BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran alami atau buatan yang memiliki permukaan bebas pada tekanan atmosfer. Saluran terbuka dapat diklasifikasikan berdasarkan asal-usulnya dan konsistensi bentuk penampang dan kemiringan dasar.

Klasifikasi saluran terbuka berdasarkan asal-asulnya, sebagai berikut :

1. Saluran alam (*natural channel*), yaitu saluran yang terbentuk secara alami tanpa campur tangan manusia. Contoh : sungai-sungai kecil di daerah hulu (pegunungan) hingga sungai besar di muara.
2. Saluran buatan (*artificial channel*), yaitu saluran yang dibuat dan direncanakan oleh manusia. Contoh : saluran drainase tepi jalan, saluan irigasi untuk mengairi persawahan, saluran pembuangan, saluran untuk membawa air ke pembangkit listrik tenaga air, saluran untuk *supply* air minum, dan saluran banjir.

Sedangkan klasifikasi berdasarkan konsistensi bentuk penampang dan kemiringan dasar, sebagai berikut :

1. Saluran Prismatik (*prismatic channel*), yaitu saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya tetap. Contoh : saluran drainase dan saluran irigasi.
2. Saluran non Prismatik (*non prismatic channel*), yaitu saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya berubah-ubah. Contoh : sungai.

2.2 Sungai

Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.38 Tahun 2011). Air hujan yang jatuh di permukaan tanah sebagian besar akan menjadi aliran permukaan dan sebagian lagi meresap ke dalam tanah menjadi air tanah. Aliran permukaan berkumpul dan mengalir ke daerah-daerah yang rendah kemudian menuju parit, selokan, anak-anak sungai, dan sungai.

itenas library

Aliran sungai secara berangsur-angsur berpadu dengan banyak sungai lainnya, mulai dari mata airnya dibagian yang paling hulu di daerah pegunungan dalam perjalanannya kehilir di daerah dataran rendah, sehingga lambat laun tubuh sungai tumbuh menjadi semakin besar. Ketika sungai mempunyai lebih dari dua cabang, maka sungai yang paling penting adalah sungai yang daerah pengalirannya panjang dan volume airnya paling besar, sungai ini disebut sungai utama (*main river*), sedangkan cabang-cabang lainnya disebut anak sungai (*tributary*).

2.2.1 Fungsi Sungai

Sungai dalam fungsinya secara alamiah selalu mencari keseimbangan, sehingga berubah baik dalam ruang maupun waktu. Sebuah sungai dikatakan telah mencapai keseimbangan dinamis apabila secara rata-rata dalam jangka waktu dan jarak tertentu sungai tidak mengalami perubahan (Yiniarti, 2018). Fungsi sungai yang lain antara lain sebagai berikut :

1. Mengangkut hasil erosi sedimen berupa lumpur, pasir, kerikil, dan batu dari daerah tangkapan dari hulu sungai sampai ke hilir;
2. Menyalurkan bahan-bahan yang terlarut dalam aliran sungai;
3. Mengangkut es pada daerah yang beriklim subtropis;
4. Sebagai tempat hidup biota di air, meliputi ikan, burung, serangga, dan flora air;
5. Mengangkut dan membawa air buangan alamiah dari daerah aliran, terutama dahan.

2.2.2 Morfologi Sungai

Morfologi sungai adalah ilmu yang mempelajari tentang geometri (bentuk dan ukuran), jenis, sifat, dan perilaku sungai dengan segala aspek dan perubahannya dalam dimensi ruang dan waktu. Morfologi sungai ini akan menyangkut juga sifat dinamik sungai dan lingkungannya yang saling terkait. Menurut Rosgen (1996) terdapat sembilan tipe morfologi sungai, yakni sebagai berikut :

1. Tipe Sungai Kecil “Aa+”

Sungai tipe ini memiliki kemiringan yang curam yakni diatas 10%, memiliki rasio lebar/kedalaman yang rendah, dan bentuk dasar pada umumnya cekungan luncur air terjun.

itenas library

2. Tipe Sungai Kecil “A”

Sungai tipe ini memiliki kesamaan dengan sungai kecil “Aa+”, yang membedakan adalah kemiringannya yang berkisar 4% - 10%.

3. Tipe Sungai Kecil “B”

Sungai tipe B mempunyai saluran berparit, dan rasio lebar/kedalaman (W/D) lebih dari 2. Morfologi bentuk dasar yang dipengaruhi oleh runtuhan umumnya menghasilkan aliran deras serta tingkat erosi pinggir sungai yang relatif rendah.

4. Tipe Sungai Kecil “C”

Bentuk morfologi utama dari tipe sungai ini adalah saluran dengan kemiringan rendah, saluran berparit rendah, rasio lebar/kedalaman tinggi (>12), dan dataran banjir yang berkembang.

5. Tipe Sungai Kecil “D”

Tipe sungai kecil “D” mempunyai konfigurasi yang unik sebagai sistem saluran yang menunjukan pola berjalin, dengan rasio lebar per kedalaman sungai yang sangat tinggi (>40), dan lereng saluran umumnya sama dengan lereng lembah.

6. Tipe Sungai Kecil “DA”

Tipe sungai “DA” adalah suatu sistem saluran berjalin dengan gradien sungai sangat rendah dan lebar aliran dari tiap saluran bervariasi.

7. Tipe Sungai Kecil “E”

Tipe sungai kecil “E” merupakan perkembangan dari tipe sungai kecil “F”, yaitu saluran yang lebar, berparit dan berkelok, mengikuti perkembangan dataran banjir dan pemulihan vegetasi dari bekas saluran sungai “F”. Tipe sungai kecil “E” agak berparit, yang menunjukan rasio lebar perkedalaman saluran yang sangat tinggi dan menghasilkan nilai rasio lebar aliran tertinggi dari semua tipe sungai.

8. Tipe Sungai Kecil “F”

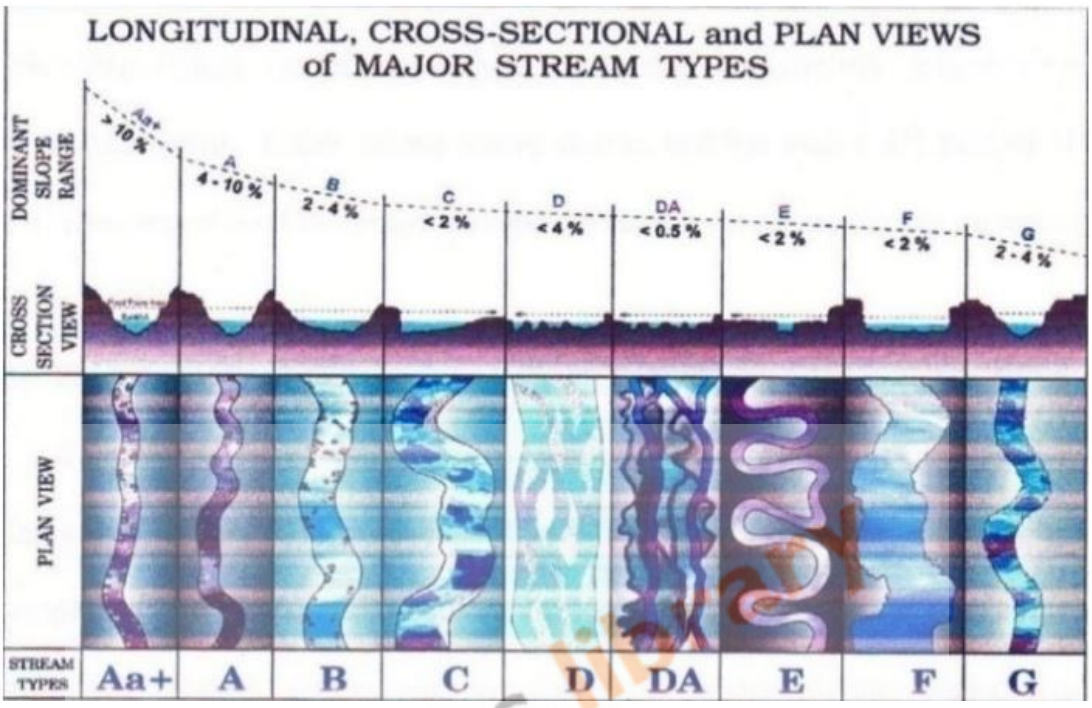
Tipe sungai kecil “F” adalah saluran berkelok yang berparit klasik, mempunyai elevasi yang relatif rendah yang berisi batuan yang sangat lapuk atau material yang mudah terkena erosi. Karakteristik sungai kecil “F” adalah mempunyai rasio lebar perkedalaman saluran yang sangat tinggi dan berbentuk dasar sebagai cekungan sederhana.

9. Tipe Sungai Kecil “G”

Tipe sungai kecil “G” adalah saluran bertingkat, berparit, sempit dan dalam dengan *sinuosity* tinggi sampai sederhana. Tipe sungai “G” memiliki laju erosi tepi yang

itenas library

sangat tinggi, suplai sedimen yang tinggi, lereng saluran yang sederhana sampai curam, rasio lebar perkedalaman saluran yang rendah, suplai sedimen yang tinggi, beban dasar yang tinggi dan laju sedimen terlarut yang sangat tinggi.

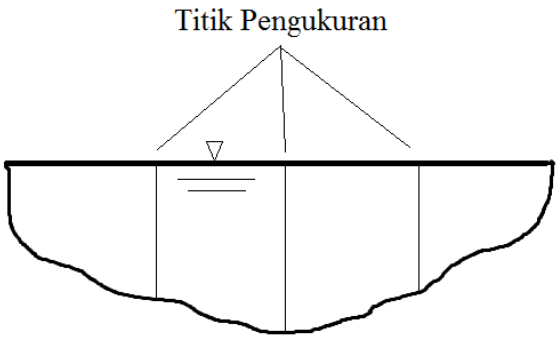


Gambar 2. 1 Tipe Bentuk Morfologi
(Sumber: Amri, 2014)

2.3 Hidrometri

Hidrometri adalah cabang ilmu (kegiatan) pengukuran air, atau pengumpulan dan dasar bagi analisis hidrologi (Harto,1993). Kegiatan hidrometri pada sungai dalam kehidupan sehari-hari diartikan sebagai kegiatan untuk mengumpulkan data mengenai sungai, dimulai dari data tentang ketinggian muka air, debit aliran, sampai sedimentasi. Salah satu pengukuran yang dilakukan dalam kegiatan hidrometri adalah pengukuran kecepatan aliran sungai.

Kecepatan aliran merupakan komponen aliran yang penting. Hal ini dikarenakan pengukuran debit secara langsung pada suatu penampang sungai tidak dapat dilakukan (paling tidak dengan cara konvensional). Kecepatan diukur dalam dimensi satuan panjang per satuan waktu, umumnya dinyatakan dalam meter/sekon (m/s). Pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan dengan dua arah, yaitu arah vertikal dan arah transversal. Pengukuran arah transversal dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2. 2 Pengukuran Arah *Transversal*

Pengukuran arah vertikal adalah pengukuran ke arah vertikal pada suatu penampang melintang. Pengukuran ini mempunyai dua metode, yakni *depth integrated sampling method* dan *integrated sampling method.*

2.3.1 Pengukuran Kecepatan

Pengukuran kecepatan aliran langsung dengan alat ukur arus dapat dilaksanakan dengan cara merawas, dengan bantuan wahana apung perahu, jembatan, atau menggunakan kereta gantung . Perbedaan cara pelaksanaan pengukuran kecepatan aliran ini adalah sebagai berikut :

1. Merawas

Pengukuran kecepatan dengan cara merawas adalah pengukuran yang dilakukan tanpa bantuan wahana (perahu, kereta gantung, *winch cable way* dan lain-lain) yaitu petugas pengukuran langusng masuk ke dalam sungai. Pengukuran dengan cara ini perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

a. Dilakukan pada lokasi sebatas pengukur mampu merawas.
b. Posisi berdiri pengukur harus berada di hilir alat ukur arus dan tidak boleh menyebabkan berubahnya garis aliran pada jalur vertikal yang diukur.
c. Posisi alat ukur harus berada di depan pengukur.

2. Menggunakan perahu

Pengukuran kecepatan dengan bantuan wahana apung perahu perlu memperhatikan hal-hal berikut:

itenas library

a. Apabila tidak memungkinkan dilakukan pengukuran dengan merawas.

b. Untuk kedalaman kurang dari 3 m, pengukuran kecepatan arus cukup dilakukan dengan memasang alat ukur arus pada tongkat penduga yang juga berfungsi sebagai alat ukur kedalaman. Akan tetapi, untuk kedalaman air lebih besar atau sama dengan 3 m, alat ukur arus harus digantungkan pada kabel penggantung yang juga berfungsi sebagai alat pengukur kedalaman yang dilengkapi dengan alat penggulung kabel dan pemberat yang disesuaikan dengan kondisi aliran.

c. Posisi alat ukur harus berada didepan perahu dengan perahu diarahkan ke hulu.

d. Apabila posisi kabel menggantung tidak tegak lurus muka air, dan membentuk sudut > 10º terhadap garis vertikal, kedalaman aliran harus dikoreksi.

3. Menggunakan jembatan

Pengukuran kecepatan dari atas jembatan perlu memperhatikan hal-hal berikut:

a. Posisi pilar jembatan perlu diperthitungkan dalam penentuan pias-pias sub bagian penampang bersih.

b. Posisi alat berada di hulu jembatan.

c. Apabila posisi kabel penggantung tidak tegak lurus muka air, dan membentuk sudut > 10º terhadap garis vertikal, kedalaman aliran harus dikoreksi.

4. Menggunakan kereta gantung

Pengukuran kecepatan dengan menggunakan kereta gantung perlu memperhatikan hal-hal berikut:

a. Apabila posisi kabel penggantung tidak tegak lurus muka air, dan membentuk sudut > 10º terhadap garis vertikal, kedalaman aliran harus dikoreksi.

b. Pengukuran lebar sungai/saluran terbuka menggunakan alat ukur lebar dan atau ukur sipat datar.

2.3.2 Depth Integrated Sampling

Depth integrated sampling method adalah metode pengambilan sampel untuk mengetahui kecepatan rata-rata untuk satu vertikal. Pelaksanaan dengan cara ini adalah dengan menurunkan alat pengambil sampel dari atas permukaan air sampai mencapai dasar sungai.

itenas library

Gambar 2. 3 Pengukuran *Depth Integrated*

Kecepatan rata-rata suatu profil distribusi kecepatan vertikal adalah luas kurva distribusi kecepatan dibagi dengan kedalaman aliran (Fransiska, 2005). Luas kurva distribusi kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan metode numerik,yakni dengan membagi luasan kurva menjadi beberapa pias, tergantung jumlah titik pengukuran.

2.3.3 *Point Integrated Sampling*

Point integrated sampling method adalah metode pengambilan sampel untuk mengetahui kecepatan rata-rata untuk satu penampang. Pelaksanaan dengan cara ini dilakukan pada beberapa vertikal yang jaraknya sudah ditetapkan dan dilakukan pada tiga titik kedalaman yang berbeda.

itenas library

Gambar 2. 4 Pengukuran *Point Integrated*

2.4 *Currentmeter*

Pengukuran yang dilakukan harus menggunakan *currentmeter*, karena adanya titik kedalaman yang tidak bisa diukur apabila menggunakan cara pelampung. Jika menggunakan *currentmeter*, sebuah penampang melintang sudah cukup untuk pengukuran tersebut. Akan tetapi, jika menggunakan pelampung maka untuk memperoleh penampang melintang rata-rata dibutuhkan paling sedikit dua atau tiga penampang melintang.

Currentmeter sering digunakan karena memberikan ketelitian yang cukup tinggi. Kecepatan aliran yang diukur oleh *currentmeter* adalah kecepatan aliran titik dalam satu penampang aliran tertentu. *Currentmeter* biasanya digunakan untuk mengukur aliran

pada saluran dengan permukaan air rendah. Apabila digunakan untuk mengukur saat keadaan banjir, alat ini akan terbawa hanyut sehingga posisi dan kedalamannya berubah, hal ini berdampak pada pengukuran menjadi tidak teliti. Sebaliknya, apabila digunakan pemberat untuk menjaga supaya *currentmeter* tidak hanyut, maka pelaksanaannya akan menjadi sulit. Sehingga penggunaannya pada sungai yang besar atau pada waktu banjir, akan menemui banyak kesulitan. Demikian pula ditinjau dari ketelitiannya, *currentmeter* cocok untuk mengukur kecepatan aliran antara 0,30 sampai 3,00 m/s.

Currentmeter terdiri dari beberapa jenis, salah satunya adalah jenis standar. *Currentmeter* jenis standar adalah alat ukur untuk mengukur kecepatan aliran dengan spesifikasi tertentu sehingga mampu untuk mengatur kecepatan aliran mulai dari 0,30 m/s sampai dengan 3,00 m/s. Apabila alat ini ditempatkan pada suatu titik kedalaman aliran tertentu maka kecepatan aliran akan dapat ditentukan berdasarkan jumlah putaran rotor dan waktu lamanya pengukuran dengan menggunakan rumus tertentu

C*urrentmeter* yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe *currentmeter flowatch* fl-03. Tipe *currentmeter* ini berbeda dengan tipe standar karena menampilkan kecepatan secara langsung pada layar LED tanpa diperlukan perhitungan terlebih dahulu.

Gambar 2.5 *Currentmeter Flowatch* fl-03

(Sumber: Indogeotech.com)

2.5 Rumus Perhitungan Kecepatan

Perhitungan kecepatan pada setiap metode memiliki rumus yang berbeda-beda. Kecepatan rata-rata dengan pengukuran *depth integrated sampling* adalah sebagai berikut:

$$\bar{U}_V = \frac{1}{h}\int_h^0 u_Z\, dh \text{ atau } \bar{U}_V = \frac{1}{h}\sum_n^{i=1}\left(\frac{u_{zn}+u_{zn+1}}{2}\Delta z\right) \text{ ..... (2.1)}$$

Keterangan :

$\bar{U}_V$ = kecepatan rata-rata vertikal (m/s)

u_Z = kecepaan pada kedalaman z (m/s)

h = kedalaman saluran (cm)

Δz = interval pengukuran (cm)

Sedangkan untuk kecepatan rata-rata pengukuran *point integrated sampling* dibagi menjadi tiga rumus, menyesuaikan dengan jumlah titik yang diukur. Untuk kecepatan aliran rata-rata dengan metode satu titik didapat dengan menggunakan rumus:

$$V = V_{0,6} \text{ ..... (2.2)}$$

kecepatan aliran rata – rata dengan metode dua titik menggunakan rumus :

$$V = \frac{V_{0,2}+V_{0,8}}{2} \text{ ..... (2.3)}$$

kecepatan aliran rata – rata dengan metode tiga titik menggunakan rumus:

$$V = \left(\frac{V_{0.2}+V_{0.8}}{2} + V_{0,6}\right) \times \frac{1}{2} \text{ ..... (2.4)}$$

Keterangan :

V = kecepatan rata-rata (m/s)

$V_{0,2}$ = kecepatan pada kedalaman 0,2 h (m/s)

$V_{0,6}$ = kecepatan pada kedalaman 0,6 h (m/s)

$V_{0,8}$ = kecepatan pada kedalaman 0,8 h (m/s)

Dalam pengukuran besaran fisis menggunakan alat ukur atau instrument, tidak akan mungkin didapat suatu nilai yang benar tepat, namun selalu mempunyai ketidakpastian yang disebabkan oleh kesalahan- kesalahn dalam pengukuran. Kesalahan dalam pengukuran adalah perbedaan antara nilai sebenarnya dari suatu pekerjaan

itenas library

pengukuran yang di lakukan oleh seseorang pengamat. Pada penelitian ini, kesalahan pengukuran dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Kesalahan\ Pengkuran = \left|\frac{\bar{U}_{dis} - U_{\mathrm{pis}}}{\bar{U}_{dis}}\right| \times 100\% \quad \text{.....(2.5)}$$

Keterangan :

$\bar{U}_{dis}$ = kecepatan rata-rata *depth integrated sampling* (m/det)

U_{pis} = kecepatan *point integrated sampling* (m/det)

itenas library