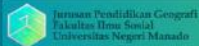


Hidrofisis adalah kajian tentang kecepatan aliran, massa aliran, termasuk wash load, suspended load, bed load, yang merupakan karakter geofisis aliran sungai dan menjadi potensi kerusakan muara. Dinamika transport material sedimen di musim penghujan dan musim kemarau dalam keadaan full moon dan half moon pada saat pasang atau surut di muara sungai berbeda keadaannya. Muara sungai sebagai ruang terbuka merupakan daerah pengendapan material transpor dan menjadi lokasi penambangan material sedimen tidak terlepas dari pengelolaan dan pemanfaatan, serta permasalahan seperti sedimentasi, masalah geomorfologi muara dan bahkan masalah aspek lingkungan muara.



Jurusan Pendidikan Geografi Lantai II
Gedung Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum Universitas Negeri Manado

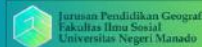
Jl. Kampus UNIMA di Tondano Kelurahan Tounsau Kecamatan Tondano Selatan Kabupaten Minahasa - Sulawesi Utara.
Kode pos 95618.
Tlp (0434) 32654
Email: pendgeografi@unima.ac.id
Website: <https://penerbit.pgeografi.unima.ac.id/index.php/press>

Prof. Dr. Maxi Tendean, M.Si

KARAKTERISTIK HIDROFISIS TRANSPORT SEDIMEN MUARA SUNGAI DAN DANAU

Prof. Dr. Maxi Tendean, M.Si | Karakteristik Hidrofisis Transport Sedimen Muara Sungai dan Danau

Editor: Dr. Erick Lobja, S.Pd., M.Si
UKI RAYA 23



KARAKTERISTIK HIDROFISIS TRANSPORT SEDIMEN MUARA SUNGAI DAN DANAU

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggunaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggunaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KARAKTERISTIK HIDROFISIS TRANSPORT SEDIMEN MUARA SUNGAI DAN DANAU

Prof. Dr. Maxi Tendean, M.Si



**KARAKTERISTIK HIDROFISIS TRANSPORT
SEDIMEN MUARA SUNGAI DAN DANAU**

Penulis : Prof. Dr. Maxi Tendean, M.Si

Editor : Dr. Erick Lobja, S.Pd., M.Si

Huruf dan Ukuran :

Constantia (11), xi + 187 , Uk: UNESCO (15,5 x 23 cm)

ISBN:

978-623-93268-5-2 (Cetak)

978-623-93268-6-9 (PDF)

Cetakan Pertama:

November, 2023

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Karakteristik hidrofisis transport sedimen muara sungai dan danau/Prof. Dr. Maxi Tendean, M.Si; editor, Dr. Erick Lobja, S.Pd., M.Si/Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Manado, 2023

Hak Cipta 2023, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2023 by Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Manado

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT JURUSAN PENDIDIKAN GEOGRAFI FAKULTAS ILMU
SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI MANADO**

Jurusan Pendidikan Geografi Lantai II Gedung Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum

Jl. Kampus UNIMA di Tondano Kelurahan Tounsarua Kecamatan Tondano Selatan Kabupaten Minahasa - Sulawesi Utara 95618

Telp/Faks: (0431) 322452

E-mail: pendgeografi@unima.ac.id

Website: <https://penerbit.pgeografi.unima.ac.id/index.php/press>

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan Puji dan Syukur ke Hadirat Tuhan Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang buku referensi berjudul karakteristik hidrofisis transport muara sungai dan danau terselesaikan.

Buku ini memberikan pemahaman tentang karakteristik hidrofisis muara dan pantai, termasuk menjelaskan bagaimana memahami variabel fisis; kecepatan aliran, massa aliran termasuk didalamnya, *wash load*, *suspended load*, *bed load* yang merupakan karakter geofisis aliran sungai dengan menggunakan kasus studi yang relevan sehingga buku ini dapat menjadi sumber referensi dalam pengukuran praktis bidang hidrologi khususnya sediment transport.

Penulis menyadari banyak kekurangan dan kelemahan di dalam buku ini, walaupun demikian diharapkan tulisan ini dapat berguna bagi pembaca.

Tondano, Oktober 2023

Penulis
Maxi Tendean

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	IV
DAFTAR ISI	V
DAFTAR TABEL.....	VIII
DAFTAR GAMBAR	IX
BAB I KARAKTERISTIK HIDROFISIS MUARA DAN PANTAI... 1	
A. <i>Memahami Karakteristik Hidrofisis Muara dan Pantai</i>	1
B. <i>Karakteristik Hidrofisis Muara Pantai.....</i>	3
C. <i>Menganalisis Hidrofisis Muara Pantai Ranoyapo</i>	6
BAB II PENYEBARAN MATERIAL TRANSPORT DIBAWAH KENDALI VARIABEL HIDROFISIS MUARA SUNGAI TONDANO..... 15	
A. <i>Posisi Strategis Muara Sungai Tondano</i>	15
B. <i>Pengukuran Penyebaran Material Transport dibawah Kendali Variabel Hidrofisis</i>	17
BAB III PROFIL KECEPATAN ALIRAN SEBAGAI PARAMETER PENENTU GEOMORFOLOGI MUARA DANAU DAN PANTAI 28	
A. <i>Geomorfologi Muara Danau dan Pantai</i>	28
B. <i>Kecepatan Aliran Sungai</i>	29
C. <i>Kompleksitas Parameter Aliran Sungai</i>	31
D. <i>Analisis Profil Kecepatan Aliran Sungai.....</i>	35
E. <i>Perubahan Morfologi Sungai.....</i>	37
BAB IV PROSES GEOMORFOLOGI MUARA SUNGAI BERDASARKAN VARIABEL HIDROFISIS DI MUSIM KEMARAU44	
A. <i>Pemanfaatan Ruang Muara Sungai</i>	44
B. <i>Peranan Geomorfologi dalam Hidrologi</i>	45
C. <i>Pengukuran Variabel Hidrofisis Sungai Ranoyapo di Musim Kemarau.....</i>	46
D. <i>Karakter Variabel Fisis Aliran Dampak Penyebaran Sedimen Transport Musim Kemarau di Sub DAS Noongan ...</i>	52
BAB V FUNGSI MATEMATIK VARIABEL FISIS DAN TRANSPORT SEDIMEN DI MUARA.....63	
A. <i>Pengaruh Pasang Surut terhadap Peta Pengendapan Material Transport.....</i>	63
B. <i>Analisis Kecepatan Aliran dan Konsentrasi Sedimen</i>	64
C. <i>Transportasi Material dan Sedimentasi di Muara Sungai</i>	65
D. <i>Memperkirakan Bed Load di Dasar Sungai</i>	66

F. Perkembangan Kehidupan dan Isu Lingkungan Kawasan Muara	71
G. Mekanisme Transport Sedimen di Muara Sungai	72
H. Kecepatan Aliran dan Perubahan	73
I. Kecepatan Beban Alas.....	74
J. Prosedur Penyusunan Model	77
K. Peta Spasial Penyebaran Sedimen dan Transport Bed Load Sepanjang Muara.....	90
L. Peta Sedimentasi Batas Dua Fungsi (Pasut) Musim Kemarau	93
BAB VI POTENSI EROSI DAN PENGENDAPAN DI MUARA SUNGAI.....	95
A. Dampak Sedimen Transport Terhadap Pengelolaan dan Pemanfaatan Muara Sungai	95
B. Potensi Erosi (Pengikisan) Dasar dan Transport Bed Load Muara Sungai di Musim Penghujan Bulan Setengah (Half Moon).....	97
C. Penentuan Harga Kritik Erosi dan Pengendapan Muara Sungai.....	104
BAB VII ANALISIS HIDROFISIS PERUBAHAN SUSPENDED LOAD DI MUARA SUNGAI.....	110
A. Analisis Hidrofisis Fungsi Perubahan Suspended Load di Muara Sungai Musim Hujan Bulan Purnama	110
B. Peta Spasial Penyebaran Suspended Load Kondisi Pasut Purnama Hujan.....	116
C. Interpretasi Model Regresi Perubahan Kerapatan Massa Aliran Muara Sungai.....	118
D. Pemodelan dan Rating Curve Kerapatan Massa Aliran Sungai pada Kedalaman Mendekati Dasar Sungai.....	124
BAB VIII MODEL DISTRIBUSI KECEPATAN ALIRAN DI SEPANJANG MUARA SUNGAI	128
A. Distribusi Kecepatan Aliran Sungai.....	128
B. Analisis Kecepatan Aliran Sungai dengan Current Meter	130
C. Pengukuran dan Pemodelan Kecepatan Aliran Pasang Surut	133
D. Fungsi dan Rating Curve Kerapatan Aliran Muara Sungai	136
E. Pengukuran dan Analisis Kerapatan Massa Aliran Muara Sungai Berdasarkan Beban Sedimen Total dan Profil Vertikal	137

F. Metode Pengukuran dan Pemodelan Kerapatan Massa Aliran Sungai Berdasarkan Beban Bilas dan Beban Melayang	140
G. Pengukuran dan Pemodelan Fungsi dan Rating Curve Kerapatan Massa Aliran Sungai pada Lapisan Dekat Permukaan Dasar dan Titik 0,6 Kedalaman	141
BAB IX FENOMENA STRATIFIKASI VOLUME AIR LAUT DAN MASSA ALIRAN SUNGAI DI MUARA PANTAI	150
A. Pengaruh Pasang Surut dan Aliran Sungai terhadap Stratifikasi Muara Pantai	150
B. Hubungan Gravitasi Bulan, Pasang Surut dan Intrusi Air Asin di Muara Pantai	151
C. Fase Bulan dan Intrusi Air Asin di Muara Pantai	153
D. Mekanisme Angkutan Sedimen dan Pencampuran Massa Air pada Fase Bulan dan Musim Berbeda	156
E. Pasang Surut sebagai Variabel Pengendali Material Sedimen Transport di Muara Sungai.....	164
F. Permodelan Spasial Dinamika Muara Sungai.....	168
DAFTAR PUSTAKA.....	176
SENARAI	182
INDEKS.....	184
SINOPSIS.....	186
RIWAYAT PENULIS.....	187

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Waktu Pengukuran dan Variabel yang Diukur.....	76
Tabel 2. Rangkuman Konstanta Fungsi Kecepatan dan Rataan % Bias Pemodelan Persamaan umum: $v = k_0 + k_1 e^{-k_2 x}$	133
Tabel 3. Rangkuman Konstanta Rating Curve Kerapatan (ρ_0) dan Rataan % Bias. Persamaan Umum: $\rho_0 = k_0 + k_1 e^{-k_2 x}$	142
Tabel 4. Rangkuman Konstanta <i>Rating Curve</i> Kerapatan ($\rho_{0,6h}$) dan Rataan % Bias Saat Air Surut, Persamaan Umum: $\rho_{0,6h} = k_0 - k_1 \cdot x$	142
Tabel 5. Rangkuman Konstanta <i>Rating Curve</i> Kerapatan ($\rho_{0,6h}$) dan Rataan % Bias Saat Air Pasang, untuk Jarak dari Inlet : 82 m $\rho x < 305$ m, Persamaan Umum: $\rho_{0,6h} = k_0 - k_1 x^{k_2}$	143
Tabel 6. Rangkuman Konstanta <i>Rating Curve</i> Kerapatan ($\rho_{0,6h}$) Dan Rataan % Bias Saat Air Pasang, Untuk Jarak Dari Inlet : 305 m $\leq x \leq 655$ m, Persamaan umum : $\rho_{0,6h} = k_0 - k_1 x$	143
Tabel 7. Rangkuman Konstanta <i>Rating Curve</i> Kerapatan (ρ_0) dan Rataan % Bias. Persamaan Umum: $\rho_0 = k_0 + k_1 e^{-k_2 x}$	145
Tabel 8. Rangkuman Konstanta <i>Rating Curve</i> Kerapatan ($\rho_{0,6h}$) dan Rataan % Bias Saat Air Surut, Persamaan Umum: $\rho_{0,6h} = k_0 - k_1 \cdot x$	145
Tabel 9. Rangkuman Konstanta <i>Rating Curve</i> Kerapatan (ρ_0) dan Rataan % Bias. Persamaan Umum: $\rho_0 = k_0 + k_1 e^{-k_2 x}$	146
Tabel 10. Rangkuman Konstanta <i>Rating Curve</i> Kerapatan ($\rho_{0,6h}$) dan Rataan % Bias saat Air Surut, Persamaan Umum : $\rho_{0,6h} = k_0 - k_1 \cdot x$	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kecepatan Aliran Kondisi Surut	8
Gambar 2. Kecepatan Aliran Kondisi Pasang	9
Gambar 3. Penyebaran Bed Load Kondisi Hujan dan Kemarau Air Pasang	10
Gambar 4. Peta Muara Sungai Tondano.....	19
Gambar 5. Posisi Titik Pengukuran Sepanjang Muara Sungai Tondano	20
Gambar 6. Peta Model Kecepatan Aliran Muara Sungai Tondano Saat Air Surut dan Pasang Musim Penghujan.....	21
Gambar 7. Peta Model Penyebaran Material Transport saat Air Surut dan Pasang Muara Sungai Tondano Musim Hujan	24
Gambar 8. Profil Kecepatan Aliran di Kedalaman Dasar (v_0) Muara Danau dan Muara Pantai	38
Gambar 9. Profil Kecepatan Aliran di Kedalaman 0,6 ($v_{0,6}$) dari Dasar Muara Danau dan Pantai.....	38
Gambar 10. Rating Curve Kecepatan (v_0) Purnama Musim Kemarau	47
Gambar 11. Rating Curve Bed Load Bulan Purnama Musim Kemarau	48
Gambar 12. Peta Model Spasial Penyebaran Bed Load Purnama Musim Kemarau	49
Gambar 13. Muara Sungai Sub DAS Noongan	56
Gambar 14. Peta Kecepatan Aliran Sungai Muara Sub DAS Noongan	57
Gambar 15. Peta Penyebaran Muatan Bilas (Wash Load) di Muara Sub DAS Noongan	58
Gambar 16. Rating Curve Kecepatan v_0 (Jalur-1).....	68
Gambar 17. Rating Curve Konsentrasi Material Transport Saat Air Surut dan Air Pasang (Jalur-1).....	69
Gambar 18. Peta Transport Sedimen Disepanjang Muara Sungai	70
Gambar 19. Titik-Titik Pengukuran	75
Gambar 20. Rating Curve Kecepatan (v_0) Segmen-3 Pasut Bulan Purnama Musim Kemarau	80
Gambar 21. Distribusi Kecepatan v_0 Aliran Air Surut Posisi Pengukuran 1 Hingga 3.....	81
Gambar 22. Peta Model Spasial Kecepatan (v_0) Aliran Sepanjang Muara (Surut)	82
Gambar 23. Distribusi Kecepatan v_0 Aliran Kondisi Purnama Air Pasang Musim Kemarau Pada Posisi Pengukuran 1 Hingga 3	83

Gambar 24. Peta Model Spasial Kecepatan (v_0) Aliran Sepanjang Muara (Pasang)	84
Gambar 25. Rating Curve Bed Load Segmen 3 Pasut	85
Gambar 26. Penyebaran Bed Load c_0 Kondisi, Surut Musim Posisi Pengukuran 1 Hingga 3	86
Gambar 27. Peta Model Spasial Penyebaran Bed Load Disepanjang Muara Kondisi Air Surut Bulan Purnama Musim Kemarau .	87
Gambar 28. Penyebaran Bed Load c_0 Kondisi Purnama, Pasang Musim Kemarau Posisi Pengukuran 1 Hingga 3	88
Gambar 29. Peta Model Spasial Penyebaran Bed Load Disepanjang Muara Kondisi Air Pasang Bulan Purnama Musim Kemarau	89
Gambar 30. Peta Spasial Transport Bed Load Air Pasang	91
Gambar 31. Peta Spasial Transport Bed Load Kondisi Bulan Purnama Air Surut	92
Gambar 32. Profil Pertemuan Dua Fungsi: Kecepatan Aliran Sungai dan Massa Air Laut saat Pasang	93
Gambar 33. Peta Penyebaran Sedimen Bed Load di Sepanjang Muara	94
Gambar 34. Batas Model Titik Pengukuran	97
Gambar 35. Lokasi Ranoyapo Amurang	98
Gambar 36. Rating Curve Kecepatan (V_0) Segmen-3 Pasut Bulan Setengah Musim Hujan	99
Gambar 37. Peta Spasial Transport Bed Load Kondisi Bulan Setengah Air Pasang Musim Hujan	100
Gambar 38. Rating Curve Bed Load Segmen-3 Pasut Bulan Setengah Musim Hujan	101
Gambar 39. Peta Model Spasial Penyebaran Bed Load Disepanjang Muara Kondisi Air Pasang Bulan Setengah Musim Hujan ..	102
Gambar 40. Rating Curve Kecepatan ($v_{0,6h}$) Segmen 3 Pasut Bulan Purnama Musim Hujan	114
Gambar 41. Rating Curve (ρ_0) Segmen-3 Pasut Bulan Purnama Musim Hujan	115
Gambar 42. Peta Spasial Penyebaran Suspended Load Kondisi Surut Purnama Hujan	116
Gambar 43. Peta Spasial Penyebaran Suspended Load Kondisi Pasang Purnama Hujan	117
Gambar 44. Rating Curve ρ_0 saat Air Pasang dan Air Surut	121
Gambar 45. Rating Curve (ρ_0) dan ($\rho_{0,6h}$) saat Air Pasang dan Air Surut	122

Gambar 46. Distribusi Vertikal (Menurut Kedalaman): (a) Kecepatan Aliran, (b) Konsentrasi Sedimen, (c) Transport Sedimen Melayang (Schwab et.al, 1981)	139
Gambar 47. <i>Rating Curve</i> ρ_0 dan $\rho_{0,6h}$ Saat Air Pasang dan Air Surut	144
Gambar 48. <i>Rating Curve</i> (ρ_0) dan ($\rho_{0,6h}$) saat Air Pasang dan Air Surut	147
Gambar 49. Kecepatan Aliran ($v_{0,6h}$) Kondisi Pasang	157
Gambar 50. Penyebaran Suspended Sediment saat Pasang	158
Gambar 51. Stratifikasi Volume Air Laut dan Massa Aliran Sungai saat Pasang Fase Full Moon Musim Hujan	161
Gambar 52. Stratifikasi Volume Air Laut dan Massa Aliran Sungai saat Pasang Fase First Quarter Musim Hujan	162
Gambar 53. Stratifikasi Volume Air Laut dan Massa Aliran Sungai saat Pasang Fase Full Moon Musim Kemarau	163
Gambar 54. Posisi Titik Pengukuran dan Batas Model Sepanjang Muara Sungai Tondano	168
Gambar 55. Peta Model Kecepatan Aliran Muara Sungai Tondano Saat Air Surut dan Pasang Musim Penghujan	170
Gambar 56. Peta Model Penyebaran Material transport saat Air Surut dan Pasang Muara Sungai Tondano Musim Hujan ...	172

BAB I

KARAKTERISTIK HIDROFISIS MUARA DAN PANTAI

A. Memahami Karakteristik Hidrofisis Muara dan Pantai

Hidrofisis merupakan kajian tentang keadaan kecepatan aliran, massa aliran termasuk didalamnya; *wash load*, *suspended load*, *bed load* yang merupakan karakter geofisis aliran sungai dan menjadi potensi kerusakan muara. Dinamika transport material sedimen di musim penghujan dan musim kemarau dalam keadaan *full moon* dan *half moon* pada saat pasang atau surut di muara sungai berbeda keadaannya. Muara sungai sebagai ruang terbuka merupakan daerah pengendapan material transfor dan menjadi lokasi penambangan material sedimen tidak terlepas dari pengelolaan dan pemanfaatan, serta permasalahan seperti sedimentasi, masalah geomorfologi muara dan bahkan masalah aspek lingkungan muara. Oleh sebab itu penanganan membutuhkan penataan ruang sebagai pengendalian fungsi dan dampak pemanfaatan ruang yang dilakukan secara komprehensif dan terpadu. Hasil penelitian menjadi penting dalam pengambilan keputusan (*decision support systems*) pengelolaan pemanfaatan muara untuk tujuan konservasi sumberdaya alam dan lingkungan muara.

Karakter hidrofisis muara pantai dapat didasarkan pada fase-fase pergerakan bulan sebagai satelit bumi serta distribusi posisi variabel fisis, kecepatan aliran dan *bed material transport* serta kondisi musim (hujan dan Kemarau). Karakter fisis kecepatan aliran dan perubahan *bed material transport* yang bergerak sebagai *bed load* sepanjang muara secara spasial digunakan oleh para pakar dalam mengkaji karakteristik aliran sungai. Analisis pola kecepatan, fase bulan dan musim yang menjadi penentu pola penyebaran *bed load* selanjutnya menjadi penting dilakukan. Secara khusus analisis variabel kecepatan aliran dan *bed load* berdasarkan fase bulan dan musim serta perubahannya sepanjang muara sungai dapat menunjukkan karakter perubahan erosi dan pengendapan sedimen muara pantai.

BAB II

PENYEBARAN MATERIAL TRANSPORT DIBAWAH KENDALI VARIABEL HIDROFISIS MUARA SUNGAI TONDANO

A. Posisi Strategis Muara Sungai Tondano

Posisi strategis muara sungai Tondano yang melintasi dan menjadi sumber air minum Kota Manado, menghadapi masalah lingkungan serius dengan hancurnya fasilitas penyangga bibir sungai dan pemukiman penduduk setiap banjir besar. Kajian dan analisis penting dilakukan sebagai dasar kebijakan pengelolaan, pemanfaatan sumberdaya muara berbasis lingkungan. Model spasial pola aliran dan penyebaran material transport di muara sungai Tondano (Kuala Jengki) menjadi perlu dilakukan bersamaan pemetaan pola kecepatan aliran dan penyebaran material transport sepanjang muara pada berbagai musim dan pengaruh pasang surut.

Muara sungai memiliki peran yang sangat bermanfaat bagi perkembangan kehidupan, disana bersentuhan erat dengan kebutuhan manusia setiap saat. Di daerah lembah sungai tersedia daerah-daerah yang subur, terdapat sumber air untuk kebutuhan irigasi, ketersediaan air minum, sarana transportasi penyeberangan (pelabuhan) dan aktifitas ekonomi masyarakat lainnya. Penataan muara sungai berbasis lingkungan dengan mengikuti kaidah-kaidah lingkungan yang berkualitas meliputi proses perencanaan, pemanfaatan serta pengendalian. Pemanfaatan muaradiupayakan dapat mensejahterakan dan memberikan keuntungan ekonomis bagi masyarakat serta dapat mempertahankan, meningkatkan konservasi sumber daya alam yang terkandung didalamnya untuk kelestarian lingkungan.

Muara sungai Tondano (Kuala Jengki) dari waktu ke waktu pemanfaatan semakin beragam dan kebutuhannya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Muara menjadi sarana transportasi (pelabuhan) penyeberangan antar pulau kecil di depan Kota Manado (pulau Bunaken dan Naen), juga menjadi penyeberangan perahu kecil penduduk yang tinggal disebelah kiri dan kanan muara sungai Tondano. Posisi

BAB III

PROFIL KECEPATAN ALIRAN SEBAGAI PARAMETER PENENTU GEOMORFOLOGI MUARA DANAU DAN PANTAI

A. Geomorfologi Muara Danau dan Pantai

Adanya pengaruh pasang surut air laut menyebabkan daerah muara pantai berbeda dengan muara danau. Perubahan dan perbedaan profil aliran sungai pada muara danau dan pantai akan berhubungan erat dengan potensi erosi dan pengendapan, di daerah muara danau pada perbedaan musim serta di daerah muara pantai pada perbedaan musim dan pasang surut air laut. Area analisis profil kecepatan aliran yang menjadi lokasi perubahan geomorfologi muara sungai danau dan muara pantai adalah pada posisi bibir danau dan pantai hingga 700 meter menuju hulu sungai. Penetapan batas posisi pengukuran ini yakni untuk mengukur parameter fisis aliran dan perubahannya sepanjang muara, selanjutnya menganalisis dan mengevaluasi proses morfologi dasar muara danau dan pantai dibawah kendali dua faktor utama yakni musim dan pasang surut. Perubahan dasar sungai karena proses morfologi hanya dapat dianalisis dan dievaluasi berdasarkan parameter fisis kecepatan aliran.

Secara teoritik, kecepatan aliran sungai dengan material sedimen yang dibawanya tidak sama, namun data yang terbaca dan dianalisis menjadi satu kesatuan dengan massa aliran. Pada setiap segmen pengukuran kecepatan aliran dilakukan pada dua titik yakni pada lapisan dekat permukaan dasar sungai (*bed stream flow*) dan pada posisi 0,6 kedalaman dihitung terhadap dasar sungai pada segmen tersebut. Kecepatan aliran pada lapisan dekat permukaan dasar sungai adalah kecepatan yang diukur menggunakan *current meter*, pada posisi 4 cm hingga 6 cm di atas dasar sungai. Posisi ini merupakan titik pengukuran terdekat dasar sungai yang mungkin dilakukan, tanpa mengganggu pergerakan material dasar sungai.

Profil *rating curve* kecepatan aliran muara pantai di v_0 dan $v_{0,6}$ kedalaman saat air surut hampir datar menunjukkan bahwa hanya

BAB IV

PROSES GEOMORFOLOGI MUARA SUNGAI BERDASARKAN VARIABEL HIDROFISIS DI MUSIM KEMARAU

A. Pemanfaatan Ruang Muara Sungai

Pemanfaatan air sungai dari waktu ke waktu semakin beragam dan kebutuhannya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Material transport berupa pasir dan kerikil ditambang secara intensif di ruang muara sungai untuk mensuplai kebutuhan bahan bangunan. Penambangan pasir dan kerikil walaupun tidak dianjurkan untuk dihentikan tetapi diupayakan penambangan jangan melebihi kapasitas suplai sedimen aliran sungai.

Sedimen transport (material sedimen) yang ditambang di ruang muara sungai, pada kenyataannya kebutuhan seringkali tidak dapat terpenuhi (habis), dari sisi ruang dasar muara akan berpotensi terjadi penderasan aliran dan erosi dasar sungai (perubahan morfologi muara), sehingga sedimen yang diangkut oleh aliran sungai tidak mengendap pada ruang muara sungai yang menjadi lokasi penambangan material sedimen, akan tetapi akan mengalir dan mengendap di daerah mendekati garis pantai di mana terdapat gosong pasir yang terbuka saat air surut. Sementara jika total suplai sedimen harian pada muara melebihi galian, maka berdampak pada pengendapan sedimen dan *agradasi* di ruang muara sungai serta berpotensi menimbulkan delta pada ruang atau badan sungai yang menjadi lokasi penambangan sedimen. Kondisi *agradasi* dan *degradasi* pada muara sungai diakibatkan oleh sedimentasi dan geomorfologi pada daerah pengaliran sungai. *Degradasi* yang berdampak pada potensi penderasan dasar muara adalah akibat dari geomorfologi, juga dapat menurunkan fungsi muara, bila tidak diperoleh gambaran tentang distribusi kecepatan aliran, proses transport *bed load* dan penyebaran *bed load* di sepanjang muara.

BAB V

FUNGSI MATEMATIK VARIABEL FISIS DAN TRANSPORT SEDIMEN DI MUARA

A. Pengaruh Pasang Surut terhadap Peta Pengendapan Material Transport

Kajian fisis pengikisan muara sungai dapat didasarkan pada distribusi posisi dan waktu dari kecepatan dan transport sedimen. Variabel-variabel fisis tersebut secara parsial atau terpadu digunakan untuk mengkaji karakteristik aliran .

Analisis variabel fisis dan perubahannya sepanjang muara sungai dapat menunjukkan proses pengendapan sedimen di daerah muara. Distribusi data dan profil variabel fisis aliran akan menghasilkan fungsi matematik perubahan sepanjang muara. Secara spasial fungsi matematik ini akan menghasilkan dan menentukan posisi pengendapan material transport (peta pengendapan sedimen di sepanjang muara sungai).

Peta pengendapan material transport (didasarkan pada harga c_0), menyajikan kontur c_0 saat air surut (disajikan dalam bentuk kurva/garis penuh), sedangkan kontur c_0 saat air pasang (disajikan dalam bentuk garis putus). Kontur konsentrasi material transport saat air pasang di posisi 80 meter $c_0 = 1.35$ gram per liter saat surut $c_0 = 1.36$ gram per liter, dan pada air pasang maksimum, hampir semua sedimen dalam bentuk pasir halus diendapkan pada posisi 0 meter hingga pada posisi 280 meter harga c_0 sebesar 1.26 gram per liter. Peta kontur dapat dilihat pergeseran posisi atau garis kontur saat air surut dan air pasang, dan pada saat air pasang bergeser jauh ke hulu bibir pantai. Pergeseran garis kontur ke arah hulu garis pantai saat air pasang menunjukkan pergeseran posisi pengendapan material transport ke arah hulu. Pada kondisi ini konsentrasi sedimen dalam bentuk pasir halus saat air pasang maksimum, hampir semua telah diendapkan pada lokasi sebelah hulu garis pantai.

BAB VI

POTENSI EROSI DAN PENGENDAPAN DI MUARA SUNGAI

A. Dampak Sedimen Transport Terhadap Pengelolaan dan Pemanfaatan Muara Sungai

Pengelolaan dan pemanfaatan muara sungai dapat dikatakan sebagai masalah utama dalam pemenuhan infrastruktur transportasi dan sumber daya alam yang terkandung di dalamnya. Dalam aspek lingkungan muara bukan saja memberikan wadah fisik sistem produksi seperti menjadi daerah peternakan, perikanan, penambangan material transport dan menjadi sarana transportasi, tetapi juga memberikan tanda-tanda kerusakan yang memerlukan pengelolaan dan pemanfaatan yang serius agar terjadi keseimbangan lingkungan. Nugroho & Dahuri, (2004) menjelaskan, setiap jenis pembangunan lahan dapat mencirikan kualitas penggunaan lahannya, dan ketika lahan memberikan tanda-tanda kerusakan, jenis penggunaan lahannya siap menggantikannya. Begitu juga sebaliknya, apabila lahan memberikan manfaat sosial, maka sebaiknya penggunaannya tetap dipertahankan.

Aktivitas pemanfaatan sumberdaya muara yang berlebihan pada gilirannya akan merubah fungsi muara sebagai akibat perubahan bentang lahan muara oleh transport sedimen dan erosi. Transport sedimen yang berlebihan akan merubah jalur aliran sungai, sementara erosi dasar sungai akan mempercepat aliran, sehingga akan terjadi penderasan aliran yang pada akhirnya semua material transport akan terbawa oleh aliran ke arah garis pantai, di daerah yang tidak menjadi lokasi penambangan.

Transport sedimen sebagai proses alami berhubungan erat dengan angkutan (*transportasi*), pengendapan (*disposition*), dan pemadatan (*compaction*) terutama pada daerah dataran atau tempat dimana air mengalir. Transport sedimen pada prinsipnya berkaitan dengan debit sedimen yang diangkut oleh aliran sungai dan kecepatan aliran sungai mengangkut sedimen. Pengertian sedimen dapat digambarkan sebagai hasil proses erosi, baik erosi

BAB VII

ANALISIS HIDROFISIS PERUBAHAN *SUSPENDED LOAD* DI MUARA SUNGAI

A. Analisis Hidrofisis Fungsi Perubahan *Suspended Load* di Muara Sungai Musim Hujan Bulan Purnama

Kecepatan aliran sungai merupakan perpindahan elemen massa air (mengandung sedimen) melewati penampang sungai persatuan waktu. Transportasi oleh sungai adalah terangkutnya partikel batuan yang telah tererosi secara melompat (*traction*), menggelinding (*rolling*), meluncur (*sliding*), suspensi (*suspended matter*) maupun larutan (*dissolve matter*). Proses ini tidak berdiri sendiri, untuk material yang tampak sebagai muatan dasar (*bed material load*) pada suatu tempat, mungkin menjadi muatan suspensi pada tempat yang lain (Dibyosaputro, 1979; Soewarno, 1991), angkutan sedimen dapat bergerak, bergeser, disepanjang dasar sungai atau bergerak melayang pada aliran sungai, tergantung dari pada: 1) komposisi (ukuran dan berat jenis; 2) kondisi aliran kecepatan aliran, kedalaman aliran. Dari cara terangkutnya, muatan sedimen dapat dibedakan menjadi beban melayang (*suspended load*) dan beban alas (*bed load*) (Folliott, 1990). Beban melayang terdiri dari butiran halus, ukuran diameternya kurang dari 0,1 mm, senantiasa melayang di dalam air terbawa oleh aliran, tidak terpengaruh oleh naik turunnya dasar sungai, tetapi dapat mengendap di dasar muara sungai.

Muatan sedimen melayang (*suspended load*) dapat dipandang sebagai material dasar sungai (*bed load*) yang melayang di dalam aliran sungai dan dari butiran-butiran pasir halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit sekali interaksinya dengan dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran (Soewarno, 1991).

Suspended load pergerakannya bergantung pada kecepatan jatuh atau lebih dikenal sebagai *settling velocity*. Hal ini dikarenakan partikel yang mengendap akan tersuspensi, dalam arti bahwa partikel tersebut memiliki gaya dorong kebawah hingga sampai pada dasar. *Settling velocity* itu sendiri dipengaruhi

BAB VIII

MODEL DISTRIBUSI KECEPATAN ALIRAN DI SEPANJANG MUARA SUNGAI

A. Distribusi Kecepatan Aliran Sungai

Kecepatan aliran sungai merupakan perpindahan elemen massa air melewati penampang sungai per satuan waktu. Secara alamiah, kecepatan (gerakan fluida) di daerah muara dikendalikan oleh dua faktor utama yakni aliran sungai dan pasang-surut air laut. Pengukuran dan penetapan titik (menurut kedalaman dan lebar muara sungai harus sedemikian rupa agar persyaratan aliran tunak (*steady*), non turbulen atau tak berolak dan homogen tersebut dipenuhi. Metode yang lazim digunakan adalah dengan membagi penampang sungai menjadi segmen-segmen area di mana setiap segmen diasumsikan memenuhi persyaratan aliran tersebut di atas. Ketersediaan data dan profil variabel kecepatan aliran dapat dijadikan acuan untuk analisis model distribusi kecepatan aliran dan perubahan di sepanjang muara saat pasang dan surut.

Pada saat air surut, kecepatan aliran di titik pengukuran 0,6 kedalaman maupun di titik pengukuran dekat permukaan dasar sungai berkurang menurut pertambahan jarak dari acuan ke arah garis pantai. Pada saat air pasang kecepatan aliran titik pengukuran 0,6 kedalaman maupun di titik pengukuran dekat permukaan dasar sungai, berkurang lebih drastis (dibandingkan air surut) pada posisi lebih dekat dengan acuan. Analisis komparatif grafik v_0 dan $v_{0,6h}$ saat air pasang menunjukkan bahwa kecepatan aliran pada lapisan dasar menjadi nol pada posisi lebih ke hulu dibandingkan dengan kecepatan pada titik 0,6 kedalaman. Pada kondisi v_0 saat air surut menunjukkan kecepatan aliran sungai lebih besar dari kecepatan aliran saat air pasang. Demikian $v_{0,6h}$ saat air surut beradadiatas $v_{0,6h}$ saat air pasang. Artinya kecepatan aliran pada saat air surut untuk titik 0,6 kedalaman sungai lebih besar dari kecepatan aliran saat air pasang.

Kecepatan aliran sungai (fluida) merupakan perpindahan elemen massa air melewati penampang sungai persatuan waktu. Karakteristik umum aliran fluida merupakan landasan konseptual

BAB IX

FENOMENA STRATIFIKASI VOLUME AIR LAUT DAN MASSA ALIRAN SUNGAI DI MUARA PANTAI

A. Pengaruh Pasang Surut dan Aliran Sungai terhadap Stratifikasi Muara Pantai

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Aliran air laut ke estuari disertai transport volume air laut. Masuknya air laut ke estuari disebut intrusi air asin dan jarak intrusi air asin ke estuari tergantung pada karakteristik estuari, pasang surut dan massa aliran sungai. Semakin besar tinggi pasang surut dan semakin kecil volume aliran sungai, semakin jauh intrusi air asin. Sebaliknya semakin kecil tinggi pasang surut dan semakin besar volume aliran sungai, semakin pendek jarak intrusi air asin. Masuknya volume aliran sungai ke perairan pantai (air asin) banyak dipengaruhi oleh pola kecepatan aliran sungai dan pola pasang surut yang bergantung pada fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi.

Stratifikasi panjang intrusi air asin ke estuari tergantung pada karakteristik profil kecepatan aliran sungai, pola *transport suspended sediment*, pasang surut, fase bulan dan musim. Analisis stratifikasi estuari dimaksud untuk mendapatkan panjang *curve mixing* volume air laut dan massa aliran sungai. Data fenomena stratifikasi muara pantai disajikan dalam profil data kecepatan aliran pada kedalaman 0.6 ($v_{0,6h}$) sungai, profil data penyebaran *suspended sediment* pada fase *full moon*, fase *first quarter* musim hujan dan fase *full moon* kemarau saat pasang. Ketelitian pemodelan dan interpolasi-ekstrapolasi data kondisi pasang dinyatakan oleh rataan simpangan absolut serta bias data hasil pemodelan dan interpolasi-ekstrapolasi terhadap data hasil pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2009). *Konservasi Tanah & Air*. Bogor: IPB Press.
- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Universitas Gadjah Mada Press.
- Bartnik, W., Madeyski, M., & Michalik, A. (1992). *Suspended Load and Bed Load Transport in Mountain Streams Determinated Using Different Method*.
- Billi, P., & Paris, E. (1992). Bed Sediment Characterization in River Engineering Problems. *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins*, 210, 11–20.
- Bird, E. C. F., & Ranwell, D. S. (1964). Spartina Salt Marshes in Southern England: IV. The Physiography of Poole Harbour, Dorset. *The Journal of Ecology*, 355–366.
- Bogen, J. (1992). Monitoring Grain Size of Suspended Sediments in Rivers. *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins*, 183–190.
- Brothers, L. L., Belknap, D. F., Kelley, J. T., & Janzen, C. D. (2008). Sediment Transport and Dispersion in A Cool-Temperate Estuary and Embayment, Saco River Estuary, Maine, USA. *Marine Geology*, 251(3–4), 183–194.
- Buscombe, D., & Masselink, G. (2009). Grain-Size Information from The Statistical Properties of Digital Images of Sediment. *Sedimentology*, 56(2), 421–438.
- Cheney, E. W., & Kincaid, D. R. (2012). *Numerical mathematics and computing*. Cengage Learning.
- Chow, V. Te. (1965). *Bibliography: Handbook of Applied Hydrology*. Taylor & Francis.
- De Boer, D. H., & Lemieux, C. (1992). Suspended Sediment Dynamics of A Riverine Lake of the St. Lawrence River, Canada. *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programs in River Basins; Proceedings of the Oslo Symposium*, 210, 473–482.
- Dibyoaputro, S. (1979). *Studi sedimen Yield Air Sungai Daerah Pengaliran Kali Lukulo Hulu diatas AWLR Karangsembung Kebumen*. Skripsi S-1 Yogyakarta.
- Dickinson, A., & Bolton, P. (1992). A Programme of Monitoring Sediment Transport in North Central Luzon The Philippines. *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in*

- Manado.
- Kundzewicz, Z. W., Plate, E. J., Rodda, H. J. E., Rodda, J. C., Schellnhuber, H. J., & Strupczewski, W. G. (2012). Changes on Flood Risk—Setting the Stage. In *Changes in flood risk in Europe*. IAHS Press & CRC Press.
- Lensley, R. K., & Frazenni, J. B. (1975). *Hydrology for Engineering*. New York: McGraw Hill Inc.
- Linsley, R. K., Franzini, J. B., Freyberg, D. L., & Tchobanoglous, G. (1993). *Water Resources Engineering*. McGraw-Hill. <https://books.google.co.id/books?id=4dq1PwAACAAJ>
- Mangunsukardjo, K. (2002). Kajian Geomorfologi Untuk Perencanaan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Oyo, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*. <https://journal.ugm.ac.id/mgi/article/view/13231>
- Maxi, T., Bisri, M., Rayes, M. L., & Tamod, Z. E. (2012). Geomorphology Processes of Ranoyapo Amurang River Estuary Based on Hydrophysical Variables in Dry Season. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 12(02).
- Mori, K. (2006). *Hidrologi untuk Pengairan*. Pradnya Paramita.
- Mouri, G., Shiiba, M., Hori, T., & Oki, T. (2011). Modeling Reservoir Sedimentation Associated with An Extreme Flood and Sediment Flux in A Mountainous Granitoid Catchment, Japan. *Geomorphology*, 125(2), 263–270.
- Mulyanto, H. R. (2010). *Prinsip Rekayasa Pengendalian Muara dan Pantai*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nugroho, I., & Dahuri, R. (2004). Pembangunan Wilayah: Perspektif Ekonomi. *Sosial, Dan Lingkungan, LP3ES, Jakarta*.
- Olive, L. J., & Rieger, W. A. (1992). Stream suspended sediment transport monitoring—why, how and what is being measured. *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins*, 210, 245–254.
- Ongley, E. D. (1992). Environmental Quality: Changing Times for Sediment Programs. *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins*, 379–389.
- Resnick, R. E., & Holliday, D. (1978). *Physics*. John Wiley & Sons.
- Salamun, S. (2008). Intrusi Air Laut Sungai Gangsa. *Keairan*, 14(1), 21–34.
- Schwab, G. O., Frevert, R. K., Edminster, T. W., & Barnes, K. K. (1982). Soil and Water Conservation Engineering. *Soil Science*,

Manado.

- Kundzewicz, Z. W., Plate, E. J., Rodda, H. J. E., Rodda, J. C., Schellnhuber, H. J., & Strupczewski, W. G. (2012). Changes on Flood Risk—Setting the Stage. In *Changes in flood risk in Europe*. IAHS Press & CRC Press.
- Lensley, R. K., & Frazzini, J. B. (1975). *Hydrology for Engineering*. New York: McGraw Hill Inc.
- Linsley, R. K., Franzini, J. B., Freyberg, D. L., & Tchobanoglous, G. (1993). *Water Resources Engineering*. McGraw-Hill. <https://books.google.co.id/books?id=4dqlPwAACAAJ>
- Mangunsukardjo, K. (2002). Kajian Geomorfologi Untuk Perencanaan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Oyo, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*. <https://journal.ugm.ac.id/mgi/article/view/13231>
- Maxi, T., Bisri, M., Rayes, M. L., & Tamod, Z. E. (2012). Geomorphology Processes of Ranoyapo Amurang River Estuary Based on Hydrophysical Variables in Dry Season. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 12(02).
- Mori, K. (2006). *Hidrologi untuk Pengairan*. Pradnya Paramita.
- Mouri, G., Shiiba, M., Hori, T., & Oki, T. (2011). Modeling Reservoir Sedimentation Associated with An Extreme Flood and Sediment Flux in A Mountainous Granitoid Catchment, Japan. *Geomorphology*, 125(2), 263–270.
- Mulyanto, H. R. (2010). *Prinsip Rekayasa Pengendalian Muara dan Pantai*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nugroho, I., & Dahuri, R. (2004). Pembangunan Wilayah: Perspektif Ekonomi. *Sosial, Dan Lingkungan, LP3ES, Jakarta*.
- Olive, L. J., & Rieger, W. A. (1992). Stream suspended sediment transport monitoring—why, how and what is being measured. *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins*, 210, 245–254.
- Ongley, E. D. (1992). Environmental Quality: Changing Times for Sediment Programs. *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins*, 379–389.
- Resnick, R. E., & Holliday, D. (1978). *Physics*. John Wiley & Sons.
- Salamun, S. (2008). Intrusi Air Laut Sungai Gangsa. *Keairan*, 14(1), 21–34.
- Schwab, G. O., Frevert, R. K., Edminster, T. W., & Barnes, K. K. (1982). Soil and Water Conservation Engineering. *Soil Science*,

- 134(2), 146.
- Seyhan, E., & Subagy, S. (1990). *Dasar-Dasar Hidrologi*. Gajah Mada University Press.
- Shi, J. Z. (2010). Tidal Resuspension and Transport Processes of Fine Sediment Within The River Plume in The Partially-Mixed Changjiang River Estuary, China: A Personal Perspective. *Geomorphology*, 121(3-4), 133-151.
- Singh, M., Singh, I. B., & Müller, G. (2007). Sediment Characteristics and Transportation Dynamics of the Ganga River. *Geomorphology*, 86(1-2), 144-175.
- Soewarno, S. (1991). Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). *Nova, Bandung, Hal. Xx*, 825.
- Subramanya, K. (2008). *Engineering Hydrology*. McGraw-Hill.
- Sulastriningsih, H. S. (2001). *Sumbangan Sedimen dari Sub DAS Panasen dan Noongan terhadap pendangkalan danau Tondano di Sulawesi Utara:: Studi sedimen Sub Das Tondano Hulu Bagian Selatan*. Universitas Gadjah Mada.
- Summer, W., Klaghofer, E., Abi-Zeid, I., & Villeneuve, J. P. (1992). Critical Reflections on Long Term Sediment Monitoring Programmes Demonstrated on The Austrian Danube. *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins*, 255-262.
- Suparto. (1995). *Karakteristik dan Potensi Sumber daya Lahan daerah Tondano Selatan Sulawesi Utara*.
- Sutikno, S. (2016). The Role of Geomorphology in Physical Geography and its Application in Research. *Forum Geografi*, 5(1), 31-38.
- Taniguchi, S. (1992). A New Acoustic Sensor for Sediment Discharge Measurement, Erosion and Sediment Transport Monitoring Program in River Basins. *IAHR Publication*, 210, 135-142.
- Tendean, M. (2006). *Studi Dampak Transfor Sedimen Terhadap Geomorfologi Muara Sungai Ranoyapo Amurang*. Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Tendean, M. (2014). Mathematical Function of Physical Variable and Material Transport Deposition Map in The River Estuary. *Advanced Studies in Theoretical Physics*, 8(23), 1003-1013.
- Tendean, M. (2016). Tidal as Controlling Variable of Sediment Transport Material in Tondano River Estuary. *International*

- Research Journal of Advanced Engineering and Science*, 1(4), 202–207.
- Tendean, M. (2017). Estuaries Hidrofisis Characteristic. *Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development*, 8(2).
- Tendean, M. (2019). Function and Rating Curve of Drainage Density Alteration along the Mouth of the Ranoyapo Amurang River. *International Journal of Innovative Science Engineering and Technology (IJSET)*, 6(10), 166–174.
- Tendean, M., Maliangkay, D., & South, G. (2019). Model of Flow Velocity Distribution and Change Along the Amano Ranoyapo Estuary during Tides. *International Conference on Social Science 2019 (ICSS 2019)*, 737–739.
- Uncles, R. J., Stephens, J. A., & Smith, R. E. (2002). The Dependence of Estuarine Turbidity on Tidal Intrusion Length, Tidal Range and Residence Time. *Continental Shelf Research*, 22(11–13), 1835–1856.
- van Zuidam, R. A. (1975). Geomorphology and Archaeology. Evidences of Interrelation at Historical Sites in The Zaragoza Region, Spain. *Zeitschrift Fur Geomorphologie*, 19, 319–328.
- Walling, D. E. (1977). Assessing The Accuracy of Suspended Sediment Rating Curves for A Small Basin. *Water Resources Research*, 13(3), 531–538.
- Wang, H., Yang, Z., Wang, Y., Saito, Y., & Liu, J. P. (2008). Reconstruction of Sediment Flux from The Changjiang (Yangtze River) to The Sea Since The 1860s. *Journal of Hydrology*, 349(3–4), 318–332.
- Widiyanto. (1986). *Geomorfologi Daerah Glaga-Bogowonto*. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Xiao, R., Bai, J., Zhang, H., Gao, H., Liu, X., & Wilkes, A. (2011). Changes of P, Ca, Al and Fe Contents in Fringe Marshes Along A Pedogenic Chronosequence in The Pearl River Estuary, South China. *Continental Shelf Research*, 31(6), 739–747.
- Yadav, S. M., & Samtani, B. K. (2008). Bed Load Equation Evaluation Based on Alluvial River Data, India. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 12, 427–433.
- Yang, C., Jiang, C., & Kong, Q. (2010). A Graded Sediment Transport and Bed Evolution Model in Estuarine Basins and Its Application to The Yellow River Delta. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 372–385.

- Yuqian, L. (1992). The Design and Operation of Sediment Transport Measurement Programmes in River Basins: The Chinese Experience. *Proceedings of the International Symposium on Erosion and Sediment Transport Monitoring Programs in River Basin, Oslo, Norway*, 24-28.
- Yuqian, L., Yiyang, Q., Guishu, X., & Mingquan, X. (1994). Variability of Sediment Load and Its Impacts on the Yellow River. *IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences*, 224, 431-438.
- Zaidi, A. A., Tsuji, T., & Tanaka, T. (2015). Hindered Settling Velocity & Structure Formation During Particle Settling by Direct Numerical Simulation. *Procedia Engineering*, 102, 1656-1666.
- Zhian, X., & Gangyan, Z. (1992). Measuring Techniques of Bed Load in The Yangtze River. *Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins*.

SENARAI

agradasi	membangun permukaan dasar muara
aluvial	jenis tanah yang terbentuk karena endapan
<i>bed composition</i>	komposisi material dasar
<i>bed configuration</i>	konfigurasi dasar sungai
<i>bed load</i>	beban alas
<i>bed load sediment</i>	muatan dasar
<i>bed stream</i>	dasar sungai atau sungai (batimetri) atau batas fisik aliran air normal (saluran)
<i>bed stream flow</i>	lapisan dekat permukaan dasar sungai
<i>compaction</i>	pemadatan
<i>critical threshold velocity</i>	kecepatan ambang kritis
<i>critical value ratio</i>	rasio kecepatan kritis
<i>current meter</i>	salah satu alat ukur kecepatan air
debit	laju aliran air yang melewati sebuah penampang melintang sungai per satuan waktu
degradasi	menurunkan permukaan dasar muara
<i>disposition</i>	pengendapan
<i>dissolved matter</i>	larutan
<i>diurnal tide</i>	pasang surut harian tunggal
<i>drag</i>	gaya yang diterapkan pada benda yang bergerak
<i>eddies</i>	putaran arus
<i>fase first quarter</i>	fase setelah bulan meninggalkan konjungsi pada perempanan pertama dalam ukuran sudut busur bulan purnama
<i>fase full moon</i>	debit (atau aliran) mengacu pada jumlah volumetrik air yang dibawa oleh suatu badan air per satuan waktu dan umumnya dinyatakan dalam satuan kaki kubik per detik (cfs) atau liter per detik (lps)
<i>flow discharge</i>	daerah aliran
<i>flow regimes</i>	kurva yang menggambarkan hubungan antara tinggi muka air dan debit
<i>gradien rating curve</i>	kecepatan aliran dan kerapatan massa aliran
hidrofisis	sebuah aliran sungai yang berada dibawah yang merupakan ujung akhir aliran sungai atau biasa disebut dengan daerah tempat berakhirnya sebuah aliran sungai
hilir sungai	sebuah aliran sungai yang berada di atas, atau biasa disebut dari pusat sumber sungai (awal aliran sungai) yang terletak di daerah pegunungan atau perbukitan
hulu sungai	aliran gerak partikel/distribusi kecepatannya seragam, lurus, dan sejajar
laminar	Pengendapan
material transport	pasang surut campuran condong ke harian ganda
<i>mixed tide prevailing diurnal</i>	pasang surut campuran condong ke harian ganda
<i>mixed tide prevailing semidiurnal</i>	
<i>mixing</i>	pencampuran
momentum	menggelinding atau meloncat sebagai akibat tumbukan

INDEKS

A

agradasi, 16, 30, 43, 65, 70, 93, 95, 102,
104, 152, 165, 181, 186

alluvial, 29, 33, 93, 103

B

bed composition, 33, 181, 186

bed configuration, 36, 45, 65, 104, 181,
186

bed load, iv, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 12, 14, 18,
22, 25, 26, 36, 39, 43, 45, 46, 47, 48,
49, 50, 53, 54, 58, 59, 60, 63, 70, 71,
73, 76, 77, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89,
90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 100,
101, 102, 103, 104, 105, 109, 117, 118,
122, 136, 137, 152, 166, 170, 172, 173,
174, 181, 186, 188

bed load sediment, 18, 166, 181, 186

bed stream, 11, 28, 35, 89, 99, 106, 108,
181, 186

bed stream flow, 28, 35, 106, 181, 186

C

compaction, 64, 71, 94, 181, 186

critical threshold velocity, 19, 52, 167,
181, 186

critical value ratio, 19, 27, 36, 55, 60, 66,
74, 90, 96, 105, 106, 108, 167, 174, 181,
186

current meter, 28, 35, 41, 75, 97, 104,
106, 107, 130, 181, 186

D

debit, 4, 8, 9, 11, 12, 20, 32, 33, 34, 36, 44,
45, 54, 64, 65, 71, 72, 73, 74, 85, 87,
89, 94, 95, 99, 102, 103, 104, 105, 106,
110, 112, 118, 122, 135, 136, 138, 139, 151,
152, 153, 157, 158, 159, 160, 168, 181,
182, 183, 186

degradasi, 16, 30, 43, 65, 70, 93, 95, 102,
104, 152, 165, 181, 186

disposition, 64, 71, 94, 181, 186

diurnal tide, 154, 181, 186

drag, 110, 181, 183, 186

E

eddies, 110, 181, 186

F

fase first quarter, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
12, 13, 151, 154, 155, 156, 157, 161, 162,
181, 186

fase full moon, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,
13, 149, 151, 152, 154, 155, 156, 157, 159,
160, 162, 163, 181, 187

flow discharge, 36, 46, 65, 73, 104, 181,
187

flow regimes, 36, 45, 65, 104, 182, 187

G

gradien rating curve, 8, 9, 22, 29, 38, 39,
41, 42, 49, 68, 98, 150, 159, 170, 182,
187

H

hilir sungai, 17, 35, 164, 182, 187

hulu sungai, 23, 28, 34, 38, 41, 51, 58, 59,
101, 117, 170, 182, 187

L

laminar, 24, 26, 110, 115, 172, 173, 182, 187

M

mixed tide prevailing diurnal, 154, 182,
186

mixed tide prevailing semidiurnal, 154,
182, 186

mixing, 149, 150, 152, 155, 159, 161, 162,
163, 182, 186

momentum, 20, 23, 27, 30, 33, 53, 58,
59, 60, 95, 168, 170, 174, 182, 186

SINOPSIS

Hidrofisis adalah kajian tentang kecepatan aliran, massa aliran, termasuk *wash load*, *suspended load*, *bed load*, yang merupakan karakter geofisis aliran sungai dan menjadi potensi kerusakan muara. Dinamika transport material sedimen di musim penghujan dan musim kemarau dalam keadaan *full moon* dan *half moon* pada saat pasang atau surut di muara sungai berbeda keadaannya. Muara sungai sebagai ruang terbuka merupakan daerah pengendapan material transfor dan menjadi lokasi penambangan material sedimen tidak terlepas dari pengelolaan dan pemanfaatan, serta permasalahan seperti sedimentasi, masalah geomorfologi muara dan bahkan masalah aspek lingkungan muara.

RIWAYAT PENULIS

Maxi Tendean, dilahirkan di Kawangkoan, 21 Maret 1956. Pendidikan SD tahun 1959, SMP tahun 1972, SMA tahun 1974, Sarjana Muda Pendidikan Fisika 1979, Sarjana Pendidikan Fisika Tahun 1981, Magister Sains tahun 2006, Doktor tahun 2012. Pekerjaan yang diguliti hingga sekarang adalah Dosen pada Program Studi Geografi FISH UNIMA. Selain sebagai pengajar untuk mata kuliah Hidrologi, Hidrometeorologi, Hidrogeologi, Limnologi dan Potamologi, juga sebagai peneliti dalam bidang Hidrologi dan kebencanaan hidrometeorologi lebih khusus pada transport sedimen dan dampak terhadap bencana muara sungai. Buku-buku yang sudah diterbitkan antara lain, Dampak Transport Sedimen, Penerbit Bayumedia Publishing tahun 2008. Kajian Hidrofisis Lingkungan Muara Sungai tahun 2012, Penerbit Kaiswara Publishing. Model Pengendapan Transport Sedimen Berbasis Hidrofisis Musim Kemarau Muara Sungai tahun 2013, penerbit Bayumedia Publishing.