

ANALISIS DINAMIKA FLUKTUASI TSS (*TOTAL SUSPENDED SOLID*) SEPANJANG DAS-MUARA-LAUT DI PERAIRAN BERAU KALIMANTAN TIMUR

Ety Parwati*)

*) Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN
e-mail : ety_parwati@lapan.go.id

Abstract

This research aims, to study the dynamic condition of TSS along watershed, coastal and ocean in Berau waters, East Kalimantan. This research using Landsat 7 multi temporal data acquisition in 1994, 1998, 2002 and 2006. TSS Validated algorithm is applied for extracting TSS value using remote sensing data. An algorithm is $TSS = 3.3238 * \exp(34.099 * \text{Red band})$, where Red Band is band 2 which atmospheric and radiometric corrected. The research area is divided into 3 transects, 1). Transect 1, the longest transect in the northeast position, 2). Transect 2, the position is between Transect 1 and Transect 3, 3). Transect 3, the lowest or the southeast position. The results show that in every transect TSS become rise up from year to year consistently. If the river in the watershed become the first point, so the fluctuation is the highest TSS in the river, gradually TSS decrease into coastal, and after such condition TSS become increase along the coastal and the last into the ocean TSS consistently decrease until reef area. The highest TSS value is in transect 1 = 86,191 mg/l in coastal position and the lowest value is in the ocean along reef area in transect 3 = 14,950 mg/l.

Key Words : *Total Suspended Solid (TSS), watershed, Landsat Data, atmospheric, radiometrics, transect*

Abstrak

Analisis dinamika fluktuasi besarnya *Total Suspended Solid (TSS)* sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS)-muara sampai ke laut dilakukan dengan memanfaatkan data penginderaan jauh (inderaja) Landsat 7 multi temporal perolehan tahun 1994, 1998, 2002 dan 2006. Ekstraksi informasi TSS menggunakan data inderaja dilakukan dengan mengaplikasikan algoritma yang sudah diuji validasinya menggunakan data TSS yang diukur di lapangan, yaitu : $TSS = 3.3238 * \exp(34.099 * \text{Red band})$, dimana red Band adalah nilai reflektansi band 2 yang sudah terkoreksi atmosferik dan radiometrik. Secara konsisten Nilai TSS terus mengalami kenaikan dari tahun ke tahun pengamatan. Untuk pengujian lebih detail daerah penelitian dibagi ke dalam 3 (tiga) transek yang memanjang dari DAS-muara-laut. Transek tersebut adalah: 1). transek 1, merupakan transek terpanjang berada pada posisi paling utara, 2) transek 2 berada pada posisi tengah antara transek 1 dan transek 3 dan 3) transek 3, berada pada posisi jauh di bawah transek 1 dan transek 2. Hasil kajian menunjukkan bahwa TSS pada ketiga transek yang diambil memiliki fluktuasi yang sama. Jika sungai pada DAS dianggap titik acuan, maka fluktuasi TSS adalah tinggi pada sungai, secara gradual mengalami penurunan pada muara, perlahan naik di sepanjang muara, lalu terus mengalami penurunan sampai ke laut sekitar gugusan terumbu karang. Sementara itu nilai TSS tertinggi ditemui pada transek 1, yaitu sebesar 86.191 mg/l pada titik muara pertama dan nilai TSS terendah ditemui pada laut di sekitar gugusan terumbu karang sebesar 14.950 mg/l.

Kata Kunci : *Total Suspended Solid, Daerah Aliran Sungai, data inderaja Landsat, atmosferik, Radiometrik, transek*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kawasan DAS – pesisir – laut Berau merupakan salah satu area di Indonesia yang memiliki ekosistem lengkap, dengan penutup lahan yang bervariasi di sepanjang DAS, mangrove dan tambak di pesisir sampai gugusan terumbu karang yang sangat indah di laut lepasnya. Dinamika yang terjadi di lahan atas dengan beraneka aktifitas yang menyertainya mengirim hasil buangnya melalui sungai yang dilaluinya dan membawanya sampai ke muara yang akhirnya sampai ke laut lepas. Oleh karena itu fluktuasi tingkat pencemaran di suatu wilayah dapat dipantau melalui kondisi kualitas air di sepanjang sungai yang dilaluinya.

Total Suspended Solid (TSS) adalah material padat tersuspensi (diameter > 1 μm) yang tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori 0.45 m (Effendi, 2000). TSS terdiri dari lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik yang sebagian besar disebabkan oleh adanya pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Pengamatan terhadap sebaran TSS sering dilakukan untuk mengetahui kualitas air di suatu perairan, karena nilai TSS yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air sehingga mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis dari biota air. Dinamika TSS yang ada di perairan tidak terlepas dari dinamika tutupan lahan yang terjadi di atasnya, hal ini bisa dilihat dari contoh sederhana bagaimana erosi terjadi akibat adanya konversi hutan dengan tutupan vegetasi rapat menjadi lahan terbuka tanpa vegetasi.

Wilayah yang membentang cukup luas dari hulu sampai ke hilir memerlukan waktu dan biaya yang cukup besar untuk melakukan kajian yang menyeluruh. Diperlukan teknologi yang aktual, faktual dan spasial untuk mengatasinya.

Data penginderaan jauh Landsat memiliki kanal-kanal spektral yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi yang berkaitan dengan vegetasi, air dan tanah. Berbagai kombinasi kanal spektral digunakan untuk dimanfaatkan sesuai tujuan yang akan dicapai.

Kajian dinamika fluktuasi TSS sepanjang DAS – pesisir – laut Berau menggunakan data inderaja dilakukan dengan menyertakan aktifitas atau kondisi fisik yang terjadi di kawasan tersebut. Kajian diawali dengan mencari algoritma yang tepat : Ekstraksi Informasi TSS Menggunakan Data Inderaja untuk Kawasan Pesisir Berau (Parwati, 2008).

Beberapa penelitian lanjutan telah dilakukan untuk mendukung kajian perilaku dinamika TSS sebagai parameter awal untuk melihat kondisi perairan di wilayah tersebut, diantaranya adalah *The Study of Relationship Between TSS (Total Suspended Solid) and Land Used – Land Cover Using Remote Sensing Data in Berau Coastal Area, East Kalimantan* (Parwati, 2008).

Kajian dinamika TSS sepanjang DAS – muara – laut dilakukan dengan membagi area ke dalam 3 (tiga) transek yang memanjang dari DAS-muara-laut. Transek tersebut adalah: 1). transek 1, merupakan transek terpanjang berada pada posisi paling utara, 2) transek 2 berada pada posisi tengah antara transek 1 dan transek 3 dan 3) transek 3, berada pada posisi jauh di bawah transek 1 dan transek 2.

1.2. Tujuan

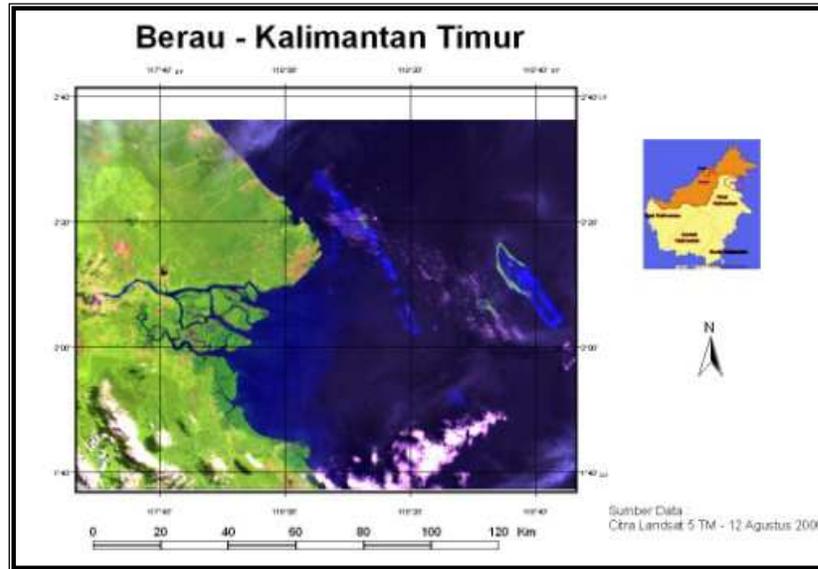
Tujuan kegiatan penelitian ini adalah : 1). Melihat aktifitas pada lahan atas dikaitkan dengan dinamika di perairannya menggunakan data satelit inderaja sebagai parameter utama dan 2). Melihat dinamika perubahan terumbu karang dikaitkan dengan kondisi penyebaran TSS nya.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan untuk melihat dinamika fluktuasi TSS yang diakibatkan oleh aktifitas yang terjadi di lahan atas, sepanjang muara sampai ke laut lepas di sekitar gugusan terumbu karang. Pembuktian keterpaduan DAS – pesisir – Laut akan dibuktikan melalui kajian yang dilakukan.

2.1. Waktu dan Lokasi

Lokasi penelitian diambil sepanjang DAS dengan 2 (dua) sungai besar, yaitu Sungai Kelay dan Sungai Segah yang bermuara di sepanjang pesisir, dari pesisir aliran air membawa kandungan TSS sampai ke laut lepas dengan gugusan terumbu karangnya di Pulau Derawan, Pulau Sangalaki, Pulau Maratua dan sekitarnya seperti ditunjukkan pada Gambar 2-1 di bawah ini :



Gambar 2-1. Lokasi Penelitian

2.2. Data dan Peralatan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 (dua) scene data Landsat 7 ETM Path/Row 116/058 dan 116/059 multi temporal seperti ditunjukkan pada Tabel 2-1 berikut ini.

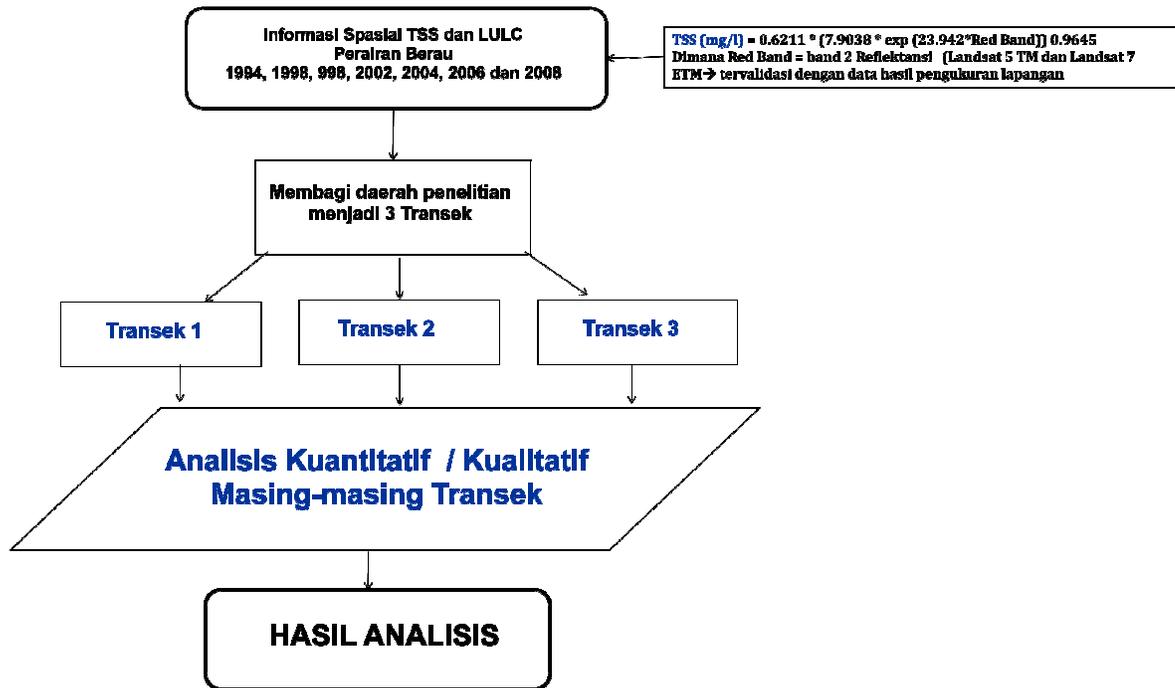
Tabel 2-1. Data Citra yang Digunakan

No	Jenis Data	P/R	Tanggal Perekaman Data
1	Landsat 5 TM	116/58 dan 116/59	10 Juli 1994
2	Landsat 5 TM	116/58 dan 116/59	21 Juni 1996
3	Landsat 5 TM	116/58 dan 116/59	4 Agustus 1998
4	Landsat 7 ETM	116/58 dan 116/59	8 Juli 2002
5	Landsat 7 ETM	116/58 dan 116/59	6 Juni 2004
6	Landsat 5 TM	116/58 dan 116/59	12 Agustus 2006
7	Landsat 5 TM	116/58 dan 116/59	13 Mei 2008

Peralatan yang digunakan adalah perangkat lunak ER Mapper, Arc Info, Arc View dan Excel.

2.3. Metodologi Penelitian

Analisis yang dilakukan merupakan analisis lanjutan terkait hubungan perubahan penutup / penggunaan lahan dengan TSS, dengan membagi area penelitian menjadi 20 region (Parwati, dkk, 2008). Kajian kali ini dilakukan lebih detail dengan melihat apakah ada pengaruh kecepatan penambahan TSS dalam kaitannya dengan posisi geografis aktifitas yang dilakukan, salah satu acaranya adalah membagi daerah kajian menjadi 3 (tiga) transek . Pengambilan transek mengikuti alur DAS dari hulu sampai ke hilir. Diagram alir langkah-langkah yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 2-2 berikut ini.

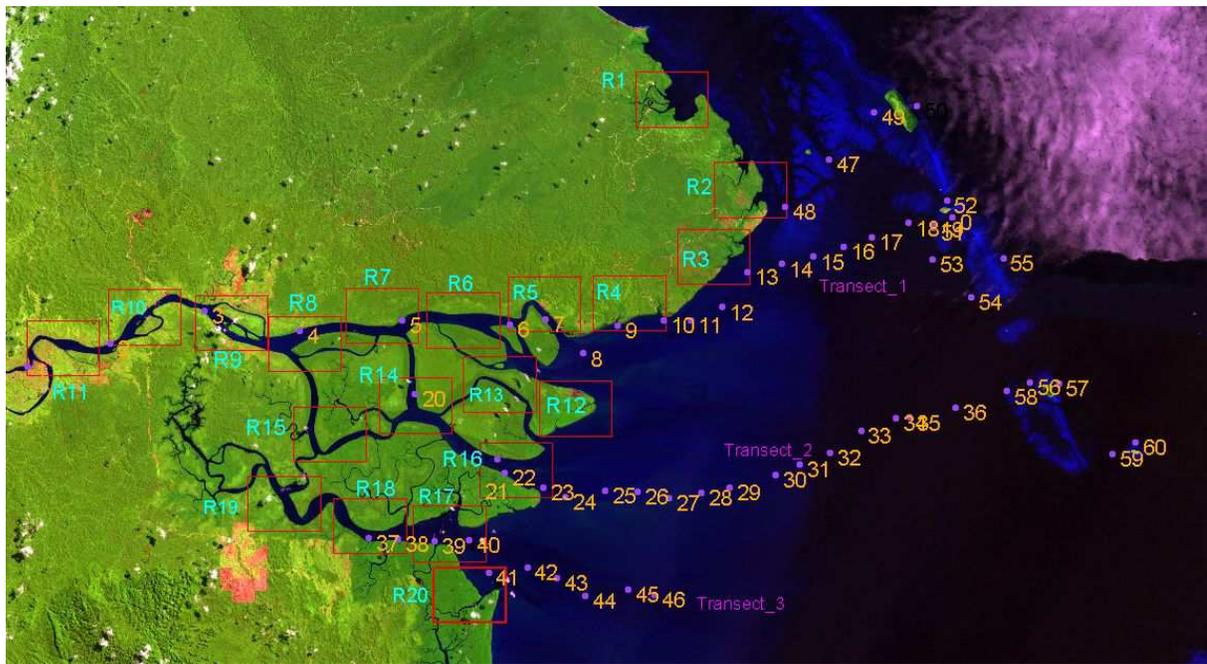


Gambar 2-2. Diagram Alir Pengolahan dan Analisis Data

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Parwati dkk (2008) telah melakukan kajian perubahan TSS dan penutup / penggunaan lahan terhadap 20 region yang diambil. Analisa menyeluruh pada area pengamatan menunjukkan adanya dinamika perubahan TSS yang berkaitan dengan perubahan penutup / penggunaan lahan dari tahun ke tahun pengamatan. Makalah ini akan melakukan analisis yang lebih detail, dengan mengambil titik-titik sampel pengamatan pada region terpilih tersebut. Titik-titik yang diambil dikelompokkan ke dalam 3 Transek sesuai kondisi lapangan perairan Berau yang memiliki 3 DAS (Daerah Aliran Sungai). Transek 1 terdiri dari 19 titik, Transek 2 terdiri dari 17 titik dan Transek 3 terdiri dari 24 titik pengamatan. Gambar 3-1 menunjukkan sebaran titik-titik pengamatan yang terbagi dalam ke3 Transek yang diambil.



Gambar 3-1. Titik-titik Pengamatan (Transek 1, Transek 2 dan Transek3)

a) Transek 1

Transek 1 ini merupakan transek paling utara posisinya sekaligus paling panjang alirannya, mulai dari hulu DAS Kelay, merambat di sepanjang DAS, tiba di muara sampai ke arah laut lepas gugusan terumbu karang. Hasil perhitungan nilai TSS menggunakan algoritma yang dibangun dan divalidasi menggunakan data lapangan (Parwati dkk, 2006) ditunjukkan pada Tabel 3-1 berikut ini.

Tabel 3-1. Nilai TSS pada Transek 1

Lokasi	NoTitik	TSS_94	TSS_96	TSS_98	TSS_02	TSS_04	TSS_06	TSS_08
sungai	1	39,361	awan	awan	awan	52,389	56,191	64,957
sungai	2	36,310	awan	awan	awan	52,389	56,957	64,960
sungai	3	30,900	awan	awan	awan	52,501	58,149	63,439
sungai	4	33,496	42,668	47,038	52,186	53,276	55,328	59,149
sungai	5	39,361	42,268	44,351	49,232	55,061	57,718	65,329
muara	6	46,253	58,917	awan	67,657	79,779	86,191	89,753
muara	7	39,361	awan	awan	awan	awan	49,130	72,450
muara	8	40,138	43,867	awan	awan	awan	48,088	70,330
muara	9	39,361	42,668	awan	43,196	48,501	50,238	70,240
muara	10	39,361	46,252	awan	47,897	awan	48,088	60,676
muara	11	38,917	39,233	awan	awan	awan	49,129	53,329
Lautlepas	12	39,360	42,668	awan	43,545	awan	44,518	48,329
Lautlepas	13	32,668	33,492	40,138	47,038	awan	48,088	51,043

Lautlepas	14	29,361	30,900	40,138	42,398	awan	43,757	49,371
Lautlepas	15	22,668	28,505	30,002	40,398	41,276	43,757	47,757
Lautlepas	16	23,496	24,258	25,310	26,569	35,061	43,757	50,130
Lautlepas	17	22,378	24,258	25,900	26,569	31,263	43,757	50,329
Lautlepas	18	20,644	24,258	26,000	32,703	awan	41,740	42,676
Lautlepas	19	19,044	24,258	26,000	26,986	27,657	41,741	42,892

b) Transek 2

Transek 2 ini di bagian tengah daerah kajian, di mulai dari muara sampai ke gugusan terumbu karang di hadapannya. Hasil ekstraksi informasi nilai TSS untuk wilayah Transek ditampilkan pada Tabel 3-2 berikut ini.

Tabel 3-2. Nilai TSS pada Transek 2

Lokasi	NoTitik	TSS_94	TSS_96	TSS_98	TSS_02	TSS_04	TSS_06	TSS_08
sungai	20	42,253	44,252	awan	awan	awan	46,191	57,232
muara	21	39,361	46,252	awan	60,983	67,964	77,110	89,233
muara	22	34,351	40,138	9,000	44,658	awan	47,110	63,240
muara	23	42,668	44,351	46,233	47,038	awan	49,126	65,221
muara	24	44,351	48,917	awan	51,263	awan	51,419	66,234
muara	25	37,917	38,917	40,138	44,233	awan	49,129	60,110
muara	26	38,112	awan	awan	awan	awan	51,676	62,191
muara	27	44,351	49,232	49,867	awan	awan	50,238	61,757
muara	28	47,917	48,917	awan	awan	awan	49,088	59,371
muara	29	40,138	44,351	46,917	awan	awan	48,238	53,741
muara	30	42,668	43,253	awan	44,398	awan	48,088	49,741
Lautlepas	31	36,310	39,361	awan	40,986	awan	41,191	49,148
Lautlepas	32	17,568	28,505	33,496	36,569	41,263	42,371	49,741
Lautlepas	33	22,378	24,258	26,001	26,570	awan	45,329	46,741
Lautlepas	34	19,044	24,258	25,296	26,569	39,061	42,371	47,371
Lautlepas	35	19,044	24,258	25,225	27,225	42,389	43,043	49,148
Lautlepas	36	17,568	19,044	21,378	22,737	37,657	43,757	48,592

c) Transek 3

Posisi Transek 3 di bagian paling selatan, mulai dari muara sampai ke arah laut lepas tidak sampai ke gugusan terumbu karang. Hasil ekstraksi informasi TSS untuk wilayah Transek 3 disajikan pada Tabel 3-3 berikut.

Tabel 3-3. Nilai TSS pada Transek 3

Lokasi	NoTitik	TSS_94	TSS_96	TSS_98	TSS_02	TSS_04	TSS_06	TSS_08
muara	37	30,900	32,668	awan	35,061	39,062	46,191	57,130
muara	38	33,496	36,361	awan	38,048	43,276	45,329	58,245
muara	39	34,667	35,138	awan	37,986	41,263	45,329	63,234
muara	40	36,310	39,361	42,049	43,477	47,657	48,088	65,339
muara	41	30,138	34,351	awan	42,252	awan	49,129	58,234
muara	42	35,361	37,351	awan	41,048	awan	48,088	56,082
muara	43	36,310	40,138	awan	42,398	awan	49,129	51,757
muara	44	42,668	44,351	awan	47,038	awan	48,129	49,741
muara	45	42,668	45,252	46,354	47,657	awan	48,238	49,741
Muara	46	40,253	42,917	45,213	46,062	awan	48,238	49,148
PulauRabu-rabu	47	24,258	26,296	awan	32,703	39,062	45,329	58,238
PulauRabu-rabu	48	26,296	28,505	33,361	36,282	awan	43,042	52,518
Pulau Panjang	49	30,900	33,900	awan	44,658	awan	45,002	54,073
Pulau Panjang	50	19,043	22,378	awan	23,948	29,062	36,191	40,001
Pulau Derawan	51	22,378	24,258	32,667	37,986	47,714	51,741	56,000
Pulau Derawand	52	23,258	24,258	34,351	36,569	awan	42,371	56,000
Terumbu Tababinga	53	20,044	24,258	28,505	37,986	41,263	51,741	61,243
Masimbungreefs	54	20,644	24,258	27,900	23,948	40,983	42,371	62,145
Masimbungreefs	55	22,378	26,296	awan	26,570	27,657	44,518	49,676
SemamaIsland	56	19,044	22,378	28,000	29,477	36,314	43,757	52,518
SemamaIsland	57	19,044	22,378	26,310	27,986	39,062	41,741	48,592
Buliulinreefs	58	22,378	24,258	28,351	34,446	39,062	44,518	51,043
Sangalakilisland	59	14,950	19,044	20,644	22,737	31,263	41,741	48,592
Sangalakilisland	60	16,206	22,378	28,917	36,282	39,062	42,71	49,148

3.2. Pembahasan

Nilai TSS tertinggi ditemukan pada titik di muara, terendah di Laut lepas. Pola demikian menggambarkan muara sebagai titik akumulasi TSS yang berasal dari sungai. Selanjutnya secara signifikan mengalami pengenceran sehingga nilai TSS menurun setelah memperoleh pengaruh arus.

Secara kuantitatif kenaikan pada masing-masing transek yang diamati mempunyai laju yang tidak sama. Tabel 3-4 berikut menunjukkan pola kenaikan TSS pada masing-masing transek yang diamati.

Tabel 3-4. Pola Kenaikan TSS pada Masing-masing Transect

	No	Keterangan	Prosentase Kenaikan TSS
Transek 1	1	Sungai	0,43584
	2	Muara	0,405305
	3	Laut Lepas	0,554393
Transek 2	1	Sungai	0,261724
	2	Muara	0,357958
	3	Laut Lepas	0,466149
Transek 3	1	Sungai	--
	2	Muara	0,397933
	3	Laut Lepas	0,466614

Dari tabel 3-5 terlihat pola kenaikan yang tidak sama, sungai, muara dan laut lepas pada transek 1 mengalami kenaikan paling tinggi diantara transek lainnya. Terlihat bahwa transek 1 paling banyak mendapat pengaruh DAS, indikasi yang dapat diambil adalah DAS secara kumulatif ikut mempengaruhi TSS sampai ke laut.

Kondisi tersebut tidak lepas dari pengaruh sifat-sifat oceanografi yang dimodelkan menggunakan perangkat lunak Mike 21. Analisis dilakukan dengan melibatkan parameter-parameter oceanografi yang dianggap berpengaruh terhadap fluktuasi TSS yang bergerak dari muara sampai ke laut lepas. Perangkat lunak Mike21 versi 2009 digunakan dalam proses analisis (Parwati, 2012. Disertasi). Perangkat lunak Mike 21 ini menggambarkan pola dinamika aliran air, dalam hal ini TSS yang bergerak dari DAS, muara sampai ke laut lepas. Input yang digunakan dalam pengembangan model ini adalah 1). Data pasang surut, 2). Data Angin dan 3). Data / Peta Batimetri.

4. Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan pola dinamika fluktuasi besarnya TSS sangat dipengaruhi oleh kondisi geografis wilayah setempat. Transek terpanjang dengan kondisi ketinggian yang bervariasi, penggunaan lahan yang juga mempunyai pengaruh cukup besar. Nilai TSS tertinggi ditemukan pada muara menunjukkan hasil akumulasi yang berasal dari lahan atas dan pengaruh pasang surut dalam proses pengenceran tidak lebih besar dari proses pengendapan yang terjadi.

Harus disadari bahwa, hasil kajian lanjutan perlu dilakukan terkait isu DAS, hulu hilir, mangrove – tambak dan tentu saja gugusan terumbu karang.

5. Ucapan Terima Kasih

Kegiatan ini sepenuhnya dibiayai oleh LAPAN melalui kegiatan RUKK (Riset Unggulan Kemandirian Kedirgantaraan) pada tahun 2006 dan 2007, yang dilanjutkan dengan kegiatan penyelesaian Disertasi penulis pada Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Lautan Fakultas Perikanan IPB tahun 2012

6. Daftar Rujukan

- Budhiman S., 2004, Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta-Indonesia, Master thesis, Netherland
- Effendi, H. 2000. Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.
- Parwati, E. Tatik Kartika, Sri Harini, Fany Diah K. 2006. Pemodelan Dinamika Spasial Pengelolaan Lahan Pesisir Kabupaten Berau, Kalimantan Timur Menggunakan Data Inderaja. Laporan Akhir Riset Unggulan Kemandirian Kedirgantaraan LAPAN (Tidak Dipublikasikan).
- Parwati, Ety. Tatik Kartika, Joko Indarto, Fanny Dyah K., Mawardi Nur dan Mahdi Kartasasmita. 2008. The Study of Relationship Between TSS (Total Suspended Solid) and Land Used – Land Cover Using Remote Sensing Data in Berau Coastal Area, East Kalimantan”. Proceeding: International Conference Geomatics, Fisheries and Marine Science for a Better Future and Prosperity. Semarang, 21 – 22 Oktober 2008. ISBN : 978.979.704.692.
- Parwati, Ety. 2012. Model Pengelolaan Terpadu DAS – Pesisir – Laut (Studi Kasus Kawasan Delta Berau, Kalimantan Timur).. Disertasi. Jurusan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB Bogor.