

PERANAN KONSTRUKSI PELINDUNG TEBING DAN DASAR SUNGAI PADA PERBAIKAN ALUR SUNGAI

Yuliman Ziliwu

Abstrak

Defenisi dari siklus hidrolologi yaitu hujan yang turun ke permukaan tanah, sebagian ada yang meresap kedalam tanah (infiltrasi), sebagian lagi mengalir dipermukaan bumi (run off). Sebagian air hujan yang mengalir di atas permukaan bumi karena grafitasi akan mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah seperti sungai dan akhirnya bermuara ke laut, air yang ada diatas permukaan tanah, air sungai dan air laut sebagian menguap (evaporasi).

Aliran sungai dalam perjalanannya ke hilir akan bertemu dengan banyak sungai yang mana di daerah dataran rendah secara berangsur-angsur tubuh sungai menjadi semakin lebar. Pada awalnya sungai merupakan saluran drainase alamiah, akan tetapi dengan adanya air yang mengalir di dalamnya. Untuk di daerah pegunungan alur sungainya terjal dan kemiringan tebingnya juga terjal sehingga aliran sungai ini menggerus tanah dasarnya secara terus menerus sepanjang masa existensinya dan terbentuklah lembah-lembah sungai.

Peranan konstruksi pelindung tebing dan dasar sungai adalah pembangunan sistim pengamanan banjir dan memperlancar lalu lintas sungai. Konstruksi pelindung tebing dan dasar sungai yang dapat digunakan adalah : Tanggul, konstruksi krip dan ambang (ground sill).

Kata kunci : *Pelindung tebing dan dasar sungai.*

1. PENDAHULUAN

Siklus hidrologi adalah hujan yang turun ke permukaan tanah, sebagian ada yang meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*), sebagian lagi mengalir di permukaan bumi (*run off*). Sebagian air hujan yang mengalir di atas permukaan bumi karena grafitasi

akan mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah seperti sungai dan akhirnya bermuara ke laut, air yang ada di atas permukaan tanah, air sungai dan air laut sebagian menguap (*evaporasi*). Dalam pengalirannya air tersebut akan mengalami bermacam-macam halangan, sehubungan dengan topografi permukaan tanah. Suatu alur yang panjang di permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal

dari hujan disebut alur sungai. Daerah aliran sungai adalah daerah yang meliputi daerah aliran air dan alur sungai termasuk bantaran, tanggul, dan areal yang dinyatakan sebagai daerah aliran sungai yang dinyatakan dalam undang-undang.

Dari mata air yang ada di daerah pegunungan, aliran sungai dalam perjalanannya ke hilir akan bertemu dengan banyak sungai, yang mana di daerah dataran rendah secara berangsur-angsur tubuh sungai menjadi semakin lebar. Kadang-kadang sungai bermuara di sebuah danau atau pantai laut yang terdiri dari beberapa cabang disebut delta. Apabila sungai semacam ini mempunyai lebih dari dua cabang, sungai sering disebut sungai utama (*main river*) sedangkan cabang-cabang lainnya disebut anak sungai (*tributary*). Kadang-kadang sebelum alirannya

berakhir di sebuah danau atau pantai, sungai membentuk berupa sebuah cabang yang disebut cabang sungai (*enfluent*). Sifat-sifat sungai sangat dipengaruhi oleh luasnya dan bentuk daerah pengaliran serta kemiringannya.

Pada awalnya sungai merupakan saluran drainase alamiah. Akan tetapi dengan adanya air yang mengalir di dalamnya, untuk di daerah pegunungan alur sungainya terjal dan kemiringan tebingnya juga terjal. Sehingga aliran sungai ini menggerus tanah dasarnya secara terus menerus sepanjang masa existensinya dan terbentuklah lembah-lembah sungai. Sedimen yang dihasilkan oleh reruntuhan tebing-tebing sungai di daerah pegunungan akan terangkut ke hilir oleh aliran sungai. Hal ini dikarenakan di daerah pegunungan kemiringan sungainya curam, sehingga gaya tarik aliran airnya cukup besar. Di daerah dataran, aliran air mengalami perubahan yaitu gaya tarik menjadi kecil dan terjadi kecepatan pengendap partikel-partikel sedimen lebih besar dari pada kecepatan aliran sungai maka terjadi pengendapan material. Karena itu ukuran butiran sedimen yang mengendap di bagian hulu sungai lebih besar dari pada di bagian hilirnya.

Dengan terjadinya perubahan kemiringan yang mendadak pada saat alur sungai keluar dari daerah pegunungan yang curam dan memasuki dataran yang lebih landai, maka lokasi ini terjadi proses pengendapan yang sangat intensif yang menyebabkan mudah berpindahnya alur sungai yang terbentuk apa yang disebut **kipas pengendapan**. Pada lokasi tersebut sungai bertambah lebar dan dangkal, erosi dasar sungai tidak lagi dapat terjadi bahkan sebaliknya terjadi pengendapan yang sangat intensif. Dasar sungai yang secara terus menerus naik dan sedimen yang hanyut terbawa arus banjir bersama dengan luapan air banjir terbesar dan mengendap secara luas membentuk

dataran aluival. Pada daerah dataran yang rata alur sungai tidak stabil dan apabila sungai mulai membelok maka terbentuk yang namanya *meander*.

Di dataran rendah akan terjadi *meander* yang umumnya gerusan di tebing bagian luar berlangsung terus menerus, sehingga proses meander berlangsung terus, maka pada akhirnya terjadi sidatan alam pada dua belokan luar yang sudah sangat dekat dan terbentuklah sebuah danau.

2. MASALAH PERBAIKAN ALUR SUNGAI

Macam-macam pekerjaan sipil untuk perbaikan alur sungai antara lain adalah : pembangunan sistim pengamanan banjir, pembuatan bangunan sadap untuk keperluan pemanfaatan air, usaha-usaha pelestarian alam dan lingkungan hidup dan perbaikan alur sungai untuk memperlancar lalu lintas sungai. Kegiatan pelaksanaannya dimulai dengan pengukuran secara menyeluruh dan dari hasil pengukuran ini dibuat skema yang disesuaikan dengan tujuan kegiatan di bidang persungai yang diinginkan dalam batas-batas kelayakan ekonomi. Proses pembuatan skema rencana pekerjaan persungai ini disebut **perencanaan sungai**.

Sehubungan dengan banyaknya macam pekerjaan persungai maka perencanaan pekerjaan persungai dapat dibedakan dalam beberapa jenis antara lain sebagai berikut :

1. Perencanaan perbaikan dan pengaturan sungai.
2. Perencanaan pemanfaatan air sungai.
3. Perencanaan pengembangan wilayah sungai.
4. Perencanaan perbaikan dan pelestarian lingkungan sungai.
5. Perencanaan lalu lintas sungai.

Perencanaan perbaikan dan pengaturan sungai mempunyai tujuan yang disesuaikan dengan tingkat perkembangan suatu lembah sungai,

serta kebutuhan masyarakat. Perbaikan alur sungai bertujuan antara lain untuk pencegahan terhadap bahaya banjir yang disebabkan adanya sedimentasi yang mana berakibat kapasitas alur sungai tidak mencukupi dalam menampung debit sungai serta mengusahakan agar alur sungai senantiasa dalam keadaan stabil. Sehingga mempermudah pemanfaatan air, yang mana penyesuaian juga lebih mudah, pelestarian lingkunganpun dapat terjamin. Jadi tujuan utama dari perencanaan persungai adalah : pengamanan terhadap banjir, pengendalian alur sungai dengan memperhatikan peranan sungai sebagai sumber air untuk berbagai kebutuhan, pelestarian lingkungan, dan kelancaran serta keamanan lalu lintas sungai

Perencanaan pengamanan terhadap banjir dapat disebut juga sebagai **perencanaan pengendalian banjir** yang akan digunakan sebagai landasan yang penting dalam menetapkan berbagai pekerjaan sipil yang harus dilaksanakan dalam rangka usaha pengamanan terhadap bencana banjir.

Pekerjaan-pekerjaan pokok dalam rangka pengamanan banjir serta pengendalian alur sungai secara umum dapat dibagi menjadi 2 :

1. Pekerjaan sipil yaitu sistim pengamanan dan pengendalian banjir.
2. Pekerjaan non sipil yaitu pencegahan banjir.

Pekerjaan sipil adalah usaha pencegahan bahaya banjir dengan suatu sistim pengamanan banjir yang terdiri dari: pembuatan dan pengamanan tanggul, normalisasi sungai termasuk pembuatan sidatan (*shot cut*) disamping lain-lain pengamanan dengan suatu sistim pengendalian banjir, yang terdiri dari: *retarding basin*, waduk pengendalian banjir atau bangunan semacamnya. Pekerjaan non sipil adalah usaha pencegahan banjir dengan pengaturan-pengaturan yang dilandasi

undang-undang. Guna mengurangi tingkat kerugian yang mungkin terjadi, apabila terjadi banjir antara lain pengaturan penggunaan tanah di daerah bantaran sungai, mendirikan bangunan yang tahan terhadap genangan air, dan kegiatan pengamanan terhadap kemungkinan terjadinya bencana banjir.

Untuk pengendalian alur sungai supaya alur tersebut dapat stabil sehubungan dengan aliran sungai yang dapat menimbulkan erosi tebing dan dasar sungai maka perlu adanya konstruksi yang menahan erosi ini seperti **bangunan ambang** atau *ground sill*, *cek dam*, *step dam*, yang mana sepintas ketiga bangunan ini bentuknya hampir sama hanya **fungsinya berlainan**.

3. KONSTRUKSI PERBAIKAN ALUR SUNGAI

3.1. Tanggul

Tanggul merupakan salah satu bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi daerah-daerah berpotensi, baik dipandang dari segi ekonomi maupun segi social; yang mana berkaitan erat dengan harta benda masyarakat yang terkena genangan-genangan yang disebabkan oleh banjir dari sungai.

Konstruksi tanggul kebanyakan dibuat dari urugan tanah, karena tanggul merupakan bangunan menerus yang sangat panjang, serta membutuhkan bahan urugan yang volumenya sangat besar. Maka tahap perencanaan perlu diperhatikan agar hasil pekerjaan normalisasi sungai dapat dimanfaatkan sebagai bahan tanggul. Selain tanah merupakan bahan yang mudah pekerjaannya dan setelah menjadi tanggul merupakan konstruksi yang *flexible*, karena sangat mudah menyesuaikan kemungkinan penurunan yang tidak merata, sehingga perbaikan yang

disebabkan oleh penurunan tersebut mudah dikerjakan. Tanah merupakan bahan bangunan yang sangat stabil dan tidak akan rusak dalam waktu yang cukup relatif lama. Apabila di beberapa tempat terjadi kerusakan, maka perbaikannya sangat mudah dan cepat menggunakan tanah yang tersedia di sekitar lokasi kerusakan.

Selain bahan timbun tanggul dari tanah dapat juga tanggul dibuat dari konstruksi beton bertulang. Hal ini untuk menghindari pemakaian lahan yang perlu dibebaskan yang mana pada lahan ini banyak sekali penghuninya. Sehingga akan memakan biaya yang cukup tinggi untuk pembebasan tanahnya. Walaupun demikian, harga konstruksi tanggul dari beton bertulang ini perlu dikaji dengan harga tanggul dari tanah, sehingga biaya pelaksanaannya dapat ditekan dengan mempertimbangkan juga faktor kekuatan konstruksi dan daya tahan konstruksinya

3.2. Pelindung tebing

Pelindung tebing adalah bangunan yang ditempatkan pada permukaan lereng tebing guna melindungi suatu tebing alur sungai atau permukaan lereng tanggul secara langsung yang terkena benturan arus aliran dan berperan juga untuk meningkatkan stabilitas alur sungai atau tubuh tanggul. Melihat fungsi dari pelindung tebing ini dalam pengembangannya lebih lanjut, maka konstruksi bangunan pelindung tebing semacam ini pada saat sekarang dimungkinkan memilih salah satu konstruksi. Bahan dan cara pelaksanaan yang paling cocok dengan kondisi setempat.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan didapat gambaran kerusakan bangunan pelindung tebing yang mana biasanya diakibatkan hal-hal sebagai berikut:

1. Adanya penggerusan pada pondasi kaki pelindung tebing.
2. Hanyutnya tanah urugan di belakang bangunan pelindung tebing.
3. Tekanan tanah dan air dari belakang bangunan pelindung tebing.
4. Adanya serangan arus deras yang menyusur di tikungan luar.
5. Kerusakan yang diawali dari tergerusnya kaki talud di bagian hulu dan hilir dari bangunan talud.
6. Kerusakan yang diawali dari penggerusan *berm* bangunan pelindung tebing
7. Kerusakan yang disebabkan adanya perubahan bentuk yang tiba-tiba pada bangunan pelindung tebing.

Disamping hal-hal tersebut di atas, permasalahan lain yang berkaitan dengan pembuatan bangunan pelindung tebing adalah sebagai berikut:

1. Adanya arah arus tidak selalu sejajar dengan arus *trase* tanggul atau *trase* tebing sungai, tetapi kadang-kadang arus tersebut membentuk sudut ke arah *trase* tanggul atau tebing sungai sehingga pada tempat-tempat tertentu arus sungai, menabrak lereng tanggul atau tebing sungai dan terjadilah pukulan air. Sehingga terjadi gerusan pada tempat tersebut.
2. Pada belokan-belokan yang tajam, khususnya pada tikungan luar permukaan air

sungai akan lebih tinggi dibandingkan dengan di tikungan dalam dengan kecepatan arus yang tinggi dapat menyebabkan penggerusan tebing.

3.3. Konstruksi *Krib*

Untuk melindungi tebing sungai dari benturan aliran air sungai secara tak langsung perlu adanya konstruksi yang mengatur arah aliran air sungai sedemikian rupa sehingga tebing sungai tak langsung terkena benturan arus aliran.

Krib adalah bangunan yang dibuat mulai dari tebing sungai ke arah tengah guna mengatur arus sungai dan tujuan utamanya adalah :

1. Menanggulangi gerusan lokasi pada tebing sungai.
2. Memindahkan arus yang bergerak menuju tebing sungai.
3. Mengurangi kecepatan arus dekat tebing sungai.
4. Mempercepat pengendapan arus dekat tebing sungai.
5. Mempertahankan lebar dan kedalaman air pada alur sungai.
6. Mengkonsentrasikan arus sungai.

3.3.1 Jenis *Krib*

1. Berdasarkan jumlah dalam suatu daerah *krib*, *krib* dapat dibedakan menjadi *krib* tunggal dan *krib* ganda.
2. Berdasarkan bahan pembuatannya, *krib* dibedakan menjadi empat yaitu : *krib* beton bertulang, *krib* kayu, *krib* pasangan batu kali dan *krib* bronjong.
3. Berdasarkan sifat hidrolisnya, *krib* dibedakan menjadi *krib permeable* dan *krib semi permeable*

4. Berdasarkan arah pemasangannya, *krib* dibedakan menjadi *krib* memanjang dan *krib* melintang. *Krib* memanjang dipasang dengan arah sejajar arus sungai dan *krib* melintang dipasang dengan arah melintang arus sugai

5. Berdasarkan letak pemasangannya terhadap muka air, selain *krib* konvensional (*krib* yang puncaknya menjulang dipermukaan air) ada juga *krib* yang dipasang di dasar sungai sebagai pengarah arus yang disebut *krib* panil dasar. *Krib* ini berupa papan horizontal menyilang arus yang didukung oleh tiang pancang

- Perencanaan *krib*

Dalam mempersiapkan perencanaan *krib*, maka denah, bentuk memanjang, debit sungai, kecepatan arus sungai, bahan-bahan dasar sungai haruslah disurvei, dipelajari dan ditelaah secara mendalam dan tipe *krib* serta metode pembuatannya ditetapkan secara empiris dengan memperhatikan pengalaman-pengalaman pada *krib-krib* yang telah dibangun di waktu-waktu yang lalu.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses perencanaan *krib-krib* adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik aliran *debit* rencana, pola dan kecepatan aliran terutama di tikungan bagian luar yang digunakan untuk merencana *krib* sesuai dengan yang dikehendaki, terutama untuk perencanaan stabilitas *krib* diambil debit banjir dengan kala ulang 10 tahunan sampai 50 tahunan.
2. Penentuan debit rencana yang ditentukan berdasarkan dari perhitungan banjir rencana dan

informasi historis di lokasi rencana *krib*

3. Lebar sungai diambil lebar sungai rata-rata pada bagian alur sungai yang lurus
4. Kecepatan ijin yaitu kecepatan arus aliran maksimum yang tidak menggerus bahan dasar dan atau tebing sungai. Besarnya kecepatan ijin ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$V1 = C1 \cdot C2 \cdot C3 \cdot Vs$$

Dimana :

V1 = kecepatan ijin (m/dt)

C1 = koefisien pengaruh kondisi tanah (tabel 3.1)

C2 = koefisien pengaruh kedalaman air (tabel 3.2)

C3 = koefisien pengaruh lengkung alur (tabel 3.3)

Tabel 3.1 Koefisien pengaruh kondisi tanah (C1)

Angka pori	2,0 – 1,2	1,2 – 0,6	0,6 – 0,3	0,3 – 0,2
Jenis tanah	gembur	Agak gembur	Biasa	keras
Lempung pasiran	0,45	0,90	1,30	1,80
Lempung keras	0,40	0,85	1,25	1,70
Lempung biasa	0,35	0,80	1,20	1,65
Lempung lembek	0,32	0,70	1,05	1,35

Tabel 3.2 Koefisien pengaruh kedalaman air (C2)

Kedalaman air (m)	0,30	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
Koefisien C2	0,80	0,90	0,95	1,00	1,10	1,10	1,20	1,20

Tabel 3.3 Koefisien pengaruh lengkung alur (C3)

Jenis alur	Koefisien C3
Lurus	1,00
Tikungan ringan ($20^0 - 30^0$)	0,95
Tikungan sedang ($30^0 - 60^0$)	0,81
Tikungan tajam ($> 60^0$)	0,75

Tabel 3.4. Kecepatan ijin untuk jenis butiran tanah (Vs)

Jenis tanah	Diameter butiran (mm)	Vs (m/dt)
Lempung	0,003	0,10
	0,005	0,15
Pasir	0,05	0,20
	0,25	0,30
	1,00	0,55
Kerikil	2,50	0,65
	5,00	0,80
	10,00	0,00
	15,00	0,20
Kerakal	25,00	0,50
	40,00	0,80
	75,00	0,40
Batu	100,00	0,70
	150,00	0,30
	200,00	0,90

3.4. Ambang (*Ground sill*)

Ambang (*Ground sill*) adalah bangunan yang ditempatkan

menyilang sungai dan berfungsi untuk menjaga agar dasar sungai tidak turun. Penurunan dasar sungai antara lain disebabkan oleh berkurangnya angkutan bahan sedimen dari sebelah hulu, dengan adanya bangunan bendungan atau check dam, atau dapat juga penambangan bahan-bahan pasir/batu yang berlebihan dari sungai yang bersangkutan, sehingga hal-hal tersebut di waktu banjir akan membahayakan atau menyebabkan rusaknya/hancurnya tanggul-tanggul pada lokasi dimana dasar sungai turun. Penurunan dasar sungai dapat juga disebabkan oleh adanya sudetan di hilir, sehingga kecepatan aliran menjadi bertambah besar karena panjang alur menjadi lebih pendek. Dengan demikian akan mengakibatkan erosi dasar sungai. Untuk menstabilkan dasar sungai karena hal-hal tersebut di atas maka adanya konstruksi ambang (*ground sill*)

- Ada dua tipe dan bentuk ambang (*ground sill*)

1. Ambang datar, permukaan bagian atas ambang rata dengan dasar sungai sehingga tidak menimbulkan terjunan di bagian hilir ambang. Muka air dihilir ambang dan di hulu ambang sama tinggi.
2. Ambang pelimpah, dimana pada konstruksi ini terjadi terjunan sehingga muka air di bagian hilir ambang lebih tinggi dari pada di bagian hulu.

3.4.1. Desain Ambang

Dalam merencanakan tinggi ambang harus didasarkan pada hasil studi dan penyelidikan yang seksama terhadap resim

sungai pada lokasi ambang, juga perlu adanya uji model di laboratorium agar ambang tersebut dapat berfungsi secara optimal

3.4.2. Tinggi ambang

Dalam penentuan tinggi ambang yang akan dibangun pada suatu sungai yang dasarnya turun, secara terus menerus atau diperkirakan akan turun sangat perlu menghitung jumlah sedimen yang melintasi lokasi rencana ambang, yang mana dapat diperkirakan berdasarkan kondisi-kondisi hidrolika sungai dan endapan dasar sungai dengan perhitungan teoritis. Hal ini sangat berguna untuk meramalkan besarnya penurunan dasar sungai tersebut di masa yang akan datang. Selanjutnya lokasi, tinggi, dan jarak ambang dapat ditetapkan secara perkiraan dan dihitung dengan metode coba banding; dan akhirnya akan diperoleh suatu kemiringan seimbang teoritis dasar sungai yang bersangkutan.

Apabila ambang dibangun pada sungai secara menerus sepanjang bagian alur sungai maka lokasi, tinggi dan jumlah ambang ditetapkan berdasarkan profil memanjang sungai seimbang teoritis dengan formula sebagai berikut

1. Untuk sungai yang sempit :

$$L = (t/n - 1/m)h = (1,5 - 2,0) 1/h$$

2. Untuk sungai yang lebar :

$$L = (1,5 2,0) b$$

Dimana :

L = jarak antara ambang

h = tinggi ambang

n = kemiringan dasar sungai

m = tingkatan disain dasar sungai
b = lebar sungai

4. KESIMPULAN

Dari analisa peranan pelindung tebing pada pekerjaan perbaikan alur sungai dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perana pelindung tebing pada perbaikan alur sungai untuk mengamankan tebing, baik tebing sungai maupun tebing tanggul dari erosi yang terjadi karena benturan muka air rendah (tebing sungai) dan muka air tinggi (tebing tanggul). Pengamanan diperlukan bilamana terjadi kerusakan tebing akibat benturan langsung ke tebing atau rusaknya fondasi kaki tebing atau tanggul akibat pusaran aliran air sungai
2. Untuk sungai-sungai yang lebar kerusakan tebing tak langsung terkena benturan arus air tetapi secara tak langsung, karena arus yang tercepat tidak terjadi di tengah alur sungai maka untuk mengatur/mengarahkan arus aliran sungai ini diperlukan *krib* yang pemasangannya diperlukan penelitian uji model di lapangan. Untuk lebih menstabilkan konstruksi *krib* perlu adanya bronjong batu kali di sekeliling *krib*.
3. Untuk maksud menstabilkan dasar sungai diperlukan konstruksi ambang, yang mana ambang ini mempunyai fungsi di samping menstabilkan dasar sungai, dapat juga dipakai untuk mengatur aliran air dan menstabilkan tebing sungai maupun tebing tanggul.
4. Pada pemilihan jenis konstruksi perlu adanya survei lapangan dan mengetahui karakteristik sungai dan pemantauan pada

masing-masing sungai terhadap debit yang paling dominan di dalam proses penggerusan tebing dan dasar sungai, untuk memudahkan perencanaan dalam desain bangunan pelindung tebing.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1989, *Metode Perhitungan Debit banjir, SK SNI M 18 – 1989 – F*, Yayasan LPBM, Bandung.
- Chow, V.T. (Terjemahan), 1992, *Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics)*, Erlangga. Bandung.
- Djoko Legowo, 1990, “*Gerusan pada Bangunan Sungai, Kursus singkat Pengelolaan Sungai*” PAU- UGM Yogyakarta
- Departemen Pekerjaan Umum 1987 “*Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Lonsoran “ No SKBI-g2.3.05.1987.UDC: 824.13 (083.7)*”, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990 “*Tata cara Perencanaan Umum Krib di Sungai*” SK SNI T-01-1990-F. Badan penerbit Pekerjaan Umum Jakarta.
- Harto BR, S, 1991, *Hidrologi Terapan Edisi Tiga*, Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- _____, 1993, *Analisis Hidrologi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

- _____, 2000, *Mengenal Dasar Hidrologi Terapan*, Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- McCuen, R.H, 1998, *Hydrologic Analysis and Design*, Department of Civil Engineering University of Maryland.
- Subarkah. I, 1978, *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*, Idea Dharma, Bandung.
- Suyono Sosrodarsono. 1985 “*Perbaikan dan Pengaturan Sungai*” PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Sunjoto, 1988, *Aliran Bawah Permukaan*, PAU Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Ven Te Chow. 1989 “*Open Channel Hydraulic*” MC. Graw Hill. Inc, New York.

BIODATA PENULIS:

Yuliman Ziliwu. Alumni (S1) Teknik Sipil UTP Surakarta (1994). Pasca Sarjana (S2) Program Magister Teknik Sipil UNDIP Semarang (2002) Lahir di Ambukha Nias 4 Juni 1966. Dosen di Program Studi Teknik Sipil UTP dari tahun 1996 sampai sekarang. Pernah menjabat Pembantu Dekan II dari tahun 2002 sampai 2006 dan Wakil Dekan dari tahun 2006 sampai 2010.