

PENGARUH POLUTAN TAMBAK TERHADAP EFISIENSI TEKNIS PRODUKSI BANDENG DI KABUPATEN KARAWANG

Lilis I. Ichdayati¹, Sri Hartoyo², Yusman Syaukat²
dan Sri Utami Kuntjoro²

¹Program Studi Agribisnis, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

²Program Pascasarjana Ilmu Ekonomi Pertanian, Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan,
Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor

e-mail : ¹lilis.imamah@yahoo.co.id

ABSTRACT

This study uses two models of stochastic frontier production function Cobb Douglas separate to estimate differences in environmental efficiency of conventional input variables and input variables detrimental. The results that farms with milkfish monoculture and polyculture cultivation pattern majority (approximately 82 percent) have reached a technically efficient, with an average efficiency rate of 0.826. Effect of pollutants on the efficiency of production of milkfish ponds visible from reduced levels of technical efficiency of the 0.826 in model 1 becomes 0.633 in model 2 , so that the influence of pollutants by 0.193. The decrease in efficiency is derived from the nitrogen pollutants are negative and significant. Policy implications necessary to supervise the use of the excessive feed and urea.

Keywords: *Stochastic Frontier Production Function of the Cobb Douglas, Technical Efficiency, Pollutants Pond*

PENDAHULUAN

Peningkatan produksi tambak terkait dengan teknologi yang diusahakan. Perubahan teknologi tambak membutuhkan perencanaan dan modal besar, sehingga dalam jangka pendek besarnya produksi yang dapat dicapai oleh pembudidaya tambak ditentukan oleh efisiensi penggunaan faktor-faktor produksi pada tingkat teknologi tetap. Peningkatan efisiensi penggunaan faktor-faktor produksi mampu meningkatkan produktivitas usaha tambak. Sehingga peningkatan efisiensi akan meningkatkan pendapatan pembudidaya ikan melalui peningkatan produktivitas usaha tambak, memperluas kesempatan kerja dan kesempatan usaha rumahtangga pembudidaya.

Usaha tambak sangat tergantung kepada faktor lingkungan seperti kualitas air dari perairan media budidaya, pencemaran perairan dan serangan penyakit yang mewabah. Upaya peningkatan efisiensi teknis menjadi kurang efektif bila faktor lingkungan diabaikan dalam proses produksi tambak. Hamparan tambak yang luas dan sistem

perairannya merupakan satu badan ekosistem sehingga pengelolaan kualitas air dan penanggulangan penyakit harus dilakukan bersama karena adanya saling ketergantungan yang kuat antara pelaku usaha tambak.

Udang dan Ikan bandeng merupakan produk unggulan budidaya tambak selain rumput laut, kerapu dan kakap. Tahun 2011 produksi ikan bandeng 585 242 ton dengan kenaikan rata-rata 22.75 persen sedangkan udang mencapai 414 014 ton dengan kenaikan 4.5 persen pertahun. Udang sebagai komoditas ekspor unggulan dari budidaya tambak mengalami penurunan dalam volume ekspor tahun 2009 dan 2010 masing-masing sebesar 11.5 persen dan 3.9 persen yang disebabkan karena adanya serangan penyakit pada dua wilayah sentra udang di Lampung dan Jawa Timur.

Gangguan penyakit yang menjadi penyebab utama menurunnya produktivitas udang nasional (Widigdo dan Soewardi, 1999) dari 20 ton per ha per tahun menjadi 17-18 ton per ha per tahun atau sebesar 15 persen pada

tahun 2009 dan menurunnya mutu udang yang dihasilkan, mengakibatkan penurunan ekspor udang sebesar 11.5 persen. Akibat kerugian ini yang paling menderita adalah para petambak yang menanggung beban hutang pembelian input terutama pakan dan buruh tambak yang kehilangan sumber pendapatannya.

Sudah menjadi suatu dilema, kemajuan teknologi budidaya udang windu dan udang vaname mampu melipat-gandakan produksi untuk memenuhi kuota ekspor, namun disisi lain hasil sampingan yang tidak diinginkan juga ikut terproduksi.

Limbah tambak seperti sisa pakan yang terurai merupakan beban polutan di perairan umum. Dari pandangan ekonom menurut Wossink dan Denaux (2002) bahwa proses produksi yang tidak efisien merupakan penyebab mendasar terjadinya polusi.

Menurut Fauzi (2010), bahwa proses produksi dan konsumsi tidak hanya menghasilkan keuntungan dan kepuasan kepada pengguna, namun juga menghasilkan residual atau limbah yang menyebabkan terjadinya eksternalitas negatif. Residual atau limbah merupakan bagian *intrinsic* atau bagian yang tidak terpisahkan dari aktivitas ekonomi dan akan meningkat sejalan dengan peningkatan aktivitas tersebut. Dalam pendekatan ekonomi tradisional, dampak dari residual tersebut tidak secara eksplisit diakomodasi dalam model produksi dan konsumsi.

Disini terlihat bahwa terdapat kondisi dimana proses produksi budidaya udang dan ikan menghasilkan dua output yang selalu dihasilkan bersamaan yaitu udang dan ikan sebagai produk yang diinginkan (*good output*) dan limbah sisa pakan yang tidak dikonsumsi sehingga unsur hara N dan P terlepas ke lingkungan. Dengan demikian polutan nitrogen dan phosphor merupakan output yang tidak diinginkan sebagai *bad output*. Dan semua output ini dihasilkan secara bersamaan dan adanya saling ketergantungan. Berdasarkan perumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi teknis produksi tambak.
2. Menganalisis pengaruh polutan tambak terhadap efisiensi teknis produksi tambak.

KERANGKA PEMIKIRAN

Pengertian efisiensi menurut Farrell (1957) diacu dalam Coelli *et al.* (1998) dan Adiyoga (1999), bahwa efisiensi terdiri dari efisiensi teknis (*Technical Efficiency-TE*), efisiensi alokatif (*Allocative Efficiency-AE*), dan efisiensi ekonomi (*Economic Efficiency-EE*).

Definisi efisiensi teknis (*Technical Efficiency-TE*) adalah kemampuan suatu usahatani untuk mendapatkan output maksimum dari penggunaan suatu set (*bundle*) input. Efisiensi teknis berhubungan dengan kemampuan suatu usahatani untuk berproduksi pada kurva frontier *isoquant*. Definisi lain menunjukkan bahwa TE adalah kemampuan usahatani memproduksi tingkat output tertentu dengan menggunakan input minimum pada tingkat teknologi tertentu.

Fungsi produksi frontier menunjukkan kemampuan usahatani dalam menghasilkan output maksimum dengan penggunaan input tertentu dan pada tingkat teknologi tertentu. Aigner dan Chu (1968) diacu dalam Coelli *et al.* (1998) mempertimbangkan estimasi parameterik frontier dari fungsi produksi Cobb-Douglas, menggunakan data dari sejumlah N sampel usahatani.

Model didefinisikan dengan:

$$\ln(Y_i) = X_i\beta - u_i, \quad i=1,2, \dots, n \dots \dots \dots (1)$$

dimana $\ln(Y_i)$ adalah logaritma dari (*scalar*) output untuk usahatani ke-i. X_i adalah vektor baris (K+1), yang elemen pertamanya adalah "1" dan sisa elemennya adalah logaritma dari kuantitas input K yang digunakan oleh usahatani ke-i. Sedangkan $\beta=(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_K)$ adalah vektor kolom (K+1) dari parameter yang tidak diketahui untuk diestimasi. Terakhir u_1 adalah random-variabel yang

non-negatif, yang berhubungan dengan inefisiensi teknis produksi dari usahatani dalam industri yang terlibat.

Rasio output dari usahatani ke-i yang diteliti secara relatif terhadap output potensial yang didefinisikan dengan fungsi frontier, dengan vektor input x_i yang digunakan untuk mendefinisikan efisiensi teknis dari usahatani ke-i adalah

$$TE_i = \frac{y_i}{\exp(x_i\beta)} = \frac{\exp(x_i\beta - u_i)}{\exp(x_i\beta)} = \exp(-u_i) \dots \dots (2)$$

Pengukuran ini adalah pengukuran efisiensi teknis yang digunakan Farrell yang memakai nilai yang berada antara 0 dan 1. Nilai 0 menunjukkan bahwa deviasi dari frontier disebabkan oleh gangguan statistik dan nilai 1 menunjukkan bahwa deviasi tersebut disebabkan adanya inefisiensi teknis. Ukuran ini menunjukkan magnitud (besaran) output dari usahatani ke-i relatif terhadap output yang dihasilkan dari suatu usahatani yang sudah sangat efisien dari pemakaian vektor input yang sama. Efisiensi teknis ditentukan oleh berbagai variabel faktor internal dan eksternal petani yakni perubahan teknologi yang tidak merubah proporsi faktor produksi dan tidak merubah daya substitusi teknis antar input.

Faktor-faktor internal (faktor-faktor yang dapat dikendalikan petani) dan faktor-faktor eksternal serta faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan intensitas input dan harga relatifnya merupakan sumber-sumber inefisiensi. Perilaku faktor-faktor eksternal dianggap "given" karena berada di luar kontrol petani. Faktor-faktor eksternal dapat di-kategorikan atas dua yakni (1) *strictly external*, karena mutlak berada di luar kendali petani (seperti iklim, hama dan penyakit tanaman) dan (2) *quasi external*, karena dengan suatu tindakan kolektif, intens dan waktu yang cukup tersedia, dan/atau dengan bantuan pihak-pihak kompeten, petani mempunyai kesempatan untuk mengubahnya (seperti faktor harga, kehadiran polutan dan infrastruktur).

Variabel vektor lingkungan yang diteliti oleh Reinhard (1999), Sherlund, *et al.*, (2002), Long dan Yube (2011) menggunakan fungsi *production frontier stochastic*, dapat ditulis sebagai,

$$Y_i = f(X_i, W_i) - u_i + v_i \dots \dots \dots (3)$$

dimana Y_i adalah jumlah output dan X_i adalah vektor input fisik dan W_i adalah vektor yang terkait dengan lingkungan, menghasilkan bias yang dapat diperkirakan dari parameter fungsi produksi, inefisiensi teknis, serta bias berkorelasi inefisiensi (Sherlund, *et al.*, 2002). Inefisiensi teknis pertanian i didefinisikan sebagai:

$$u_i = G_i\delta + \varepsilon_i \geq 0 \dots \dots \dots (4)$$

di mana G_i adalah karakteristik spesifik manajerial dan rumah tangga petani dan kesalahan ε_i didistribusikan sebagai $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$, dirumuskan menjadi,

$$Eff_i = E[\exp(-u_i) | \varepsilon_i] = E[\exp(-\delta_0 - \sum Z_{is}) | \varepsilon_i] \dots (5)$$

dimana E adalah operator harapan. Hal ini dicapai dengan mendapatkan ekspresi untuk harapan u bersyarat pada nilai ε_i yang diamati, dimana $\varepsilon_i = u - v$. Metode maksimum likelihood digunakan untuk memperkirakan parameter yang tidak diketahui, dengan fungsi *stochastic frontier* dan efek inefisiensi yang diperkirakan secara simultan. Estimasi parameter dapat mencapai hasil yang lebih baik dengan model maksimum likelihood (ML) (Battese dan Coelli, 1995, Coelli, *et al.*, 2006) Fungsi likelihood dinyatakan dalam varians parameter $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2$, di mana $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$ (Battese dan Coelli, 1995).

Mengikuti metode yang digunakan oleh Asamoah *et al.* (2012), Sherlund, *et al.*, (2002), Fernandez *et al.* (2003), Long dan Yube (2011) menggunakan dua model fungsi produksi frontier yang terpisah untuk mengetahui perbedaan efisiensi lingkungan dari variabel input konvensional dan variabel input detrimental.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Pesisir Utara Kabupaten Karawang. Penentuan lokasi penelitian dilakukan secara *purposive* (sengaja) dengan pertimbangan bahwa kabupaten ini memiliki kondisi hutan mangrove dan pengusahaan pertambakan yang bervariasi. Populasi penelitian ini adalah usaha pertambakan Pesisir Utara Kab. Karawang, sebanyak 3909 Rumahtangga Petambak. Sampel penelitian adalah usaha tambak monokultur bandeng sebanyak 55 unit usaha tambak dan 43 unit usaha tambak polikultur ikan bandeng-udang windu. Selanjutnya dalam pengolahan data, udang windu disetarakan dengan bandeng melalui perbedaan harga keduanya. Harga udang windu rata-rata Rp 50 000 per kg dan harga bandeng umumnya Rp 10 000 per kg sehingga berdasarkan perbedaan harga tersebut maka udang windu 1 kg dapat disetarakan dengan 5 kg ikan bandeng. Jenis data yang digunakan adalah data primer *cross section* dan data sekunder.

ANALISIS EFISIENSI TEKNIK

Untuk menganalisis efisiensi teknik dalam penelitian ini digunakan dua model fungsi produksi Stochastic Frontier Cobb Douglas dua tahap.

Tahap pertama adalah fungsi produksi yakni hubungan teknis antara input yang digunakan dengan output yang dihasilkan. Dengan demikian fungsi produksi usaha tambak bandeng diduga secara langsung dipengaruhi oleh luas lahan yang digunakan, jumlah nener yang ditebar, jumlah pakan yang dibutuhkan, jumlah pupuk urea, tenaga kerja, dan bahan bakar minyak. Spesifikasi model pertama produksi frontier bandeng adalah:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln X_4 + \beta_5 \ln X_5 + \beta_6 \ln X_6 + v_i - u_i \dots \dots \dots (6)$$

Model kedua terdiri dari 6 variabel input konvensional dan 3 variabel input peng-

ganggu lingkungan. Spesifikasi model kedua produksi frontier bandeng adalah:

$$\ln Y_j = \rho_0 + \rho_1 \ln X_1 + \rho_2 \ln X_2 + \rho_3 \ln X_3 + \rho_4 \ln X_4 + \rho_5 \ln X_5 + \rho_6 \ln X_6 + \rho_7 \ln Z_1 + \rho_8 \ln Z_2 + \rho_9 \ln Z_3 + v_i - u_i \dots \dots \dots (7)$$

dimana:

- Y_j = produksi total bandeng (usaha tambak ke i) (Kg) dengan memperhitungkan keberadaan polutan.
- X_1 = pakan buatan (pelet) digunakan untuk usaha tambak ke i (kg)
- X_2 = jumlah nener untuk usaha tambak ke i (ekor)
- X_3 = jumlah pupuk urea yang digunakan untuk usaha tambak ke i (kg)
- X_4 = jumlah tenaga kerja untuk usaha tambak ke i (HOK)
- X_5 = jumlah bahan bakar minyak untuk usaha tambak ke i (liter)
- X_6 = luas usaha tambak ke i (hektar)
- Z_1 = jumlah polutan nitrogen (N) usaha tambak ke i (kg)
- Z_2 = jumlah polutan fosfor (P) usaha tambak ke i (kg)
- Z_3 = jumlah polutan bahan organik (BOD) usaha tambak ke i (kg)
- v_i = variabel random yang diasumsikan iid (*identically independenly distributed*)
- u_i = variabel random non-negatif diasumsikan disebabkan oleh inefisiensi teknis dalam produksi dan juga sering diasumsikan sebagai *iid*

Nilai koefisien yang diharapkan: $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5, \rho_6 > 0$, $\rho_7, \rho_8, \rho_9 < 0$. Nilai koefisien positif artinya semakin tinggi penggunaan input diharapkan dapat meningkatkan produksi bandeng. Sebaliknya koefisien negatif berarti bahwa semakin rendah input pengganggu lingkungan dalam proses produksi dapat meningkatkan produksi bandeng. Langkah selanjutnya adalah menghitung efisiensi teknik yang diukur dengan

$$TE_i = \frac{y_i}{\exp(x_i\beta)} = \frac{\exp(x_i\beta - u_i)}{\exp(x_i\beta)} = \exp(-u_i) \dots \dots \dots (8)$$

Tahap kedua estimasi efisiensi teknis terkait dengan variabel yang menunjukkan struktur usaha tambak dan karakteristik manajerial seperti: *dummy* pola budidaya

tambak, *dummy* mangrove, indeks pengalaman, indeks sekolah, *dummy* kepemilikan, *dummy* akses keuangan dan indeks cara menjual. Secara spesifik efek inefisiensi teknis pada penelitian ini adalah:

$$\mu_i = \delta_0 + \delta_1 IT_1 + \delta_2 IT_2 + \delta_3 IT_3 + \delta_4 IT_4 + \delta_5 IT_5 + \delta_6 IT_6 + \delta_7 IT_7 + w_t \dots\dots\dots(9)$$

dengan:

- μ_i = efek inefisiensi teknis
- δ_i = nilai koefisien yang diharapkan, dimana $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_7 < 0$
- IT_1 = *dummy* pola budidaya tambak (D=1 adalah polikultur dan D= 0 bila monokultur)
- IT_2 = *dummy* mangrove (D=1 bila ada mangrove di tambak, D=0 bila terbuka)
- IT_3 = indeks pengalaman
- IT_4 = indeks sekolah
- IT_5 = *dummy* kepemilikan (D=1 bila milik sendiri, D=0 bila lainnya)
- IT_6 = *dummy* akses keuangan (D=1 bila dapat kredit bank, D=0 bila lainnya)
- IT_7 = indeks cara menjual panen bandeng

Besaran indeks dapat dicari dengan menggunakan rumus Iyengar dan Sudarshan (1982) dalam Ashok Balasubramanian (2006) sebagai berikut,

$$IT_i = (S_i - \text{Min } S_i) / (\text{Max } S_i - \text{Min } S_i) \dots\dots\dots(10)$$

dimana IT_i adalah besaran indeks yang dicari yakni indeks pengalaman, sekolah dan cara menjual panen. $\text{Min } S_i$ dan $\text{Max } S_i$ adalah minimum dan maksimum dari tahun pengalaman bertambak, tahun sekolah formal dan cara menjual panen, S_1, S_2, \dots, S_n . Nilai-nilai indeks, IT_i bervariasi dari 0 sampai 1.

UJI HIPOTESIS EFISIENSI

Pendugaan parameter fungsi produksi dan fungsi inefisiensi dilakukan secara simultan menggunakan program Frontier 4.1 (Coelli, 1996). Pengujian parameter *stochastic frontier* dan efek inefisiensi dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama merupakan pendugaan parameter α_i dengan menggunakan metode OLS menggunakan *software* SAS

9.2 untuk memeriksa adanya pelanggaran asumsi (multikolinieritas, dimana $vif < 10$), uji determinansi R^2 dan pelanggaran asumsi fungsi Cobb Douglas.

Sedangkan tahap kedua dilakukan pengujian menggunakan *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) untuk mengestimasi pendugaan seluruh parameter β_i (kecuali β_0) dan δ_i serta varians μ_i dan v_i pada tingkat kepercayaan maksimum $\alpha = 15$ persen. Parameter dari nilai-nilai varians dapat mengestimasi nilai σ^2 dan γ sehingga nilai $0 \leq \gamma \leq 1$. Nilai γ merupakan kontribusi efisiensi teknis di dalam efek residual total.

Uji hipotesis yang digunakan untuk mendeteksi pengaruh inefisiensi adalah menggunakan uji *generalized likelihood-ratio* (LR) satu arah (*one sided generalized likelihood-ratio test*).

PENGHITUNGAN BEBAN POLUTAN

Kandungan nitrogen dan fosfor dalam pembuangan air tambak diduga melalui keseimbangan aliran nutrien yang dihasilkan dari penelitian tambak udang semi intensif di Meksiko oleh Paez-Osunna tahun 1997. Informasi beberapa variabel dalam keseimbangan massa mengandung data yang tersedia seperti volume air tambak, total pakan, total postlarva udang/total nener bandeng dan total panen udang/bandeng. Pengoperasian dan pengelolaan tambak merupakan refleksi dari variabel kepadatan benih, daya tahan hidup, laju pertumbuhan, pertukaran air tambak dan dosis pakan. Rumus keseimbangan kadar nitrogen terbuang adalah:

$$N \text{ Terbuang} = [\{ (0.11 \text{ kg N/ha/hari} * \text{volume air tambak}) + (46 \% \text{ N/ha} * \text{jumlah pupuk urea}) + (0.12 \text{ kg N} * \text{jumlah nener/200ekor/kg}) + (26.5 \% \text{ N} * \text{jumlah pakan} * 16 \% \text{ mol N}) \} - \{ (27.4 \text{ persen N input}) + (3.41 \% \text{ N} * \text{panen udang}) + (0.4 \text{ persen N input}) \}] \dots\dots\dots(11)$$

KARAKTERISTIK USAHA TAMBAK

POTENSI PERIKANAN

Kabupaten Karawang merupakan sumber perikanan terbesar kedua di Peisir Utara Jawa Barat, memiliki panjang pantai 87 km dengan potensi lahan tambak sebesar 18 348 hektar dan produktivitas 1 845 kg perhektar. Usaha tambak yang dikelola masyarakat Pesisir Utara Kabupaten Karawang sebagian besar tergolong usaha skala kecil yang dimiliki keluarga dengan sistem monokultur dan polikultur yang mengacu kepada tingkat teknologi tradisional dan tradisional plus.

Komoditi bandeng mendominasi hasil usaha tambak sebesar 45.65 persen dari hasil total produksi usaha tambak. Sementara udang windu yang merupakan komoditas ekspor hanya sebesar 15.93 persen. Terjadi perubahan dominasi komoditas yang dibudidayakan. Ini merupakan suatu cara bagi petambak untuk menghindari risiko kegagalan panen udang, mengingat perairan kawasan tambak telah mengalami pencemaran berat. Hal ini menunjukkan bahwa daya dukung lahan tambak telah jenuh dan pemanfaatan lahan untuk pertambakan di Pesisir Utara Kabupaten Karawang telah terindikasi pemanfaatan yang berlebihan (*over exploited*).

KARAKTERISTIK RESPONDEN USAHA TAMBAK

Berdasarkan luas tambak yang dimiliki atau diusahakan petambak didominasi pada luas tambak 1 - 5 hektar sebanyak 63 orang atau 64 persen. Tambak tradisional digunakan membudidayakan bandeng (monokultur) dengan luas rata-rata 6.75 hektar dan tambak tradisional plus untuk membudidayakan bandeng-udang windu (polikultur) dengan luas tambak rata-rata 3.85 hektar.

Kelompok umur petambak kisaran usia 30 - 59 tahun mendominasi usia kerja

petambak sebanyak 75 persen yang menunjukkan usia kerja yang produktif. Jumlah keluarga yang harus ditanggung responden petambak sebesar 3 sampai 6 orang. Rata-rata waktu bersekolah petambak adalah 7.5 tahun yang menunjukkan tingkat sekolah yang telah menamatkan SD. Dengan tingkat sekolah seperti ini sebenarnya petambak di Kabupaten Karawang memiliki kemampuan menerima pengetahuan yang terkait dengan perubahan teknologi tambak.

Rata-rata pengalaman bertambak 18.7 tahun. Pemilik tambak umumnya berperan sekaligus sebagai penggarap tambaknya sendiri, terutama bila luas tambak yang digarap tidak terlalu luas sekitar 1 - 5 hektar. Sumber pengetahuan terkait pengembangan usaha tambak dapat diperoleh melalui penyuluhan dan pelatihan. Meskipun Karawang memiliki lembaga Badan Penyuluh, namun aktivitas penyuluhan pertambakan masih bersifat insidental.

Pemodalannya merupakan masalah yang selalu dihadapi oleh pembudidaya tambak tradisional. Modal digunakan untuk membiayai investasi terkait dengan mempersiapkan lahan tambak, dan biaya operasional budi daya tambak seperti nener, pakan, pupuk, upah tenaga kerja, pencegahan dan pemberantasan hama penyakit tambak. Sebagian besar pembudidaya tambak menggunakan modal sendiri untuk memulai satu siklus budi daya yang diperoleh dari keuntungan siklus sebelumnya. Hanya sedikit pembudidaya tambak yang memiliki akses kredit bank yaitu sekitar 5 pembudidaya monokultur bandeng dan 12 pembudidaya polikultur bandeng windu.

PENGGUNAAN FAKTOR-FAKTOR PRODUKSI TAMBAK

Data faktor-faktor produksi dan hasil produksi dari pembudidaya tambak dalam satuan (kg, ekor, HOK dan liter) rata-ratanya, tercantum pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Penggunaan Faktor-Faktor Produksi dan Hasil Panen Usaha Tambak Bandeng Responden Perhektar di Kabupaten Karawang, 2012

Faktor-faktor produksi tambak	Jumlah rata-rata
Bandeng (kg per ha)	989.75
Pakan(kg per ha)	702.12
Nener (ekor per ha)	5950
Urea (kg per ha)	221.36
TSP (kg per ha)	99.43
Saponin (kg per ha)	9.95
Tenaga kerja (HOK/ ha)	13.03
BBM (liter per ha)	17.39

KARAKTERISTIK POLUTAN TAMBAK

Polutan nitrogen, fosfor dan bahan organik yang merupakan hasil sampingan dari aktivitas budidaya tambak, dihitung berdasarkan keseimbangan massa persamaan (11). Hasil perhitungan beban polutan tambak tercantum pada Tabel 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan model *stochastic frontier* dengan metode pendugaan *Maximum Likelihood Estimator* (MLE) dua tahap. Tahap pertama menggunakan *Ordinary Least Square* (OLS) dan tahap kedua menggunakan metode MLE. Estimasi MLE

untuk parameter fungsi produksi Cobb Douglas dan model efek inefisiensi teknis dilakukan secara simultan dengan Program Frontier 4.1 dari Coelli (1996).

Analisis fungsi produksi menggambarkan hubungan output yang dihasilkan dalam proses produksi dengan penggunaan inputnya. Metode OLS (*Ordinary Least Square*) digunakan untuk membantu dalam menguji terhadap pelanggaran asumsi seperti multi-kolinearitas, autokorelasi dan heteroskedastis. Berdasarkan hasil uji dari OLS, fungsi produksi tambak bendeng telah memenuhi asumsi dan semua variabel bertanda positif.

MODEL EMPIRIS FUNGSI PRODUKSI STOCHASTIC FRONTIER USAHA TAMBAK

Hasil pendugaan parameter MLE fungsi produksi Cobb Douglas Frontier dapat dilihat pada Tabel 3. Uji determinasi menunjukkan nilai R² sebesar 0.9002 yang berarti bahwa variasi produksi bandeng dipengaruhi oleh variasi variabel bebasnya sebesar 90.02 persen dan sisanya 9.98 persen dipengaruhi oleh variabel lain di luar model produksi. Berdasarkan hasil pendugaan parameter MLE ini diperoleh nilai *ratio generalized-likelihood* (LR) sebesar 17.069 yang lebih besar dari nilai tabel, berarti secara statistik nyata pada taraf $\alpha = 0.05$ (diperoleh dari tabel distribusi *X Chi Square*, yaitu dengan *df* = 6 dan *critical value* 5 persen diperoleh nilai 12.59).

Tabel 2. Rata-rata Beban Polutan N, P dan BOD dalam Satuan kg per Hektar dan ppm pada Usaha Tambak Monokultur dan Polikultur di Kabupaten Karawang, 2012

Pola Budidaya	Satuan	Jenis Polutan		
		Nitrogen	Phosphor	BOD
Total	Kg per ha	172.83	78.42	65.31
	ppm	17.28	7.84	6.53
Monokultur	Kg per ha	62.42	30.48	61.82
	ppm	6.24	3.05	6.18
Polikultur	Kg per ha	314.06	139.73	69.77
	ppm	31.41	13.97	6.98
Ambang Batas	ppm	≤ 1.0*	0.05-0.5**	20*

Sumber : data primer, diolah.

Keterangan : ppm = part per million (mg per liter),

*standar budidaya air payau BPBAPL Kabupaten Karawang (Lampiran 3),

**standar baku mutu Boyd (1999)

Hal ini mengindikasikan bahwa fungsi ini dapat menerangkan keberadaan efisiensi dan inefisiensi teknis pembudidaya di dalam proses produksi bandeng, atau dengan kata lain aktivitas usaha tambak bandeng dipengaruhi oleh efisiensi teknik.

Koefisien dugaan $\sigma^2 = 0.152$ yang signifikan pada taraf $\alpha = 1$ persen. Nilai sigma kuadrat menunjukkan distribusi dari *error term* inefisiensi u_i ini terdistribusi secara normal. Angka gamma γ sebesar 0.438 yang signifikan pada taraf $\alpha = 5$ persen, ini menunjukkan bahwa 43.8 persen dari variasi hasil diantara pembudidaya bandeng disebabkan oleh perbedaan efisiensi teknis dan sisanya sebesar 56.2 persen disebabkan oleh pengaruh eksternal seperti iklim, serangan hama dan penyakit, pencemaran, kualitas air yang memburuk dan kesalahan dalam pemodelan. Ini menunjukkan bahwa pengaruh eksternal merupakan faktor yang signifikan di dalam variabilitas output.

Koefisien dugaan variabel input pada Tabel 3 mempunyai tanda sesuai harapan yakni semua bernilai positif. Peningkatan jumlah input yang digunakan yaitu nener, pakan, urea, tenaga kerja, BBM dan luas

tambak akan meningkatkan jumlah output yang dihasilkan. Variabel nener memiliki elastisitas sebesar 0.666. Angka ini menunjukkan bahwa produksi bandeng sangat responsif terhadap ketersediaan nener, atau dapat dikatakan bahwa nener merupakan faktor dominan dari produksi usaha tambak bandeng di Kabupaten Karawang. Kebutuhan nener baru 2 persen yang dapat dipenuhi, sehingga ketersediaannya menjadi terbatas.

Faktor input penting lainnya adalah tenaga kerja dengan besaran elastisitas 0.299. Kegiatan persiapan tambak, jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 5 - 8 orang perhektar tambak selama 2 - 3 hari, dengan upah Rp 50 000 per orang per hari dengan sistem harian. Kegiatan lain yang membutuhkan tenaga kerja besar adalah saat panen dibutuhkan 5 - 12 orang per hektar dengan upah yang sama. Aktivitas rutin /harian usaha tambak dilakukan sendiri oleh penggarap seperti pemupukan, pemberian obat-obatan (saponin), penebaran benih, pemberian pakan, dan penggantian air tambak.

Tabel 3. Hasil Parameter Dugaan Fungsi Produksi Stokastik Frontier Usaha Tambak Bandeng Di Kabupaten Karawang, 2012.

Variabel	Koefisien	t-hitung	Variance Inflation
Intersep	-1.322 ***	-2.340	0
Pakan (kg per unit)	0.029 ****	3.615	1.233
Nener (ekor per unit)	0.666 ****	8.448	3.522
Urea (kg per unit)	0.175 ****	3.646	2.934
Naker (HOK per unit)	0.299 ****	3.165	3.079
BBM(liter per unit)	0.084 ****	3.356	1.248
Luas (ha per unit)	0.073 **	1.690	1.803
<i>Sigma-Squared</i>	0.152 ****	2.761	
Gamma	0.438 **	1.784	
L-R test =	17.069		
R ²	0.9002		

Sumber : data primer, diolah.

Keterangan : **** = nyata pada taraf $\alpha = 0.01$ (t-tab = 2.66);

*** = nyata pada taraf $\alpha = 0.05$ (t-tab = 2.0);

** = nyata pada taraf $\alpha = 0.1$ (t-tab = 1.67);

* = nyata pada taraf $\alpha = 0.2$ (t-tab = 1.29).

Variabel urea dengan besaran elastisitas sebesar 0.175. Sebagaimana di sawah, fungsi pupuk urea menyediakan unsur hara nitrogen yang dibutuhkan dalam menumbuhkan pakan alami seperti klekap. Pemberian urea dilakukan pada saat persiapan lahan setelah dilakukan pemberantasan hama. Pemupukan awal umumnya diberikan pupuk urea dan TSP dengan perbandingan 2:1, masing-masing sebanyak 100 kg perhektar urea dan 50 kg perhektar TSP. Klekap tumbuh di dasar tambak, sehingga pemberian urea ditujukan menyuburkan dasar tambak, dan dengan ketinggian air 15 cm sehingga sinar matahari sampai ke dasar tambak. Pupuk susulan dapat dilakukan beberapa kali untuk menjaga klekap dan pakan alami tetap tersedia.

Input BBM memiliki elastisitas sebesar 0.084 diikuti lahan tambak 0.073 dan terkecil adalah pakan dengan elastisitas 0.029. Penguasaan tambak per rumah tangga pembudidaya di Kabupaten Karawang rata-rata 3.43 ha dengan produktivitas bandeng 1200 kg per hektar per tahun. Bahan bakar minyak yang digunakan umumnya bensin untuk menggerakkan sepeda motor sebagai sarana transportasi tambak dan pompa air untuk memasukkan air laut dari saluran ke tambak dan sebaliknya.

Pakan buatan pabrik (pelet) merupakan input dengan elastisitas terendah dibandingkan dengan input lainnya, bertanda positif dan signifikan. Ukuran pakan dan produksi digunakan rasio sebagai FCR (*food conversion rate*). Umumnya tambak intensif menggunakan standar pakan dengan FCR 1.5-1.7 yang berarti untuk memproduksi bandeng 1 kg dibutuhkan pakan buatan 1.5-1.7 kg. Harga pakan yang mahal menyebabkan penggunaan pakan dilakukan sehemat mungkin sehingga rasio pakan selalu diusahakan mendekati satu. Berbeda dengan tambak tradisional, kepadatan nener yang rendah dapat dipenuhi dengan ketersediaan pakan alami melalui pemupukan, sehingga pakan buatan merupakan makanan tambahan. Pemberian pakan buatan umumnya diberikan setelah pemeliharaan bandeng 2

bulan sehingga rasio pakan (FCR) dibawah satu.

Berdasarkan skala usaha tambak bandeng sebesar 1.33 yang berarti penambahan penggunaan input secara bersama-sama sebanyak 1 persen akan meningkatkan output bandeng sebesar 1.33 persen.

TINGKAT EFISIENSI PRODUKSI USAHA TAMBAK

Kinerja terbaik dari proses produksi usaha tambak bandeng dalam mengubah 6 variabel input menjadi output bandeng maksimum yang dapat dihasilkan dengan menggunakan teknologi tetap (monokultur atau polikultur), dapat dievaluasi melalui tingkat efisiensi tekniknya.

Efisiensi teknis bernilai $0 \leq TE \leq 1$. Usaha tambak yang bernilai $TE = 1$ dikatakan telah efisien karena beroperasi pada produksi frontiernya, sementara usaha tambak dengan nilai $TE < 1$ secara teknis tidak efisien karena penggunaan input yang sama menghasilkan output yang lebih rendah dari frontiernya. Usaha tambak yang tidak efisien dapat diperbaiki efisiensinya sehingga mendekati produksi frontiernya melalui perbaikan aspek non input yang biasanya disebut sebagai aspek manajerial input atau aspek lain yang mempengaruhi ketidakefisienan usaha tambak tersebut.

Hasil evaluasi kinerja terbaik usaha tambak bandeng di Kabupaten Karawang memperlihatkan tingkat efisiensi teknis masing-masing pembudidaya tambak berbeda-beda (Tabel 4.). Tingkat efisiensi teknis usaha tambak minimum adalah 0.483 dan maksimum adalah 0.971. secara keseluruhan rata-rata efisiensi teknis yang dapat dicapai oleh pembudidaya tambak sebesar 0.826. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan tingkat efisiensi teknis yang dicapai usaha tambak bandeng sebesar 82.6 persen. Dalam jangka pendek tingkat efisiensi teknis usaha tambak bandeng dapat ditingkatkan sebesar 17.4 persen melalui penggunaan teknologi terbaik.

Tabel 4. Distribusi Frekuensi Tingkat Efisiensi Usaha Tambak Kabupaten Karawang, 2012.

Sebaran TE	Monokultur		Polikukultur		Total	
	Jumlah Usaha Tambak	Persen	Jumlah Usaha Tambak	Persen	Jumlah Usaha Tambak	Persen
0.40 - 0.49	1	1.82	0	0	1	1.02
0.50 - 0.59	1	1.82	3	6.98	4	4.08
0.60 - 0.69	8	14.55	4	9.30	12	12.24
0.70 - 0.79	9	16.36	7	16.28	16	16.33
0.80 - 0.89	20	36.36	14	32.56	34	34.69
0.90 - 1.00	16	29.09	15	34.88	31	31.63
Jumlah	55	100	43	100	98	100
Rata-rata		0.823		0.828		0.826
Maksimum		0.971		0.967		0.971
Minimum		0.483		0.501		0.483

Sumber : data primer, diolah.

Bila standar pencapaian efisiensi teknis 70 persen sudah diasumsikan sebagai kinerja usaha tambak yang efisien, maka jumlah usaha tambak yang memiliki kinerja efisien sebanyak 82.65 persen, dan sisanya masih terkendala inefisiensi teknis sebesar 17.35 persen.

Mengikuti rumusan Bravo-Uretra (1997), jika usaha tambak yang telah mencapai kinerja efisiensi rata-rata dan berusaha untuk meningkatkan efisiensi maksimum, masih terdapat peluang untuk meningkatkan produksinya sebesar $1 - 82.6/97.1 = 14.93$ persen. Begitu juga dengan usaha tambak yang kinerjanya dibawah rata-rata (lebih kecil dari 82.6 persen), ingin mencapai efisiensi maksimum, dapat memanfaatkan peluang peningkatan produksi sebesar $1 - 48.3/97.1$ diperoleh peluang 50.27 persen.

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI INEFISIENSI TEKNIK USAHA TAMBAK

Sebagaimana telah dijelaskan di atas pada Tabel 3 bahwa pengaruh eksternal merupakan faktor yang signifikan di dalam variabilitas output. Berdasarkan hasil analisis fungsi produksi Cobb Douglas melalui pendugaan dengan metode MLE (*Maximum Likelihood Estimation*), diperoleh estimasi parameter faktor-faktor inefisiensi. Variabel yang diduga mempengaruhi inefisiensi teknik

usaha tambak bandeng adalah *dummy* pola budidaya tambak, aspek manajerial seperti indeks pengalaman, indeks tingkat sekolah, kepemilikan lahan, akses keuangan, dan faktor lingkungan seperti *dummy* mangrove yang diduga mempengaruhi inefisiensi usaha tambak bandeng. Hasil fungsi inefisiensi ini merupakan hasil simultan yang diolah bersamaan dengan fungsi produksi usaha tambak, karena inefisiensi teknis ini merupakan *error term* dari fungsi produksi yang dimodelkan.

Hasil analisis inefisiensi teknis usaha tambak tercantum pada Tabel 5. Semua variabel inefisiensi memiliki tanda koefisien sesuai dengan hipotesis yang diharapkan yaitu bertanda negatif, sehingga peningkatan semua variabel ini diduga akan mengurangi inefisiensi teknis, atau dapat meningkatkan efisiensi teknisnya.

Variabel *Dummy* budidaya dengan $D=1$ adalah pola polikultur dan $D=0$ adalah pola monokultur, dengan parameter bertanda negatif berarti bila pembudidaya tambak meningkatkan pola usaha tambaknya dari monokultur ke polikultur akan meningkatkan efisiensi teknisnya. Namun secara statistik *dummy* budidaya tidak berpengaruh terhadap efisiensi teknis usaha tambak. Pola polikultur terdiri 43 unit RTP memiliki efisiensi teknis rata-rata 82.3 persen, yang sama tingkat efisiensi teknisnya dengan pola monokultur (55 RTP).

Tabel 5. Hasil Parameter Dugaan Efek Inefisiensi Teknis Usaha Tambak Kabupaten Karawang, 2012

	Koefisien	t-rasio
Konstanta	2.483****	2.370
Dummy Budidaya	-0.001	-0.004
Dummy Mangrove	-0.129	-0.759
Indeks Pengalaman	-0.137	-0.296
Indeks Sekolah	-0.891**	-1.774
Dummy Kepemilikan	-0.421***	-2.002
Dummy Akses Keuangan	-1.642*	-1.336
Indeks Cara Menjual	-3.510**	-1.722

Sumber : data primer, diolah.

Keterangan : **** = nyata pada taraf $\alpha = 0.01$;

*** = nyata pada taraf $\alpha = 0.05$;

** = nyata pada taraf $\alpha = 0.1$;

* = nyata pada taraf $\alpha = 0.2$.

Parameter dugaan *dummy* mangrove bertanda negatif, yang menunjukkan bahwa keberadaan mangrove menurunkan inefisiensi teknis atau dapat meningkatkan efisiensi teknis, sehingga tambak yang menjaga keberadaan mangrovenya ($D=1$) lebih efisien daripada tambak terbuka ($D=0$). Namun secara statistik keberadaan mangrove tidak berpengaruh terhadap inefisiensi teknis. Ini menunjukkan bahwa keberadaan mangrove saat ini belum memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi produksi tambak. Secara alami limbah yang dikeluarkan dari proses produksi bandeng seperti nitrogen, fosfor dan bahan organik dapat diserap melalui akar-akar mangrove yang tumbuh di pertambakan dan sekitarnya. Unit usaha tambak bermangrove yang mencapai efisiensi tinggi ada sebanyak 88 persen sementara yang tambaknya terbuka hanya ada 50 persen unit usaha.

Variabel indeks pengalaman bertambak dengan parameter dugaan bertanda negatif, menunjukkan bahwa pengalaman bertambak akan menurunkan inefisiensi teknis atau mampu meningkatkan efisiensi teknis usaha tambak. Namun secara statistik variabel ini tidak berpengaruh terhadap inefisiensi teknis. Sedangkan indeks sekolah bertanda negatif dan berpengaruh terhadap inefisiensi teknis pada taraf $\alpha = 10$ persen. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat pendidikan pembudidaya akan meningkatkan efisiensi

usaha tambak secara teknis. Pengalaman dan pendidikan membentuk ketrampilan yang dibutuhkan dalam mengelola tambak.

Pendidikan petani dapat merupakan kombinasi antara sekolah formal dan sekolah lapangan seperti yang sedang dikembangkan pemerintah yaitu sekolah lapangan iklim di Indramayu yang melatih petani untuk mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim dan mampu mengantisipasi kehadiran perubahan iklim. Pembudidaya ikan dan udang sangat berkepentingan terhadap sekolah lapang sejenis karena sekolah semacam ini lebih banyak melatih ketrampilan yang dapat langsung diterapkan dalam aktivitas bertambak.

Estimasi parameter *dummy* kepemilikan tambak bertanda negatif dan berpengaruh terhadap inefisiensi teknis pada taraf $\alpha = 5$ persen. Ini menunjukkan bahwa kepemilikan tambak akan menurunkan inefisiensi teknis atau akan meningkatkan efisiensi teknis, sehingga pembudidaya dengan status lahan milik ($D=1$) lebih efisien dibandingkan dengan pembudidaya penyewa atau penggarap tambak ($D=0$).

Menurut Anwar (1995) dalam Kaunang (2006) kepemilikan lahan untuk kegiatan perikanan tambak di Indonesia, termasuk di kabupaten Karawang, lebih bersifat *privat property right* dan dapat dikatakan bahwa jenis kepemilikan ini merupakan hal yang paling aman dalam pemanfaatan sumberdaya lahan,

karena dapat mencapai aspek sosial optimal. Hal ini dapat menjadi acuan bahwa penggunaan lahan untuk budidaya tambak relatif aman bagi sumberdaya lahan itu sendiri (*enforceability*), karena masing-masing pemilik berusaha agar lahan tersebut tidak rusak agar dapat memberikan nilai rente yang optimal. Ini menunjukkan bahwa kepemilikan lahan bersifat *exclusivity* yakni semua *benefit* dan *cost* dari kepemilikan dan penggunaan kepemilikan tersebut harus jatuh hanya kepada pemilik baik langsung maupun tidak langsung.

Parameter dugaan akses keuangan bertanda negatif dan berpengaruh pada taraf $\alpha = 20$ persen terhadap inefisiensi teknis. Ini menunjukkan bahwa pembudidaya yang memiliki akses keuangan dapat menurunkan inefisiensi teknis atau meningkatkan efisiensi usaha tambaknya secara teknis. Akses keuangan terutama terhadap perbankan yang memfasilitasi modal usaha seperti kredit usaha dapat berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas usaha tambak. Akses modal usaha lain berupa pinjaman barang input yang disediakan oleh para agen atau toko pertanian dengan sistem pembayaran tunda setelah panen terjual. Barang input yang dapat dipinjamkan umumnya nener, pupuk dan pakan.

Pembudidaya ikan dan udang yang mendapatkan kesempatan pinjaman dari lembaga keuangan dan digunakan untuk mengembangkan usaha tambak lebih efisien daripada yang mengembangkan usaha tambak hanya mengandalkan modal sendiri. Namun hanya sedikit pembudidaya tambak yang mendapat kesempatan memperoleh fasilitas kredit dari lembaga keuangan, yaitu 17.35 persen.

Menurut Rachmina (2012) bahwa akses petani terhadap lembaga kredit resmi (perbankan) masih sangat rendah, pertama disebabkan keterbatasan kepemilikan agunan, kedua rendahnya frekuensi pinjaman dan besaran pinjaman, ketiga aspek seleksi (*screening*) yang dilakukan lembaga pembiayaan formal yang tidak kompatibel dengan kemampuan sumberdaya petani,

keempat prosedur dan persyaratan serta aplikasi yang terlalu banyak dan rumit menjadi salah satu penyebab rendahnya aksesibilitas petani.

Estimasi parameter cara menjual bertanda negatif dan mempengaruhi inefisiensi teknis pada taraf $\alpha = 10$ persen. Ini menunjukkan bahwa cara menjual hasil panen tambak dapat menurunkan inefisiensi teknis atau dapat meningkatkan efisiensi usaha tambak secara teknis. Jadi pembudidaya tambak yang mampu menjual sendiri hasil panennya lebih efisien daripada pembudidaya yang menjual langsung hasil panennya di tambak meskipun dengan cara ditimbang. Harga jual yang terbentuk berdasarkan hasil kesepakatan antara pembudidaya dan pedagang pengumpul. Hasil penjualan dibayar tunai dengan tunda sekitar satu minggu, karena pedagang pengumpul membutuhkan waktu untuk menjualkan hasil panen tersebut ke pedagang besar di Pasar Ikan Muara Angke atau Muara Baru Jakarta.

Sangat sedikit pembudidaya yang mampu menjual hasil tambaknya ke pasar, yakni hanya 3 orang pembudidaya. Hal ini disebabkan adanya tambahan biaya transport, upah tenaga kerja, retribusi pasar dan banyak potongan-potongan lain, sehingga pembudidaya yang mencoba menjual hasilnya langsung ke pasar mengalami kerugian meskipun harga jual di pasar lebih tinggi namun biaya tak terduga juga besar, sehingga biaya yang ditanggung dalam memasarkan hasil panen mengikis keuntungan usahanya. Kondisi ini menyebabkan pembudidaya kembali ke cara umum yakni menjual hasil panennya ke pedagang pengumpul di tambaknya langsung saat pemanenan. Dengan cara ini pembudidaya merasa aman karena hasil panennya sudah jelas terjual dengan harga yang disepakati bersama, meskipun dengan harga jual yang bervariasi.

Sebagaimana telah dijelaskan dimuka bahwa usaha tambak yang telah mencapai kinerja efisiensi rata-rata masih terdapat peluang untuk meningkatkan produksinya sebesar 14.93 persen, sementara usaha tambak

yang kinerjanya dibawah rata-rata dapat memanfaatkan peluang peningkatan produksi sebesar 50.27 persen. Dalam jangka pendek peningkatan efisiensi teknis ini dapat dilakukan melalui perbaikan faktor-faktor inefisiensi yaitu variabel indeks sekolah, *dummy* kepemilikan, *dummy* akses keuangan dan indeks cara menjual.

KORELASI KESEIMBANGAN MASSA POLUTAN DALAM PRODUKSI TAMBAK

Produksi budidaya udang atau ikan menghasilkan dua output yang selalu dihasilkan bersamaan yaitu udang/ikan sebagai produk target (produk yang diinginkan sebagai *good output*) dan limbah sisa pakan yang tidak dikonsumsi sehingga unsur hara N dan P terlepas ke lingkungan. Dengan demikian polutan nitrogen dan phosphor merupakan output yang tidak diinginkan sebagai *bad output*. Semua output ini dihasilkan secara bersamaan dan adanya saling ketergantungan, dimana kapasitas produksi yang meningkat sejalan dengan peningkatan polutan yang dihasilkan.

Berdasarkan persamaan (11), diperoleh Jumlah nitrogen masuk ke perairan tambak budidaya. Kadar nitrogen yang masuk sama besarnya dengan kadar nitrogen keluar. Sisa pemanfaatan nitrogen merupakan nitrogen yang terbuang dikenal sebagai polutan. Polutan nitrogen dan fosfor dari keseimbangan massa ini selanjutnya diperlakukan sebagai data polutan nitrogen dan fosfor usaha tambak. Sedangkan bahan organik BOD merupakan data dari Laboratorium BPBAPL Kabupaten Karawang.

Hubungan polutan dengan variabel input dan output produksi tambak dapat dilihat pada Tabel 6. Analisis korelasi telah

digunakan untuk menguji hubungan antara faktor lingkungan dan produksi output - input. Korelasi terlihat sebagai hubungan yang lemah tetapi non-nol antara faktor lingkungan dan input produksi menunjukkan hasil yang berpotensi bias bila menghilangkan variabel lingkungan dalam estimasi produktivitas dan efisiensi.

Korelasi ketiga jenis polutan bertanda positif dengan variabel output seperti bandeng, dan variabel input seperti pakan, nener, dan urea. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi output dihasilkan dan input produksi tersebut digunakan dalam proses produksi bandeng di tambak akan meningkatkan jumlah polutan yang dihasilkan. Sementara korelasi polutan bertanda negatif dengan tenaga kerja, BBM dan luas tambak kecuali polutan organik (BOD). Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi input produksi tersebut digunakan dalam proses produksi bandeng di tambak akan menurunkan jumlah polutan yang dihasilkan.

Korelasi diantara polutan sendiri terlihat bahwa polutan nitrogen dan fosfor bertanda positif dan bernilai mendekati satu, ini menunjukkan bahwa semakin tinggi polutan nitrogen dihasilkan dalam proses produksi bandeng di tambak sejalan dengan pertambahan jumlah polutan fosfor. Ikatan keduanya sangat kuat, ada saling ketergantungan antara polutan nitrogen dan polutan fosfor karena sumber kedua polutan ini berasal dari input yang sama yaitu nener, pupuk dan pakan. Sebaliknya dengan bahan organik (BOD) bertanda negatif dengan keduanya. Ini terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara bahan organik dan polutan nitrogen dan fosfor.

Tabel 6. Korelasi Polutan Tambak Dengan Variabel Output dan Input Fungsi Produksi Tambak di Kabupaten Karawang, 2012

Variabel	Jenis Polutan Kg/Ut		
	Polutan Nitrogen	Polutan Fosfor	Polutan organik (BOD)
Bandeng	0.061	0.089	0.160
Pakan	0.042	0.064	0.011
Nener	0.103	0.088	0.159
Urea	0.015	0.019	0.154
Naker	-0.008	-0.003	0.121
Bbm	-0.007	-0.013	0.052
Luas	-0.031	-0.037	0.432
Polutan Nitrogen	1		
Polutan Fosfor	0.961	1	
Polutan organik (BOD)	-0.009	-0.044	1

Sumber : data primer, diolah.

PENGARUH KETIGA JENIS POLUTAN TERHADAP EFISIENSI TEKNIS TAMBAK

Untuk dapat melihat pengaruh polutan terhadap produksi bandeng digunakan dua model fungsi produksi frontier yang terpisah yakni model pertama mencakup 6 variabel input konvensional (nener, pakan, urea, tenaga kerja, BBM dan luas) dan model kedua mencakup 6 variabel input konvensional yang sama dan 3 variabel input pengganggu lingkungan (polutan nitrogen, fosfor dan bahan organik (BOD)). Berdasarkan persamaan (6) dan (7) yang dianalisis dengan menggunakan program Frontier 4.1, terlihat adanya perbedaan yang diduga merupakan pengaruh adanya polutan nitrogen, fosfor dan bahan organik (BOD). Secara lengkap hasil analisis kedua model fungsi produksi frontier dicantumkan pada Tabel 7.

Koefisien dugaan variabel input konvensional pada kedua model mempunyai tanda sesuai harapan yakni semua bernilai positif. Tanda positif menunjukkan adanya hubungan searah antara penggunaan input secara teknis dengan jumlah produksi bandeng di areal pertambakan Pesisir Utara Kabupaten Karawang. Peningkatan jumlah input yang digunakan yaitu nener, pakan, urea, tenaga kerja, BBM dan luas tambak akan meningkatkan jumlah bandeng yang dihasilkan. Koefisien dugaan variabel input

pengganggu lingkungan (*detrimental input*) ρ diharapkan bertanda negatif yang berarti semakin rendah input detrimental masuk dalam proses produksi akan meningkatkan produksi bandeng. Koefisien dugaan yang sesuai harapan hanya polutan nitrogen yang bertanda negatif dan signifikan pada taraf $\alpha = 0.05$, sementara polutan fosfor dan BOD memiliki koefisien dugaan positif dan signifikan pada taraf $\alpha = 0.05$. Hal ini berarti peningkatan jumlah polutan nitrogen akan menurunkan produksi bandeng namun peningkatan polutan fosfor dan bahan organik justru dapat meningkatkan produksi tambak.

Tingkat efisiensi teknis usaha tambak yang memperhitungkan produk sampingan polutan (model 2) lebih rendah daripada tingkat efisiensi teknis usaha tambak dari fungsi produksi frontier konvensional (model 1). Hasil analisis ini mendukung dugaan bahwa polutan tambak diduga menurunkan efisiensi produksi usaha tambak. Rata-rata efisiensi teknis model 1 adalah 0.826 sedangkan pada model 2 sebesar 0.633, sehingga terdapat selisih sebesar 0.193 merupakan pengaruh polutan terhadap produksi usaha tambak. Ini menunjukkan bahwa pengaruh penurunan efisiensi teknis sebesar 19.3 persen bersumber dari polutan nitrogen yang koefisien dugaannya bertanda negatif dan signifikan pada taraf $\alpha = 5$ persen.

Tabel 7. Perbandingan Koefisien Variabel Input Pada Fungsi Produksi Konvensional Dan Fungsi Produksi Yang Memperhitungkan Keberadaan Polutan Dalam Proses Produksi Tambak

Variabel	FPF 6 input		FPF 6 input + 3 polutan	
	Koefisien	t-hitung	Koefisien	t-hitung
Intersep	-1.322 ***	-2.340	-1.336 ***	-2.136
Pakan	0.029 ****	3.615	0.030 ****	2.801
Nener	0.666 ****	8.448	0.722 ****	7.693
Urea	0.175 ****	3.646	0.134 ****	2.497
Naker	0.299 ****	3.165	0.288 ****	2.875
BBM	0.084 ****	3.356	0.092 ****	3.389
Luas	0.073 **	1.690	0.055	0.880
Polutan Nitrogen	-		-0.0004 ***	-2.264
Polutan Fosfor	-		0.001 ***	2.335
Polutan organik BOD	-		<0.0001 ***	2.130
<i>Return to scale</i>	1.327		1.321	
<i>sigma-squared</i>	0.152 ****	2.761	0.152 ***	2.247
<i>gamma</i>	0.438 ***	1.784	0.844 ****	4.450
<i>log likelihood function</i>	= -30.9108		-28.349	
<i>LR test of the one-sided error</i>	= 17.0689		13.3338	
Efisiensi Teknis				
Rata-rata	0.826		0.633	
Maksimum	0.971		0.932	
Minimum	0.483		0.281	
Penurunan Efisiensi Teknis		0.193		

Sumber : data primer, diolah.

Keterangan : FPF = fungsi produksi frontier

**** = nyata pada taraf $\alpha = 0.01$;

*** = nyata pada taraf $\alpha = 0.05$;

** = nyata pada taraf $\alpha = 0.1$;

* = nyata pada taraf $\alpha = 0.15$.

Penurunan efisiensi teknis usaha tambak terlihat akan menggeser pembudidaya yang telah efisien secara teknis pada model 1 ke tingkat efisiensi teknis yang lebih rendah pada model 2. Jumlah pembudidaya tambak yang telah efisien pada Model 1 sebanyak 82.65 persen akan menurun pada Model 2 menjadi 37.76 persen usaha tambak.

Berdasarkan tingkat pencemaran tambak dan efisiensi teknik usaha tambak, terlihat bahwa sebaran usaha tambak yang menderita pencemaran nitrogen dan fosfor memiliki pola yang sama yaitu sebanyak lebih dari 80 persen usaha tambak telah tercemar berat sementara yang tercemar ringan kurang dari 10 persen. Produksi budidaya udang atau ikan menghasilkan dua output yang selalu dihasilkan bersamaan yaitu udang/ikan sebagai produk

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Produksi bandeng sangat responsif terhadap padat tebar nener, sehingga nener merupakan faktor dominan. Faktor produksi penting lainnya adalah pakan, urea, tenaga kerja, BBM dan luas tambak, dengan skala usaha yang meningkat. Usaha tambak dengan pola budidaya monokultur dan polikultur bandeng telah mencapai efisien secara teknis. Perbedaan tingkat efisiensi teknis yang dicapai oleh masing-masing pembudidaya tambak, mengindikasikan adanya tingkat penguasaan dan aplikasi teknologi budidaya tambak yang berbeda-beda. Perbaikan faktor-faktor kapabilitas manajerial pembudidaya tambak seperti pendidikan mampu menurunkan inefisiensi usaha tambak. Begitu pula dengan status kepemilikan lahan, akses keuangan dan cara

menjual panen bandeng akan menurunkan inefisiensi usaha tambak.

Analisis korelasi antara polutan dengan output dan input usaha tambak bernilai tidak nol, menunjukkan bahwa polutan tambak dapat mempengaruhi produksi bandeng. Pengaruh polutan melalui input *detrimental* menunjukkan bahwa hanya polutan nitrogen saja yang berdampak terhadap penurunan efisiensi produksi tambak. Sedangkan polutan fosfor masih dapat ditoleransi oleh bandeng dan bahan organik BOD masih berada dibawah ambang batas pencemaran.

SARAN

Peningkatan efisiensi teknis usaha tambak dalam jangka pendek dapat dilakukan melalui peningkatan pendidikan, status kepemilikan lahan tambak, akses keuangan dan perbaikan pola penjualan hasil panen usaha tambak.

Peningkatan pendidikan formal bagi pembudidaya tambak diarahkan pada spesialisasi usaha tambak seperti Sekolah Menengah Kejuruan Perikanan dan Budidaya Perikanan. Sedangkan pendidikan non formal bagi pembudidaya tambak diarahkan pada pelatihan ketrampilan bertambah terkait dengan teknologi pengurangan polutan terutama kelebihan nitrogen, seperti mengganti pupuk urea dengan pupuk organik, teknologi sistem tertutup, bioremediasi dan sebagainya.

Perlu dilakukan pengawasan oleh Dinas Perikanan dan Peternakan Kabupaten Karawang terhadap usaha tambak dalam penggunaan urea yang berlebihan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyoga, W. 1999. Beberapa Alternatif Pendekatan untuk Mengukur Efisiensi atau In-efisiensi dalam Usahatani. *Informatika Pertanian* vol.8 (Desember 1999) : 487- 497.
- Asamoah, E.K., et al. 2012. A Production Function Analysis Of Pond Aquaculture In Southern Ghana. *Aquaculture Economics & Management*, 16:183-201.
- Battese, G. E. and T. J. Coelli. 1995. A Model for Technical Inefficiency Effect in a Stochastic Frontier Production for Panel Data. *Empirical Economics*, 20(2): 325-332.
- Coelli, T. J., D.S. Prasada Rao and G.E. Battese. 1998. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Kluwer Academic Publishers, London.
- Coelli, Tim, L. Lauwers, and G.van Huylenbroeck. 2006. Formulation of Technical Economic and Environmental Efficiency Measures that are Consistent with the Materials Balance Condition. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of Queensland, Brisbane, Australia.
- Fauzi, A. 2010. Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungannya, Teori dan Aplikasinya. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Fernandez, Carmen, Gary Koop, and Mark Steel. 2003. Alternative Efficiency Measures For Multiple-Output Production. Institute of Mathematics and Statistics, University of Kent at Canterbury.

- Kaunang, SDE. 2006. Analisis Rent Pemanfaatan Lahan Tambak Di Wilayah Pesisir Kabupaten Serang Provinsi Banten. Tesis. Tidak Dipublikasikan. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Long, Hoang Van and Mitsuyasu Yabe. 2011. The Impact of Environmental Factors on the Productivity and Efficiency of Rice Production: A Study in Vietnam's Red River Delta. *European Journal of Social Sciences* ISSN 1450-2267, 26(2) 2011 : 218-230.
- Rachmina, Dwi. 2012. Peranan Pembentukan Modal Dan Infrastruktur Dalam Peningkatan Produktivitas Dan Efisiensi Usahatani Sayuran Di Jawa Barat. Disertasi. Tidak Dipublikasikan. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor.
- Reinhard, S., C. A. Knox Lovell, and G. J. Thijssen. 1999. "Econometric Estimation of Technical and Environmental Efficiency: An Application to Dutch Dairy Farms." *American Journal of Agricultural Economics*, 81 (Februari 1999): 44-60.
- Sherlund, Shane M, Christopher B. Barrett, and Akinwumi A. Adesina. 2002. Smallholder Technical Efficiency Controlling for Environmental Production Conditions. *Journal of Development Economics* 69 (2002) 85- 101
- Wossink, Ada and Z. S. Denaux. 2002. Environmental Efficiency, Separability and Abatement Costs of Nonpoint-source Pollution. AAEA Annual Meeting, July 28-31, 2002, Long Beach CA.

