

**PENGARUH LAMANYA ALIRAN DAN VARIASI DEBIT
TERHADAP PERUBAHAN JARI-JARI MEANDER SALURAN
PADA KELOKAN 45°**



LAMPIRAN TUGAS AKHIR

**Untuk syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

LEFI JUNIANSYAH

0303100010

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

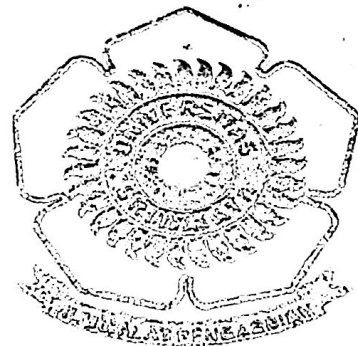
FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

2005

S
557.6307
Jun
P

**PENGARUH LAMANYA ALIRAN DAN VARIASI DEBIT
TERHADAP PERUBAHAN JARI-JARI MEANDER SALURAN
PADA KELOKAN 45°**



R.12451
12733

LAPORAN TUGAS AKHIR

Dibuat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :

LEPI JUNIYANSYAH
03003110010

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

2005



FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

TANDA PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

NAMA : LEPI JUNIYANSYAH
NIM : 03003110010
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL SKRIPSI : PENGARUH LAMANYA ALIRAN DAN VARIASI DEBIT TERHADAP PERUBAHAN JARI-JARI MEANDER SALURAN PADA KELOKAN 45°

PEMBIMBING TUGAS AKHIR

Tanggal : Mei 2005 Pembimbing

Ir. Sarino, MSCE
NIP. 131 672 074



**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

TANDA PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**NAMA : LEPI JUNIYANSYAH
NIM : 03003110010
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL SKRIPSI : PENGARUH LAMANYA ALIRAN DAN VARIASI
DEBIT TERHADAP PERUBAHAN JARI-JARI
MEANDER SALURAN PADA KELOKAN 45⁰**

**Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



Ir. H. IMRON F. ASTIRA, MS

NIP. 131 472 645

MOTTO :

"Allah tidak memberikan beban bagi seseorang, kecuali sesuai dengan kesanggupannya". (al-baqarah:289)

"Semua kejadian ada hikmahnya, tergantung dari kita bias atau tidak untuk melihat hikmah tersebut".

"Jangan pernah berhenti berusaha dan berdoa untuk kebaikan".

"Allah tidak akan memberi cobaan melebihi batas kelebihan kita".

Kupersembahkan untuk :

- *Orang tuaku (M. Soleh MS dan Sundariah)*
- *Ayukku Leni dan Leli serta adekke Lela)*
- *Orang-orang yang kusayangi*
- *Almamaterku*

PENGARUH LAMANYA ALIRAN DAN VARIASI DEBIT TERHADAP PERUBAHAN JARI-JARI MEANDER SALURAN PADA KELOKAN 45⁰

ABSTRAK

Kondisi geografis Indonesia terdiri dari banyak sungai. Pada umumnya bentuk morfologi sungai berubah-ubah dari kondisi lurus dibagian hulu menjadi berkelok disebelah hilirnya, karena pada bagian ini sungai cenderung labil baik pada pinggiran sungai maupun dasar sungai. Hal ini disebabkan karena lamanya aliran dan debit yang bervariasi merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada perubahan jari-jari meander saluran.

Penelitian dilakukan dengan membuat model hidraulik saluran. Model dasar dibuat dari pasangan batu bata dengan panjang 11 m, lebar 3 m, dan tinggi 0,5 m. Saluran dibuat dari pasir uniform dengan lebar saluran 0,2 m, dan kedalamannya 0,1 m. Kemudian saluran dialiri air dengan debit yang bervariasi yaitu dengan 3 variasi debit yang telah ditentukan. Parameter yang digunakan hanya dibatasi oleh lamanya aliran (waktu), debit dan sedimen. Dan pengamatan hanya pada kelokan 45⁰ saja.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa lamanya aliran dan besarnya debit aliran yang mengalir sangat berpengaruh kepada perubahan jari-jari meander saluran, lebar saluran, pengangkutan sedimen dan keseimbangan saluran.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr, Wb

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya jualah penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Pengaruh Lamanya Aliran dan Variasi Debit Terhadap Perubahan Jari-jari Meander Saluran Pada Kelokan 45⁰” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST), pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Dalam kesempatan ini saya ingin mengucapkan banyak terima kasih karena telah banyak mendapatkan bimbingan selama belajar maupun ketika penulisan ini kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Zainal Ridho Djafar selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Ir. HASan Basri, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. H Imron F. Astira, MS, Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Taufik Ari Gunawan, ST. MT, Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Ir. Sarino, MSCE, selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan, bantuan, motivasi dan arahnya.
6. Bapak Dr. Ir. Maulid M. Iqbal, MS selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Bapak Taupik Ari Gunawan, ST. MT, selaku Kepala Bagian Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika.
8. Bapak-bapak dan Ibu-ibu Dosen dan Staff pengjar di Jurusan Sipil FT. Unsri yang telah membimbing kami selama belajar dan juga membantu dalam menyelesaikan tesis ini, yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu.
9. Mama dan Ayah atas segala Doa dan bantuannya baik moril maupun materil.
10. Ayukku Leni Oktavia, STP dan Leli Olevia, ST dan adekku Lela Desmala Dewi atas doa dan bantuannya selama ini.

11. Keluargaku, Om dan Tante dan sepupu-sepupuku semua, makasih atas doa dan dukungannya.
12. My Lovely and My Sweety makasih atas doa dan dukungan serta motivasinya.
13. My best team (Sentok, Bayu, Dimas, Fery dan Step) atas kerjasam yang baik.
14. My best friend (Bindu, Dedes, Nova, dan Af) kalian adalah teman-teman terbaik dalam hidupku.
15. Gank Ada Rental (Kak UkY', Kak Wira, Kak Ade, Yuk Ani dedek Eko dan yang lainnya) terima kasih atas bantuannya dan pertolongannya.
16. Teman-teman angkatan 2000, kalian adalah teman-teman terbaikku.
17. Yuk Ida, Yuk Tini, Kak Najam Kak Rudi dan kak Edi, terima kasih atas bantuan dan pertolongannya selama ini.
18. Seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Disadari bahwa di dalam penulisan ini masih banyak kekurangan dan kelemahan, untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan agar tulisan ini dapat menjadi lebih baik. Semoga sumbangan pikiran yang dikemukakan dalam Tugas Akhir ini ada manfaatnya.

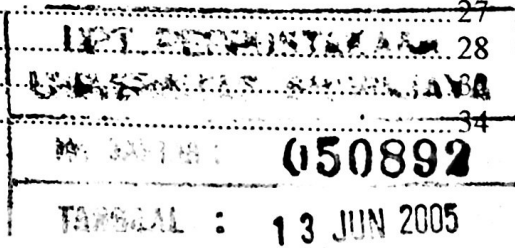
Wassalammualaikum Wr. Wb.

Palembang, Mei 2005
Penyusun,

Lepi Juniyansyah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	2
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Sistematika penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Terdahulu	5
2.2 Tinjauan Teoritis	5
2.3 Sungai	6
2.3.1 Parameter Sungai	7
2.3.2 Geometri Sungai	8
2.3.3 Morfologi Sungai	8
2.4 Bentuk Aliran dan Pengelompokannya	9
2.5 Jenis Pola Alur Sungai	10
2.5.1 Saluran Lurus (Straight)	10
2.5.2 Sungai Bentuk Beranyam (Braided)	11
2.5.3 Sungai Berbentuk Kelokan (Meander)	13
2.6 Proses Perubahan Alur Sungai	21
2.7 Aliran	24
2.7.1 Klasifikasi Aliran	24
2.8 Sedimen	25
2.8.1 Macam-macam Sedimen	27
2.8.2 Sifat-sifat Sedimen	28
2.8.3 Gerakan Sedimen	34
2.9 Keseimbangan Pada Dasar Sungai	34



BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Umum	35
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat	36
3.2.2 Bahan	36
3.3 Skema Percobaan dan Pengolahan Data	37
3.4 Prosedur Penelitian	24
3.4.1 Pengukuran Percobaan	39
 BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	 47
4.1 Persiapan Penelitian	47
4.1.1 Uji Coba Sand Feeder	47
4.1.2 pengukuran Debit Air	48
4.1.3 Analisa Hasil Butiran Sedimen	49
4.1.4 Data Keseimbangan Gerusan pada Saluran Akibat Aliran	50
4.1.5 Perubahan Jari-jari Kelokan	55
4.2 Analisis dan Pembahasan Data	60
4.2.1 Muatan Sedimen	60
4.2.2 Nilai Jari-jari Kelengkungan (r_c) Rata-rata	61
4.2.3 Lebar Rata-rata Saluran Tiap-tiap Kelokan	63
4.2.4 Nilai Jari-jari Kelengkungan (r_c) rata-rata Tiap Kelokan	64
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	69

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Panjang Kelokan dan Debit	14
2.2 Hubungan Kelokan (α = amplitudo)	16
2.3 Pembagian Batuan Sedimen Berdasarkan Ukuran	27
2.4 Harga Porositas	29
2.5 Skala Ukuran Partikel Berdasarkan American Geophysical Union	31
4.1 Hasil uji Coba Sand Feeder	47
4.2 Hasil Pengukuran Debit Air.....	48
4.3 Hasil Analisa Saringan	49
4.4 Data Keseimbangan Gerusan Untuk Pengujian debit I ($Q_1 = 0.00702$ l/dt) ...	51
4.5 Data Keseimbangan Gerusan Untuk Pengujian debit II ($Q_2 = 0.00804$ l/dt)..	52
4.6 Data Keseimbangan Gerusan Untuk Pengujian debit III($Q_3 = 0.00947$ l/dt)..	53
4.7. Nilai Jari-jari Pada Kelokan I, Potongan I	56
4.8 Nilai Jari-jari Pada Kelokan I, Potongan II.....	56
4.9 Nilai Jari-jari Pada Kelokan I, Potongan III	56
4.10 Nilai Jari-jari Pada Kelokan III, Potongan I.....	56
4.11 Nilai Jari-jari Pada Kelokan III, Potongan II	57
4.12 Nilai Jari-jari Pada Kelokan III, Potongan III	57
4.13 Nilai Jari-jari Pada Kelokan I, Potongan I	57
4.14 Nilai Jari-jari Pada Kelokan I, Potongan II	57
4.15 Nilai Jari-jari Pada Kelokan I, Potongan III	58
4.16 Nilai Jari-jari Pada Kelokan III, Potongan I	58
4.17 Nilai Jari-jari Pada Kelokan III, Potongan II	58
4.18 Nilai Jari-jari Pada Kelokan III, Potongan III.....	58
4.19 Nilai Jari-jari Pada Kelokan I, Potongan I.....	59
4.20 Nilai Jari-jari Pada Kelokan I, Potongan II	59
4.21 Nilai Jari-jari Pada Kelokan I, Potongan III	59

4.22 Nilai Jari-jari Pada Kelokan III, Potongan I	59
4.23 Nilai Jari-jari Pada Kelokan III, Potongan II	59
4.24 Nilai Jari-jari Pada Kelokan III, Potongan II	59
4.25 Berat Kering Sedimen Pada Saat Seimbang	60
4.26 Nilai Jari-jari Kelengkungan (rc) rata-rata kelokan I.....	61
4.27 Nilai Jari-jari Kelengkungan (rc) rata-rata kelokan III.....	61
4.28 Nilai Jari-jari Kelengkungan (rc) rata-rata kelokan I.....	61
4.29 Nilai Jari-jari Kelengkungan (rc) rata-rata kelokan III.....	62
4.30 Nilai Jari-jari Kelengkungan (rc) rata-rata kelokan I.....	62
4.31 Nilai Jari-jari Kelengkungan (rc) rata-rata kelokan III.....	62
4.32 Lebar Rata-rata Saluran Untuk Kelokan I dan III.....	63
4.33 Lebar Rata-rata Saluran Untuk Kelokan I dan III.....	63
4.34 Lebar Rata-rata Saluran Untuk Kelokan I dan III.....	63
4.35 Nilai Jari-jari Kelengkungan (rc) Rata-rata Untuk Kelokan I dan III.....	64
4.3.6 Nilai Jari-jari Kelengkungan (rc) Rata-rata Untuk Kelokan I dan III.....	65
4.3.7 Nilai Jari-jari Kelengkungan (rc) Rata-rata Untuk Kelokan I dan III.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Bentuk Aliran Sungai	9
2.2 Pola Alur Sunai	10
2.3 Sketsa Geometri Meander	13
2.4 perkembangan Alur Alamiah	19
2.5 Pergerakan Perubahan Alur Sungai.....	21
2.6 Proses Gejala Meander	22
2.7 Letak gerusan dan Pengendapan pada Meander Sungai	23
2.8 Skematis Pengangkutan Sedimen	33
3.1 Skema Percobaan dan Pengolahan Data	37
3.2 Gambar Lay Out Hidraulik	42
3.4 Uji Coba Sand Feder	43
3.5 Penimbangan Sampel Pasir	43
3.6 Saluran Sebelum Dialiri	44
3.7 Saluran Pada Saat Pengaliran	45
3.8 Kelokan 45 ⁰	46
3.9 Pengukuran Jari-jari saluran.....	46
4.1 Grafik Hubungan Antara Bukaan Sand Feeder terhadap banyaknya pasir Yang keluar selama 5 menit	47
4.2 Grafik Hubungan Besar Debit Terhadap Bukaan	48
4.3 Grafik Hasil Analisa Saringan	49
4.4 Grafik Hubungan Antara Berat Sedimen Tergerus Kering Dengan Berat Sedimen Dari Sand Feeder Terhadap Waktu Pada Debit I (Q ₁ = 0.000702 $\frac{l}{dt}$)	54

4.5	Grafik Hubungan Antara Berat Sedimen Tergerus Kering Dengan Berat Sedimen Dari Sand Feeder Terhadap Waktu Pada Debit II ($Q_2 = 0.000804 \text{ l/dt}$)	54
4.6	Grafik Hubungan Antara Berat Sedimen Tergerus Kering Dengan Berat Sedimen Dari Sand Feeder Terhadap Waktu Pada Debit III ($Q_3 = 0.000947 \text{ l/dt}$)	55
4.7	Grafik Hubungan Jari-jari Rata-rata Setiap Kelokan (cm) pada Debit I $Q_1 = 0.000702 \text{ l/dt}$	64
4.8	Grafik Hubungan Jari-jari Rata-rata Setiap Kelokan (cm) pada Debit II $Q_2 = 0.000804 \text{ l/dt}$	65
4.9	Grafik Hubungan Jari-jari Rata-rata Setiap Kelokan (cm) pada Debit III $Q_3 = 0.000947 \text{ l/dt}$	66
4.10	Grafik Hubungan Jari-jari Rata-rata Setiap Kelokan (cm) dan debit	67

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Sketsa Model Hidraulik Saluran
- Lampiran 2 : Data-data jari-jari Kelokan pada Saluran
- Lampiran 3 : Nilai Berat Sedimen Tergerus Kering
- Lampiran 4 : Surat-surat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagian besar air hujan yang turun kepermukaan tanah, mengalir ketempat tempat yang lebih rendah dan setelah mengalami bermacam-macam perlawanan akibat gaya berat, akhirnya melimpah kedanau atau laut. Suatu alur yang panjang diatas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai. Dan perpaduan antara alur sungai dan aliran sungai air didalamnya disebut sungai.

Sungai merupakan suatu dinamika dan menjadi bagian terpenting dalam lingkungan fisik yang berfungsi untuk mengalirkan air dan mengangkut sedimen yang terkandung dalam aliran sungai tersebut. Sungai mempunyai peranan yang sangat besar bagi perkembangan peradaban manusia diseluruh dunia ini, yakni dengan menyediakan daerah-daerah subur yang umumnya terletak dilembah-lembah sungai dan sumber air sebagai sumber kehidupan yang paling utama bagi kemanusiaan. Demikian juga sungai menyediakan dirinya sebagai sarana transportasi guna meningkatkan mobilitas serta komunikasi antar manusia.

Hingga kinipun, sungai senantiasa mempunyai hubungan yang sangat erat dengan kehidupan kita sehari-hari. Di daerah pegunungan air digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dan juga memegang peranan utama sebagai sumber air untuk kebutuhan irigasi, penyediaan air minum, kebutuhan industri dan lain-lain. Selain itu, sungai berguna pula sebagai tempat yang ideal untuk pariwisata, dan sarana lalu lintas sungai.

Berdasarkan kenyataan yang ada, bahwa kondisi geografis Indonesia terdiri dari banyak sungai. Pada umumnya bentuk morfologi sungai berubah-ubah dari kondisi lurus dibagian hulu menjadi berkelok atau menikung disebelah hilirnya, karena pada bagian ini sungai cenderung lebih baik pada pinggiran sungai maupun

dasar sungai. Hal ini disebabkan karena debit dan lamanya aliran merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada perubahan jari-jari meander pada saluran. Dengan adanya perubahan morfologi tersebut maka pada tikungan terjadi kekomplekan aliran yang ditandai dengan timbulnya gaya sentrifugal pada permukaan air sepanjang tikungan, sehingga mengakibatkan terjadinya aliran sekunder, superelevasi permukaan air dan gerusan pada dasar saluran sebagai efek keseimbangan.

Untuk mengetahui berapa besar lamanya aliran terhadap perubahan jari-jari meander saluran maka dilakukan penelitian pada laboratorium dengan membuat model hidraulik. Dengan demikian untuk mengatasi masalah yang ditimbulkan akibat terjadinya perubahan jari-jari meander suatu saluran akan dapat diambil suatu tindakan perbaikan yang tepat.

1.2. Perumusan Masalah

Sungai senantiasa mempunyai bentuk yang tidak tetap, dan sering berubah-ubah kondisinya dari lurus dibagian hulu menjadi berkelok (menikung) pada bagian hilirnya. Pada jari-jari meander sungai ini akan mengalami perubahan yang tergantung pada debit dan lamanya aliran.

Permasalahan diatas mungkin saja dapat diatasi apabila kita dapat mengetahui berapa besar pengaruh lamanya aliran dan variasi debit terhadap jari-jari meander saluran, maka dilakukan penelitian pada laboratorium dengan membuat model hidrolik.

1.3. Tujuan

Tujuan yang akan dicapai adalah:

1. Mengetahui perubahan jari-jari meander dan lebar suatu saluran pada kelokan 45^0 terhadap pengaruh lamanya aliran.
2. Membuat hubungan antara jari-jari meander dan waktu
3. Membuat hubungan antara jari-jari meander dan debit

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian pada penulisan Tugas Akhir ini hanya dibatasi oleh:

- Lama aliran
- Debit aliran
- Hanya pada kelokan 45°

1.5. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, disusun menjadi beberapa bab pembahasan, yaitu:

Bab I : PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis memberikan gambaran mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan teori-teori dasar yang digunakan didalam penelitian perubahan jari-jari meander saluran melalui penggunaan metode Hidraulik.

Bab III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan prosedur kerja penggunaan model hidroulik di laboratorium untuk mendapatkan parameter-parameter sungai yang mempengaruhi bentuk jari-jari meander saluran dengan sudut 45° .

Bab IV : HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan data-data yang didapat dari percobaan laboratorium dianalisa dan dicarikan hubungan antara debit, jari-jari meander saluran terhadap waktu yang mempengaruhi morfologi sungai.

Bab V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan atas hasil analisa data-data yang dihasilkan dari percobaan melalui model hidraulik dan saran-saran yang diberikan untuk mengatasi dampak dari perubahan jari-jari meander pada saluran.

DAFTAR PUSTAKA

- Chow, Van Te dan E.V Nensi Rosalina, *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1992.
- Fitri, Dwi Irfita, *Skripsi Pengaruh Lamanya Aliran Terhadap Perubahan jari-jari Lengkung Saluran*, Palembang 2004.
- Indratmo, Soekarno, *Diktat Morfologi dan Hidrolika Sungai*. Kelompok Bidang Keahlian Rekayasa Sumber Air, Jurusan Teknik Sipil ITB, Bandung, 1977.
- Jansen, P.PH, *Principles of Rivers Engineering*. Pitman, London, 1978.
- Lenggono, Joko, *Teknik Sungai*, Paskasarjana, Universitas Gajah Mada, 1999.
- Raju, Ranga K.G, *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986.
- Robert J Kodoatie, *Hidrolika Terapan Aliran Saluran Terbuka dan Pipa*, Andi Yogyakarta, 2000.
- Rijin, L. Vm, *Principles of Sediment Transport in Rive, Estaries anda Coastol Sea*. Aqua Publication, 1993.
- Schum, S.A, *Rivers Morfology*. Benchmark paper in Geology, "Dowden Hatchinsun and Rose Inc. Pennylavia, 1972.
- Simons, Daryl B, Ph.d, P.e and Senturk, Fuat , Ph.D, *Sediment Transport Technology: Water and sediment dynamics*. Water Resources Publications, USA.
- Sosrodarsono, Suyono dan Masateru Tominaga, *Perbaikan dan Pengaturan Sungai* Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1984.
- Yiniarti, *Diktat Kuliah Angkutan Sedimen*, program Pendidikan Spesialis I. Pengembangan Sumber Daya Air (PSDA) kerjasama Ded. PU-ITB Bandung, 1997.