

HUBUNGAN ANTARA FAKTOR KONDISI LINGKUNGAN DAN PRODUKTIVITAS TAMBAK UNTUK PENAJAMAN KRITERIA KELAYAKAN LAHAN: 1. KUALITAS AIR

Akhmad Mustafa^{*)}, Irmawati Sapo^{*)}, Hasnawi^{*)}, dan Jesmond Sammut^{**)}

ABSTRAK

Kualitas air merupakan salah satu faktor yang dipertimbangkan dalam evaluasi kelayakan lahan untuk budi daya tambak, karena sifat kimia dan fisiknya mempengaruhi organisme yang dibudidayakan dan makanan alami. Dalam banyak kasus, kriteria kualitas air untuk akuakultur di Indonesia terlalu bersifat umum. Oleh karena itu, dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara produktivitas tambak dari berbagai komoditas yang dibudidayakan di Indonesia. Penelitian dilaksanakan di kawasan pertambakan yang ada di Kabupaten Pinrang, Sinjai, Luwu, dan Luwu Utara Provinsi Sulawesi Selatan dan Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung. Metode penelitian yang diaplikasikan adalah metode survai, termasuk untuk mendapatkan data primer dari produksi yang dilakukan melalui pengajuan kuisioner dan perekaman pada saat wawancara kepada responden. Pengukuran langsung di lapangan dan pengambilan contoh air untuk dianalisis di laboratorium dilakukan pada musim kemarau dan musim hujan. Pemilihan model regresi "terbaik" didasarkan pada metode kuadrat terkecil. Udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) dapat tumbuh dan hidup dengan baik pada kisaran salinitas yang lebar (20--35 ppt), tetapi udang vanamei tidak dipengaruhi oleh suhu antara 28,2°C dan 31,7°C; oksigen terlarut antara 4,99 mg/L dan 10,03 mg/L dan pH antara 7,83 dan 8,89. Produksi rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) tertinggi didapatkan pada salinitas 25,6 ppt dan oksigen terlarut 8,39 mg/L dan rumput laut tumbuh baik pada kisaran pH antara 6,00 dan 9,32, suhu antara 26,00°C dan 37,86°C, fosfat lebih besar 0,1000 mg/L dan besi kurang dari 0,1000 mg/L. Produksi pada polikultur udang windu dan ikan bandeng tertinggi didapatkan pada salinitas 16,3 ppt, namun produksinya tidak dipengaruhi suhu antara 26,15°C dan 36,38°C, oksigen terlarut antara 4,60 mg/L dan 10,00 mg/L dan pH antara 6,08 dan 8,64.

ABSTRACT: *Understanding the relationship between environmental factors and brackish water pond productivity to enhance criteria for land capability assessment: 1. Water quality. By: Akhmad Mustafa, Irmawati Sapo, Hasnawi, and Jesmond Sammut*

Water quality is an important factor in land capability assessment for brackish water aquaculture ponds because its chemical and physical properties affect the biology of the farmed organisms and natural feed. In most cases water quality criteria in Indonesian aquaculture are too generalized. The present study investigated the relationship between key water quality variables and pond productivity for common commodities farmed in Indonesia. The study was carried out in representative brackish water ponds at Pinrang, Sinjai, Luwu, and North Luwu Regencies, South Sulawesi Province and South Lampung Regency, Lampung Province. The study collected farm data through a structured questionnaire and interviews, and environmental measurements,

^{*)} Peneliti pada Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau, Maros

^{**)} School of Biological, Earth and Environmental Sciences, The University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia

principally water quality analyses. In situ and laboratory analyses were conducted for dry and wet season conditions. A regression model based on the least quadratic method was used to identify relationships between water quality factors and pond productivity. The production of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) was highest in a salinity range of 20--35 ppt, water temperatures between 28.2°C and 31.7°C, dissolved oxygen concentrations between 4.99 mg/L and 10.03 mg/L and pH between 7.83 and 8.89. The highest seaweed production (*Gracilaria verrucosa*) occurred at a salinity of 25.6 ppt and dissolved oxygen concentration of 8.4 mg/L. The best overall growth of seaweed occurred at a pH 6.00--9.32, water temperature of 26.00°C--37.86°C, phosphate concentrations > 0.1000 mg/L and iron concentrations < 0.1000 mg/L. Polyculture production of tiger prawn (*Penaeus monodon*) and milkfish (*Chanos chanos*) was greatest in pond water temperatures of 26.15°C to 36.38°C, dissolved oxygen concentrations between 4.60 mg/L and 10.00 mg/L, and pH between 6.08 and 8.64.

KEYWORDS: water quality, productivity, land capability criteria, brackish water ponds

PENDAHULUAN

Perikanan budi daya atau akuakultur yang sekarang ini dilaksanakan di Indonesia meliputi: budi daya laut, air payau, dan air tawar. Potensi lahan perikanan budi daya air payau atau tambak mencapai 1,22 juta hektar dengan tingkat pemanfaatannya baru mencapai 40% (Anonim, 2005). Produksi yang dicapai saat ini masih tergolong rendah apabila dibandingkan dengan potensi lahan budi daya air payau yang tersedia. Oleh karena itu, peluang pengembangan areal budi daya tambak masih sangat luas.

Dalam pengembangan areal budi daya tambak, evaluasi kelayakan lahan perlu dilakukan untuk menjadi dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan penggunaan lahan. Menurut Rossiter (1996), evaluasi kelayakan lahan sangat penting dilakukan karena lahan memiliki sifat fisik, sosial, ekonomi, dan geografi yang bervariasi atau dengan kata lain lahan diciptakan tidak sama. Adanya variasi sifat tersebut dapat mempengaruhi penggunaan lahan termasuk untuk budi daya tambak.

Komoditas perikanan yang umum untuk budi daya tambak di Indonesia adalah udang windu (*Penaeus monodon*), udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*), ikan bandeng (*Chanos chanos*), dan rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) baik secara monokultur maupun polikultur. Komoditas tersebut termasuk komoditas perikanan yang berbasis lahan, maka untuk dapat tumbuh atau hidup dan berproduksi memerlukan persyaratan-persyaratan tertentu yang berbeda satu sama lain. Persyaratan tumbuh atau penggunaan

lahan yang diperlukan oleh masing-masing komoditas tersebut dapat dijadikan dasar dalam menyusun kriteria kelayakan lahan.

Secara umum, faktor-faktor yang dipertimbangkan sebagai kriteria kelayakan lahan budi daya tambak meliputi: topografi dan hidrologi, kualitas tanah, kualitas air, iklim, serta infrastruktur, dan sosial ekonomi (Muir & Kapetsky, 1988; Poernomo, 1992; Boyd, 1995; Hardjowigeno *et al.*, 1996; Treece, 2000; Salam *et al.*, 2003; Karthik *et al.*, 2005; Mustafa *et al.*, 2007). Namun, kriteria yang digunakan masih bersifat umum untuk seluruh komoditas perikanan yang dapat dibudidayakan di tambak. Selain itu, kondisi lingkungan yang dibutuhkan setiap komoditas, kadang-kadang dilaporkan berbeda oleh penulis yang berbeda pula. Salah satu faktor penting dari faktor lingkungan yang dipertimbangkan dalam kriteria kelayakan lahan budi daya tambak adalah kualitas air. Setiap komoditas yang dibudidayakan di tambak, menuntut kualitas air yang dapat berbeda untuk tumbuh secara optimum. Pengaruh kualitas air terhadap "penampilan" tercermin pada pertumbuhan dan sintasan suatu organisme akuatik yang cenderung mengikuti tiga pola atau model yaitu: model yang dapat menentukan adanya *level* optimum; model yang menurun secara perlahan-lahan sampai tidak ada yang bertahan hidup, dan model yang meningkat secara perlahan-lahan sampai mencapai *level* tertentu (Poxton, 2003). Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui hubungan antara peubah kualitas air dengan produktivitas tambak untuk berbagai komoditas perikanan air payau dalam upaya penajaman kriteria kelayakan lahan budi daya tambak.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di kawasan pertambakan yang ada di Kabupaten Pinrang, Sinjai, Luwu, dan Luwu Utara Provinsi Sulawesi Selatan dan Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung (Gambar 1). Untuk mendapatkan informasi awal mengenai kegiatan budi daya tambak di setiap kabupaten tersebut, maka dilakukan pertemuan dengan staf Dinas Perikanan dan Kelautan di setiap kabupaten. Penelitian diawali dengan melihat secara keseluruhan tambak yang ada di setiap kabupaten. Titik-titik pengamatan atau tambak terpilih ditentukan secara acak dari Peta *Mapping Unit* (Satuan Pemetaan) yaitu gabungan Peta *Landscape* (Bentuk Lahan) dan *Land Use* (Penggunaan Lahan). Pembudi daya tambak dari tambak terpilih menjadi responden dalam penelitian ini. Titik-titik pengamatan ditentukan posisinya dengan *Global Positioning System* (GPS).

Metode penelitian yang diaplikasikan adalah metode survai, termasuk untuk mendapatkan data primer dari produksi yang dilakukan melalui pengajuan kuisioner dan perekaman pada saat wawancara kepada responden secara terstruktur. Kualitas air yang diukur secara *in situ* meliputi: pH, suhu, salinitas, dan oksigen terlarut dengan Hydrolab Minisonde yang dilakukan antara pukul 10.00 dan 15.00. Peubah kualitas air lainnya diketahui dengan pengambilan contoh air pada tiga titik untuk setiap petak tambak yang dikomposit dan selanjutnya dipreservasi mengikuti petunjuk APHA (1998). Pengukuran dan pengambilan contoh air dilakukan dua kali yaitu pada saat musim kemarau dan musim hujan untuk mendapatkan gambaran kualitas air tahunan. Contoh air dari Kabupaten Pinrang, Sinjai, Luwu, dan Luwu Utara dianalisis di Laboratorium Air Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau di Maros meliputi: NH_4 dengan metode fenat (APHA, 1998), PO_4 dengan metode asam askorvik (APHA, 1998), dan Fe dengan metode fenantrolin (APHA, 1998). Dengan metode analisis air yang sama, contoh air dari tambak Kabupaten Lampung Selatan dianalisis di Laboratorium Kesehatan Lingkungan Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut Lampung di Lampung Selatan.

Sebagai peubah tidak bebas dalam penelitian ini adalah produktivitas tambak untuk budi daya udang vanamei, rumput laut, dan polikultur udang windu dengan ikan bandeng. Sebagai peubah bebas yaitu

peubah kualitas air. Koefisien korelasi ditentukan untuk mengetahui keeratan hubungan antar peubah kualitas air. Koefisien korelasi yang tinggi menunjukkan hubungan yang sangat erat antar peubah dan selanjutnya dipilih satu di antaranya dengan memilih peubah yang lebih mudah ditentukan di lapangan. Estimasi kurva dari analisis regresi digunakan untuk menentukan hubungan antara produktivitas tambak untuk setiap komoditas dengan setiap peubah kualitas air. Model regresi "terbaik" ditentukan berdasarkan berturut-turut dari nilai R^2 (koefisien determinasi yang disesuaikan), nilai jumlah kuadrat dari sisa dan nilai signifikansi sesuai metode *least square* (kuadrat terkecil). Taraf signifikansi ditetapkan sebesar 0,10. Seluruh data dianalisis dengan bantuan Program *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) 15,0 (SPSS, 2006). Apabila model regresi "terbaik" yang didapatkan adalah kuadratik dan bersifat signifikan atau sangat signifikan maka produktivitas tambak maksimum dapat ditentukan melalui penghitungan turunan dari persamaan kuadratik seperti di bawah:

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

HASIL DAN BAHASAN

Udang Vanamei

Pengumpulan data kualitas air maupun produksi udang vanamei dilakukan di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Seluruh tambak untuk budi daya udang vanamei secara monokultur dibangun di pinggir pantai, menyebabkan variasi salinitas air tambak relatif kecil dan umumnya mendekati salinitas air laut yaitu antara 23,9 dan 35,2 ppt dengan rata-rata 33,1 ppt. Hubungan antara produksi udang vanamei dengan salinitas termasuk signifikan ($P=0,064$) dengan model regresi "terbaik" adalah model S (Gambar 2).

$$y = e^{12.690 - 75.261/x}$$

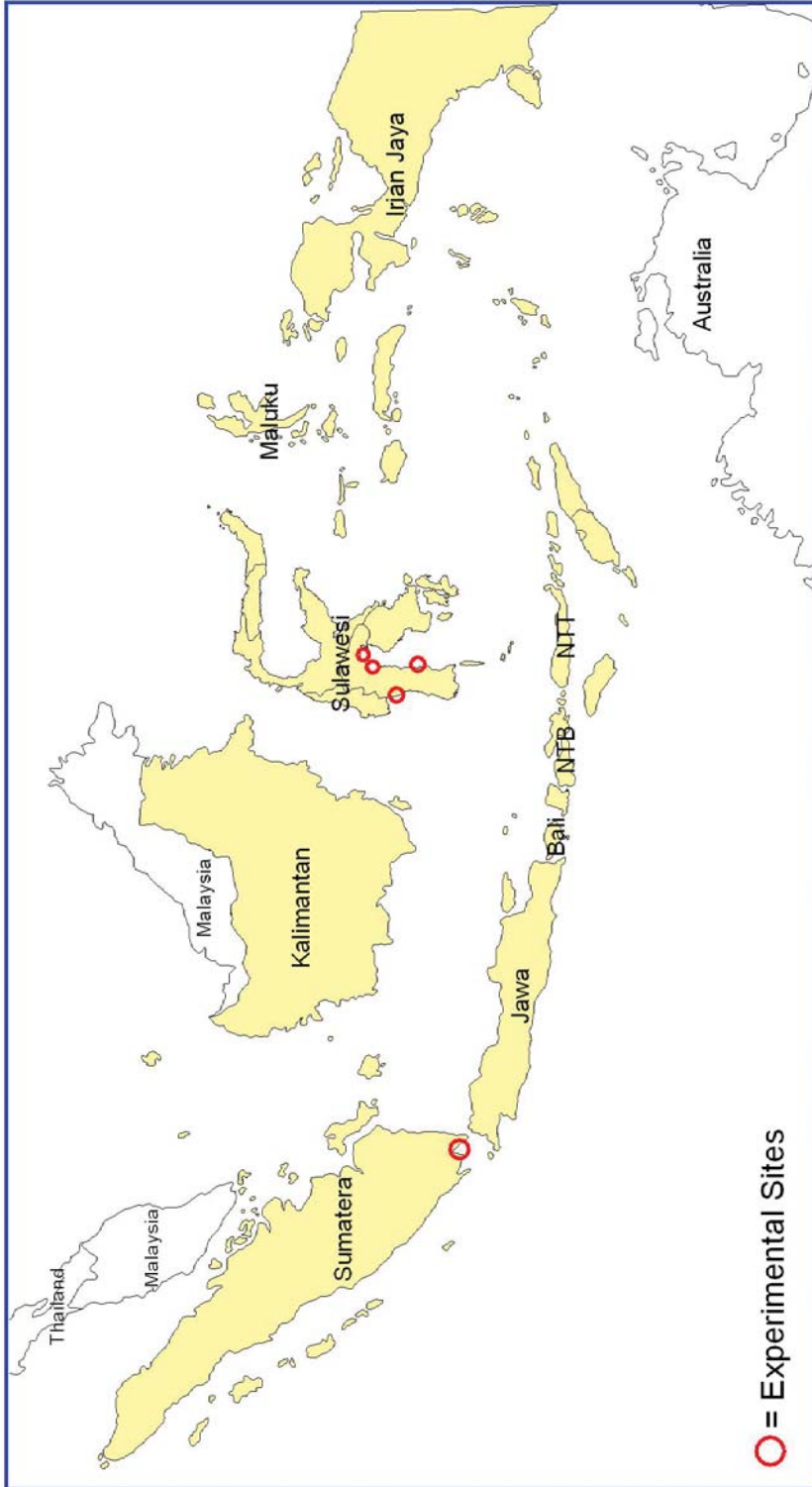
di mana:

y = produksi udang vanamei (kg/ha/tahun)

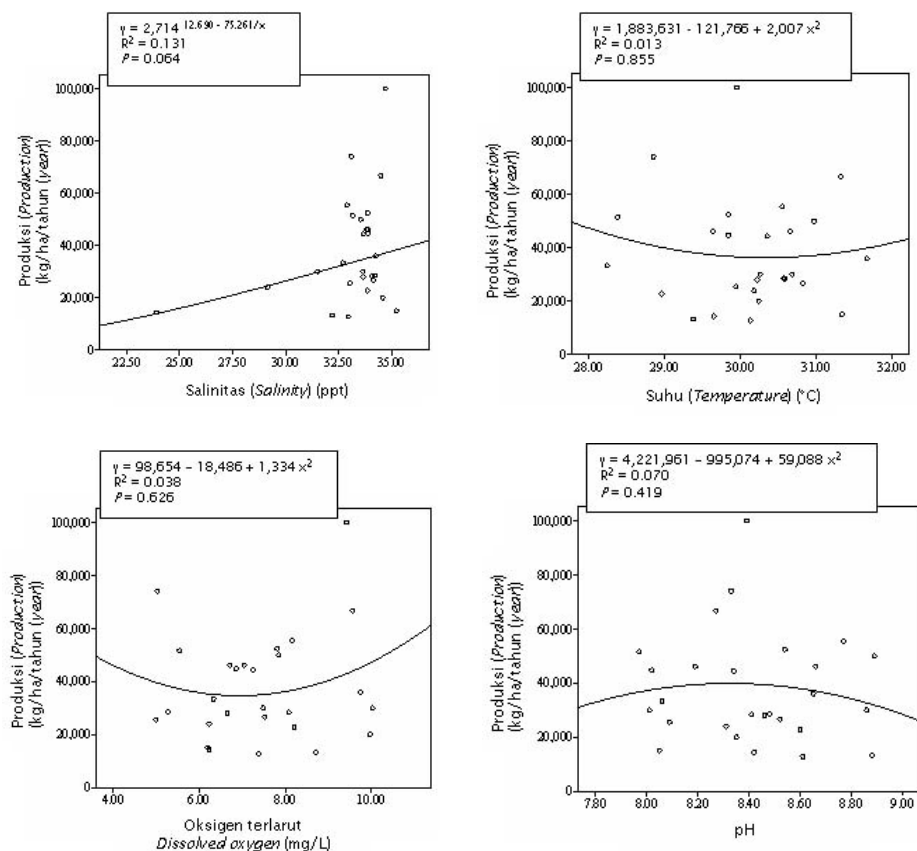
x = salinitas (ppt)

e = bilangan alam = 2,714

Nilai R^2 yang didapatkan pada model ini sebesar 0,131 yang menunjukkan bahwa salinitas hanya berkontribusi sebesar 13,10% terhadap produksi udang vanamei dan sisanya



Gambar 1. Lokasi penelitian di tambak di Indonesia
Figure 1. Experimental sites in the brackish water ponds of Indonesia



Gambar 2. Hubungan antara produksi udang vanamei (*Litopenaeus vannamei*) dan salinitas, suhu, oksigen terlarut, dan pH air tambak

Figure 2. Relationship between production of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and salinity, temperature, dissolved oxygen and pH of water in the brackish water ponds

ditentukan oleh faktor lain. Model regresi yang demikian, juga menunjukkan adanya kemungkinan dua kisaran salinitas dimana produksi udang vanamei dapat lebih tinggi. Dalam hal ini juga mengindikasikan bahwa udang vanamei tergolong memiliki kisaran salinitas yang lebar untuk hidup dan tumbuh atau dengan kata lain bersifat eurihalin. Udang vanamei mendiami air dengan kisaran salinitas yang lebar, termasuk air payau bersalinitas 1—2 ppt sampai air laut bersalinitas 40 ppt (Menz & Blake, 1980). Dilaporkan bahwa udang vanamei umumnya tumbuh optimum pada salinitas 15—20 ppt (Bray *et al.*, 1994) dan salinitas 15—25 (Menz & Blake, 1980), sedangkan Hernández *et al.* (2006) menyatakan bahwa pertumbuhan dan sintasan

terbaik udang vanamei dijumpai pada salinitas 33—40 ppt. Lin & Chen (2003) menyatakan bahwa pembudi daya sering menambahkan air tawar untuk menurunkan salinitas air tambaknya di bawah 20 ppt, sebab pembudi daya meyakini bahwa udang vanamei lebih baik tumbuhnya pada air payau daripada air laut. Juga telah dilaporkan bahwa udang vanamei telah sukses dibudidayakan di tambak air tawar (van Wyk *et al.*, 1999 dalam McGraw & Scarpa, 2004) dan salinitas rendah (Samocha *et al.*, 2002; Saoud *et al.*, 2003). Pada penelitian ini, umumnya produksi yang lebih tinggi didapatkan pada salinitas 32,5—35,0 ppt.

Seperti halnya dengan salinitas air tambak, maka suhu di tambak udang vanamei juga

relatif kecil variasinya sebagai akibat kedalaman air tambak yang tinggi (1,5—2,4 m) dan adanya kincir air yang menyebabkan stabilnya suhu air pada seluruh badan air tambak. Hubungan antara produksi udang vanamei dengan suhu air tidak signifikan pada model regresi apapun, termasuk pada model regresi “terbaik” yaitu model kuadratik ($P=0,855$). Suhu air selama budi daya udang vanamei berkisar $28,2^{\circ}\text{C}$ — $31,7^{\circ}\text{C}$ dengan rata-rata $30,1^{\circ}\text{C}$. Tidak dijumpainya pengaruh suhu air terhadap produksi udang vanamei sebagai akibat suhu air yang memang berada pada kisaran yang optimum untuk budi daya udang vanamei. Seperti telah dilaporkan oleh Ponce-Palatox *et al.* (1997) bahwa suhu optimum untuk pertumbuhan udang vanamei adalah 25°C — 35°C .

Budi daya udang vanamei yang dilakukan di Kabupaten Lampung Selatan tergolong dalam tingkatan teknologi intensif dan superintensif dengan padat penebaran 75 sampai 240 ekor/ m^2 dengan rata-rata 148 ekor/ m^2 , sehingga kincir air menjadi kebutuhan utama untuk mensuplai oksigen terlarut. Oksigen terlarut sering dipertimbangkan sebagai faktor lingkungan penting dalam menentukan sukses dan intensifikasi budi daya udang. Produktivitas tambak dan konsentrasi oksigen terlarut tidak berhubungan secara signifikan termasuk pada model regresi “terbaik” yaitu model kuadratik ($P=0,626$). Namun demikian, model kuadratik “terbaik” yang diperoleh adalah model kuadratik U normal, tetapi yang banyak dilaporkan adalah model kuadratik U terbalik untuk hubungan antara oksigen terlarut dengan “penampilan” organisme akuatik (Poxton, 2003). Kisaran oksigen terlarut air tambak antara 4,99 dan 10,03 dengan rata-rata 7,42 mg/L. Informasi kisaran oksigen terlarut yang optimum untuk udang vanamei belum tersedia, sehingga diduga kisaran oksigen terlarut air termasuk dalam kisaran yang optimum sehingga oksigen terlarut tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap produktivitas tambak. Hopkins *et al.* (1991) melaporkan bahwa konsentrasi oksigen terlarut yang mematikan udang vanamei adalah 1 mg/L.

Seperti halnya dengan konsentrasi oksigen terlarut air, maka pH air juga tidak memiliki hubungan yang signifikan, termasuk model regresi “terbaik” yaitu model kuadratik ($P=0,849$) dengan produktivitas tambak untuk budi daya udang vanamei. Kisaran pH air tambak yaitu 7,83 sampai 8,89 dengan rata-

rata 8,40. Kisaran pH air yang sempit ini diduga sebagai akibat sumber air yang digunakan untuk budi daya laut semuanya diambil langsung dari laut, di mana pH air laut biasanya sekitar 8,00. Kisaran yang sempit ini menyebabkan pula tidak adanya pengaruh pH air terhadap produksi udang vanamei. Belum ada informasi mengenai pH optimum untuk budi daya udang vanamei di tambak, namun telah dilaporkan oleh Effendi (2003) bahwa sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH 7,0--8,5.

Rumput Laut

Pembudi daya rumput laut di Kabupaten Sinjai, Luwu, dan Luwu Utara memelihara rumput laut bersama ikan bandeng dengan sistem polikultur. Kedua komoditas tersebut dapat dipolikulturkan dalam tambak karena kebutuhan ekologisnya relatif sama (Guanzon *et al.*, 2004). Namun demikian, tujuan utama pembudi daya dalam sistem polikultur ini adalah produksi rumput laut, sedangkan ikan bandeng hanya untuk dikonsumsi. Oleh karena itu, yang diperoleh hanya data produksi rumput laut saja.

Hubungan antara produksi rumput laut dengan salinitas termasuk signifikan ($P=0,034$) dengan model regresi “terbaik” adalah model kuadratik (Gambar 3) dengan persamaan regresi:

$$y = -5.143 + 1.110 x - 22 x^2$$

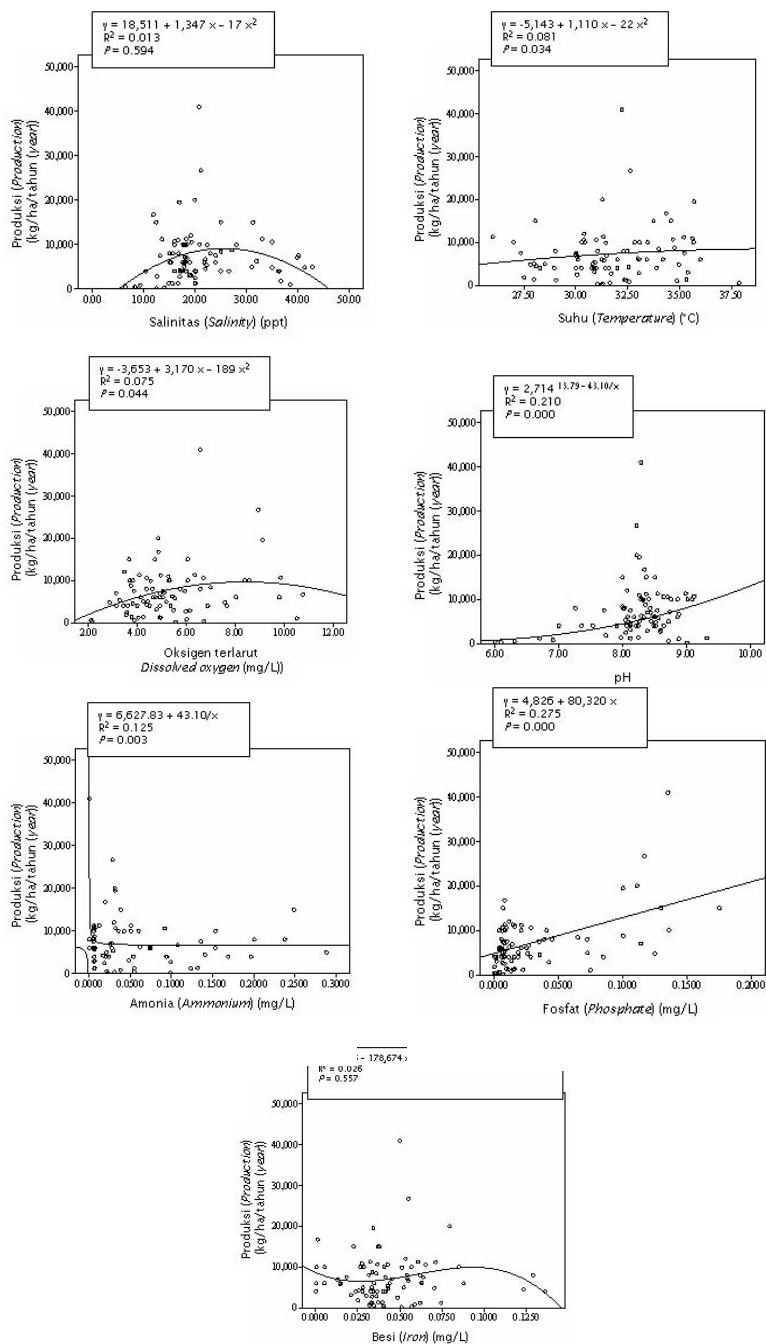
di mana:

y = produksi rumput laut (kg/ha/tahun)

x = salinitas (ppt)

Hasil perhitungan lebih lanjut dari persamaan tersebut didapatkan bahwa produksi rumput laut tertinggi didapatkan pada salinitas 25,6 ppt. Hasil yang didapatkan ini relatif sama dengan temuan sebelumnya bahwa rumput laut tumbuh paling cepat pada salinitas 25 ppt (Lin, 1974) dan antara 18 dan 30 ppt (Chen, 1976). Salinitas optimum untuk rumput laut adalah 15 sampai 25 ppt (Anonymous, 1991), sedangkan Guanzon & De Castro (1992) serta De Castro & Quanzon (1993) menyatakan bahwa rumput laut dapat mentolerir salinitas yang lebar antara 25,5 dan 34,5 ppt.

Produksi rumput laut memiliki hubungan yang tidak signifikan ($P=0,594$) dengan suhu air tambak dengan model regresi “terbaik” model kuadratik. Dalam hal ini terlihat bahwa makin tinggi atau makin rendah suhu air



Gambar 3. Hubungan antara produksi rumput laut (*Gracillaria verrucosa*) dan salinitas, suhu, oksigen terlarut, pH, amonium, fosfat, dan besi air tambak

Figure 3. Relationship between production of seaweed (*Gracillaria verrucosa*) and salinity, temperature, dissolved oxygen, pH, ammonium, phosphate, and iron of water in the brackish water ponds

berdampak pada rendahnya produksi rumput laut (Gambar 3), walaupun tidak signifikan Suhu air tambak yang digunakan untuk budi daya rumput laut berkisar 26,0°C dan 37,9°C dengan rata-rata 31,7°C. Diduga kisaran suhu air tambak tersebut belum signifikan mempengaruhi produksi rumput laut. Suhu air 25°C—30°C adalah suhu yang baik untuk budi daya rumput laut (Hurtado-Ponce & Umezaki, 1987). Yang *et al.* (2006) menyatakan bahwa banyak spesies rumput laut tumbuh baik pada suhu 20°C atau lebih, tetapi pada suhu yang lebih tinggi lagi dapat menurunkan pertumbuhan rumput laut. Pada musim dingin dimana suhu air lebih rendah akan membatasi pertumbuhan rumput laut (Maclachlan & Bird, 1986).

Oksigen terlarut air tambak pada budi daya rumput laut berkisar antara 2,1 dan 10,8 mg/L dengan rata-rata 5,3 mg/L. Penyebaran ikan bandeng dalam polikultur dengan rumput laut di tambak dapat menyebabkan adanya gerakan air yang dapat meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut. Gerakan air meningkatkan kecepatan difusi dari material, termasuk gas-gas, masuk dan keluarnya tallus yang diperlukan untuk mempercepat pertumbuhan rumput laut (Nagler *et al.*, 2003). Rumput laut sendiri juga dapat memproduksi oksigen terlarut dalam jumlah besar (Fei, 2004). Dari Gambar 3 terlihat bahwa konsentrasi oksigen terlarut memiliki hubungan signifikan ($P=0,044$) dengan produksi rumput laut dengan model regresi “terbaik” model kuadratik melalui persamaan regresi:

$$y = -3.653 + 3.170 x - 189 x^2$$

di mana:

- y = produksi rumput laut (kg/ha/tahun)
- x = oksigen terlarut (mg/L)

Hasil perhitungan lebih lanjut dari persamaan tersebut didapatkan bahwa produksi rumput laut tertinggi didapatkan pada oksigen terlarut 8,39 mg/L. Dari Gambar 3 terlihat bahwa pada konsentrasi oksigen terlarut yang sangat rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan penurunan produksi rumput laut. Pada polikultur antara rumput laut dan ikan bandeng yang dilakukan oleh Guanzon *et al.* (2004) melaporkan bahwa oksigen terlarut air tambak masih dapat ditolerir oleh rumput laut dan ikan bandeng dengan penyebaran rumput laut 1.000 kg basah/ha dan ikan bandeng 3.000 ekor/ha.

Pengumpulan data kualitas air dan produksi rumput laut dilakukan di pantai timur

Provinsi Sulawesi Selatan yang secara umum tergolong tanah sulfat masam, tanah gambut atau asosiasi keduanya. Namun demikian, potensi kesamaan tanah yang cukup bervariasi besarnya berdampak pula pada pH air tambak yang cukup bervariasi. Sebagai akibatnya pH air berkontribusi sangat signifikan ($P=0,000$) terhadap produksi rumput laut di tambak dengan model regresi “terbaik” model S (Gambar 3) dengan persamaan regresi:

$$y = e^{13,79 - 43,10/x}$$

di mana:

- y = produksi rumput laut (kg/ha/tahun)
- x = pH
- e = bilangan alam = 2,714

Nilai R^2 yang didapatkan pada model ini adalah 0,210 yang berarti pH air mempengaruhi 21,0% produksi rumput laut dan sisanya 79,0% dipengaruhi oleh faktor lain. Produksi rumput laut yang relatif tinggi didapatkan pada pH air antara 8,2 dan 9,3. Namun demikian, karena model regresi yang “terbaik” adalah model S, memungkinkan adanya produksi yang juga relatif tinggi pada pH air di bawah 8,2 atau dalam hal ini rumput laut memiliki kisaran pH air yang relatif lebar untuk tumbuh dengan baik. Namun demikian, telah dilaporkan bahwa pada pH kurang dari 4,0 sebagian tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah (Effendi, 2003).

Pasokan unsur hara merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Unsur hara seperti nitrogen dapat diserap oleh rumput laut dalam bentuk ammonium dan nitrat, di mana ammonium lebih disukai daripada nitrat (Yang *et al.*, 2006). Dari penelitian ini terlihat bahwa terdapat hubungan sangat signifikan ($P=0,003$) antara konsentrasi ammonium dan produksi rumput laut dengan model regresi “terbaik” model terbalik yang berarti makin rendah konsentrasi ammonium dalam air maka produksi rumput laut lebih tinggi (Gambar 3) dengan persamaan regresi:

$$Y = 6.627,83 + 6,86/x$$

di mana:

- y = produksi rumput laut (kg/ha/tahun)
- x = konsentrasi ammonium (mg/L)

Diduga lebih rendahnya produksi rumput laut pada tambak dengan meningkatnya konsentrasi ammonium, sebagai akibat dari tingginya konsentrasi ammonium dalam air. Telah dilaporkan sebelumnya oleh Mustafa &

Ratnawati (2005) dan Mustafa & Sammut (2006) bahwa penambahan dosis pupuk yang mengandung nitrogen pada tambak untuk budi daya rumput laut di Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan dapat menurunkan produksi rumput laut.

Selain nitrogen, unsur hara lain yang diperlukan oleh rumput laut adalah fosfor. Fosfat adalah bentuk fosfor yang diserap oleh rumput laut (Dugan, 1972; Yang *et al.*, 2006). Fosfor merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga akuatik, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga akuatik serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan (Jones & Bachmann, 1976 *dalam* Davis & Cornwell, 1991). Juga telah dilaporkan oleh Mustafa & Sammut (2006) bahwa untuk meningkatkan produksi rumput laut di tambak tanah sulfat masam diperlukan pupuk yang mengandung fosfor, sebab fosfor pada tanah sulfat masam lebih banyak terikat oleh Fe dan Al dan menjadi tidak tersedia untuk rumput laut. Seperti dijumpai dalam penelitian ini di mana produksi rumput laut meningkat secara sangat signifikan ($P=0,000$; $R^2=0,275$) dengan meningkatnya konsentrasi fosfat dalam air dengan model regresi "terbaik" model linier (Gambar 3) dan persamaan regresi seperti di bawah ini:

$$y = 4.826 + 80.320 x$$

di mana:

y = produksi rumput laut (kg/ha/tahun)

x = konsentrasi fosfat (mg/L)

Konsentrasi fosfat air tambak pada budi daya rumput laut rata-rata 0,0303 mg/L dan tergolong perairan dengan tingkat kesuburan sedang (Liaw, 1969). Dengan demikian, peningkatan konsentrasi fosfat dapat meningkatkan produksi rumput laut. Selain itu, dikenal pula istilah "konsumsi lebih" pada alga akuatik yaitu pada saat perairan cukup mengandung fosfor, alga akuatik mengakumulasi fosfor di dalam sel melebihi kebutuhannya (Boney, 1989). Kelebihan fosfor yang diserap akan dimanfaatkan pada saat perairan kekurangan fosfor, sehingga rumput laut masih dapat tumbuh selama beberapa waktu selama periode kekurangan pasokan fosfor.

Hubungan produksi rumput laut dengan konsentrasi Fe air tambak tidak signifikan dengan model regresi "terbaik" adalah model kubik ($P=0,557$). Besi termasuk unsur yang

esensial bagi makhluk hidup. Pada tumbuhan, termasuk rumput laut, Fe berperan sebagai penyusun sitokrom dan klorofil serta berperan dalam sistem enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis. Namun demikian, konsentrasi Fe dalam air yang berlebihan dapat menghambat fiksasi unsur lainnya. Kisaran konsentrasi Fe air tambak pada budi daya rumput laut dari 0,0004 sampai 0,1359 mg/L dengan rata-rata 0,0433 mg/L, masih dalam kisaran yang bisa ditolerir oleh organisme akuatik sehingga tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap produksi rumput laut. Dikatakan oleh Boyd (1990) konsentrasi Fe pada perairan alami berkisar antara 0,05 dan 0,20 mg/L. Konsentrasi Fe air yang lebih tinggi dari 1,0 mg/L dianggap membahayakan kehidupan organisme akuatik (Moore, 1991).

Udang Windu dan Ikan Bandeng

Udang windu dan ikan bandeng adalah komoditas perikanan budi daya pantai yang dapat dipolikulturkan di tambak (Ranoemihardjo *et al.*, 1979; Eldani & Primavera, 1981; Chien *et al.*, 1988), seperti telah dilakukan oleh pembudi daya tambak di Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan (Mustafa & Ratnawati, 2007). Konsep dasar dari polikultur adalah jika dua atau lebih spesies ikan yang cocok dipelihara secara bersama-sama akan meningkatkan produksi (Reich, 1975 *dalam* Eldani & Primavera, 1981; Shang, 1986).

Hubungan antara produksi udang windu dan ikan bandeng dengan salinitas bersifat signifikan ($P=0,020$) dengan nilai R^2 sebesar 0,194 yang berarti salinitas berkontribusi sebesar 19,4% terhadap produksi udang windu dan ikan bandeng. Model regresi "terbaik" dalam hubungan antara produksi udang windu dan ikan bandeng dengan salinitas adalah model kuadrat (Gambar 4) melalui persamaan regresi:

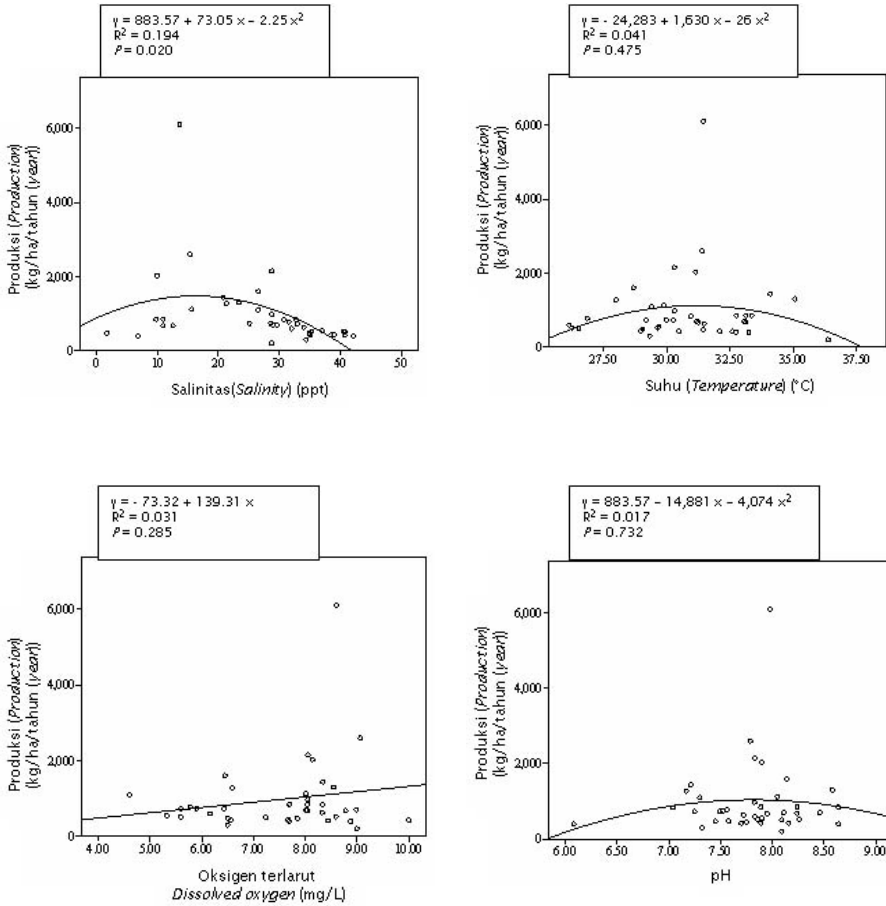
$$y = 883,57 + 73,05 x - 2,25 x^2$$

di mana:

y = produksi rumput laut (kg/ha/tahun)

x = salinitas (ppt)

Hasil perhitungan lebih lanjut dari persamaan tersebut didapatkan bahwa produksi udang windu dan ikan bandeng tertinggi didapatkan pada salinitas 16,3 ppt. Hubungan antara produksi udang windu dengan salinitas dengan model regresi kuadrat juga didapatkan oleh Anggoro (1984), namun respons maksimum terletak pada



Gambar 4. Hubungan antara produksi udang windu (*Penaeus monodon*) dan ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan salinitas, suhu, oksigen terlarut, dan pH air tambak

Figure 4. Relationship between production of tiger prawn (*Penaeus monodon*) and milkfish (*Chanos chanos*) and salinity, temperature, dissolved oxygen, and pH of water in the brackish water ponds

salinitas 20,5 ppt. Lebih tingginya salinitas yang dibutuhkan dalam pendederan bandeng untuk tumbuh optimum dibandingkan dengan pembesaran bandeng, sebagai akibat kebutuhan salinitas yang memang lebih tinggi untuk nener bandeng sebab pada saat produksi nener salinitas umumnya sekitar 30 ppt. Salinitas optimum untuk udang windu (Poernomo, 1988) dan ikan bandeng (Ismail *et al.*, 1993) adalah 15 sampai dengan 25 ppt.

Suhu air tambak memiliki hubungan yang tidak signifikan dengan produksi udang windu dan ikan bandeng dengan model "terbaik"

adalah model kuadratik (P=0,475). Walaupun tidak terdapat hubungan signifikan antara suhu dengan produksi udang vanamei, rumput laut, udang windu, dan ikan bandeng, namun model kuadratik adalah model yang umum berlaku untuk suhu air terhadap "penampilan" organisme akuatik (Poxton, 2003). Suhu air dalam budi daya udang windu dan ikan bandeng berkisar antara 26,15 sampai dengan 36,38°C dengan rata-rata 30,80°C. Secara umum, suhu air antara 26°C dan 32°C sesuai untuk budi daya udang dan suhu antara 29°C dan 30°C adalah suhu optimum untuk udang

windu (Poernomo, 1988). Suhu air untuk budi daya bandeng di tambak berkisar antara 20°C dan 43°C (Lin, 1969; Villaluz & Unggui, 1983).

Pada polikultur udang windu dan ikan bandeng, teknologi yang umum digunakan adalah teknologi sederhana dengan padat penebaran yang rendah sehingga kincir air bukan menjadi kebutuhan untuk memasok oksigen terlarut. Oksigen terlarut memiliki hubungan yang tidak signifikan dengan produksi udang windu dan ikan bandeng dengan model "terbaik" adalah model linier ($P=0,285$). Dalam hal ini, peningkatan oksigen terlarut dapat meningkatkan produksi udang windu dan ikan bandeng walaupun tidak signifikan. Dalam penelitian ini, oksigen terlarut berkisar antara 2,7 dan 10,0 mg/L dengan rata-rata 7,4 mg/L. Kisaran oksigen terlarut tersebut diduga merupakan kondisi yang mendukung pertumbuhan udang windu dan ikan bandeng. Kebutuhan minimum udang windu akan oksigen terlarut adalah 2 mg/L (ASEAN, 1978). Batas oksigen terlarut untuk udang windu adalah 3–10 mg/L dan optimum 4–7 mg/L (Poernomo, 1989) dan konsentrasi oksigen terlarut 5 mg/L sampai jenuh adalah kondisi terbaik untuk pertumbuhan udang windu (Boyd, 1989).

Hubungan antara produksi udang windu dan ikan bandeng dengan pH air tidak signifikan dengan model regresi "terbaik" adalah model kuadratik ($P=0,732$). Kisaran pH air tambak dari 6,1 sampai 8,7 dengan rata-rata 7,8 diduga belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap produksi udang windu dan ikan bandeng. Model regresi "terbaik" antara produksi udang windu dan ikan bandeng dengan pH air yaitu model kuadratik adalah model yang umum dijumpai antara hubungan pH dengan "penampilan" organisme akuatik (Poxton, 2003).

KESIMPULAN DAN SARAN

Udang vanamei dapat tumbuh dan hidup dengan baik pada kisaran salinitas yang lebar (20--35 ppt), tetapi udang vanamei tidak dipengaruhi oleh suhu antara 28,2°C dan 31,7°C; oksigen terlarut antara 4,99 dan 10,03 mg/L; dan pH air antara 7,83 dan 8,89. Produksi rumput laut tertinggi didapatkan pada salinitas 25,6 ppt dan oksigen terlarut 8,39 mg/L dan rumput laut tumbuh baik pada kisaran pH antara 6,00 dan 9,32, suhu antara 26,00°C dan 37,86°C, fosfat lebih besar 0,1000 mg/L dan besi kurang dari 0,1000 mg/L. Produksi

pada polikultur udang windu dan ikan bandeng tertinggi didapatkan pada salinitas 16,3 ppt; namun produksinya tidak dipengaruhi suhu antara 26,15°C dan 36,38°C, oksigen terlarut antara 4,60 dan 10,00 mg/L dan pH antara 6,08 dan 8,64.

Perlu dilakukan penelitian tambahan pada tambak-tambak dengan kondisi kualitas air yang ekstrem agar produktivitas tambak yang ekstrem juga dapat diperoleh sehingga kriteria evaluasi kelayakan lahan tambak dari faktor kualitas air dapat lebih dipertajam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Proyek ACIAR FIS/2002/076 "Land Capability Assesment and Classification for Sustainable Pond-based, Aquaculture Systems" atas biaya penelitian dan juga kepada Proyek APBN 2006 "Riset Pemetaan dan Daya Dukung Lahan Budi daya Perikanan Pesisir" atas ijin menggunakan data produksi udang windu dan ikan bandeng serta kualitas air tambak di Kabupaten Pinrang. Juga diucapkan terima kasih kepada Mudian Paena, Rosiana Sabang, Sutrisyani, Muhammad Arnol, Darsono, Kamariah, dan Rahmiah atas bantuannya di lapangan dan laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 1991. Mariculture of seaweeds. In: Shokita, S., Kakazu, K., Tomori, A. and Toma, T. (Eds.), *Aquaculture in Tropical Areas*. Midori Shobo Co., Ltd., Tokyo. p. 31—95.
- Anonim. 2005. *Revitalisasi Perikanan Budidaya*. Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta. 275 pp.
- Anggoro, S. 1984. *Pengaruh Salinitas terhadap Kuantitas dan Kualitas Makanan Alami serta Produksi Biomasa Nener Bandeng*. Tesis Magister Sains. Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 109 pp.
- APHA (American Public Health Association). 1998. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Twentieth edition. APHA-AWWA-WEF, Washington, DC. 1,185 pp.
- ASEAN (Association of Southeast Asian Nations). 1978. *Manual on Pond Culture of Penaeid Shrimp*. ASEAN National Coordinating Agency of the Philippines, Manila. 132 pp.
- Boney, A.D. 1989. *Phytoplankton*. Second edition. Edward Arnold, London. 118 pp.
- Boyd, C.E. 1989. *Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming*. Fisheries

- and Allied Aquacultures Department Seri No. 2. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn. 82 pp.
- Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 454 pp.
- Boyd, C.E. 1995. *Bottom Soil, Sediment, and Pond Aquaculture*. Chapman and Hall, New York. 454 pp.
- Bray, W.A., A.L. Lawrence, and J.R. Leung-Trujillo. 1994. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei* with observations on the interaction of IHVN virus and salinity. *Aquaculture*. 122: 133—146.
- Chen, T.P. 1976. Culture of *Gracillaria*. In: *Aquaculture Practices in Taiwan*. Page Bros., London. p. 145—149.
- Chien, Y.-H., I.-C. Liao, and C.-M. Yang. 1988. The evolution of prawn grow-out systems and their management in Taiwan. In: *Aquaculture Engineering Technologies for the Future*. Hemisphere Publishing Corporation, New York. p. 143—168.
- Davis, M.L. and D.A. Cornwell. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. Second edition. McGraw-Hill, Inc., New York. 822 pp.
- De Castro, T.R. and N.G. Guanzon. 1993. Growth of *Gracillaria* sp. (Gracillariales, Rhodophyta) in brackishwater ponds at different stocking densities. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 45: 89—94.
- Dugan, P.R. 1972. *Biochemical Ecology of Water Pollution*. Plenum Press, New York. 159 pp.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta. 258 pp.
- Eldani, A. and J.H. Primavera. 1981. Effect of different stocking combination of growth, production and survival rate of milkfish (*Chanos chanos* Forskal) and prawn (*Penaeus monodon* Fabricius) in polyculture in brackishwater ponds. *Aquaculture*. 23: 59—72.
- Fei, X.-G. 2004. Solving the coastal eutrication problem by large scale seaweed cultivation. *Hydrobiologia*. 512: 145—151.
- Guanzon, N.G. Jr. and T.R. De Castro. 1992. The effects of different stocking densities and some abiotic factors on cage culture of *Gracillaria* sp. (Rhodophyta, Gigartinales). *Botanica Marina*. 35: 239—243.
- Guanzon, N. G. Jr., T.R. De Castro-Mallare, and F.M. Lorgue. 2004. Polyculture of milkfish *Chanos chanos* (Forsk.) and the red seaweed *Gracilariopsis bailinae* (Zhang et Xia) in brackish water earthen ponds. *Aquaculture Research*. 35: 423--431.
- Hardjowigeno, S., Soekardi, M. Djaenuddin, D. Suharta, N., dan E.R. Jordens. 1996. *Kesesuaian Lahan untuk Tambak*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor. 17 pp.
- Hernández, M.R., L.F.R. Bückle, E. Palacios, and B.S. Barón. 2006. Preferential behavior of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) by progressive temperature-salinity simultaneous interaction. *Journal of Thermal Biology*. 31: 565—572.
- Hopkins, J.S., A.D. Stokes, C.L. Browdy, and P.A. Sandifer. 1991. The relationship between feeding rate, paddle-wheel rate and expected dawn dissolved oxygen in intensive shrimp ponds. *Aquacultural Engineering*. 10: 281—290.
- Hurtado-Ponce, A.Q. and I. Umezaki. 1987. Growth rate studies of *Gracillaria verrucosa* (Gigartinales, Rhodophyta). *Botanica Marina*. 30: 223—226.
- Ismail, A., A. Poernomo, P. Sunyoto, Wedjatmiko, Dharmadi, dan R.A.I. Budiman. 1993. *Pedoman Teknis Usaha Pembesaran Ikan Bandeng di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Jakarta.
- Karthik, M.J. Suri, N. Saharan, and R.S. Biradar. 2005. Brackish Water Aquaculture Site Selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, Using the Techniques of Remote Sensing and Geographical Information System. *Aquacultural Engineering*. 32: 285—302.
- Liaw, W.K. 1969. Chemical and biological studies of fishponds and reservoirs in Taiwan. *Rep. Fish Culture Res., Fish. Series, Chin. Am. Joint Commission on Rural Reconstruction*. 7: 1—43.
- Lin, H.S. 1969. Some aspects of milkfish ecology. Chinese-American Joint Commission for Rural Reconstruction. *Fisheries Series*. 17: 68--90.
- Lin, M.N. 1974. *Culture of Gracillaria*. Fish Research Institute, Keelung, Taipei. p. 1—8.
- Lin, Y.-C. and J.-C. Chen. 2003. Acute toxicity of nitrate on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels.

- Aquaculture*. 224: 193–201.
- MacLachlan, J. and C.J. Bird. 1986. *Gracillaria* (Gigartinales, Rhodophyta) and productivity. *Aquatic Botany*. 26: 27–49.
- McGraw, W.J. and J. Scarpa. 2004. Mortality of freshwater-acclimated *Litopenaeus vannamei* associated with acclimation rate, habituation period, and ionic challenge. *Aquaculture*. 236: 285–296.
- Menz, A. and B.F. Blake. 1980. Experiments on the growth of *Penaeus vannamei* Boone. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 48: 99–111.
- Moore, J.W. 1991. *Inorganic Contaminants of Surface Water*. Springer-Verlag, New York. 334 pp.
- Muir, J.F. and J.M. Kapetsky. 1988. Site selection decisions and project cost: the case of brackish water pond systems. In: *Aquaculture Engineering Technologies for the Future*. Hemisphere Publishing Corporation, New York. p. 45–63.
- Mustafa, A., Rachmansyah, dan A. Hanafi. 2007. *Kelayakan Lahan untuk Budi Daya Perikanan Pesisir*. Disampaikan pada Simposium Kelautan dan Perikanan pada tanggal 7 Agustus 2007 di Gedung Bidakara, Jakarta. Pusat Riset Perikanan Budidaya, Jakarta. 28 pp.
- Mustafa, A. dan E. Ratnawati. 2005. Faktor pengelolaan yang berpengaruh terhadap produksi rumput laut (*Gracillaria verrucosa*) di tambak tanah sulfat masam (studi kasus di Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan). *J. Pen. Per. Indonesia*. 11(7): 67–77.
- Mustafa, A. dan E. Ratnawati. 2007. Faktor-faktor Dominan Mempengaruhi Produktivitas Tambak di Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan. *J. Riset Akuakultur*. 2(1): 117–133.
- Mustafa, A. and J. Sammut. 2006. *Dominant Factors that Effect on the Seaweed (Gracillaria verrucosa) Production in Acid Sulfate Soils-affected Ponds of Luwu Regency, Indonesia*. Research Institute for Coastal Aquaculture, Maros. 28 pp.
- Nagler, P.L., E.P. Glenn, S.G. Nelson, and S. Napoleon. 2003. Effects of fertilization treatment and stocking density on the growth and production of the economic seaweed *Gracillaria parvispora* (Rhodophyta) in cage culture at Molokai, Hawaii. *Aquaculture*. 219: 379–391.
- Poernomo, A. 1988. *Pembuatan Tambak Udang di Indonesia*. Seri Pengembangan No. 7. Balai Penelitian Perikanan Budidaya Pantai, Maros. 30 pp.
- Poernomo, A. 1989. Faktor lingkungan dominan pada budidaya udang intensif. *Dalam* Bittner, A. (ed.), *Budidaya Air*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta. p. 66–120.
- Ponce-Palatox, J., C.A. Martinez-Palacios, and L.G. Ross. 1997. The effect of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*. 157: 107–115.
- Poxton, M. 2003. Water quality. In: Lucas, J.S. and Southgate, P.C. (Eds.), *Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford. p. 47–73.
- Ranoemihardjo, B.S., A. Kahar, and J.V. Lopez. 1979. Results of polyculture of milkfish and shrimp at the Karanganyar provincial demonstration ponds. *Bulletin of Brackishwater Aquaculture Development Center*. 5(1&2): 334–350.
- Rossiter, D.G. 1996. A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*. 72: 165–202.
- Salam, M.A., L.G. Ross, and C.M.M. Beveridge. 2003. A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in southwestern Bangladesh, using GIS modeling. *Aquaculture*. 220: 477–494.
- Samocha, T.M., L. Hamper, C.R. Emberson, D.A. Davis, D. McIntosh, A.L. Lawrence, and P.M. van Wyk. 2002. Review of some recent developments in sustainable shrimp farming practices in Texas, Arizona and Florida. *Journal of Applied Aquaculture*. 12(1): 1–42.
- Saoud, I.P., D.A. Davis, and D.B. Rouse. 2003. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*. 217: 373–383.
- Shang, Y.C. 1986. Pond production systems: stocking practices in pond fish culture. In: Lannan, J.E., Smitherman, R.O. and Tchobanoglous, G. (Eds.), *Principles and Practices of Pond Aquaculture*. Oregon State University Press, Corvallis, Oregon. p. 85–96.
- SPSS (Statistical Product and Service Solution). 2006. *SPSS 15.0 Brief Guide*. SPSS Inc., Chicago. 217 pp.
- Treece, G.D. 2000. Site selection. In: Stickney, R.R. (Ed.), *Encyclopedia of Aquaculture*. John

Wiley & Sons, Inc, New York. p. 689--798.

Villaluz, A.C. and A.S. Unggui. 1983. Effect of temperature on behavior, growth, development and survival of young milkfish, *Chanos chanos* (Forsk.). *Aquaculture*. 35: 321—330.

Yang, Y.-F., X.-G. Fei, J.-M. Song, H.-Y. Hu, G.-C. Wang, and I.K. Chung. 2006. Growth of *Gracillaria lemaneiformis* under different cultivation conditions and its effects on nutrient removal in Chinese coastal waters. *Aquaculture*. 254: 248—255.