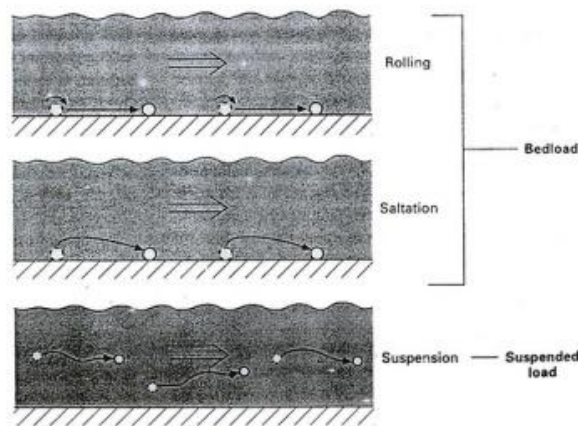


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sedimen

Sedimen adalah pecahan-pecahan material yang umumnya terdiri atas uraian batu-batuan secara fisis dan secara kimia. Partikel seperti ini mempunyai ukuran dari yang besar (*boulder*) sampai yang sangat halus (*koloid*), dan beragam bentuk dari bulat, lonjong sampai persegi. Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*), dengan kata lain bahwa sedimen merupakan pecahan, mineral, atau material organik yang diangkut dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air dan juga termasuk didalamnya material yang diendapkan dari material yang melayang dalam air atau dalam bentuk larutan kimia (Usman, 2014).

Pada saluran aliran air terjadi pengikisan sehingga air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air. Sebagai contoh suatu hembusan angin bisa mengangkat debu, pasir, bahkan bahan material yang lebih besar. Makin kuat hembusan angin, makin besar pula daya angkutnya (Hambali dan Yayuk, 2016). Pada umumnya partikel yang terangkut dengan cara bergulung, bergeser, dan melompat disebut angkutan muatan dasar (*bed-load transport*) dan jika partikel terangkut dengan cara melayang disebut angkutan muatan layang suspensi (*suspended load transport*).



Gambar 2.1 Partikel terangkut dengan cara *bed-load transport* dan *suspended load transport* (Sumber: Fasdarsyah, 2016)

Sedimentasi adalah terbawanya material dari hasil pengikisan dan pelapukan oleh air, angin atau gletser ke suatu wilayah yang kemudian di endapkan. Semua batuan dari hasil pelapukan dan pengikisan yang di endapkan lama-kelamaan akan menjadi batuan sedimen. Hasil proses sedimentasi di suatu tempat di tempat lain akan berbeda. Adapun proses sedimentasi itu sendiri dalam konteks hubungan dengan sungai meliputi, penyempitan palung, erosi, transportasi sedimentasi (*transportsediment*), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Karena prosesnya merupakan gejala sangat kompleks yang merupakan permulaan proses terjadinya erosi tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah, sedangkan bagian lainnya masuk ke dalam sungai terbawa aliran menjadi sedimen (Pangestu dan Haki, 2013).

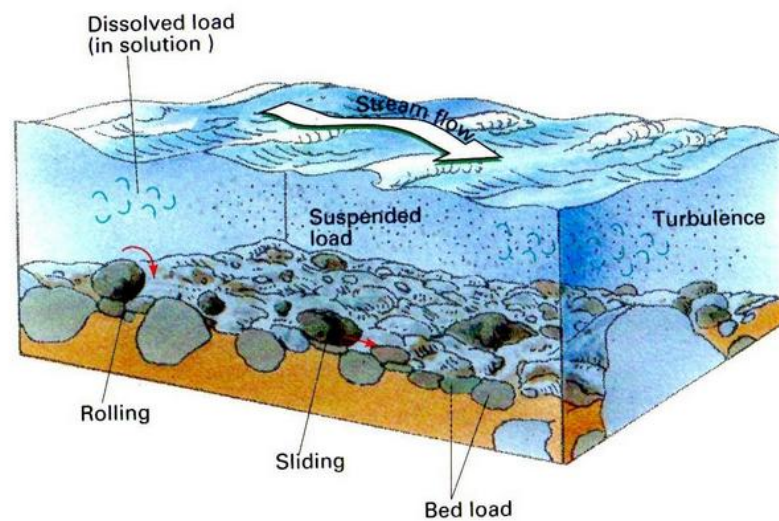
2.2 Sumber Sedimen

Menurut asalnya sedimen dibagi menjadi 4 (empat) macam yaitu;

1. Sedimen *lithogenous* ialah sedimen yang berasal dari sisa pelapukan (*weathering*) batuan dari daratan, lempeng kontinen termasuk yang berasal dari kegiatan vulkanik.
2. Sedimen *biogenous* ialah sedimen yang berasal dari organisme laut yang telah mati dan terdiri dari remah-remah tulang, gigi geligi dan cangkang-cangkang tanaman maupun hewan mikro.
3. Sedimen *hydrogenous* yakni sedimen yang berasal dari komponen kimia air laut dengan konsentrasi yang kelewat jenuh sehingga terjadi pengendapan (*deposisi*) didasar laut contohnya mangan (Mn) berbentuk nodul, fosforite (P₂O₅), dan glauconite (hidro silikat yang berwarna kehijauan dengan komposisi yang terdiri dari ion-ion K, Mg, Fe dan Si).
4. Sedimen *cosmogenous* sedimen yang berasal dari luar angkasa di mana partikel dari benda-benda angkasa ditemukan di dasar laut dan banyak mengandung unsur besi sehingga mempunyai respons magnetik dan berukuran antara 10-640 μ (Munandar dkk, 2014).

Biasanya suatu kawasan sungai tidak ada sedimen dasar yang hanya terdiri dari satu tipe substrat saja melainkan terdiri dari kombinasi tiga fraksi yaitu pasir,

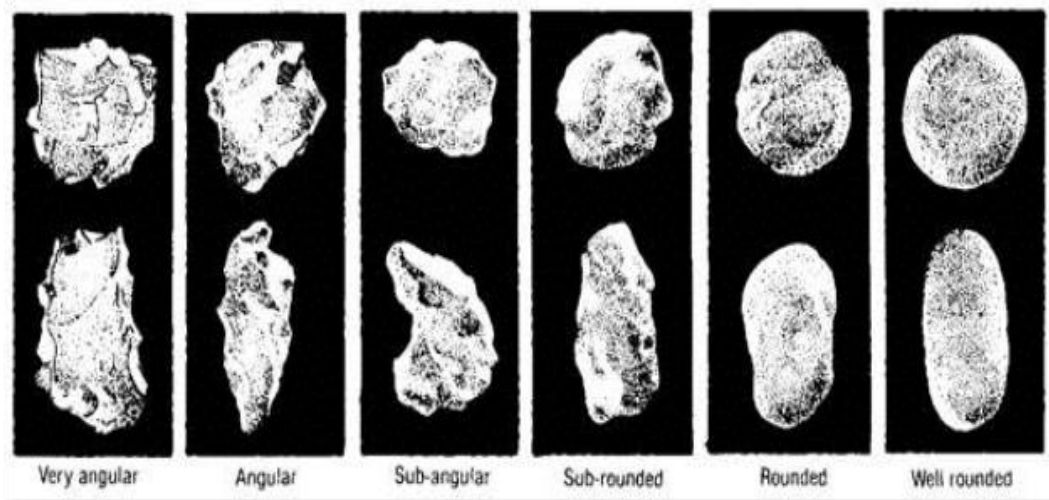
lumpur, dan tanah liat. Menurut Rifardi (2008) ukuran butir sedimen dapat menjelaskan hal-hal berikut: 1) menggambarkan daerah asal sedimen, 2) perbedaan jenis partikel sedimen, 3) ketahanan partikel dari bermacam-macam komposisi terhadap proses pelapukan (*weathering*), erosi, abrasi dan transportasi serta 4) jenis proses yang berperan dalam transportasi dan deposisi sedimen. Adapun tipe-tipe substrat sedimen yang biasanya terdapat di dasar suatu sungai dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Tipe-Tipe Substrat Sedimen di Dasar Sungai
(Sumber: Munandar dkk, 2014)

2.3 Tekstur Sedimen

Tekstur adalah kenampakan sedimen yang berkaitan dengan ukuran, bentuk, dan susunan butir sedimen. Suatu endapan sedimen disusun dari berbagai ukuran partikel sedimen yang berasal dari sumber yang berbeda-beda, dan percampuran ukuran ini disebut dengan istilah populasi. Ada tiga kelompok populasi sedimen yaitu: 1. kerikil (*gravel*), terdiri dari partikel individual: *boulder*, *cobble* dan *pebble*. 2. pasir (*sand*), terdiri dari: pasir sangat kasar, kasar, sedang, halus dan sangat halus. 3. lumpur (*mud*), terdiri dari *clay* dan *silt*. Ukuran butir partikel sedimen adalah salah satu faktor yang mengontrol proses pengendapan sedimen di sungai, semakin kecil ukuran butir semakin lama partikel tersebut dalam air dan semakin jauh diendapkan dari sumbernya, begitu juga sebaliknya. Ada beberapa kategori kebundaran dan keruncingan dari suatu butiran sedimen yang ada di sungai seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4 dibawah ini:



Gambar 2.3 Kategori Kebundaran dan Keruncingan Butiran Sedimen
(Sumber: Munandar dkk, 2014)

Beberapa ahli hidraulika menggunakan klasifikasi ukuran butiran menurut AGU (*American Geophysical Union*) sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2.1 Klasifikasi Ukuran Butir Menurut *American Geophysical Union*

Interval/range (mm)	Nama	Interval/range (mm)	Nama
4096 - 2048	Batu sangat besar (<i>Very Large Boulders</i>)	1/2 - 1/4	Pasir sedang (<i>Medium Sand</i>)
2048 - 1024	Batu besar (<i>Large Boulders</i>)	1/4 - 1/8	Pasir halus (<i>Fine Sand</i>)
1024 - 512	Batu sedang (<i>Medium Boulders</i>)	1/8 - 1/16 (s/d 0.0625 mm)	Pasir sangat halus (<i>Very Fine Sand</i>)
512 - 256	Batu kecil (<i>Small Boulders</i>)	1/16 - 1/32	Lumpur kasar (<i>Coarse Silt</i>)
256 - 128	Kerakal besar (<i>Large Cobbles</i>)	1/32 - 1/64	Lumpur sedang (<i>Medium Silt</i>)
128 - 64	Kerakal kecil (<i>Small Cobbles</i>)	1/64 - 1/128	Lumpur halus (<i>Fine Silt</i>)
64 - 32	Kerikil sangat kasar (<i>Very Coarse Gravel</i>)	1/128 - 1/256	Lumpur sangat halus (<i>Very Fine Silt</i>)
32 - 16	Kerikil kasar (<i>Coarse Gravel</i>)	1/256 - 1/512	Lempung kasar (<i>Coarse Clay</i>)
16 - 8	Kerikil sedang (<i>Medium Gravel</i>)	1/512 - 1/1024	Lempung sedang (<i>Medium Clay</i>)
8 - 4	Kerikil halus (<i>Fine Gravel</i>)	1/1024 - 1/2048	Lempung halus (<i>Fine Clay</i>)
4 - 2	Kerikil sangat halus (<i>Very Fine Gravel</i>)	1/2048 - 1/4096	Lempung sangat halus (<i>Very Fine Clay</i>)
2 - 1	Pasir sangat kasar (<i>Very Coarse Sand</i>)		Koloid
1 - 1/2	Pasir kasar (<i>Coarse Sand</i>)		

(Sumber: Junaidi dan Restu, 2011).

Berdasarkan Skala Wentworth sedimen dapat dikelompokkan berdasarkan ukuran butirnya, yakni lempung, lanau, pasir, kerikil, koral (*pebble*), *cobble*, dan batu (*boulder*). Skala tersebut menunjukkan ukuran standar kelas sedimen dari fraksi berukuran mikron sampai beberapa mm dengan spektrum yang bersifat *kontinu*. Krumbein (1934) dalam Dyer (1986) mengembangkan Skala Wentworth dengan menggunakan unit phi (ϕ). Tujuannya untuk mempermudah pengklasifikasian apabila suatu sampel sedimen mengandung partikel yang berukuran kecil dalam jumlah yang besar. Skala phi (ϕ) ini didasarkan pada logaritma negatif berbasis dua dengan bentuk konversi seperti pada persamaan berikut:

$$\text{Phi } (\phi) = -\text{Log}_2 d \quad (2.1)$$

dimana d adalah diameter ukuran butiran (mm).

Diameter ukuran butiran suatu partikel mencerminkan keberadaan partikel dari jenis yang berbeda, daya tahan partikel terhadap proses pelapukan, erosi atau abrasi serta proses pengangkutan dan pengendapan material, misalnya pergerakan air dan udara umumnya memisahkan partikel dari ukuran aslinya dan selanjutnya sedimen dari berbagai sumber yang berbeda akan bertemu dan menghasilkan percampuran antar ukuran yang berbeda-beda. Percampuran ini ditetapkan dalam tiga kategori populasi yaitu kerikil, pasir dan lumpur sekaligus sebagai subyek percampuran. Ketiga kategori tersebut merupakan subyek dalam percampuran sedimen dengan proporsi masing-masing ukuran dinyatakan dalam persen. Perhitungan persentase berat fraksi, persentase phi (ϕ) dan persentase kumulatif sedimen menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat Fraksi} = \text{Sum Phi } (\phi) \text{ (gr)} \quad (2.2)$$

$$\% \text{ Fraksi} = (\text{Berat Fraksi} / \text{BK Total}) \times 100\% \quad (2.3)$$

$$\% \text{ Phi } (\phi) = (\text{Phi } (\phi) / \text{Berat Fraksi}) \times \% \text{ Fraksi} \quad (2.4)$$

$$\% \text{ Kumulatif} = \text{Akumulasi } \% \text{ Phi } (\phi) \quad (2.5)$$

dengan BK total adalah berat total sampel setelah diayak (gr), phi (ϕ) adalah berat sampel yang tertinggal (gr) dan berat fraksi adalah sum phi (ϕ) (gr) (Setiawan, 2013).

2.4 Parameter Statistik Sedimen

Dalam menentukan gambaran lingkungan pengendapan khususnya yang berperan dalam proses pengendapan (sedimentasi) dan arah *transpor* sedimen dapat diperoleh dengan beberapa metode diantaranya dengan cara menghitung parameter statistika sedimen. Untuk mengetahui besaran nilai-nilai parameter perlu dihitung berdasarkan pada ukuran ayakan dalam satuan phi (ϕ) untuk ukuran butiran dalam satuan mm (Arjenggi dkk, 2013).

Parameter ukuran butiran yang digunakan adalah $\phi 5$, $\phi 16$, $\phi 25$, $\phi 50$, $\phi 75$, $\phi 84$ dan $\phi 95$. Untuk analisis parameter statistik sedimen menggunakan persamaan *logaritmik (Original)* Folk and Word (1957) Graphical Measures yang mana bagian dari parameter statistika yang di hitung terdiri dari diameter rata-rata (*mean size*), pemilihan (*sortasi*), kecondongan (*skewness*) dan *kurtosis*.

2.4.1 Diameter Rata-Rata (*Mean Size*)

Diameter rata-rata adalah ukuran partikel sedimen yang berguna untuk menggambarkan 1) perbedaan jenis, 2) ketahanan partikel terhadap *weathering*, erosi dan abrasi, 3) proses transportasi dan pengendapan. *Mean size* dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 2.5 berikut :

$$Mean\ Size = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3} \quad (2.6)$$

Klasifikasi :

- $\phi 1$: pasir kasar (*coarse sand*)
- $\phi 2$: pasir sedang (*medium sand*)
- $\phi 3$: pasir halus (*fine sand*)
- $\phi 4$: pasir sangat halus (*very fine sand*)
- $\phi 5$: lumpur kasar (*coarse silt*)
- $\phi 6$: lumpur sedang (*medium silt*)
- $\phi 7$: lumpur halus (*fine silt*)
- $\phi 8$: lumpur sangat halus (*very fine silt*)
- $> \phi 8$: liat (*clay*)

2.4.2 Pemilahan Ukuran Butir Sedimen (*Sortasi*)

Sortasi adalah pemilahan partikel sedimen yang menggambarkan tingkat keseragaman butiran. Menurut Daulay (2014) *sortasi* adalah metode pemilahan

keseragaman distribusi ukuran butir yakni peyortirannya. Penyortiran dapat menunjukkan batas ukuran butir, tipe pengendapan, karakteristik arus pengendapan, serta lamanya waktu pengendapan dari suatu populasi sedimen. *Sortasi* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.6 berikut:

$$Sortasi = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_{56}}{66} \quad (2.7)$$

Klasifikasi :

- < 0,35 : terpilah sangat baik (*very well sorted*)
- 0,35 - 0,50 : terpilah baik (*well sorted*)
- 0,50 - 0,70 : terpilah (*moderately well sorted*)
- 0,70 - 1,0 : terpilah sedang (*moderately sorted*)
- 1,0 - 2,0 : terpilah buruk (*poorly sorted*)
- 2,0 - 4,0 : terpilah sangat buruk (*very poorly sorted*)
- > 4,0 : terpilah ekstrim (*extremely sorted*) (Amanda dkk, 2017).

2.4.3 Kecondongan Ukuran Butir Sedimen (*Skewness*)

Skewness mencirikan ke arah mana dominan ukuran butir dari suatu populasi tersebut, mungkin simetri, condong ke arah sedimen berbutir kasar atau condong ke arah berbutir halus. Sehingga *skewness* dapat digunakan untuk mengetahui dinamika sedimentasi. Nilai *skewness* positif menunjukkan suatu populasi sedimen condong berbutir halus, sebaliknya *skewness* negatif menunjukkan populasi sedimen condong berbutir kasar. Nilai *skewness* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7 berikut:

$$Skewness = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{5} + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_{5})} \quad (2.8)$$

Klasifikasi :

- + 3,0 s.d + 1,0 : condong sangat halus (*very fine skewed*)
- + 1,0 s.d + 0,1 : condong halus (*fine skewed*)
- + 0,1 s.d - 0,1 : simetris (*symmetrical*)
- 0,1 s.d - 0,3 : condong kasar (*coarse skewed*)
- 0,3 s.d - 1,0 : condong sangat kasar (*very coarse skewed*)

2.4.4 Kurva Sebaran Sedimen (*Kurtosis*)

Kurtosis mengukur puncak dari kurva dan berhubungan dengan penyebaran distribusi normal. Bila kurva distribusi normal tidak terlalu runcing atau tidak terlalu datar disebut *mesokurtic*. Kurva yang runcing disebut *leptokurtic*, menandakan adanya ukuran sedimen tertentu yang mendominasi pada distribusi sedimen di daerah tersebut. Sedangkan untuk kurva yang datar disebut *platikurtic*, artinya distribusi ukuran sedimen pada daerah tersebut sama. Dalam menentukan ukuran *kurtosis* dapat dihitung dengan persamaan 2.8 berikut:

$$Kurtosis = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})} \quad (2.9)$$

Klasifikasi:

- < 0,67 : kurva sangat datar (*very platykurtic*)
- 0,67 - 0,90 : kurva datar (*platykurtic*)
- 0,90 - 1,11 : kurva tidak terlalu runcing dan tidak terlalu datar (*mesokurtic*)
- 1,11 - 1,50 : kurva runcing (*leptokurtic*)
- 1,50 - 3,00 : kurva sangat runcing (*very leptokurtic*)
- > 3,00 : kurva runcing ekstrim (*leptokurtic extreme*) (Munandar dkk, 2014).

2.5 Parameter Sungai Yang Mempengaruhi Sedimen

Adapun parameter sungai yang dapat mempengaruhi terendapnya sedimen yaitu kecepatan arus, parameter kimia dan fisika. Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut:

2.5.1 Kecepatan Arus

Arus adalah suatu gerakan air yang mengakibatkan perpindahan horizontal massa air yang disebabkan oleh angin yang bertiup melintasi permukaan dan perbedaan densitas air sungai. Adanya sedimen kerikil menunjukkan bahwa arus pada daerah itu relatif kuat sehingga sedimen kerikil umumnya ditemukan pada daerah terbuka, sedangkan sedimen lumpur terjadi akibat arus yang tenang dan dijumpai pada daerah dimana arus terhalang (Munandar dkk, 2014).

Thrumman dalam Tampubolon (2010) menyatakan bahwa pergerakan sedimen dipengaruhi oleh kecepatan arus dan ukuran butiran sedimen. Semakin besar ukuran butiran sedimen tersebut maka kecepatan arus yang dibutuhkan juga

akan semakin besar untuk mengangkut partikel sedimen tersebut. Arus juga merupakan kekuatan yang menentukan arah dan sebaran sedimen. Kekuatan ini juga yang menyebabkan karakteristik sedimen berbeda sehingga pada dasar sungai disusun oleh berbagai kelompok populasi sedimen. Secara umum partikel berukuran kasar akan diendapkan pada lokasi yang tidak jauh dari sumbernya, sebaliknya partikel yang berukuran halus akan lebih jauh dari sumbernya (Daulay dkk, 2014).

2.5.2 Kimia

Proses kimia mempengaruhi proses pengendapan (sedimentasi) di sungai. Perubahan PH air sungai mempengaruhi proses pelarutan dan presipitasi partikel-partikel sedimen. Reaksi kimia dalam sedimen berhubungan dengan PH khususnya kalsium karbonat yang terjadi sebagai partikel-partikel batuan dan semen. Reaksi kimia terjadi diantara partikel-partikel tersebut dengan air (Munandar dkk, 2014).

2.5.3 Fisika

Proses terendapnya sedimen antara satu tempat dengan tempat lainnya mempunyai perbedaan hal ini disebabkan oleh perbedaan suhu dari sungai itu sendiri. Hubungan antara suhu dengan proses pengendapan sedimen yaitu partikel dengan ukuran yang sama dideposisi lebih cepat pada suhu rendah dibandingkan dengan suhu tinggi (Daulay dkk, 2014).