

Analisis Sarana Produksi Tambak di Kawasan Inti Minapolitan Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan

Assessment of farm inputs used in brackishwater ponds of minapolitan
zone in Suppa District, Pinrang Regency

Admi Athirah, Ruzkiah Asaf dan Tarunamulia

Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan, Maros
Jl. Makmur Dg. Sitakka No. 129 Maros, Sulawesi Selatan
email : m.athirah@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan dalam usaha budidaya tambak di Kabupaten Pinrang khususnya di Kawasan Inti Minapolitan Kecamatan Suppa antara lain adalah tingginya harga saprodi dan terbatasnya penerapan budidaya tambak ramah lingkungan serta rusaknya ekosistem lingkungan pesisir dan areal pertambakan sehingga produksi tidak optimal. Kendala dan permasalahan dalam usaha budidaya tambak perlu diperhatikan, karena selain menjadi tantangan juga dapat menjadi ancaman untuk pengembangan budidaya tambak. Oleh karena itu sarana produksi tambak di daerah Pinrang perlu analisis untuk mengetahui kebutuhan yang sesuai untuk budidaya tambak. Penelitian dilaksanakan bulan Maret – November 2018 di tambak Kawasan Minapolitan Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang. Analisa kualitas air dan tanah dilakukan di Laboratorium BRPBAP3 Maros. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dengan pengumpulan data observasi dan teknik sampling secara acak. Analisa data dilakukan secara deskriptif dengan *software* SPSS. Materi penelitian adalah perkembangan produksi tambak Kab.Pinrang selama 10 tahun terakhir dan data kualitas air tambak baik fisik, kimia maupun biologi serta penyebaran kuisioner yang melibatkan stakeholder yang terdiri dari :pembudidaya, penyuluh, distributor/penjual saprodi dan tokoh masyarakat di wilayah penelitian dan Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Pinrang. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa usaha budidaya tambak di Kabupaten Pinrang berada pada kondisi yang relatif stabil dengan jumlah volume dan nilai produksi yang semakin meningkat dengan komoditas andalan ikan bandeng dan udang vannamei. Pengembangan budidaya tambak di Kabupaten Pinrang dapat dilakukan dengan memperhatikan kebutuhan dasar saprodi dan teknologi budidaya tambak.

Kata Kunci :Analisis, Sarana Produksi, Tambak Lowita, Kabupaten Pinrang

Pendahuluan

Kabupaten Pinrang telah ditetapkan sebagai kawasan minapolitan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) melalui Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya (DJPB). Pada tahun 2012 sebanyak 46 kabupaten/kota melalui berbagai tahapan seleksi telah dipilih sebagai kawasan minapolitan perikanan budidaya. Kecamatan Suppa dipilih sebagai kawasan inti (*minapolis*) serta Kec.Mattiro Sompe, Duampanua, Cempa, Lanrisang sebagai kawasan penyangga (*hinterland*) melalui Keputusan Bupati Nomor 050/436/2010 (Tarunamulia dkk, 2018). Potensi yang dimiliki oleh Kecamatan Suppa menjadikan Kabupaten Pinrang sebagai pusat etalase perikanan, namun demikian perlu adanya pendampingan secara intens terhadap kebijakan-kebijakan strategis di daerah tersebut.

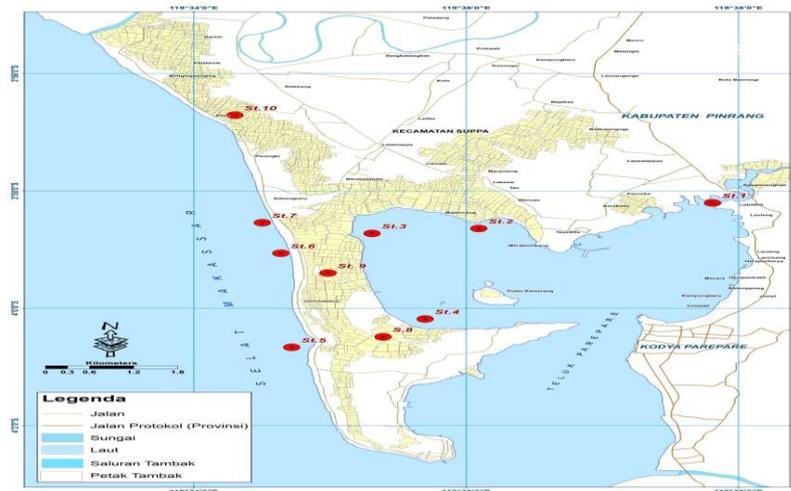
Penelitian penggunaan sarana produksi, baik produk kimia maupun biologi pada budidaya udang windu (*Penaeus monodon*) di Thailand telah dilakukan oleh Tonguthai (2000) dan Gräslund *et al.* (2003), di Visayas Barat dan Mindanao Timur, Filipina oleh Primavera (1993). Sedangkan penelitian mengenai

penggunaan sarana produksi untuk tambak budidaya udang windu (*Penaeus monodon*), ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan polikultur keduanya di seluruh Filipina telah dilakukan oleh Cruz-Lacierda *et al.* (2000, 2008). Penelitian tentang penggunaan sarana produksi sistem ekstensif pada tambak udang windu di barat daya Bangladesh telah dilakukan oleh Alam (2007). Penggunaan sarana produksi pada budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di Sinaloa, Meksiko oleh Lyle-Fritch *et al.* (2006); Mustafa *et al.* (2009) di Indonesia yang dilakukan di Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Penelitian dengan hanya menggunakan produk kimia, oleh Phillips (2000) di Banglades, Kamboja, Srilanka dan Vietnam; Pathak *et al.* (2000) di India; Yulin (2000) di Cina; Shariff *et al.* (2000) di Malaysia dan Singapura; Supriyadi dan Rukyani (2000) di Indonesia.

Maka untuk menambah informasi mengenai hal ini, khususnya di Indonesia dengan berbagai sistem budidaya, maka telah dilakukan analisis sarana produksi di kawasan inti minapolitan Kabupaten Pinrang, Propinsi Sulawesi Selatan. Survei yang dilakukan di tambak Kabupaten Pinrang ini adalah merupakan usaha untuk mengetahui penggunaan sarana produksi pada sistem budidaya tambak sebagai upaya awal untuk mengantisipasi dampaknya terhadap lingkungan serta mendukung usaha pemerintah dalam hal pembebasan tambak dari cemaran biologi, kimia dan fisika.

Metode Penelitian

Survey dilakukan di tambak Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan. Survei diawali melalui pertemuan dengan staf Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Pinrang untuk mendapatkan informasi awal mengenai sistem budidaya tambak. Penentuan lokasi tambak dilakukan secara acak dari Peta Mapping Unit (Satuan Pemetaan) yaitu gabungan Peta *Landscape* (Bentuk Lahan) dan *Land Use* (Penggunaan Lahan). Pembudidaya tambak dari tambak yang terpilih menjadi responden dalam penelitian ini. Titik-titik pengamatan ditentukan posisinya dengan *Global Positioning System* (GPS). Peta yang menunjukkan titik-titik pengamatan dibuat dengan bantuan teknologi Penginderaan Jauh (Inderaja) dan Sistem Informasi Geografis (SIG).



Gambar 1. Lokasi penelitian di Tambak di Kawasan Tambak Inti Minapolotan, Kabupaten Pinrang

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah metode survei, termasuk untuk mendapatkan data primer dari berbagai karakteristik usaha budidaya tambak melalui pengajuan kuisioner kepada responden secara terstruktur (Wirartha, 2006). Data diperoleh langsung di lokasi budidaya tambak dari pengelola atau pemilik dari setiap usaha budidaya tambak. Pembagian kelompok produk kimia yang digunakan di tambak Kabupaten Pinrang didasarkan atas kriteria dari penelitian sebelumnya mengenai penggunaan sarana produksi dalam bidang akuakultur (Primavera, 1993; Boyd dan Massaut, 1999; Phillips, 2000; Johnston dan Santillo, 2002; Gräslund *et al.*, 2003; Lyle-Fritch *et al.*, 2006; Alam, 2007; Cruz-Lacierda *et al.*, 2008; Mustafa *et al.*, 2010). Data karakteristik tambak yang ada dibedakan atas sistem budidaya yang diaplikasi oleh pembudidaya.

Hasil dan Pembahasan

Sistem budidaya yang diaplikasikan oleh pembudidaya tambak di Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang cukup bervariasi yaitu: monokultur bandeng, monokultur vannamei, polikultur bandeng vannamei, polikultur bandeng windu dan polikultur lainnya antara bandeng nila, windu nila dan vannamei nila seperti terlihat pada Tabel 1. Fokus penelitian ini pada pembudidaya yang menerapkan teknologi tradisional plus. Rata-rata pembudidaya yang memolikulturkan ikan bandeng, udang vannamei, udang windu dengan ikan nila, hasil produksi ikan nilanya hanya sedikit dan kebanyakan dari pembudidaya hanya untuk dikonsumsi sendiri.

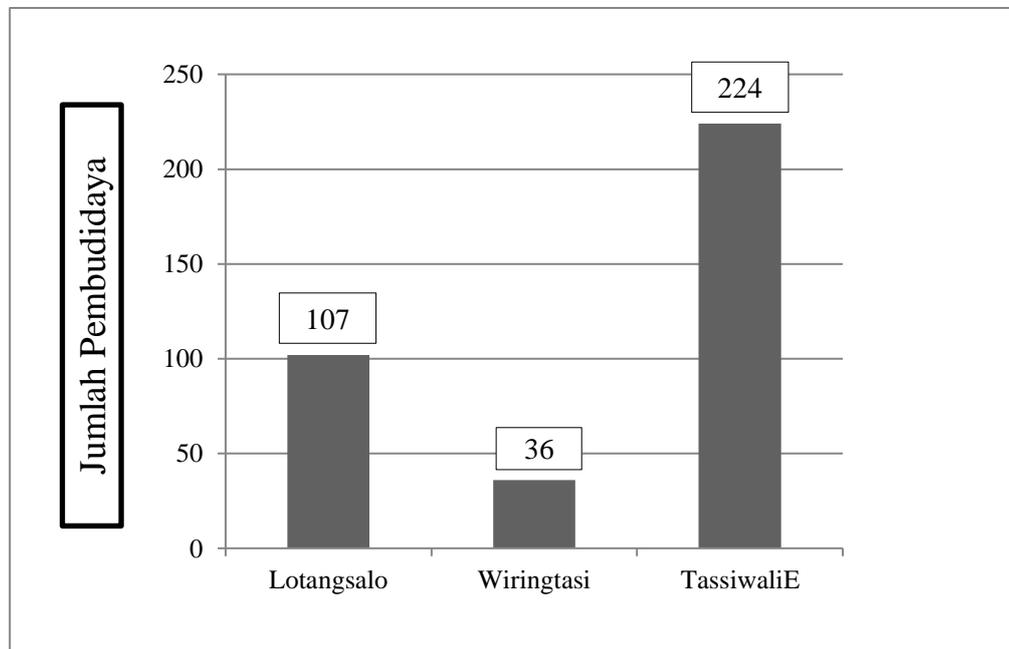
Tabel 1. Jumlah pembudidaya tambak berdasarkan sistem budidaya yang diaplikasikan di Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang, Propinsi Sulawesi Selatan.

Sistem Budidaya	Jumlah Pembudidaya yang Mengaplikasikan (orang)	Persen Jumlah (%)
Monokultur Vannamei	79	21.82
Monokultur Bandeng	10	2.76
Polikultur Bandeng dan Vannamei	140	38.67
Polikultur Bandeng dan Windu	129	35.64
Polikultur Lainnya (termasuk Nila)	4	1.11
Total	362	100

Pada Tabel 1 di atas, terlihat bahwa pada sistem monokultur cenderung lebih kecil diaplikasikan daripada tambak yang digunakan untuk polikultur bandeng dan udang (vannamei dan windu). Hal ini terkait dengan tingkat pengelolaan yang harus dilakukan pada masing-masing sistem budidaya. Tingkat pengelolaan yang lebih tinggi cenderung dijumpai pada sistem monokultur. Dengan ukuran tambak yang lebih kecil cenderung pembudidaya tambak memaksimalkan penggunaan sumberdaya lahan tersebut untuk memperoleh produksi yang lebih tinggi. Islam *et al.* (2005) dan Milstein *et al.* (2005) menyatakan bahwa tambak yang lebih kecil akan lebih mudah dikelola dan produktivitasnya untuk udang windu lebih tinggi daripada yang berukuran lebih luas di Bangladesh.

Penyebab penggunaan produk kimia di tambak adalah merupakan upaya mempertahankan produksi komoditas budidaya tambak. Selain itu, produk kimia juga digunakan sebagai produk yang sudah biasa digunakan di tambak atau sudah merupakan standar operasional prosedur dalam budidaya di tambak. Seperti halnya di bidang pertanian, penggunaan produk kimia adalah “ramuan” yang esensial untuk keberhasilan pada bidang akuakultur, telah digunakan dengan jenis produk berbeda di berbagai negara (Subasinghe *et al.*, 2000). Di Kabupaten Pinrang ada 2 jenis kapur yang digunakan di tambak yaitu kapur bakar dan dolomit. Jumlah jenis produk yang didapatkan ini sangat sedikit dibandingkan dengan yang ditemukan dalam penelitian lain, misalnya dibandingkan dengan temuan Mustafa *et al.* (2009) yang menjelaskan bahwa usaha budidaya udang vaname di Kabupaten Pesawaran (Provinsi Lampung) menggunakan 48 jenis sarana produksi. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi sistem teknologi yang diaplikasikan, maka semakin banyak jenis sarana produksi yang digunakan. Seperti telah disebutkan di awal bahwa ada 5 sistem budidaya yang diaplikasikan di Kabupaten Pinrang. Pada sistem teknologi yang lebih tinggi dan komoditas yang lebih rentan terhadap penyakit dan perubahan lingkungan menggunakan lebih banyak jenis sarana produksi dalam budidaya tambak. Selain itu, jumlah jenis sarana produksi yang digunakan pada tambak udang lebih banyak daripada tambak bandeng.

Dari 362 jumlah pembudidaya yang tersebar di 3 Kelurahan/Desa yaitu Lotangsalo, Wiringtasi dan TassiwaliE (LOWITA), pembudidaya terbanyak berada di TassiwaliE yaitu sebanyak 224 pembudidaya (Gambar 2).



Gambar 2. Sebaran jumlah pembudidaya di 3 Kelurahan/Desa Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang.

Produk kimia digunakan dalam bidang akuakultur karena merupakan komponen yang esensial untuk: konstruksi tangki dan tambak; pengelolaan tanah dan air; peningkatan produktivitas alami; transportasi hidup organisme; formulasi pakan; manipulasi dan peningkatan reproduksi, merangsang pertumbuhan; pengelolaan kesehatan serta pengolahan dan peningkatan nilai tambah produk akhir (Subasinghe *et al.*, 2000). Berdasarkan pendapat tersebut serta mempertimbangkan kriteria dari survei-survei sebelumnya mengenai penggunaan produk kimia dalam bidang akuakultur, maka jenis produk yang digunakan di tambak Kabupaten Pinrang dibagi atas 3 kelompok yaitu kapur, pupuk serta pestisida.

Pupuk

Tingkat keberhasilan suatu budidaya dapat dilihat dari input yang sekecil mungkin dan dapat menghasilkan output yang sebesar mungkin. Dalam budidaya ikan dan udang pemupukan dasar tambak sangat dibutuhkan untuk ketersediaan makanan alami yang sangat dibutuhkan oleh organisme budidaya. Faktor kelemahan yang dimiliki sebagian besar petambak, mereka belum mengetahui kebutuhan pupuk yang tepat untuk proses budidaya yang mereka lakukan. Oleh karena itu penting untuk mengetahui kebutuhan pupuk tambak agar dapat meningkatkan produktivitas tambak dan pendapatan petambak pada khususnya.

Pupuk yang tersedia di toko saprodi wilayah Kecamatan Suppa Kabupaten Pinrang, antara lain adalah Urea, SP-33, pupuk ZA dan Phonska. Adapun untuk ketersediaan saprodi lainnya antara lain yaitu dolomit polowijo, pakan molas, pakan samsung type SI, probiotik Aquazyme, saponin, serta beberapa pestisida yang umum digunakan di tambak. Selain itu keberadaan hatchery udang merupakan keunggulan tersendiri bagi petambak di Suppa, petambak tidak perlu mengeluarkan biaya transportasi lebih untuk mendatangkan bibit yang baik. Hatchery PT. Kencana Suppa merupakan hatchery yang khusus untuk menghasilkan benih/bibit udang *Vannamei* dan Hatchery BBU khusus penyedia benih udang Windu.

Ada empat jenis pupuk yang digunakan pembudidaya tambak di Kabupaten Pinrang yaitu TSP/SP 36, pupuk organik, Phoska, dan pupuk urea. Penggunaan pupuk pada budidaya tambak diharapkan tidak berdampak negatif pada lingkungan dan belum ada masalah lingkungan yang didapatkan di Asia sebagai akibat penggunaan pupuk (Phillips, 2000). Sebelumnya, Boyd dan Massaut (1999) menyatakan bahwa penggunaan pupuk an-organik dalam akuakultur tidak berdampak negatif terhadap keamanan makanan yang diproduksi di tambak.

Pupuk ditambahkan ke tambak untuk meningkatkan kandungan nutrisi, menstimulasi pertumbuhan plankton dan meningkatkan suplai pakan pada budidaya tambak. Pupuk an-organik digunakan pada kedua sistem budidaya, dimana pupuk TSP/SP 36 dan Urea adalah pupuk an-organik yang terbanyak digunakan dalam budidaya di tambak Kabupaten Pinrang. Pupuk Urea (46-0-0) merupakan sumber nitrogen yang tergolong unsur hara makro bagi makanan alami di tambak dan pupuk TSP/SP 36 (0-36-0) yang merupakan sumber fosfor juga digunakan oleh pembudidaya tambak di Kabupaten Pinrang. Fosfor merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga akuatik serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Jones dan Bachmann (1976 dalam Davis dan Cornwell, 1991) mengemukakan korelasi positif antara kadar fosfat dengan klorofil a. TSP/SP 36 menjadi sangat penting di tambak Kabupaten Pinrang yang tergolong tanah sulfat masam, dimana fosfat dapat terikat oleh besi dan aluminium menjadi tidak tersedia.

Kapur

Kapur yang tersedia di pasaran Sulawesi Selatan termasuk di Kecamatan Suppa Kabupaten Pinrang sangat bervariasi secara fisik dan kimia. Ada empat jenis kapur yang banyak didapatkan di pasaran Provinsi Sulawesi Selatan yaitu: kapur bakar, kapur bangunan, kapur pertanian (kaptan) dan dolomit (Mustafa et al., 2010). Adapun jenis kapur yang banyak digunakan di tambak kecamatan Suppa adalah kapur bakar dan dolomit.

Dari hasil wawancara dan penelusuran terkait sarana produksi yang tersedia di Kec. Suppa dan sekitarnya, didapatkan 2 jenis kapur yang diperjualbelikan oleh produsen/penjual yaitu kapur omya (kaptan) dan kapur bakar (PT. Bigi Nusindo

di Suppa dan H. Samad yang konsisten menjual kapur bakar sejak tahun 1965, titik/lokasi pada peta). Pada tanah tambak yang bukan tanah sulfat masam dengan pH tanah 5,0 dengan tanah bertekstur berat, Boyd (1995) menyarankan penggunaan kaptan sebanyak 14.320 kg/ha yang diaplikasikan setiap persiapan tambak. Kapur bakar (CaO), selain digunakan oleh usaha budidaya udang sebagai disinfektan, juga digunakan untuk perbaikan tanah dan air yang diaplikasikan sebagai kapur awal di tambak Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung (Mustafa et al., 2010).

Harga jual kapur yang tersedia di Suppa untuk kapur omya (kaptan) yaitu Rp. 120.000/zak, dengan volume per-zak sebanyak 40 kg. Sedangkan untuk kapur bakar dijual seharga Rp. 7.000/zak kemasan \pm 5 kg. Menurut Boyd & Massaut (1999) aplikasi kapur bakar atau kapur hidrat pada tanah dasar tambak yang kosong mungkin lebih efektif dalam membasmi organisme penyebab penyakit dalam tanah sebelum penebaran berikutnya. Hal ini menjadi salah satu pertimbangan petambak di Suppa untuk mengaplikasikan kapur bakar pada tambak.

Dolomit dan kaptan adalah kapur yang lebih aman digunakan, terkadang lebih murah dan dipertimbangkan lebih efektif sebagai bahan kapur untuk tambak di bawah kondisi normal (Boyd & Massaut, 1999). Namun demikian, diperlukan upaya untuk mengurangi kebutuhan kapur dengan melakukan remediasi tanah dasar tambak yang dimulai dari proses pengeringan tanah dasar tambak. Dalam pengeringan tambak, diharapkan proses dekomposisi bahan organik dapat lebih cepat, sehingga kandungan bahan organik yang tinggi dapat menurun, disamping mengurangi senyawa-senyawa toksik. Dengan remediasi tanah dasar tambak seperti ini, maka akan terjadi penurunan nilai SPOS tanah, sehingga kebutuhan kapur juga menjadi berkurang. Remediasi tanah dasar tambak melalui pengeringan 14 hari, perendaman 3 hari dan pembilasan 3 kali yang kemudian seluruh proses remediasi tersebut diulang 3 kali dapat menurunkan SPOS tanah dari $1,8518 \pm 0,0858$ menjadi $1,4275 \pm 0,1209\%$ (Mustafa, 2009).

Pestisida

Secara umum hama berpotensi menurunkan produksi tambak sehingga harus dihilangkan atau setidaknya dikontrol dengan menggunakan pestisida sebelum penebaran. Tambak merupakan lahan yang tergenang air, maka akan terjadi penyebaran pestisida oleh gerakan air permukaan dan perkolasi larutan tanah, sehingga menyebabkan pencemaran air tanah. Perilaku pestisida di tanah jenuh air seperti tambak mencakup perpindahan massa dan peristiwa peruraian. Proses perpindahan massa dalam tanah jenuh air mencakup proses perpindahan massa secara adveksi, proses perpindahan massa difusi dan disfersi, proses perpindahan massa antarfase air-tanah, yaitu: adsorpsi, absorpsi dan desorpsi, serta proses perpindahan massa karena terambil oleh tanaman dan makhluk hidup lain (Rahayuningsih, 2009). Adapun peristiwa peruraian mencakup peruraian secara abiotik, yaitu terdiri atas reaksi hidrolisis dan fotolisis dan peruraian secara biotik, yaitu reaksi karena adanya aktivitas mikroorganisme (Wolfe et al., 1980).

Ada 3 jenis pestisida yang digunakan oleh pembudidaya tambak di Kabupaten Pinrang yaitu: saponin dan besnoid.

Saponin adalah pestisida organik yang umum digunakan di tambak untuk kelima sistem budidaya tambak di Kabupaten Pinrang. Saponin adalah produk sampingan dari proses pembuatan minyak dari biji teh (*Camelliasinensis*). Biji teh mengandung 10-15% saponin yang efektif dalam mematikan hama ikan yang tidak diinginkan, namun tidak mematikan udang. Saponin digunakan sebagai pestisida awal dan susulan pada sistem monokultur ikan bandeng dan polikultur ikan bandeng dan udang windu. Dosis saponin yang umum digunakan di tambak berkisar antara 15 sampai 25 ppm, dimana pada salinitas yang tinggi digunakan dosis yang lebih rendah. Saponin tidak hanya mematikan hama ikan yang tidak diinginkan, tetapi juga dapat merangsang pergantian kulit dalam budidaya udang (Primavera, 1993; Shariff *et al.*, 2000), saponin dapat juga berfungsi sebagai pupuk organik yang dapat merangsang pertumbuhan alga di tambak (Liao *et al.*, 2000). Saponin dosis 2-3 ppm selama 24 jam diaplikasikan untuk merangsang pergantian kulit pada udang windu dan saponin dosis 20-30 ppm direkomendasikan untuk pembasmian penyakit bintik hitam (*blackspot disease*) pada udang (Shariff *et al.*, 2000). Selain itu, dalam pembasmian infeksi protozoa di tambak digunakan saponin dosis 5-25 ppm (Baticados dan Paclibare, 1992).

Penggunaan jenis pestisida lainnya yang digunakan oleh pembudidaya tambak yaitu besnoid memiliki angka penggunaan yang relatif rendah. Pemerintah sudah melarang penggunaan pestisida yang banyak di tambak, karena pestisida memiliki daya racun yang tinggi, sulit terurai, terakumulasi dalam tanah tambak dan memiliki potensial tinggi untuk terakumulasi dalam jaringan organisme. Perhatian terhadap kesehatan manusia dan lingkungan mengenai penggunaan sarana produksi dalam akuakultur telah tercermin dalam “*FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries*” (FAO, 1995 dalam Subasinghe *et al.*, 2000).

Kesimpulan

Berdasarkan survei yang dilakukan di Kawasan Inti Minapolitan Kecamatan Suppa, Kabupaten Pinrang, Propinsi Sulawesi Selatan menunjukkan ada lima sistem budidaya yang diaplikasikan oleh 362 pembudidaya tambak yang ada yaitu monokultur vannamei, monokultur ikan bandeng, polikultur bandeng vannamei, polikultur bandeng windu dan polikultur lainnya (termasuk ikan nila). Ada beberapa jenis produk kimia yang digunakan oleh pembudidaya tambak dan dapat dikelompokkan atas 3 kelompok yaitu: pupuk, kapur serta pestisida. Jenis produk kimia terbanyak digunakan pada sistem polikultur bandeng dan udang (vannamei maupun windu) sebab dilaksanakan pada tambak yang tergolong tanah bermasalah. Jenis pupuk yang digunakan ada beberapa jenis yaitu : TSP/SP 36, pupuk organik, Phoska, dan pupuk urea. Jenis kapur yang digunakan yaitu kapur bakar dan dolomit. Adapun jenis pestisida yang umum digunakan yaitu saponin dan besnoid.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Tim Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan, Penyuluh dan pendamping di Kabupaten Pinrang beserta seluruh Tim Peneliti yang telah banyak membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan makalah ini dapat selesai tepat waktu.

Daftar Pustaka

- Alam, S.M.N. 2007. Biological and chemical products use in extensive shrimp farming in Southwest Bangladesh. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 2(1), 56-62.
- Baticados, M.C.L. and Paclibare. J.O. 1992. The use of chemotherapeutic agents in aquaculture in the Philippines. In: Shariff, M., R.P. Subasinghe and J.R Arthur (eds.), *Diseases in Asian Aquaculture I*. Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila. pp. 531-546.
- Boyd, C.E. 1995. Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture. Chapman and Hall, New York, 348 pp.
- Boyd, C.E. and L.Massaut. 1999. Risks associated with the use of chemicals in pond aquaculture. *Aquacultural Engineering* 20(2), 113-132.
- Cruz-Lacierda, E.R., L.D. de la Peña and S.C. Lumanlan-Mayo. 2000. The use of chemicals in aquaculture in the Philippines. In: Arthur, J.R., C.R. Lavilla-Pitogo and R.P. Subasinghe (eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines. pp. 155-184.
- Cruz-Lacierda, E.R., V.L.Jr. Corre, A. Yamamoto, J. Koyama and T. Matsuoka. 2008. Current status on the use of chemicals and biological products and health management practices in aquaculture farms in the Philippines. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.* 57, 37-45.
- Davis, M.L. and D.A. Cornwell. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. Second edition. Mc-Graw-Hill, Inc., New York. 822 pp.
- Gräslund, S. and B.-E. Bengtsson. 2001. Chemicals and biological products used in south-east Asian shrimp farming, and their potential impact on the environment: a review. *Science of the Total Environment* 280(1-3), 93-131.
- Gräslund, S., K. Holmström and A. Wahlström. 2003. A field survey of chemicals and biological products used in shrimp farming. *Marine Pollution Bulletin* 46(1), 81-90.
- Islam, M.S., A. Milstein, M.A. Wahab, A.H.M. Kamal and S. Dewan. 2005. Production and economic return of shrimp aquaculture in coastal ponds of different management regimes. *Aquaculture International* 13, 489-500.
- Liao, I.C., J.-J. Guo and M.-S. Su. 2000. The use of chemicals in aquaculture in Taiwan, Province of China. In: Arthur, J.R., C.R. Lavilla-Pitogo and R.P. Subasinghe (eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines. pp. 193-205.
- Lyle-Fritch, L.P., E. Romero-Beltrán and F. Pérez-Osuna. 2006. A survey on use of the chemical and biological products for shrimp farming in Sinaloa (NW Mexico). *Aquacultural Engineering* 35(2), 135-146.
- Milstein, A., M.S. Islam, M.A. Wahab, A.H.M. Kamal and S. Dewan. 2005. Characterization of water quality in shrimp ponds of different size and with different management regimes using multivariate statistical analysis. *Aquaculture International* 13, 501-518.

- Mustafa, A. & Sammut, J. 2007. Effect of different remediation techniques and dosages of phosphorus fertilizer on soil quality and klekap production in acid sulfate soil affected aquaculture ponds. *Indonesian Aquaculture Journal*, 2(2): 141-157.
- Mustafa, A., Sapo, I., & Paena, M. 2010. Studi penggunaan produk kimia dan biologi pada budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) di tambak Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. *Jurnal Riset Akuakultur*, 5(1): 115 -133.
- Pathak, S.C., S.K. Ghosh and K. Palanisamy. 2000. The use of chemicals in aquaculture in India. In: Arthur, J.R., C.R. Lavilla-Pitogo and R.P. Subasinghe (eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines. pp. 87-112.
- Phillips, M. 2000. The use of chemicals in carp and shrimp aquaculture in Bangladesh, Cambodia, Lao PDR, Nepal, Pakistan, Sri Lanka and Viet Nam. In: Arthur, J.R., C.R. Lavilla-Pitogo and R.P. Subasinghe (eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines. pp. 75-86.
- Primavera, J.H. 1993. A critical review of shrimp pond culture in the Philippines. *Rev. Fish. Sci.* 1, 151-201.
- Rahayuningsih, E. 2009. *Analisis Kuantitatif Perilaku Pestisida di Tanah*. GadjahMadaUniversity Press, Yogyakarta. 278 hlm.
- Shariff, M., G. Nagaraj, F.H.C. Chua and Y.G. Wang. 2000. The use of chemicals in aquaculture in Malaysia and Singapore. In: Arthur, J.R., C.R. Lavilla-Pitogo and R.P. Subasinghe (eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines. pp. 127-141.
- Subasinghe, R.P., U. Barg and A.Tacon. 2000. Chemicals in Asian aquaculture: need, usage, issues and challenges. In: Arthur, J.R., C.R. Lavilla-Pitogo and R.P. Subasinghe (eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines. pp. 1-5.
- Supriyadi, H. and A. Rukyani. 2000. The use of chemicals in aquaculture in Indonesia. In: Arthur, J.R., C.R. Lavilla-Pitogo and R.P. Subasinghe (eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines. pp. 113-118.
- Tonguthai, K. 2000. The use of chemicals in aquaculture in Thailand. In: Arthur, J.R., C.R. Lavilla-Pitogo and R.P. Subasinghe (eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines. pp. 207-220.
- Wirartha, I M. 2006. *Metodologi Penelitian Sosial Ekonomi*. Penerbit Andi, Yogyakarta. 383 hlm.
- Wolfe, N.L., D.F. Paris, W.C. Steen and G.L. Baughman. 1980. Correlation of microbial degradation rate with chemical structure. *Journal of Environmental Science* 14, 1134-1144.
- Yulin, J. 2000. The use of chemicals in aquaculture in the People's Republic of China. In: Arthur, J.R., C.R. Lavilla-Pitogo and R.P. Subasinghe (eds.), *Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*. Southeast Asian Fisheries Development Center Aquaculture Department, Tigbauan, Iloilo, Philippines. pp. 141-153.