JJ, Yong ASK. 2022. Effect of background tank color in combination with sand substrate and shelters on survival and growth of *Scylla tranquebarica* instar. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 48(3): 41–246. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2022.04.004>

- Wahjuningrum D, Kurniawan D, Setyotomo K, Setiawati M. 2012. Utilization of garlic and meniran flour by repelleting method in feed for preventive and curative efficacy of *Aeromonas hydrophila* in catfish *Clarias* sp. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 11(1): 11-16. <https://doi.org/10.19027/jai.11.11-16>
- Waiho K, Fazhan H, Qunitio ET, Baylon JC, Fujaya Y, Azmie G, Wu Q, Shi X, Ikhwanuddin M, Ma H. 2018. Larval rearing of mud crab (*Scylla*): What lies ahead. *Aquaculture*. 493: 37-50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.047>
- Wang P, Ji J, Zhan Y. 2020. Aquaculture extension system in China: Development, challenges, and prospects. *Aquaculture Reports*. 17: 100339. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100339>
- Xu W, Xu Y, Su H, Hu X, Yang K, Wen G, Cao Y. 2020. Characteristics of ammonia removal and nitrifying microbial communities in a hybrid Biofloc-RAS for intensive *Litopenaeus vannamei* culture: a pilot-scale study. *Water*. 12(11): 1-17. <https://doi.org/10.3390/w12113000>