

# ANALISIS SEDIMEN DAN PERUBAHAN KONDISI LINGKUNGAN: DAERAH KASUS DELTA MAHAKAM KALIMANTAN TIMUR

Oleh:

Yudi Darlan, Udaya Kamiludin dan L. Arifin

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjunan No. 236 Bandung-40174

Diterima : 02-03-2008; Disetujui : 20-04-2009

## S A R I

*Delta Mahakam mempunyai sumberdaya minyak dan gas bumi serta sumberdaya laut lainnya. Hutan mangrove di kawasan Delta Mahakam merupakan salah satu parameter kelestarian lingkungan. Pembukaan lahan mangrove Delta Mahakam untuk daerah pertambakan ikan, pemukiman, dermaga, dan industri, serta untuk alur pelayaran mengakibatkan berkurangnya tanaman mangrove, perubahan dinamika sedimentasi dan lingkungan kawasan pesisir. Kawasan yang rusak diperkirakan lebih dari 80 persen. Sekitar 20 persen dari luas sekitar 1.400 kilometer persegi, hutan mangrove yang masih baik. Ini adalah sebagai bukti Delta Mahakam mengalami proses destruktif. Sebanyak 15 contoh sedimen permukaan dan 2 contoh air permukaan diambil dari lokasi dekat dengan kegiatan industri perminyakan dan daerah hunian telah dianalisis unsur utama dan unsur logam berat. Berdasarkan analisis unsur utama dan unsur logam berat ke 15 contoh sedimen tersebut mengandung unsur silika (SiO<sub>2</sub>) >50% dan unsur air raksa (Hg) < 2000 ppb. Ke 2 contoh air mengandung unsur logam berat Cadmium (Cd) antara 0 ppb dan 54 ppb, dan Hg antara 1 ppb – 2 ppb. Merujuk pada baku mutu air laut dan baku mutu sedimen maka kualitas air laut dan sedimen Delta Mahakam masih dalam batas normal atau dikategorikan sebagai kondisi belum tercemar. Jadi perubahan kondisi lingkungan Delta Mahakam tidak memberikan dampak terhadap kualitas baku mutu sediment dan air secara kimiawi,*

**Kata kunci:** analisis unsur utama, analisis unsur logam berat, perubahan lingkungan, Delta Mahakam, Kalimantan Timur

## ABSTRACT

*The Mahakam Delta has natural resources of oil and gas and other marine resources. Mangroves of the Delta Mahakam is one of an environmental indicator Deforestation of mangroves of Delta Mahakam for fishery ponds, settlements, harbor, industries, and for marine transports cause to decrease of those mangroves, changes of dynamics of sedimentation and coastal environments. Mangroves are about 80% in bad condition and whereas 20% of them are in still good condition from total areas of 1.400 km square. This indicates that the Delta Mahakam is in destructive processes. 15 samples from surfacial sediment and 2 samples from surface water taken from locations where close to oil industry fields and settlement areas were analyzed for major and heavy metal elements. According to the analyses those 15 samples, they content elements of silica (SiO<sub>2</sub>) >50% and mercury (Hg) <2000 ppb. The two samples of water content elements of cadmium (Cd) from 0 ppb – 54 ppb, and Hg from 1 ppb – 2 ppb. Referring to the standard of seawater and sediment quality the water and sediment of the Mahakam Delta are in good condition or no pollution. In fact, changes of the Mahakam Delta environmental condition do not cause impacts to the quality of seawater and sediment of the Mahakam Delta.*

**Key word:** major element analyses, heavy metal element analyses, environmental changes, the Mahakam Delta, East Kalimantan

## PENDAHULUAN

Sumberdaya minyak dan gas bumi serta sumberdaya laut cukup tersedia di kawasan Delta Mahakam. Eksploitasi sumberdaya tersebut diiringi dengan pengembangan kawasan pesisirnya yang tidak menutupi kemungkinan menimbulkan gangguan lingkungan dan ekosistem Delta Mahakam.

Sebagai contoh dampak aktivitas manusia di kawasan Delta Mahakam adalah berkurangnya tanaman mangrove akibat lahannya digunakan untuk daerah pertambakan ikan. (Hussin, drr 2003). . Pembukaan lahan Delta Mahakam untuk daerah pemukiman, dermaga, dan industri, serta untuk alur pelayaran mengakibatkan perubahan dinamika sedimentasi dan lingkungan kawasan pesisir. Perubahan gradien pantai di dataran Delta Mahakam adalah salah satu bukti daerah penyelidikan mengalami abrasi. Baku mutu lingkungan seperti sedimen dan air di kawasan perairan Delta Mahakam mungkin menurun akibat adanya buangan sampah rumah tangga dan industri. Selain itu adanya perubahan di bagian hulu serta Delta Mahakam dijadikan sebagai alur transportasi batubara maka akan memberikan dampak perubahan kualitas lingkungan di kawasan perairan Delta Mahakan.

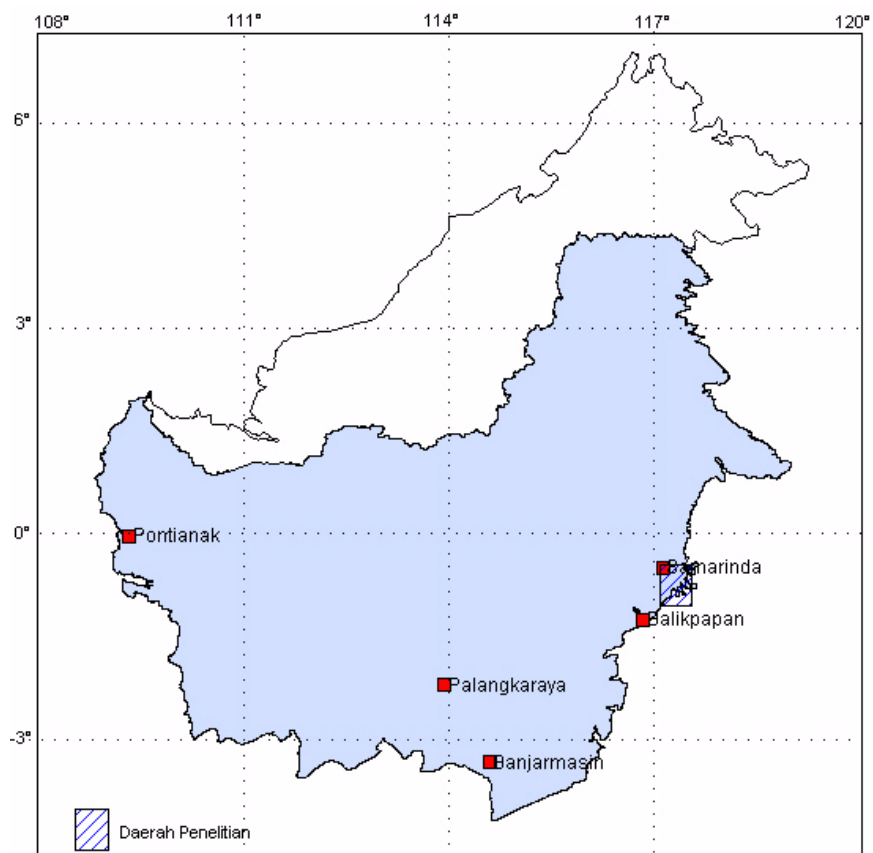
Secara geologi Delta Mahakam bagian dari Cekungan Kutai yang terdiri atas batuan sedimen dan endapan permukaan. Batuan sedimennya dari yang tua hingga muda terdiri atas Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru yang sebagian besar terdiri atas batupasir, batulempung, napal, dan batubara. Endapan permukaannya terdiri atas endapan sungai dan endapan pantai berupa, kerikil, pasir, dan lempung.

Sungai Mahakam merupakan sungai utama Delta Mahakam. Sungai Mahakam ini

membentuk dua cabang anak sungai yaitu sungai Mariam yang mengalir ke arah timur, dan sungai Sanga-sanga yang mengalir ke arah selatan. Di antara ke dua anak sungai tersebut terdapat beberapa anak sungai dan kanal pasang surut.

*Tujuan* penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana perubahan lingkungan Delta Mahakam yang sekarang terjadi terhadap sedimen di sekitar dataran delta (*delta plain*).

Daerah penelitian adalah perairan wilayah barat Delta Mahakam, Provinsi Kalimantan Timur. Secara geografis terletak pada posisi 108°00' - 108°36' BT dan 6°06' - 6°42' LU (Gb.1).



Gambar 1 Peta lokasi daerah penelitian, perairan Delta Mahakam Kalimantan Timur

## METODA

Penelitian yang dilakukan di daerah telitian adalah analisis unsur utama (*major elements*) dan analisis unsur logam berat (*heavy metal elements*) pada 15 contoh sedimen permukaan dan 2 contoh air di perairan Delta Mahakam. Analisis ini menggunakan metoda AAS dan ICP.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Lingkungan Delta Mahakam

Pembabatan hutan mangrove di Delta Mahakam berdampak buruk bagi kelestarian lingkungan di kawasan itu, yang merupakan salah satu delta terluas di dunia. Kondisi lingkungan saat ini memprihatinkan akibat pembukaan tambak udang secara besar-besaran dan tidak beraturan di kawasan tersebut sejak tahun 1996. Akibat pembabatan hutan mangrove tersebut, pulau-pulau kecil itu di kawasan delta terancam tenggelam karena abrasi. Kawasan yang rusak diperkirakan lebih dari 80 persen. Sekitar 20 persen dari luas sekitar 1.400 kilometer persegi, hutan mangrove masih baik (Hussin, drr., 2003). Sebagian besar mangrove di Delta Mahakam itu telah berubah menjadi petak-petak tambak yang tidak teratur. Usaha untuk menghentikan pembabatan mangrove di Delta Mahakam sulit untuk dihindari. Banyak kepentingan terlibat di kawasan itu seperti industri tambang, tambak, dan kepentingan rakyat yang bekerja di pertambakan. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari pemerintah daerah setempat keberadaan usaha tambak tanpa izin tidak memberi kontribusi pada pendapatan asli daerah (PAD). Pada umumnya lahan tambak tersebut dikuasai oleh pengusaha bermodal besar dan tokoh masyarakat tertentu. Sebaliknya para pekerja tambak tetap hidup miskin. Kondisi lingkungan ini dihadapkan pada pilihan yang sulit bagi pemerintah daerah setempat karena harus menanggung risiko kerusakan lingkungan dan kehilangan potensi pendapatan. Pada saat yang sama pemerintah daerah setempat harus menjaga kawasan pengeboran minyak dan gas di Delta Mahakam yang menjadi sumber devisa negara.

### Analisis Sedimen

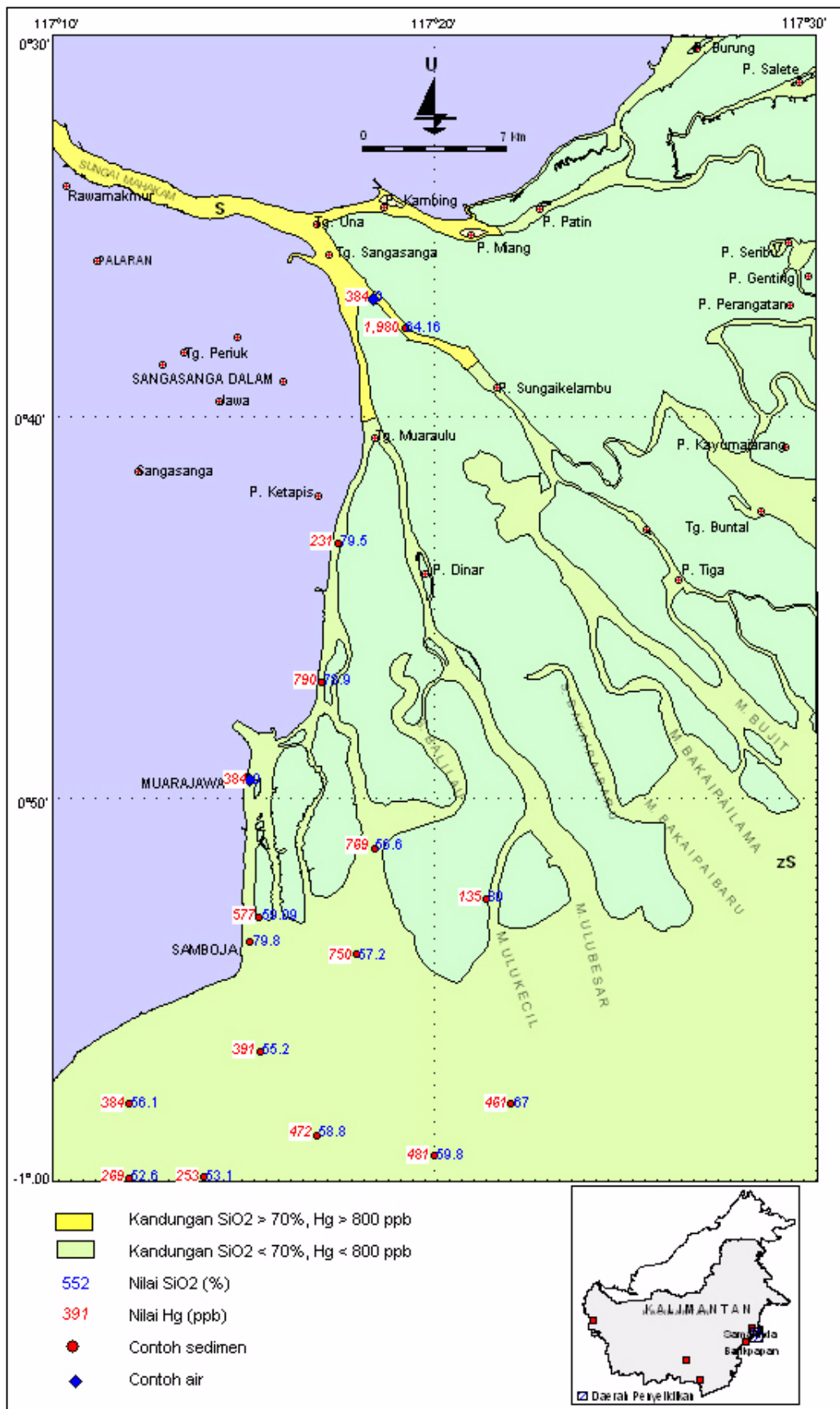
Analisis sedimen sering digunakan sebagai indikator lingkungan seperti tekstur sedimen untuk identifikasi lingkungan pengendapan dan pengangkutan sedimen (Friedman, 1967 dan Mc. Laren, 1981), bentuk butir sedimen untuk mengetahui proses sedimen (Pettijohn, 1975), mineral dalam sedimen untuk menentukan asal sumber sedimen /batuan. (Pettijohn, 1975). Dalam tulisan ini analisis sedimen dibatasi pada unsur utama dan unsur logam berat dalam sedimen yang digunakan sebagai indikator

lingkungan terutama berhubungan dengan lingkungan hidup.

### Analisis unsur utama

Analisis kimia pada suatu contoh sedimen digunakan untuk mengidentifikasi komposisi kimia suatu endapan sedimen. Komposisi kimia tersebut meliputi kandungan unsur utama dan unsur jejak (*trace elements*). Unsur utama dan unsur jejak dapat memberikan informasi tentang batuan sumber (*source rocks*) dari suatu endapan sedimen klastik. Sedimen klastik terangkut jauh sulit untuk mengetahui asal mula dan batuan sumbernya. Sedimen berbutir halus dan sangat halus secara analisis petrografi sulit dikenal komposisi mineraloginya. Analisis kimia merupakan salah satu yang dapat membantu menafsirkan proses geokimia dan evolusi endapan sedimen klastik tersebut. Unsur utama suatu endapan berupa bentuk oksida unsur seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Komposisi kimia suatu endapan sedimen klastik umumnya sangat beragam. Pasir pada umumnya mengandung kadar silika ( $\text{SiO}_2$ ) lebih tinggi dan kadar alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) lebih rendah dibandingkan dengan lempung. Lempung lebih banyak mengandung unsur oksida besi dan potasium (K) dibandingkan dengan pasir. Hal ini adanya kuarsa bebas yang lebih banyak pada endapan pasir, sedangkan Al, Fe dan K lebih banyak terikat pada endapan berukuran lempung. Endapan residu hasil pelapukan batuan akan mengalami pengkayaan dalam unsur Si, Al dan Fe, dan kekurangan unsur Mg, Ca, Na, dan K. Pasir adalah sedimen klastik hasil pemisahan mekanis terhadap lempung sehingga pasir banyak mengandung silika, sedangkan lempung banyak mengandung alumina dan besi.

Sebanyak 15 contoh sedimen permukaan di daerah selidikan berupa pasir lanauan dan lanau dianalisis unsur utama. Data analisis unsur utama tersebut menunjukkan komposisi  $\text{SiO}_2$  berkisar antara 50% dan 80%, 6% - 17%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  3% - 7%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.3% - 4%  $\text{CaO}$ , 0.7% - 3%  $\text{MgO}$ , 0.4% - 3%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0.5% - 2%  $\text{K}_2\text{O}$ , dan  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , dan  $\text{SO}_3$  masing-masing kurang dari 1% (*Gambar 2* dan *Tabel 1*). Berdasarkan komposisi silika yang terkandung di dalam sedimen permukaan tersebut kemungkinan besar berasal dari batuan beku



Gambar 2 Peta kandungan unsur utama (SiO<sub>2</sub>) dalam % dan Hg (ppb) pada sedimen permukaan dan contoh air, perairan Delta Mahakam

Tabel 1. Data analisis unsur utama pada sediment permukaan di perairan Delta Mahakam

NO	SAMPLE	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	MnO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	SO <sub>3</sub> (%)	H <sub>2</sub> O (%)	HD (%)
1	BH-01	64.16	14.30	5.71	0.64	1.18	0.43	1.26	0.81	0.12	0.17	0.01	1.88	11.18
2	BH-03	59.09	15.23	6.25	0.46	1.81	1.29	1.42	0.76	0.06	0.14	0.10	1.94	12.91
3	BMH-03	52.60	17.01	6.69	1.35	2.60	2.85	1.89	0.78	0.08	0.22	0.10	2.34	13.55
4	MH-09A(GC)	79.80	7.04	3.56	0.52	0.78	1.29	0.63	0.39	0.05	0.12	0.08	1.01	5.81
5	MH-09B(GC)	56.60	16.63	6.96	0.29	1.74	1.29	1.58	0.83	0.08	0.20	0.03	2.74	14.13
6	MH-11(GC)	67.00	12.39	5.47	0.67	1.57	1.72	1.26	0.76	0.06	0.18	0.08	1.38	9.23
7	MH-12A(GC)	59.80	12.96	6.00	0.82	1.76	2.15	1.26	0.71	0.08	0.16	0.15	1.77	14.10
8	MH-15A(GC)	56.10	14.35	6.12	3.83	1.99	1.72	1.58	0.75	0.08	0.21	0.10	1.87	13.24
9	MH-17B(GS)	80.00	6.39	4.30	1.53	0.98	1.29	0.63	0.46	0.07	0.20	0.05	0.57	4.35
10	MH-02(GS)	79.50	6.37	4.84	1.00	0.70	0.86	0.79	0.55	0.06	0.20	0.08	1.04	4.85
11	MH-13(GS)	55.20	13.38	6.19	4.23	1.89	1.67	1.51	0.73	0.07	0.22	0.11	1.93	12.87
12	MH-10(GS)	57.20	16.43	6.75	0.39	1.65	1.31	1.49	0.68	0.07	0.19	0.09	2.54	11.21
13	MH-14(GS)	58.80	11.95	6.11	0.79	1.72	1.95	1.13	0.69	0.06	0.16	0.12	1.68	14.84
14	MH-16(GS)	53.10	16.90	6.72	1.25	2.59	2.71	1.79	0.71	0.07	0.20	0.09	2.23	11.64
15	MH-07	78.90	6.32	4.78	0.09	0.71	0.82	0.77	0.52	0.08	0.19	0.10	1.01	5.71

asam granitik yang terkandung dalam batuan sedimen dari Formasi Balikpapan. Kandungan alumina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, natrium Na dan Kalium K pada contoh sedimen berupa pasir di daerah Delta Mahakam pada umumnya lebih kecil dibandingkan dengan yang terdapat pada contoh sedimen berbutir halus. Hal ini menunjukkan bahwa endapan pasir yang terdapat di perairan Delta Mahakam telah mengalami pemisahan mekanis yang cukup kuat terhadap fraksi lempungnya. Oleh sebab itu pasir di daerah selidikan banyak mengandung silika, sedangkan lempung banyak mengandung alumina dan besi. Sedimen pasir di perairan Delta Mahakam diduga merupakan material hasil desintegrasi dan dekomposisi dari batuan kristalin kasar seperti batuan granitik yang terdapat di daratan Kalimantan. Hal ini ditunjukkan oleh contoh-contoh sedimen pasir dengan konsentrasi kuarsa yang murni atau dikategorikan sebagai pasir yang sudah dewasa, matur.

### Analisis logam berat

Air merupakan salah satu parameter yang sering digunakan sebagai indikator suatu perubahan lingkungan. Unsur dalam air dapat berasal dari unsur dalam sedimen di sekitarnya, juga dapat berasal dari unsur luar yang terlarut dalam air tersebut.

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar yang digunakan untuk keperluan minum dan rumah tangga. Air juga dibutuhkan untuk berbagai kepentingan yang mendukung kehidupan manusia seperti industri pertambangan, pertanian, PLTA, dan lain-lain. Seluruh kegiatan tersebut membutuhkan kualitas air yang berbeda dari sumber air yang berbeda. Seringkali kegiatan-kegiatan tersebut menggunakan air berasal dari satu sumber air

yang sama sehingga terjadi konflik kepentingan di antara pihak-pihak pengguna air. Di sisi lain kegiatan-kegiatan tersebut menghasilkan limbah cair yang akan dibuang ke suatu badan perairan atau di buang (*damping*) ke dalam tanah, sedimen di dasar laut sebagai sisa buangan (*tailing*). Kondisi demikian demikian dapat menyebabkan terjadinya pencemaran air/sedimen karena jenis zat pencemar dan volume limbah yang dibuang ke badan air atau sedimen sangat beragam. Bila kulaitas limbah cair yang dibuang melebihi kemampuan atau kapasitas pemurnian alami oleh badan air/sedimen, maka kualitas air/sedimen pada badan air/sedimen akan berubah sehingga tidak sesuai lagi dengan peruntukan. Kondisi seperti ini yang disebut air/sedimen telah tercemar. Zat pencemar seperti Merkury (Hg) dan Cadmium (Cd) dikategorikan sebagai logam berat yang umumnya berasal dari kegiatan pertambangan

Sebanyak 15 contoh sedimen permukaan dan 2 contoh air permukaan diambil dari lokasi dekat dengan kegiatan industri perminyakan dan daerah hunian. Contoh-contoh tersebut dianalisis unsur logam beratnya. Logam - logam berat yang dianalisis terdiri atas: tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn), perak (Ag), Cadmium (Cd), merkuri (Hg), dan emas (Au). Untuk contoh air ditambahkan parameter pH. Dari ke 15 contoh sedimen yang dianalisis, maka unsur logam beratnya terdiri atas Cu berkisar antara 14.00 ppm dan 41.00 ppm, Pb antara 12 ppm – 39 ppm, Zn 40 ppm – 111 ppm, Ag antara 0 ppm – 2 ppm, Au antara 0 ppb – 4 ppb, dan Hg antara 100 ppb dan 2000 ppb. Untuk 2 (dua) contoh air yang dianalisis unsur logam berat, contoh air tersebut tidak mengandung unsur logam Cu, Pb, Zn, dan Ag. Kandungan Cd nya antara 0 ppb dan 54 ppb, Hg antara 1 ppb – 2 ppb, dan Au antara

Tabel 2 Data Analisis logam berat pada contoh sediment permukaan (A) dan contoh air (B) di perairan Delata Mahakam

A

NO	SAMPLE	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	Hg (ppb)	Au (ppb)
1	BH-01	28.00	25.00	85.00	2.00	1980.00	0.00
2	BH-03	32.00	27.00	90.00	2.00	577.00	0.00
3	BMH-03	24.00	16.00	111.00	0.00	269.00	0.00
4	MH-09A(GC)	16.00	16.00	42.00	1.00	269.00	1.00
5	MH-09B(GC)	37.00	35.00	98.00	1.00	769.00	3.00
6	MH.11(GC)	29.00	12.00	83.00	1.00	461.00	3.00
7	MH-12A(GC)	32.00	30.00	89.00	2.00	481.00	4.00
8	MH-15A(GC)	25.00	32.00	85.00	1.00	384.00	1.00
9	MH-17B(GS)	14.00	36.00	52.00	0.00	135.00	1.00
10	MH-02(GS)	22.00	18.00	42.00	0.00	231.00	1.00
11	MH-13(GS)	28.00	31.00	82.00	0.92	391.00	0.90
12	MH-10(GS)	36.00	34.00	95.00	1.00	750.00	2.00
13	MH-14(GS)	30.00	29.00	85.00	1.00	472.00	3.00
14	MH-16(GS)	27.00	18.00	102.00	0.00	253.00	0.00
15	MH-07	41.00	39.00	106.00	1.00	790.00	3.00

B

NO	SAMPLE	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	Cd (ppb)	Hg (ppb)	Au (ppb)	pH (ppb)
1	Air-01	0.00	0.10	0.00	0.00	0.07	2.00	0.19	6.80
2	Air-02	0.00	0.10	0.00	0.00	53.93	1.30	0.21	6.30

0.1 ppb dan 0.3 ppb. Harga pH contoh air tersebut dibawah pH air normal sedikit lebih asam yaitu 6.3 dan 6.8 (*Gambar 2* dan *Tabel 2*).

Merujuk pada baku mutu air laut yang dikeluarkan KLH tahun 2004, dan baku mutu sedimen Amerika WAC 173-204-320 (mailto:bbett461@ecy.wa.gov), maka kualitas air dan sedimen di sekitar lokasi contoh masih dalam batas normal atau dikategorikan sebagai kondisi belum tercemar.

Ringkasnya bahwa perubahan kondisi lingkungan yang terjadi di Delta Mahakam hanya sejauh perubahan fisika geometri sebagai dampak aktivitas manusia. Dampak aktivitas manusia tersebut seperti erosi di kawasan muka delta menjadi lebih besar karena lahan hutan bakau sebagai penyangga (buffer) pantai beralih fungsi. Hasilnya luas area dataran delta menjadi berkurang, sebaliknya alur-alur pasang surut bertambah lebar. Jadi erosi yang terjadi sekarang kemungkinan lebih besar dibandingkan kecepatan sedimentasi Delta Mahakam yang

relatif sangat kecil sekitar 0.5 cm/tahun (Darlan, drr., 2003).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian analisis sedimen dan perubahan kondisi lingkungan Delta Mahakam, Kalimantan Selatan, maka dapat disimpulkan bahwa hutan mangrove di kawasan Delta Mahakam merupakan salah satu parameter kelestarian lingkungan, alih fungsi hutan mangrove di kawasan ini untuk berbagai kepentingan menyebabkan proses erosi lebih meningkat dibandingkan proses sedimentasi, pulau-pulau kecil yang tenggelam dan alu-alur pasang surut bertambah lebar di sekitar dataran delta adalah sebagai bukti Delta Mahakam mengalami proses destruktif, kerusakan kondisi lingkungan Delta Mahakam tidak memberikan dampak terhadap kualitas baku mutu sedimen dan air secara kimiawi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapkan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir Subaktian Lubis, M.Sc, Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, yang telah memberikan dukungannya di dalam menerbitkan karya tulis ini. Ucapkan terima kasih ini penulis sampaikan juga kepada rekan-rekan yang telah memberikan bahan masukan pada karya tulis ini.

## ACUAN

Darlan, Y., Kamiludin, U., Nasrun, dan Hardjawidjaksana, K., 2003: Penyelidikan proses sedimentasi dan studi lingkungan perairan Delta Mahakam, Kalimantan Timur. Puslitbang Geologi Kelautan, Bandung, Tidak dipublikasikan.

Friedman, G.M., 1967: Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.37,p.;327-354.

Hussin, Y. A., M. M. Zuhair, and M. Weir, 2003: Monitoring Mangrove Forests using Remote Sensing and GIS Forest. Science Division. International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC) The Netherlands

KLH, 2004: Tentang Baku Mutu air laut. Keputusan Menteri Negara LH Nomor 51 Tahun 2004

mailto:bbett461@ecy.wa.gov: Sediment Quality Chemical Criteria, last update Oct. 2004.

McLaren, P., 1981: An interpretation of trends in grain size measure, *Journal of Sedimentary Petrology*, v.51,p.;611-624.

Pettijohn, F.J., 1975: Sedimentary Rocks, 3rd ed., Harper and Row, Publishers, Inc. New York, Evanston, San Francisco, and London, 628pp.