BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2011, sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta material di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan (Maryono, 2013). Definisi lain sungai adalah sebuah aliran air yang sumber utamanya berasal dari alam yang mengalir dari tempat yang memiliki ketinggian ke tempat yang lebih rendah. Alur sungai harus diupayakan agar tetap stabil karena sungai merupakan sumber air dan kebutuhan paling utama bagi kehidupan manusia (Kapoh *et al.,* 2019). Sungai terbentuk dalam suatu proses yang berasal dari mata air pegunungan yang mengalir di atas permukaan. Aliran sungai erat kaitannya dengan alur sungai yang saling berpaduan. Perpaduan aliran dan alur sungai inilah yang dikatakan sebuah sungai. Alur sungai di permukaan bumi menjadi tempat air mengalir yang berasal dari air hujan (Junaidi, 2014).

Sungai memiliki beberapa jenis, berdasarkan asal airnya dapat dibedakan sebagai berikut (Pangestu dan Haki, 2013):

1) Sungai mata air adalah sungai yang airnya berasal dari mata air, pada Gambar 2.1 bisa dilihat penampakan keadaan sungai mata. Sungai jenis ini biasanya terdapat di daerah yang mempunyai curah hujan sepanjang tahun dan daerah alirannya masih tertutup vegetasi yang cukup lebat.



Gambar 2.1 Penampakan jenis sungai yang berasal dari mata air (Sumber: KJPL Indonesia, 2012)

2) Sungai hujan adalah sungai yang airnya berasal hanya dari air hujan, pada Gambar 2.2 bisa dilihat penampakan keadaan sungai hujan. Jika tidak ada hujan, sungai akan kering kerontang. Sungai ini umumnya berada di daerah yang bervegetasi jarang atau terletak di daerah lereng, sebuah gunung atau perbukitan.



Gambar 2.2 Penampakan jenis sungai yang berasal dari air hujan (Sumber: Kelas Pintar, 2020)

3) Sungai gletser adalah sungai yang airnya berasal dari pencairan es atau salju, pada Gambar 2.3 bisa dilihat penampakan keadaan sungai glester. Sungai ini hanya ada di daerah lintang tinggi atau di puncak gunung yang tinggi.



Gambar 2.3 Penampakan jenis sungai yang berasal dari pencairan es (Sumber: Hermawan, 2020)

4) Sungai campuran adalah sungai yang airnya berasal dari berbagi sumber, baik dari hujan, mata air dan pencairan salju atau es, pada Gambar 2.4 bisa dilihat penampakan keadaan sungai campuran. Dapat dinyatakan air sungai ini dari berbagai sumber tercampur menjadi satu dan mengalir sampai lautan.



Gambar 2.4 Penampakan jenis sungai yang berasal dari berbagai air (Sumber: Bitar, 2022)

2.2 Pasang Surut

Pasang surut merupakan perubahan atau perbedaan permukaan laut yang terjadi secara berulang dalam periode tertentu. Disebabkan oleh adanya gerakan dari benda angkasa yaitu rotasi bumi pada sumbunya, peredaran bulan mengelilingi bumi dan peredaran bulan mengelilingi matahari. Secara umum terdapat empat tipe dasar pasang surut yang didasarkan pada periode dan keteraturannya. Tipe pasang surut ditentukan oleh frekuensi air pasang dengan surut setiap harinya (Pangestu dan Haki, 2013).

Suatu perairan mengalami satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari, kawasan perairan tersebut dinamakan tipe pasang surut harian tunggal *(diurnal tides)*. Jika terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari, maka tipe pasang surutnya dinamakan tipe harian ganda *(semi diurnal tides)*. Tipe pasang surut lainnya merupakan peralihan antara tipe tunggal dan ganda, tipe ini dinamakan campuran *(mixed tides)* dan tipe pasang surut ini digolongkan menjadi dua bagian yaitu tipe campuran dominasi ganda dan tipe campuran dominasi tunggal (Musrifin, 2011).

2.3 Debit

Debit aliran merupakan suatu laju aliran air dalam bentuk volume air yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m^3/det) (Asdak, 2010). Debit pada suatu

data aliran sungai merupakan informasi paling penting bagi pengelolaan sumberdaya air. Debit puncak (banjir) diperlukan untuk merancang bangunan pengendali banjir, sedangkan data debit aliran kecil diperlukan untuk perencanaan alokasi (pemanfaatan) air untuk berbagai macam keperluan, terurama pada musim kemarau panjang. Debit aliran rata-rata tahunan dapat memberikan gambaran potensi sumberdaya air yang dapat dimanfaatkan dari suatu daerah aliran sungai (Staddal *et al.,* 2016).

Menurut Susilowati (2007) terdapat tiga debit aliran sungai yang berasal dari sumber airnya sebagai berikut:

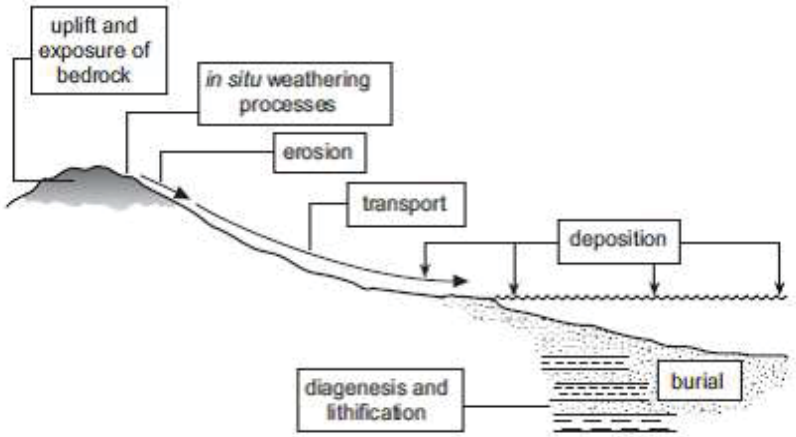
1) Aliran permukaan atas adalah bagian aliran yang melintas di atas permukaan tanah menuju saluran sungai. Atau disebut aliran permukaan di atas lahan.
2) Aliran permukaan bawah permukaan adalah bagian aliran permukaan sebagian dari aliran permukaan yang disebabkan oleh bagian presipitasi yang berinfiltrasi ke tanah permukaan dan bergerak secara lateral melalui horizon-horizon tanah bagian atas menuju sungai.
3) Aliran permukaan langsung adalah bagian aliran permukaan memasuki sungai secara langsung setelah curah hujan. Aliran ini sama dengan kehilangan presipitasi atau hujan efektif.

2.4 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses muatan sedimen yang bisa menyebabkan pendangkalan. Muatan sedimen ini terbawa oleh aliran air akibat dari hasil proses erosi yang kemudian mengendap dan terhenti di suatu tempat dan kecepatannya lambat (Kapoh *et al., 2019*). Menurut Asdak (2010) sedimen merupakan hasil dari angkutan erosi yang mengendap di kaki bukit, daerah genangan banjir, saluran air, sungai dan waduk. Memprediksi besarnya jumlah angkutan sedimen merupakan tujuan dari berbagai keahlian seperti ahli teknik *(engineers),* ahli hidrologi *(hydrologist)*, ahli sedimen *(sedimentologist).* Sedimentasi yang mengendap dalam air akibat adanya gaya gravitasi yang mengalami percepatan. Setelah terjadi kesetimbangan partikel akan terus mengendap pada kecepatan kostan yang dikenal sebagai kecepatan akhir atau kecepatan pengendapan. Kecepatan pengendapan

akan semakin menurun akibat semakin banyaknya padatan dan semakin tebalnya endapan di dasar (Rumbino dan Abigael, 2020).

Proses sedimentasi yang berhubungan dengan sungai meliputi, penyempitan palung, erosi, transportasi sedimentasi *(transport sediment)*, pengendapan *(deposition)*, dan pemadatan *(Compaction)* bisa dilihat pada Gambar 2.5. Karena prosesnya merupakan gejala yang komplek, dimulai dengan terjatuhnya air hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan proses terjadinya erosi tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, ada sebagian yang tertinggal di atas tanah, dan sebagian lainnya masuk kedalam sungai terbawa oleh aliran yang kemudian menjadi sedimen. Besarnya volume sedimen terutama tergantung pada perubahan kecepatan aliran. Perubahan pada musim penghujan dan kemarau, serta perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia (Pangestu dan Haki, 2013).



Gambar 2.5 Proses Sedimentasi (Sumber: Tarigan, 2014)

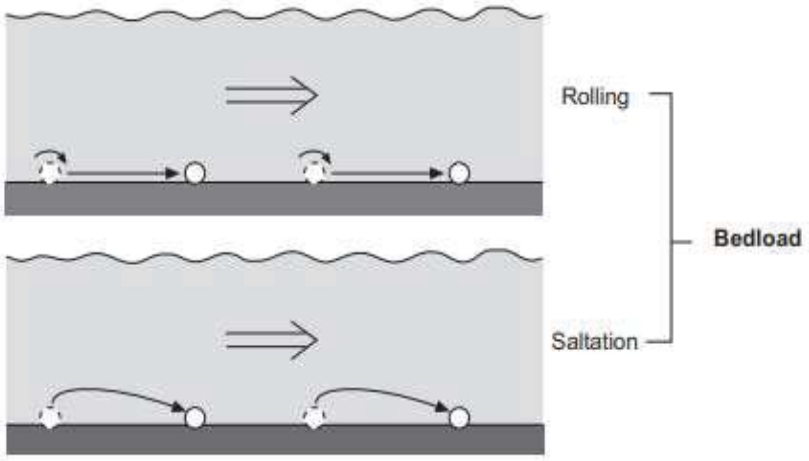
Butiran sedimen memiliki gerakan pada saat terjadinya sedimentasi yang terbagi menjadi dua, yaitu gerakan fluvial dan massa. Gerakan sedimen fluvial merupakan gaya yang menyebabkan bergerak butiran kerikil yang ada di atas permukaan dasar sungai. Gaya pada gerakan fluvial ini terdiri dari komponen gaya gravitasi yang sejajar dasar sungai, gaya geser, dan gaya angkat yang dihasilkan oleh kekuatan aliran sungai. Gerakan sedimen massa merupakan air yang bergerak dan bercampur dengan massa sedimen dengan konsentrasi yang sangat tinggi. Pada

bagian hulu sungai arus deras di daerah lereng-lereng pegunungan atau gunung berapi. Gerakan massa sedimen ini disebut sedimen luruh yang biasanya dapat terjadi di dalam alur sungai arus deras *(torrent)* yang memiliki kemiringan lebih besar dari 15º (Pangestu dan Haki, 2013).

Berkaitan permasalahan sedimentasi di Indonesia lebih didominasi oleh aliran air yang mengangkut tanah hasil erosi dan mengendap di dalam waduk, sungai, saluran irigasi, di atas tanah pertanian, muara sungai dan lain sebagainya. Peningkatan besarnya jumlah sedimen (*sediment yield*) juga disebabkan oleh besarnya frekuensi aliran puncak sebagai respon terhadap permukaan dasar saluran yang tidak tahan atau rentan terjadinya erosi. Erosi yang semakin besar terjadi pada saat hujan pada awal musim setelah musim kemarau. Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan curah hujan yang dapat mengerosi lapisan permukaan tanah dan menjadi aliran permukaan *(run off)* (Hermawan dan Afiato, 2021).

2.5 Angkutan Sedimen

Angkutan sedimen pada saluran air sungai merupakan suatu proses alami yang terjadi secara berkelanjutan. Kapasitas angkutan sedimen pada penampang memanjang sungai merupakan besaran sedimen yang lewat penampang tersebut dalam satuan waktu tertentu (Sumarto *et al.,* 2019). Muatan sedimen dasar adalah partikel kasar yang bergerak pada dasar sungai secara keseluruhan. Gerakannya bisa bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Gerakan ini biasanya meliputi lapisan dasar ditandai bercampurnya butiran partikel tersebut bersama-sama bergerak ke arah hilir yang bisa dilihat pada Gambar 2.6 Pada umumnya alur sungai di bagian hulu angkutan sedimen dasar merupakan bagian yang terbesar dari seluruh jumlah sedimen (Kapoh *et al.,* 2019).



Gambar 2.6 Ilustrasi Angakutan Sedimen Dasar (Sumber : Nichols, 2009)

Balai Wilayah Sungai Kalimantan (BWSK) 1 Pontianak mengklasifikasikan jenis sedimen berdasarkan Diagram Shepard. Jenis sedimen terdapat di tiga sungai (delapan lokasi), yaitu di Sungai Kapuas lokasi Sukalanting, Keraton Pontianak, Wajok, dan Sungai Landak lokasi Jembatan Landak berjenis *Silty Clay Loam* (lempung liat berdebu). Jenis sedimen di Sungai Landak lokasi Munggu, Kuala Behe, dan Sungai Banyuke lokasi Munggu berjenis *Loam Sand* (pasir berlempung). Jenis sedimen di Sungai Banyuke lokasi Darit berjenis *Sandy Loam* (lempung berpasir). Terdapat penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan angkutan sedimen dasar, diantaranya adalah:

1) Hermawan dan Afiato (2021) melakukan penelitian tentang analisis angkutan sedimen dasar *(bed-load)* pada saluran irigasi Mataram Yogyakarta yang bertujuan untuk memperhitungkan kuantitas angkutan sedimen yang terjadi di saluran irigasi utama Mataram Yogyakarta yang berpotensi menjadi sedimentasi pada ruas penampang saluran yang dapat mengganggu kinerja saluran irigasi Mataram. Hasil pada penelitian ini menunjukan variasi nilai kuantitas angkutan sedimen pada masing-masing lokasi sangat dipengaruhi oleh karakteristik aliran, geometri saluran, dan ukuran butiran sedimen dasar.
2) Pangestu dan Haki (2013) melakukan penelitian terkait analisis sedimen total pada sungai Dawas Kabupaten Banyuasin dengan Formula Yang, Begnold, dan Shen and Hung. Kesimpulan yang diperoleh adalah debit angkutan

sedimen Formula Yang sebesar 195,22944 ton/bulan, Formula Bagnold sebesar 192,27456 ton/bulan, dan Formula Shen and Hung sebesar 191,808 ton/bulan. Nilai debit angkutan sedimen yang menghasilkan debit angkutan sedimen terbesar yaitu Formula Yang sebesar 195,22944 ton/bulan. Oleh karena itu, Formula Yang dapat dijadikan Formula yang dipilih, sebagai acuan dari Formula angkutan sedimen yang lain.

3) Pratama *et al.* (2019) melakukan penelitian tentang analisis transpor sedimen serta pengaruh aktivitas penambangan pada sungai Sombe Kota Palu Sulawesi Tengah. Kesimpulan yang diperoleh yaitu, Perbedaan hasil debit sedimen dari kedua Formula yang diperoleh, dipengaruhi oleh nilai gradasi (diameter butiran) dari tiap sampel yang berbeda, serta karakteristik dari Formula yang digunakan. Analisis diketahui bahwa aliran yang masuk pada lokasi penambangan pasir pada ruas T.L9 – T.L10 memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan debit yang keluar, artinya pada lokasi tersebut terjadi pengendapan atau deposisi. Oleh karena itu, pada lokasi tersebut tidak disarankan untuk dilakukan penambangan.

2.6 Formula Angkutan Sedimen

Angkutan sedimen dasar dapat ditentukan dengan beberapa Formula diantaranya sebagai berikut:

1) Formula Einstein (1950) melakukan penurunan Formula angkutan sedimen berdasarkan teori statistik dan hasil pengamatan ekspremental di laboratorium, dimana pergerakan partikel sedimen yang terjadi pada dasar aliran disebabkan oleh adanya gaya angkat yang lebih besar daripada berat massa partikel sedimen di dalam air.
2) Formula Meyer-Petter Muller (1948) melakukan penurunan Formula angkutan sedimen yang menggunakan prinsip dari pergerakan sedimen yang didasarkan akibat adanya kemiringan energi.
3) Formula Frijlink (1952) melakukan penurunan Formula dalam memperhitungkan kuantitas angkutan sedimen dasar.

4) Formula Van Rijn (1984) merupakan Formula angkutan sedimen yang dapat ditentukan cukup akurat dianalis dengan dua parameter tak berdemensi yaitu parameter butiran *(particle parameter) dan stage parameter* (Pratama *et al.*, 2019).
5) Formula Rottner (1959) adalah Formula yang menyatakan debit pada angkutan sedimen termasuk dalam parameter aliran berdasar analisis regresi dengan tujuan mengetahui pengaruh parameter kekasaran relatif (Pratama *et al.*, 2019).

2.7 Bilangan *Froude*

Bilangan *Froude* didefinisikan kecepatan suatu air/saluran yang dibagi dengan akar kedalaman saluran dan gravitasi. Bilangan *Froude* digunakan untuk mengetahui dan menetapkan jenis aliran pada saluran air/sungai (Karim *et al.*, 2019). Bilangan *Froude* merupakan bilangan nondimensional hubungan antara gaya inersia dan gaya gravitasi pada aliran air. Froude adalah seorang ilmuwan Inggris yang melakukan pengamatan bahwa hambatan sebuah perahu ketika ditarik dalam air, jumlah gelombang yang terjadi akan sama jika perbandingan kecepatan perahu terhadap akar panjang gelombangnya sama. Dalam hidrolika panjang gelombang adalah sama dengan kedalaman hidrolik. Adapun persamaan bilangan *Froude* sebagai berikut (Arsyad, 2017):

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{gh}} \tag{2.1}$$

dengan,

Fr : bilangan *Froude* pada dasar aliran,
u : kecepatan aliran dasar sungai (m/s),
g : percepatan gravitasi (m/s^2),
h : kedalaman sungai (m).

Bilangan *Froude* digunakan untuk menentukan jenis aliran air. Terbagi menjadi tiga jenis aliran sungai berdasarkan bilangan *Froude*, diantaranya sebagai berikut (Arsyad, 2017):

1) Aliran subkritis merupakan jenis aliran yang memiliki nilai bilangan *Froude* kurang dari 1.
2) Aliran kritis merupakan jenis aliran yang memiliki nilai bilangan *Froude* sama dengan 1.
3) Aliran super kritis merupakan jenis aliran yang memiliki nilai bilangan *Froude* lebih dari 1.