

POLA PENCEMARAN Hg DAN Pb PADA *FISHING GROUND* DAN IKAN YANG TERTANGKAP NELAYAN : STUDI KASUS DI TELUK JAKARTA

(*Mercury and Lead Contamination Pattern on Fish and Fishing Ground :
A Case Study in Jakarta Bay*)

Mustaruddin

Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB
Jl. Agathis, Kampus IPB Dramaga, Bogor
mus_m03@yahoo.com

Abstract

Mercury (Hg) and lead (Pb) are two heavy metals which run-off with waste water of industry, market, and office to territorial water of Jakarta Bay. Fishing ground in adjacent water of Marunda, Bidadari Island, and Damar Island have been contaminated by Hg and Pb. Pelagic fish caught in Jakarta Bay have not been contaminated by Hg and Pb. However, demersal fishes that have been caught in the same area, a positively contaminated with Hg and Pb. The rate of Hg and Pb in fishing ground are significantly influence by the rate of Hg and Pb in pelagic fish (NK Hg = 0,895 at sig 0,016 and NK Pb = 0,962 at sig 0,002) and in demersal fish (NK Hg = 0,825 at sig 0,043 and NK Pb = 0,894 at sig 0,016). The pattern of Hg contamination in fishing ground to pelagic fish and demersal fish each following linear model $Y = -0,055 + 5,314 X$, and quadratic model $Y = -1,370 + 215,549X - 4190,579X^2$, where X represents rate of heavy metal in fishing ground and Y represents rate of heavy metal in fish caught by fisherman. While pattern of Pb contamination of fishing ground to pelagic fish and demersal fish each following cubic model $Y = -0,006 + 1,114X - 399,652X^3$ and sigmoid model $Y = e^{0,627 - (0,10 / X)}$.

Keywords: fishing ground, fish, heavy metal, contamination, and Jakarta Bay

1. Pendahuluan

Selain banyak dimanfaatkan untuk lalu-lintas pelayaran, wisata, dan riset, perairan Teluk Jakarta tetap memberi kontribusi penting bagi produksi ikan laut, terutama dari jenis ikan pelagis dan ikan demersal. Ikan pelagis yang banyak ditangkap nelayan di Teluk Jakarta adalah tongkol dan tembang, sedangkan ikan demersal yang banyak ditangkap diantaranya layur dan manyung. Pada tahun 2009, produksi ikan tongkol, tembang, layur, dan manyung tersebut di DKI Jakarta masing-masing mencapai 10.248 ton dan 3.333 ton, 767 ton, dan 747 ton (BKPM, 2011). Produksi ikan tersebut cenderung meningkat dalam 5 tahun terakhir, yaitu rata-rata 4,01 % per tahun (Radarwati, 2010). Namun demikian, produksi ikan pelagis dan demersal dapat terganggu, bila

daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) utama nelayan di Teluk Jakarta, seperti perairan sekitar Marunda, Pulau Bidadari, dan Pulau Damar terkontaminasi oleh bahan pencemar berbahaya.

Logam berat terutama dari jenis merkuri (Hg) dan timbal (Pb) merupakan bahan pencemar yang paling berbahaya karena mudah mengakumulasi dan mempunyai sifat degeneratif. Bila perairan yang menjadi *fishing ground* tercemar logam berat, maka akan sangat mudah mencemari ikan sekitar melalui siklus rantai makanan yang terbentuk di *fishing ground* tersebut. Menurut Wouthuyzen, *et. al* (2008) dan Mustaruddin, *et. al* (2005), bahan pencemar merkuri (Hg) dan timbal (Pb) di Teluk Jakarta umumnya berasal dari aktivitas industri, pasar, dan perkantoran yang dibuang melalui 13 sungai/kali

dengan muara di Teluk Jakarta. Sungai Cakung merupakan satu dari tiga sungai besar penyumbang limbah ke Teluk Jakarta, yang tingkat pencemaran Hg dan Pb-nya masing-masing mencapai 0,266 ppm dan 0,0279 ppm.

Bila kondisi tersebut dibiarkan, maka dapat mengganggu kelangsungan kegiatan perikanan tangkap di Teluk Jakarta dan ekonomi pesisir DKI Jakarta. Pencemaran logam berat tidak hanya menyebabkan kualitas ikan hasil tangkapan menurun, tetapi juga dapat menimbulkan konflik sosial yang lebih besar antara nelayan dengan pemerintah, nelayan dengan konsumen, dan pemerintah dengan pelaku bisnis yang membuang limbah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang diperlukan sehingga tindakan pemanfaatan sumberdaya ikan dan potensi lainnya dapat dilakukan secara tepat di Teluk Jakarta.

Penelitian ini bertujuan untuk: (a) menganalisis status pencemaran Hg dan Pb pada daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) dan ikan yang tertangkap nelayan, (b) menganalisis keeratan hubungan kadar Hg dan Pb pada *fishing ground* dan ikan yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta, serta (c) menduga pola pencemaran Hg dan Pb pada *fishing ground* terhadap ikan yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta.

2. Metodologi

2.1. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Teluk Jakarta, DKI Jakarta, yaitu pada lokasi yang menjadi *fishing ground* utama nelayan sekitarnya. Penelitian ini dilaksanakan selama 9 (sembilan) bulan, mulai Pebruari 2011 sampai dengan Oktober 2011.

2.2. Bahan dan alat penelitian

Bahan yang digunakan adalah sampel air laut dan sampel ikan yang tertangkap nelayan pada 3 lokasi *fishing ground* nelayan di Teluk Jakarta. Alat yang digunakan adalah paket peralatan laboratorium, program aplikasi Excel, dan SPSS ver. 17.

2.3. Metode pengumpulan data sampling

Sampling air laut dilakukan pada tiga lokasi yang menjadi *fishing ground* nelayan di Teluk Jakarta, yaitu perairan sekitar Marunda, Pulau Bidadari, dan Pulau Damar. Sampling ikan dilakukan terhadap jenis ikan permukaan (pelagis) dan jenis dasar (demersal).

Sampel ikan ini diperoleh dari hasil tangkapan nelayan yang melakukan operasi penangkapan ikan di ketiga *fishing ground* tersebut. Sampel ikan pelagis yang digunakan adalah ikan tongkol dan sampel ikan demersal adalah ikan layur. Kedua jenis ikan ini merupakan ikan pelagis dan demersal yang paling banyak ditangkap oleh nelayan di Teluk Jakarta. Bagian ikan yang dijadikan sampel untuk analisis Hg dan Pb adalah hati dan daging (Simbolon, *et. al*, 2010). Pengambilan sampel air laut dan ikan dilakukan secara *purposive*, yaitu menyengaja mengambil air laut pada lokasi *fishing ground* yang dimaksud dan meminta nelayan untuk menyisahkan sebagian ikan yang tertangkap di lokasi. Teknik *purposive* ini dipilih supaya sampel yang diambil benar-benar merupakan sampel air yang berasal dari *fishing ground* dan ikan yang tertangkap adalah benar berasal dari lokasi yang selama ini menjadi daerah tangkapan utama nelayan di Teluk Jakarta.

2.4. Metode analisis

2.4.1. Analisis fisika-kimia

Analisis di laboratorium dilakukan untuk mengetahui kadar Hg dan Pb pada sampel air laut dan ikan yang tertangkap nelayan. Untuk mengetahui status pencemaran Hg dan Pb pada *fishing ground*, hasil analisis kadar Hg dan Pb sampel air laut kemudian diperbandingkan dengan baku mutu air golongan C (untuk keperluan perikanan) menurut PP RI No. 82 Tahun 2001 (Kemenkokesra, 2012). Sedangkan untuk mengetahui status pencemaran Hg dan Pb pada ikan air yang tertangkap nelayan, maka hasil analisis sampel kadar Hg dan Pb sampel ikan diperbandingkan dengan baku mutu Hg dan Pb untuk bahan pangan menurut Kep. DITJEN POM DEPKES RI No. 03725/B/SK/1989 (Ditjen POM, 1989).

2.4.2. Analisis bivariate correlation

Analisis ini digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan pencemaran Hg dan Pb pada perairan Teluk Jakarta yang menjadi *fishing ground* nelayan dengan kadar Hg dan Pb pada ikan yang tertangkap. Menurut Sarwono (2006), metode *bivariate correlation* membantu menganalisis korelasi/hubungan suatu variabel terhadap variabel lainnya yang terlibat suatu interaksi bersama. Korelasi tersebut akan mencerminkan tingkat hubungan/pengaruh suatu variabel terhadap variabel lainnya dalam berinteraksi.

Keeratan hubungan Hg dan Pb pada *fishing ground* dan ikan yang tertangkap nelayan dikelompokkan menjadi empat berdasarkan nilai koefisien korelasinya (Sarwono, 2006). Hubungannya lemah bila nilai koefisien korelasi dalam kisaran 0–0,25, hubungannya cukup bila >0,25 – 0,5, kuat bila >0,5 – 0,75, dan sangat kuat bila nilainya >0,75 – 1. Hubungan (*correlation*) tersebut bisa dipercaya bila mempunyai nilai signifikansi < 0,05 (tingkat kepercayaan 95 %).

2.4.3. Curve estimation models

Analisis model ini digunakan untuk menduga pola pencemaran Hg dan Pb pada *fishing ground* terhadap ikan yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta. Dalam pendugaan ini dikembangkan empat model estimasi, yaitu model *linear*, model *quadratic*, model *cubic*, dan model S (*sigmoid*). Keempat model tersebut mempunyai pola yang berbeda, sehingga hasil estimasinya terhadap pencemaran logam berat dapat diperbandingkan. Penerapan keempat model estimasi secara bersamaan dimaksudkan untuk mendapatkan hasil dugaan pola pencemaran yang lebih sesuai (*fit*). Menurut Santoso (2012), tingkat kesesuaian hasil analisis menggunakan model estimasi sangat bergantung pada *trend* data dan rancangan *equation* (persamaan) model yang ditawarkan. Secara umum, *equation* dari keempat model adalah :

- a. Model *linear*, dirumuskan dengan :

$$Y = a + b_1X$$

- b. Model *quadratic*, dirumuskan dengan :

$$Y = a + b_1X + b_2X^2$$

- c. Model *cubic*, dirumuskan dengan :

$$Y = a + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3$$

- d. Model S (*sigmoid*), dirumuskan :

$$Y = e^{a+(b1/X)}$$

Pada *equation* (persamaan) tersebut, X merupakan kadar logam berat pada *fishing ground*,

Y merupakan kadar logam berat pada ikan yang tertangkap nelayan, a merupakan konstanta, sedangkan b1, b2, dan b3 merupakan koefisien dari X.

Untuk mengetahui tingkat kesesuaian (*fitting*) hasil analisis model, maka dilakukan dua jenis uji statistik, yaitu :

- b. Uji *R-Square*

Uji *R-Square* digunakan untuk mengukur seberapa mampu model dapat menjelaskan pengaruh pencemaran logam berat *fishing ground* (variabel *independent*) terhadap ikan yang tertangkap nelayan (variabel *dependent*). Semakin tinggi nilai *R-Square*, maka kemampuan model untuk menjelaskan pengaruh nyata yang terjadi semakin besar.

- c. Uji *probability signifancy*

Uji ini digunakan untuk mengukur signifikansi (tingkat kepercayaan) model dalam menjelaskan pola nyata pencemaran logam berat *fishing ground* (variabel *independent*) terhadap ikan yang tertangkap nelayan (variabel *dependent*). Model dapat dipercaya bila mempunyai sig < 0,05.

3. Hasil

3.1 Status pencemaran Hg dan Pb pada *fishing ground* dan ikan yang tertangkap nelayan

Perairan sekitar Marunda, Pulau Bidadari, dan Pulau Damar merupakan *fishing ground* penting bagi nelayan di Teluk Jakarta, dengan hasil tangkapan utama dari jenis ikan pelagis dan ikan demersal seperti tongkol, tembang, layur, dan manyung. Dari hasil analisis air laut, kadar Hg dan Pb di daerah penangkapan (Tabel 1) pada lokasi sekitar Marunda (L1) adalah 0,0131 ppm dan 0,024 ppm, untuk Pulau Bidadari (L2) adalah 0,0102 ppm dan 0,0139 ppm, dan untuk Pulau Damar (L3) adalah 0,006 ppm dan 0,0178 ppm. Kadar telah melebihi baku mutu Hg dan Pb yang dipersyaratkan untuk air yang diperuntukkan bagi kegiatan perikanan.

Tabel 1. Kadar Hg dan Pb pada *fishing ground* dan pada ikan yang tertangkap nelayan

Parameter	Kadar Logam Berat (ppm)				Status
	Baku Mutu	L1 ^c	L2 ^c	L3 ^c	
<i>Fishing ground</i> (Air Laut)					
a. Hg	≤ 0,002 ^a	0,0131	0,0102	0,006	tercemar
b. Pb	≤ 0,02 ^a	0,024	0,0139	0,0178	tercemar
Ikan Pelagis ^{d1}					
a. Hg	< 0,5 ^b	0,011	0,009	0,0095	tidak tercemar
b. Pb	< 1,0 ^b	0,0153	0,012	0,004	tidak tercemar
Ikan Demersal ^{d2}					
a. Hg	< 0,5 ^b	0,68	0,55	0,42	tercemar
b. Pb	< 1,0 ^b	1,185	1,12	0,58	tercemar

^a Kadar logam berat laut untuk golongan C (untuk keperluan perikanan) menurut PP RI No. 82 Tahun 2001

^b Kadar logam berat bahan pangan menurut DITJEN POM DEPKES RI (1989)

^c L1, L2, dan L3 berturut-turut adalah perairan sekitar Marunda, Pulau Bidadari, dan Pulau Damar

^{d1} sampel ikan tongkol dan ^{d2} sampel ikan layur

Kadar Hg dan Pb ikan pelagis yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta belum melebihi baku mutu Hg dan Pb untuk bahan pangan (Tabel 1). Kadar Hg dan Pb tertinggi terdapat pada ikan pelagis yang tertangkap nelayan di perairan sekitar Marunda. Hasil yang berbeda ditemukan pada ikan demersal. Semua ikan demersal yang tertangkap di semua lokasi sampling telah tercemar oleh Hg dan Pb (Tabel 1).

4.2 Keeratan hubungan kadar Hg dan Pb pada *fishing ground* dan ikan yang tertangkap nelayan

Merkuri (Hg) pada perairan dapat mencemari ikan dan tumbuhan air minimal melalui tiga proses, yaitu absorpsi, pengendapan, dan adsorpsi. Hal ini

terjadi mengikuti pola rantai makanan yang dialami oleh setiap biota perairan termasuk ikan ekonomis penting yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta.

Kadar Hg di *fishing ground* memengaruhi kadar Hg pada ikan pelagis (bagian hati dan daging) dengan nilai koefisien (NK) 0,895 dan memengaruhi kadar Hg pada ikan demersal dengan nilai koefisien (NK) 0,825 (Tabel 2). Nilai koefisien tersebut menunjukkan bahwa pengaruh Hg *fishing ground* terhadap ikan pelagis dan ikan demersal termasuk kuat (berhubungan erat). Hal ini dapat dipercaya karena mempunyai signifikansi < 0,05, yaitu 0,016 untuk pengaruh kadar Hg pada *fishing ground* terhadap ikan pelagis dan 0,043 untuk pengaruh kadar Hg pada *fishing ground* terhadap ikan demersal.

Tabel 2 Hubungan kadar Hg dan Pb pada *fishing ground* dan pada ikan yang tertangkap nelayan

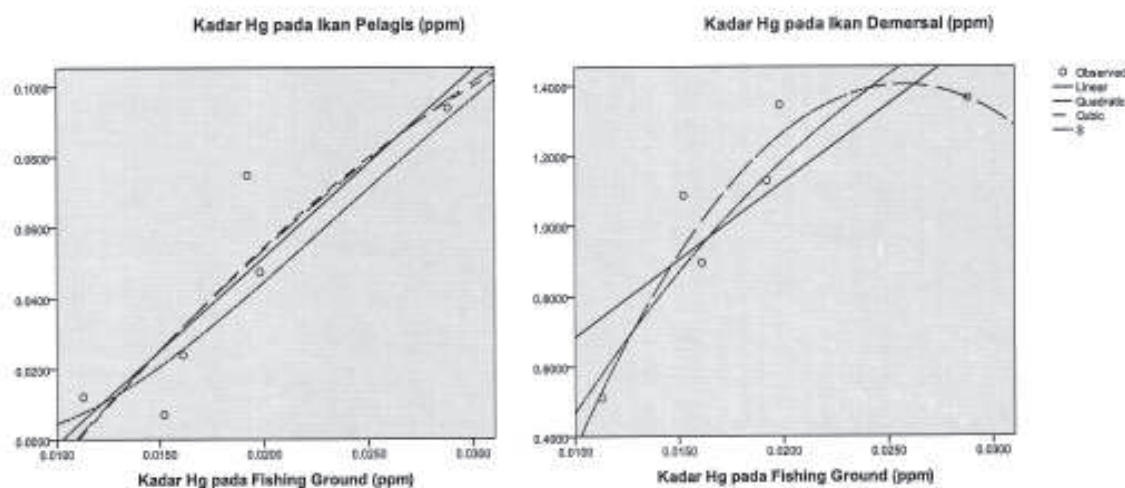
		<i>Fishing Ground</i>	Ikan Pelagis	Ikan Demersal
Kadar Hg pada <i>Fishing ground</i> (ppm)	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	1,000 .	Kadar Hg (ppm) 0,895	0,825
			0,016	0,043
Kadar Pb pada <i>Fishing ground</i> (ppm)	Pearson Correlation Sig. (2-tailed)	1,000 .	Kadar Pb (ppm) 0,962	0,894
			0,002	0,016

Timbal (Pb) juga mempunyai sifat mudah terakumulasi dan sulit didegradasi bila dimakan oleh ikan karena cepat mengendap pada jaringan kulit, jaringan lunak, daging, dan tulang ikan (Supriatno dan Lelifajri, 2009). Kadar Pb pada *fishing ground* memengaruhi dengan sangat kuat kadar Pb pada ikan pelagis (NK = 0,962) dan kadar Pb pada ikan demersal (NK = 0,894). Pengaruh atau hubungan tersebut dapat dipercaya karena mempunyai signifikansi <0,05, yaitu 0,002 untuk pengaruh kadar Pb pada *fishing ground* terhadap ikan pelagis dan 0,016 untuk pengaruh kadar Pb pada *fishing ground* terhadap ikan demersal.

4.3. Pola pencemaran Hg dan Pb *fishing ground* terhadap ikan yang tertangkap nelayan

4.3.1. Pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan yang tertangkap nelayan

Pola pencemaran Hg pada ikan pelagis bisa berbeda dengan ikan demersal yang dipengaruhi oleh lokasi habitat (perairan permukaan atau perairan dasar) dan dinamika migrasinya. Gambar 1 menyajikan kurva hasil analisis pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta, sedangkan hasil analisis kinerja empat model estimasi yang dikembangkan disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 4.



Gambar 1. Pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan yang tertangkap nelayan

Tabel 3. Kinerja model estimasi dalam menduga pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan pelagis yang tertangkap nelayan

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R-Square	F	Df1	df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	.801	16.107	1	4	.016	-.055	5.314		
Quadratic	.805	6.196	2	3	.086	-.079	7.922	-63.745	
Cubic	.807	6.280	2	3	.085	-.076	7.076	.000	-1330.623
S	.651	7.477	1	4	.052	-.798	-.046		

Tabel 4. Kinerja model estimasi dalam menduga pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan demersal yang tertangkap nelayan

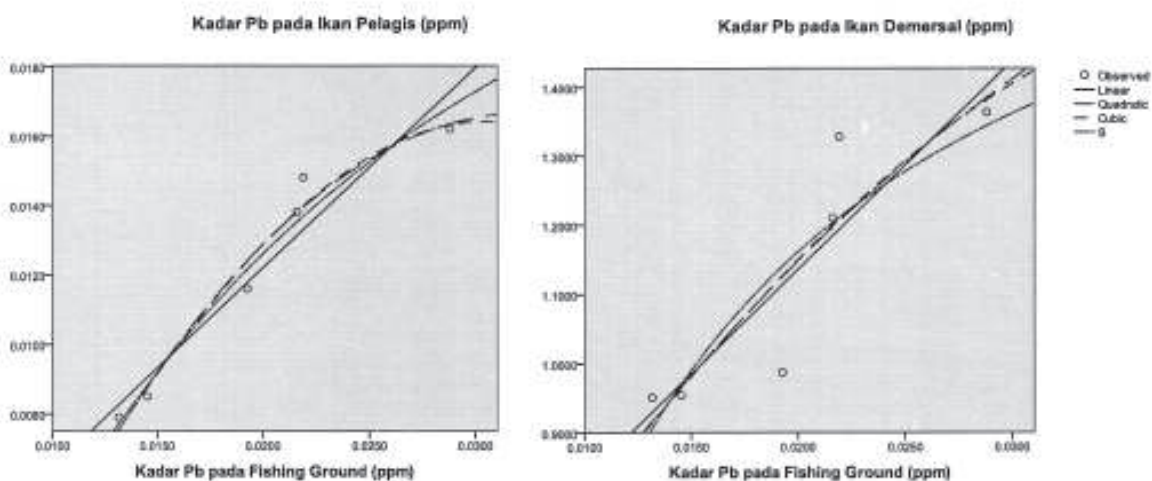
Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R-Square	F	df1	Df2	Sig.	Constant	b1	b2	b3
Linear	.680	8.497	1	4	.043	.242	44.135		
Quadratic	.895	12.769	2	3	.034	-1.370	215.549	-4190.579	
Cubic	.895	12.769	2	3	.034	-1.370	215.549	-4190.579	.000
S	.850	22.611	1	4	.009	1.103			

Model *linear, quadratic, cubic*, dan *S (sigmoid)* tidak menunjukkan *trend* yang terlalu berbeda dalam menduga pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan pelagis yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta. Meskipun model *cubic* dapat menunjukkan kurva hasil analisis berbeda, tetapi untuk kondisi kadar Hg *fishing ground* saat ini (berkisar 0,006 – 0,0131 ppm), perbedaan tersebut tidak terlihat. Sedangkan pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan demersal cukup jelas perbedaannya diantara keempat model estimasi.

Dari empat model estimasi tersebut, pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan pelagis lebih mengikuti model *linear*. Hal ini ditunjukkan oleh Tabel 3, dimana model *linear* mempunyai *R-Square* tinggi (0,801) yang dapat dipercaya ($\text{sig} < 0,05$). Model *quadratic* dan model *cubic* juga mempunyai *R-Square* yang tinggi, namun tidak dapat dipercaya kebenarannya karena mempunyai $\text{sig} >$

0,05, yaitu masing-masing 0,086 dan 0,85. Terkait dengan ini, maka pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan pelagis yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta dapat dirumuskan dengan $Y = -0,055 + 5,314 X$. Pada model *linear* ini, X merupakan kadar Hg *fishing ground* dan Y merupakan kadar Hg ikan pelagis yang tertangkap nelayan.

Untuk pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan demersal, polanya lebih mengikuti model *quadratic* dan model *cubic*. Hal ini ditunjukkan oleh *R-Square* yang paling tinggi (yaitu 0,895) dan dapat dipercaya kebenarannya ($\text{sig} < 0,05$, yaitu 0,034) (Tabel 4). Namun karena pada model *cubic*, nilai koefisien b3 tidak ada, maka pola pencemaran tersebut murni mengikuti model *quadratic*. Model *linear* dan model S juga dapat dipercaya ($\text{sig} < 0,05$), namun mempunyai nilai *R-Square* yang lebih kecil. Bila melihat nilai *R-Square* tersebut, maka model *quadratic* dapat menjelaskan 98,5 % pengaruh



Gambar 2. Pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan yang tertangkap nelayan

pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan demersal yang tertangkap nelayan, sedangkan model *linear* dan model *S* hanya mampu menjelaskannya sebesar 68 % dan 85 %. Terkait dengan ini, maka pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan demersal yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta dapat dirumuskan dengan $Y = -1,370 + 215,549X - 4190,579X^2$, dimana *X* merupakan kadar Hg *fishing ground*, dan *Y* merupakan kadar Hg ikan demersal yang tertangkap nelayan.

4.3.2 Pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan yang tertangkap nelayan

Gambar 2 menyajikan kurva hasil analisis pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan pelagis dan ikan demersal yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta.

Pada Gambar 2, *trend* yang unik dan berbeda ditunjukkan oleh model *linear*, *quadratic*, *cubic*, dan *S (sigmoid)* dalam menduga pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan pelagis maupun ikan demersal yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta. Namun semua model menunjukkan kecenderungan positif pengaruh pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan yang tertangkap nelayan, yaitu kadar

Pb pada ikan meningkatkan dengan pola tertentu bila kadar Pb *fishing ground* meningkat di Teluk Jakarta. Hal ini diperkuat oleh nilai koefisien (NK) pengaruh kadar Pb *fishing ground* terhadap kadar Pb ikan pelagis dan kadar Pb ikan demersal yang juga positif, yaitu masing-masing 0,962 dan 0,894 (Tabel 3). Namun apakah kadar Pb pada ikan yang tertangkap nelayan meningkat terus atau terhenti pada level tertentu dengan meningkatnya pencemaran Pb di *fishing ground*, dapat diketahui melalui analisis kinerja model.

Keempat model estimasi yang dikembangkan dapat dipercaya kebenarannya ($\text{sig} < 0,05$) dalam menjelaskan pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan demersal yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta. Namun demikian, model *cubic* dianggap model yang paling baik menjelaskan pola pencemaran Pb tersebut, karena mempunyai *R-Square* paling tinggi, yaitu 0,974 (Tabel 5). Terkait dengan ini, maka pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan pelagis yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta dapat dirumuskan dengan $Y = -0,006 + 1,114X - 399,652X^3$, dimana *X* merupakan kadar Pb *fishing ground* dan *Y* merupakan kadar Pb ikan pelagis yang tertangkap nelayan.

Tabel 5. Kinerja model estimasi dalam menduga pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan pelagis yang tertangkap nelayan

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R-Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	B1	b2	b3
Linear	.925	49.309	1	4	.002	.001	.577		
Quadratic	.972	52.115	2	3	.005	-.009	1.602	-24.723	
Cubic	.974	56.641	2	3	.004	-.006	1.114	.000	-399.652
S	.972	141.333	1	4	.000	-3.426	-.019		

Tabel 6. Kinerja model estimasi dalam menduga pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan demersal yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta

Equation	Model Summary					Parameter Estimates			
	R-Square	F	df1	df2	Sig.	Constant	b1	B2	b3
Linear	.749	15.889	1	4	.016	.532	30.191		
Quadratic	.804	6.147	2	3	.087	.350	48.899	-451.519	
Cubic	.806	6.222	2	3	.086	.387	41.463	.000	-8394.815
S	.774	13.727	1	4	.021	.627	-.010		

Berdasarkan Tabel 6, model S (*sigmoid*) dan model *linear* dapat dipercaya kebenarannya ($\text{sig} < 0,05$) dalam menjelaskan pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan demersal yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta. Namun model S (*sigmoid*) mempunyai *R-Square* yang lebih tinggi, yaitu 0,774, sehingga dianggap lebih baik dalam menjelaskan pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan demersal yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta. Nilai *R-Square* 0,774 tersebut menunjukkan bahwa model S (*sigmoid*) mampu menjelaskan 77,4 % pola pencemaran Pb yang terjadi, sedangkan model *linear* hanya 74,9 % (*R-Square* = 0,749). Terkait dengan ini, maka pola pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan demersal yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta dapat dirumuskan dengan $Y = e^{0,627 - (0,10 / X)}$. Pada model S (*sigmoid*) tersebut, X merupakan kadar Pb *fishing ground* dan Y merupakan kadar Pb ikan demersal yang tertangkap nelayan.

4. Pembahasan

Mengacu kepada PP RI No. 82 Tahun 2001 tentang persyaratan air laut untuk kegiatan perikanan, maka perairan Teluk Jakarta yang selama ini menjadi *fishing ground* nelayan sekitar telah tercemar oleh logam berat Hg dan Pb. Dalam kaitan ini, maka kegiatan perikanan termasuk penangkapan ikan tidak aman untuk dilakukan, selain karena logam berat tersebut mengganggu perkembangbiakan ikan ekonomis penting, juga dapat menurunkan kualitas ikan yang tertangkap nelayan. Status tercemar Hg dan Pb tersebut juga memberi indikasi bahwa beban limbah yang dibuang industri, pasar, dan perkantoran melalui 13 sungai/kali yang bermuara di Teluk Jakarta telah berada pada taraf yang membahayakan. Menurut Murthy, *et.al* (2009) dan Darmono (1995), limbah logam berat yang dibuang ke perairan akan terus mengakumulasi dengan bertambahnya waktu. Pada taraf kritis, hal ini dapat mengancam kelestarian hayati dan fungsi pemanfaatan yang melekat pada perairan.

Tercemarnya ikan demersal oleh Hg dan Pb pada *fishing ground* sekitar Marunda (L1) dan Pulau Bidadari (L2) terjadi karena kadar Hg dan Pb air laut yang tinggi di lokasi (Tabel 1) dan sifat ikan demersal yang tidak bermigrasi jauh. Simbolon (2011) menyatakan bahwa ikan demersal seperti layur dan manyung akan mendiami perairan dasar untuk jangka waktu yang lama bila kondisi ekosistemnya baik,

sedangkan bila sebaliknya dan makanan terbatas, akan melakukan migrasi pada wilayah perairan yang terbatas. Ikan demersal yang ditangkap pada *fishing ground* sekitar Pulau Damar (L3) belum tercemar oleh Hg (0,42 ppm) dan Pb (0,58 ppm) diduga karena berada cukup jauh dengan pantai Teluk Jakarta. DKPP (2010) menyatakan bahwa Pulau Damar berada pada jarak 20-25 mil dari pantai Jakarta Utara dan masuk wilayah Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu. Disamping itu, tingkat pencemaran Hg dan Pb pada *fishing ground* L3 ini juga lebih rendah daripada dua *fishing ground* lainnya yang jaraknya lebih dekat, sehingga pengaruhnya terhadap ikan demersal yang tertangkap nelayan lebih rendah.

Menurut Hussain and Mukundan (2005) dan James, *et.al* (2000), merkuri (Hg) sangat mudah mencemari ikan karena mempunyai sifat mudah terakumulasi bersama komponen padatan, tumbuhan air, dan lainnya yang menjadi makanan ikan, sementara sulit disekresi bersama kotoran ikan. Terkait dengan ini, maka pencemaran perairan Teluk Jakarta oleh merkuri (Hg) terutama di lokasi yang menjadi *fishing ground* nelayan sekitar perlu diantisipasi secara dini, karena signifikan dapat mencemari ikan yang tertangkap nelayan, baik dari jenis ikan pelagis (tongkol) maupun ikan demersal (layur). Saat ini, memang baru ikan demersal yang berstatus tercemar oleh merkuri (Hg), tetapi bila intensitas pencemaran merkuri dari daratan terus meningkat, bukan tidak mungkin ikan pelagis juga tercemar meskipun dinamika migrasinya lebih baik.

Murthy, *et.al* (2009) menyatakan bahwa timbal (Pb) mempunyai kemiripan dengan kadmium dalam mencemari ikan di perairan, yaitu dengan mengakumulasi pada jaringan kulit, jaringan lunak (hati dan jantung), daging di bagian perut, dan tulang ikan, sedangkan tingkat akumulasinya dipengaruhi oleh jenis makanan dan dinamika pergerakan/migrasi ikan. Meskipun nilai koefisien pengaruh kadar Pb untuk ikan demersal sedikit lebih rendah daripada ikan pelagis (Tabel 3), tetapi sifat mengakumulasinya lebih cepat. Hussain and Mukundan (2005) menyatakan bahwa akumulasi timbal (Pb) pada ikan demersal, ikan karang, dan kerang-kerangan lebih cepat karena makanannya berasal dari dasar perairan yang banyak mensuspensi komponen pencemar. Dalam kaitan ini, maka pengawasan kegiatan penangkapan ikan demersal di perairan Teluk Jakarta perlu ditingkatkan karena

mudah mengakumulasi timbal (Pb) yang ada di *fishing ground*, apalagi saat ini kondisinya sudah berstatus tercemar Pb.

Wulandari, *et. al* (2004) dan James, *et. al* (2000) menyatakan bahwa pola pencemaran logam berat pada spesies perairan bersifat unik untuk setiap jenis logam berat dan untuk setiap spesies perairan yang dicemarinya. Logam berat dengan massa atom lebih kecil umumnya lebih cepat menyebar dan mencemari daripada logam berat dengan massa atom lebih besar. Spesies perairan yang bersifat pasif (ikan demersal, ikan karang, tiram) juga lebih mudah mengakumulasi logam berat lebih banyak daripada spesies yang bersifat aktif dan bermigrasi pada areal yang luas. Hal ini terjadi dalam penelitian ini, dimana pola pencemaran Hg dan Pb *fishing ground* berbeda satu sama lain dalam mencemari ikan pelagis maupun ikan demersal yang tertangkap nelayan. Dari analisis yang dilakukan, model *linear* ($Y = -0,055 + 5,314 X$) dianggap paling tepat untuk menduga pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan pelagis di Teluk Jakarta. Bila mengacu kepada model ini, terjadi peningkatan 5,314 ppm kadar Hg ikan pelagis yang tertangkap nelayan untuk setiap 1 ppm penambahan bahan pencemar Hg pada *fishing ground* di Teluk Jakarta. Menurut Simbolon, *et. al* (2010) dan Kaviraj dan Guhathakurta (2004), merkuri (Hg) dapat mencemari dengan cepat karena sifatnya yang mudah mengakumulasi pada tubuh ikan melalui proses absorpsi, pengendapan, serta adsorpsi dari plankton dan tumbuhan air yang menjadi pakan ikan. Namun demikian, peningkatan kadar Hg ikan pelagis tersebut masih lebih lambat dibandingkan peningkatan kadar Hg ikan demersal. Pola pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan demersal yang mengikuti model *quadratic* (Tabel 4) telah menunjukkan hal ini. Namun demikian, setelah mencapai titik jenuh, peningkatan kadar Hg ikan demersal terhenti. Bila mengacu kepada Gambar 1, diduga titik jenuh kadar Hg pada ikan demersal sekitar 1400 ppm, karena pada nilai tersebut, kurva kuadratik kadar Hg pada ikan demersal membelok. Mustaruddin, *et. al* (2011) dan Musick, *et. al* (2008) menyatakan bahwa merkuri termasuk bahan pencemar yang paling berbahaya dalam kegiatan perikanan tangkap karena terus mengakumulasi hingga mencapai kondisi jenuh, mengganggu perkembangbiakan ikan, dan menetap secara permanen di tubuh ikan, sehingga menurunkan mutu

ikan yang tertangkap, berdampak degeneratif bila dikonsumsi, dan merusak citra usaha penangkapan ikan.

Bila mengacu kepada model *cubic* yang dihasilkan (Tabel 5), maka kadar Pb pada ikan pelagis akan meningkat hingga level tertentu dengan meningkatnya pencemaran Pb pada *fishing ground*. Hal ini terjadi karena Pb umumnya mengakumulasi pada organ sensitif ikan, seperti jaringan kulit, hati, jantung, dan tulang, sehingga kapasitas tampungnyanya terbatas (Murthy, *et. al*, 2009). Menurut Simbolon (2011) dan Nybakken (1988), daya absorpsi kulit ikan pelagis lebih rendah daripada kulit ikan demersal karena tersusun oleh jaringan yang tipis dan lebih elastis untuk memudahkan pergerakan dan penyesuaian diri dengan arus permukaan yang fluktuatif. Di Teluk Jakarta, arus permukaan tersebut berfluktuasi antara 1,6 cm/det – 48,8 cm/det. Hal ini juga yang memengaruhi pola pencemaran Pb pada ikan demersal lebih mengikuti model S (*sigmoid*). Mengacu kepada model S tersebut, absorpsi Pb tidak terhenti (hanya melambat) setelah terjadi peningkatan *cubic* kadar Pb ikan demersal dengan meningkatnya pencemaran Pb *fishing ground* di Teluk Jakarta. Akumulasi timbal (Pb) yang cepat pada ikan demersal di periode awal pencemaran, diduga terjadi karena timbal (Pb) dapat mengendap atau mensuspensi dengan konsentrasi tinggi di dasar perairan yang menjadi tempat ikan demersal mencari makan (Hussain dan Mukundan, 2005 dan Simbolon, 2011).

5. Simpulan dan Saran

5.1. Simpulan

Perairan sekitar Marunda, Pulau Bidadari, dan Pulau Damar yang selama ini menjadi *fishing ground* nelayan di Teluk Jakarta telah tercemar oleh logam berat Hg dan Pb. Kadar Hg dan Pb ikan pelagis yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta belum melebihi baku mutu Hg dan Pb untuk bahan pangan menurut DITJEN POM DEPKES RI (1989). Sedangkan untuk ikan demersal telah tercemar oleh Hg dan Pb pada *fishing ground* sekitar pantai Marunda dan Pulau Bidadari. Kadar Hg *fishing ground* memengaruhi secara erat signifikan kadar Hg pada ikan pelagis (NK = 0,895, sig 0,016) dan ikan demersal (NK = 0,825, sig 0,043). Kadar Pb *fishing ground* juga berpengaruh erat signifikan terhadap kadar Pb pada ikan pelagis (NK = 0,962, sig 0,002) dan ikan demersal

(NK =0,894, sig 0,016). Pencemaran Hg *fishing ground* terhadap ikan pelagis yang tertangkap nelayan mengikuti model *linear* $Y = -0,055 + 5,314 X$, dan terhadap ikan demersal mengikuti model *quadratic* $Y = -1,370 + 215,549X - 4190,579X^2$. Sedangkan pencemaran Pb *fishing ground* terhadap ikan pelagis mengikuti model *cubic* $Y = -0,006 + 1,114X - 399,652X^3$ dan terhadap ikan demersal yang tertangkap nelayan di Teluk Jakarta mengikuti model *sigmoid* $Y = e^{0,627 - (0,10 / X)}$. Pada pola tersebut X merupakan kadar logam berat *fishing ground*, dan Y merupakan kadar logam berat ikan yang tertangkap nelayan.

5.2. Saran

Mengacu kepada simpulan tersebut, maka Pemerintah Daerah dan pihak terkait perlu melakukan tindakan pencegahan pencemaran seperti mengintensifkan program kali bersih pada 13 sungai yang bermuara di Teluk Jakarta, mengurangi kegiatan penangkapan ikan demersal di *fishing ground* terdekat, dan secara reguler (misal 3 bulan sekali) memeriksa kualitas hasil tangkapan nelayan di Teluk Jakarta. Untuk menghindari konflik akibat hasil tangkapan dinyatakan tidak layak jual, maka nelayan perlu diberi kompensasi yang berasal dari kalangan industri yang membuang limbah cair ke perairan.

Daftar Pustaka

- BKPM. 2011. Potensi Perikanan Tangkap di DKI Jakarta. <http://regionalinvestment.bkpm.go.id/commodityarea.php?ia31&ic=1>. diakses tanggal 5 Januari 2011.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI Press, Jakarta.
- DITJEN POM DEPKES. 1989. Keputusan DITJEN POM DEPKES RI No. 03725/B/ SK/1989 Tentang Batas Maksimum Logam Berat Dalam Makanan. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- DKPP. 2010. Profile Perikanan Provinsi DKI Jakarta. Dinas Kelautan dan Pertanian Provinsi DKI Jakarta, Jakarta.
- Hussain, A.S.S. and M.K. Mukundan. 2005. "Occurrence of heavy metal residues in fish and fishery products exported from India". In: M.R. Boopendranath, P.T. Mathew, S.S. Gupta, P. Pravin and J. C. Jeeva (Ed). *Sustainable Fisheries Development-Focus on Andhra Pradesh (pp. 215-218)*. Cochin. India.
- James, R., K. Sampath, and P. Selvamani. 2000. "Effect of ion-exchanging agent, zeolite on removal of copper in water and improvement of growth in *oreochromis mossambicus* (Peters)". *Asian Fisheries Science*, 13. 317-325
- Kaviraj, A. and H. Guhathakurta. 2004. "Heavy metal deposition in some brackishwater ponds on sunderban guring off-season of shrimp culture". *Asian Fisheries Science*, 17. 29-38.
- Kemencokesra. 2012. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. *Di dalam* Kumpulan Peraturan Perundangan Terkait Kesra. Kemencokesra. Jakarta.
- Murthy, L.N., S.K. Panda, D.I. Khasim, and R. Badonia. 2009. "Monitoring of cadmium accumulation in cephalopods processed in Gujarat Coast". *Asian Fisheries Science*, 22. 319-330.
- Musick, J.A, S.A. Berkeley, G.M. Cailliet, M. Camhi, G. Huntsman, M. Nammack, and M.L. Warren. 2008. "Protection of Marine Fish Stocks at Risk of Extinction". *Journal of Fisheries*, 25. 6-8.
- Mustaruddin, Nasruddin, Sadarun, F. Kurniawan, dan M.S. Baskoro. 2011. "Karakteristik perairan dalam kaitannya dengan pengembangan usaha perikanan pelagis besar di Kabupaten Aceh Jaya". *Buletin PSP*, 20. 69-80.
- Mustaruddin, M.S Saeni, S. Hardjoamidjodjo, dan B. Sanim. 2005. "Model pencemaran perairan umum dan ikan air tawar oleh logam berat limbah industri". *Buletin PSP*, 14. 45-53.

- Nybakken, J.W. 1988. Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis. Ali Bahasa : M. Eidman, Koesoebiono, Hutonomi, dan S. Sukardjo. PT. Gramedia, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2011 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Radarwati, S. 2010. Pengelolaan Perikanan Tangkap Terpadu di Teluk Jakarta, Provinsi DKI Jakarta. Disertasi. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor.
- Santoso, S. 2012. Aplikasi SPSS Pada Statistik Multivariat. Penerbit PT. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Sarwono, J. 2006. Analisis Data Penelitian Menggunakan SPSS. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Simbolon, D. 2011. Bioekologi dan Dinamika Daerah Penangkapan Ikan. Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK IPB, Bogor.
- Simbolon, D., Simange, S.M, dan Wulandari, S.Y. 2010. Kandungan Merkuri (Hg) dan Sianida (CN) pada Ikan yang Tertangkap dari Teluk Kao, Halmahera Utara. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 15. 126-134.
- Supriatno dan Lelifajri. 2009. Analisis Logam Berat Pb dan Cd dalam Sampel Ikan dan Kerang secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7. 5-8.
- Wouthuyzen, S., S. Tarigan, H.I. Supriyadi, A. Sediadi, Sugarin, V.P. Siregar, dan J. Ishizaka. 2008. "Pengukuran Salinitas Permukaan Teluk Jakarta Melalui Penginderaan Warna Laut Menggunakan Data Multi-Temporal Citra Satelit Landsat-7 ETM+". Makalah disajikan dalam Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) MAPIN XVII. Bandung, 10 Desember 2008.
- Wulandari, E, E. Y. Herawati, dan D. Arfiati. 2004. Kandungan Logam Berat Pb pada Air Laut dan Tiram *Saccostrea glomerata* sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*, 1. 10-14.