

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Ali dkk. (2013) melakukan penelitian mengenai “Kajian Kualitas Air dan Status Mutu Air Sungai Metro Di Kecamatan Sukun Kota Malang”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kualitas air sungai dan status mutu air pada Sungai Metro serta perbandingan baku mutu air sesuai peruntukannya. Metode penelitian yang digunakan untuk perhitungan yaitu Metode Indeks Pencemaran (PIj). Hasil yang didapatkan yaitu kualitas air di Sungai Metro untuk parameter DO di stasiun 3 berada dibawah baku mutu dan parameter BOD di stasiun 2 da 3 melebihi baku mutu air sesuai peruntukannya. Kondisi status mutu air pada Sungai Code di stasiun 1 dan 2 menunjukkan kategori Baik, sedangkan stasiun 3 menunjukkan kategori Cemar Ringan.

Suryatmaja dkk. (2015) melakukan penelitian mengenai “Penentuan Status Mutu Air Dengan Metode IKA – NSF Guna Pengendalian Lingkungan”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa besar nilai kualitas air pada Sungai Progo. Penelitian ini menggunakan metode *National Sanitation Foundation’s – Indeks Kualitas Air (IKA – NSF)* untuk menganalisis parameter kualitas air. Hasil penelitian yang diperoleh dari perhitungan nilai kualitas air pada Sungai Progo yaitu menunjukkan bahwa kualitas air disetiap segmen masuk dalam katagori “Sedang” yang berkisaran antara 50 – 70.

Effendi dkk. (2015) melakukan penelitian mengenai “*Water Quality Status Of Ciambulawung River, Banten Province Based ON Pollution Index and NSF – WQI*”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui status kualitas air pada Sungai Ciambulawung yang berfungsi sebagai pembangkit listrik mikrohidro yang berkapasitas 10.000 Watt. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu Indeks Polusi dan NSF – WQI dengan menganalisis data dari paramater – parameter yang telah di uji. Hasil yang didapatkan dari tiga titik stasiun berdasarkan indeks polusi sebesar 0,56 – 0,78 dan NSF – WQI berkisar 87 – 88 dengan diklasifikasikan sebagai kualitas air yang baik, karena tergantung oleh intensitas aktivitas pada lingkungan sekitar sungai sedikit rendah. Menunjukkan

bahwa kondisi pada masyarakat sekitar dan mikrohidro tidak berpengaruh negatif terhadap kualitas air di Sungai Ciambulawung bagian atas.

Al-salim dkk. (2016) melakukan penelitian mengenai “*Assessments Of Water Quality Index (WQI) For Tigris River In Mosul City/North Of Iraq*”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis beberapa parameter kualitas air secara fisikkimia seperti (Oksigen terlarut, Suhu, pH, Keekeruhan, Total padatan terlarut, Nitrat, Fosfat, BOD dan Bakteri E. Coli) pada aliran Sungai Tigris. Penelitian ini menggunakan metode *National Sanitation Foundation's – Water Quality Index (NSF – WQI)* untuk menganalisis hasil parameter pada kualitas air sungai di setiap masing – masing stasiun sampling. Hasil dari penelitian Indeks Kualitas Air menunjukkan bahwa semua stasiun pengambilan sampel dikategorikan sebagai medium dengan data yang didapat berkisaran antara 57,57 – 68,43. Ada penurunan sedikit pada kualitas air yang diakibatkan dengan adanya pembuangan limbah dari pabrik – pabrik ke aliran sungai.

Hanisa dkk. (2017) melakukan penelitian mengenai “Pengaruh Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode *Indeks Kualitas Air – National Sanitation Foundation (IKA – NSF)* Sebagai Pengendalian Kualitas Lingkungan (Studi Kasus : Sungai Gelis, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah)”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui berapa besar pencemaran air yang terjadi di Sungai Gelis. Penelitian ini menggunakan metode *Indeks Kualitas Air – National Sanitation Foundation's (IKA – NSF)* untuk mengetahui tingkat kualitas air Sungai Gelis. Hasil perhitungan kualitas air terbagi menjadi 4 segmentasi yaitu segmen 1 memiliki skor sebesar 54,30 dengan kategori kualitas sedang, segmen 2 skor sebesar 54,96 dengan kategori kualitas sedang, segmen 3 skor sebesar 46,05 dengan kategori kualitas buruk dan terakhir segmen 4 skor sebesar 47, 05 dengan kategori kualitas buruk.

Sudira dkk. (2013) melakukan penelitian mengenai “Analisis Angkutan Sedimen Pada Sungai Mansahan”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui besaran sedimen juga pengaruhnya terhadap morfologi sungai dan cara pengendalian untuk mengurangi efek daya rusak air untuk menciptakan kehidupan masyarakat yang nyaman dan aman. Data perhitungan yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan 3 metode yaitu Van Rijn, *Meyer –*

*Peter Muller*, dan Rottner untuk mengetahui besaran angkutan sedimen. Pada hasil penelitian ini didapatkan hitungan besaran angkutan sedimen dari tahun 2010 – 2012 yang terbesar dari 3 metode analisis yaitu metode Van Rijn ruas P14 – P17 sebesar 105,93 m<sup>3</sup>/hari, metode *Meyer – Peter Muller* ruas PD – PG sebesar 2090,43 m<sup>3</sup>/hari dan metode Rottner ruas P17 – P20 sebesar 4,69 m<sup>3</sup>/hari. Untuk perhitungan total angkutan sedimen pada pengukuran (m<sup>3</sup>/hari) dari 3 metode analisis yang dilakukan di Sungai Mansahan dipilih ruas terbesar yaitu ruas PD – PG sebesar 251,213 m<sup>3</sup>/hari.

Haddadchi dkk. (2013) melakukan penelitian mengenai “*Bedload Equation Analysis Using Bed Load Material Grain Size*”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis sedimen dasar sungai dengan 12 rumusan dan mencari rumus yang cocok untuk sedimen krikil. Metode penelitian menggunakan 12 metode untuk percobaan yaitu Shocklitsch (1950), Meyer – Peter Muller (1948), Frijlink (1952), Einstein (1950), Bijker (1971), Yalin (1963), Engleund and Hansen (1967), Van Rijn (1987), Cheng (2002), Van Rijn (1984), Bagnold (1980) dan Ackers and Putih (1973). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa Metode Engleund and Hansen (1967), Einstein (1950) dan Van Rijn (1987) menghasilkan hasil terbaik dengan melakukan perhitungan material angkutan sedimen dasar sungai khususnya sedimen krikil.

Pangestu & Haki (2013) melakukan penelitian mengenai “Analisis Angkutan Sedimen Total Pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis jumlah angkutan sedimen yang terjadi pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin. Metode penelitian yang digunakan untuk penelitian ini yakni Metode Yang, Metode Shen and Hung dan Metode Bagnold. Hasil penelitian didapatkan debit angkutan sedimen disetiap titik menggunakan metode masing – masing kemudian digunakan persamaan untuk mencari rata – ratanya. Maka diperoleh hasil dengan metode Yang sebesar 0,00007532 ton/s, metode Shen and Hung sebesar 0,00007 ton/s dan metode Bagnold sebesar 0,00007418 ton/s.

Mokonio dkk. (2013) melakukan penelitian mengenai “Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Saluwangko Di Desa Tounalet Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis debit

sedimen dasar (*bed load*) di muara Sungai Saluwangko. Penelitian ini melakukan pengambilan data secara langsung dilapangan kemudian data tersebut diperiksa di laboratorium untuk mengetahui ukuran butiran dan berat jenisnya. Selanjutnya data – data yang sudah didapatkan dari laboratorium dianalisis menggunakan rumus empirisi yaitu metode *Meyer – Peter Muller*, *Einsten* dan *Van Rjin*. Hasil penelitian dari perhitungan menggunakan rumus empiris yaitu untuk metode *Meyer – Peter* sebesar  $Q_{ukur} = 3,287 \text{ m}^3/\text{det}$  diperoleh debit sedimen dasar  $Q_b = 829,32 \text{ m}^3/\text{tahun}$ ,  $Q_{hitung} = 1,262 \text{ m}^3/\text{det}$  dan debit sedimen dasar  $Q_b = 540,85 \text{ m}^3/\text{tahun}$ ; metode *Einsten* sebesar  $Q_{ukur} = 3,287 \text{ m}^3/\text{det}$  diperoleh debit sedimen dasar  $Q_b = 1788,76 \text{ m}^3/\text{tahun}$ ,  $Q_{hitung} = 1,262 \text{ m}^3/\text{det}$  dan debit sedimen dasar  $Q_b = 1513,86 \text{ m}^3/\text{tahun}$ ; dan terakhir metode *Van Rjin* mendapatkan hasil negatif dikarenakan metode ini tidak cocok untuk kondisi pada Sungai Saluwangko.

Fauziah dkk. (2018) melakukan penelitian mengenai “Kajian Angkutan Sedimen Di Sungai Pabelan, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memperkirakan jumlah angkutan sedimen yang terjadi di Sungai Pabelan dan mengetahui keseimbangan sedimen di Sungai Pabelan. Data – data yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan rumus empirisi yaitu metode *Meyer – Peter Muller*, *Einsten*, Du Boys, Rottner dan Frijlink. Hasil volume angkutan sedimen dari perhitungan menggunakan rumus empiris yang terbesar yaitu untuk metode *Meyer – Peter Muller* ruas PA-C 5 sebesar  $4850,5921 \text{ (m}^3\text{)}/\text{m}/\text{banjir}$ , metode *Einsten* ruas PA-C 5 sebesar  $305,8398 \text{ (m}^3\text{)}/\text{m}/\text{banjir}$ , metode Du Boys ruas PA-C 5 sebesar  $20321,9796 \text{ (m}^3\text{)}/\text{m}/\text{banjir}$ , metode Rottner ruas PA-C 5 sebesar  $80274,2214 \text{ (m}^3\text{)}/\text{m}/\text{banjir}$  dan metode Frijlink ruas PA-C 3 sebesar  $3654,8175 \text{ (m}^3\text{)}/\text{m}/\text{banjir}$ .

Sumardi dkk. (2018) melakukan penelitian mengenai “Analisis Angkutan Sedimen Di Sungai Air Kolongan, Kabupaten Minahasa Utara”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui besaran angkutan sedimen yang terjadi di Sungai Air Kolongan Kabupaten Minahasa Utara. Data angkutan sedimen yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode Van Rijn dan Einsten untuk mengetahui debit aliran sungai selama 10 tahun. Dari hasil penelitian didapatkan hitungan besar angkutan sedimen berdasarkan debit andalan sungai selama 10 tahun yang terbesar pada bulan januari sebesar  $0,682 \text{ m}^3/\text{det}$ , sedangkan

untuk total angkutan sedimen dengan metode Einstein sebesar 0,1092 kg/det dan total angkutan sedimen dengan metode Van Rijn sebesar 0,1920 kg/det.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Sungai**

Sungai adalah suatu aliran yang mengalir dari daerah tinggi (sumber) menuju ke daerah yang rendah (muara) laut, danau atau sungai yang lebih besar. Sungai merupakan torehan di permukaan bumi yang dapat menampung dan menyalurkan air hujan secara alamiah. Aliran sungai merupakan aliran yang bersumber dari suatu limpasan, dapat berasal dari hujan, limpasan anak - anak sungai dan limpasan air tanah (Pangestu & Haki, 2013)

Aliran air akan membawa material – material sedimen yang diakibat oleh proses erosi dari bagian hulu ke bagian hilir pada suatu daerah pengaliran ke tempat yang lebih rendah dan akhirnya bermuara di laut atau danau (Soewarno, 1991). Akibat dari proses erosi atau sedimentasi akan menyebabkan terjadinya pendangkalan dimana aliran air pada sungai akan bermuara di laut atau danau.

Sungai memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia. Peraturan pemerintah Nomor 38 Tahun 2011 tentang fungsi sungai terhadap kehidupan manusia yaitu untuk wadah dan penyedia air dalam memenuhi kebutuhan rumah tangga, pertanian, sanitasi lingkungan, pariwisata, pertanahan, perikanan, transportasi dan kebutuhan lainnya. Sedangkan fungsi sungai terhadap alam yaitu sebagai penyalur banjir pada saat musim hujan, pemulih kualitas air sungai dan habitat ekosistem flora dan fauna.

### **2.2.2. Kualitas Air Sungai**

Kualitas air merupakan kondisi kualitatif yang dapat diukur berdasarkan parameter – parameter menggunakan metode tertentu sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku. Kualitas air juga dapat dinyatakan dengan beberapa parameter yaitu parameter kimia, biologi dan fisika yang menggambarkan kualitas air sungai tersebut (Asdak, 2010).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi untuk kualitas air di Indonesia dibagi menjadi 4 (empat) kelas yaitu:

- a. Kelas I, air yang peruntukannya dapat digunakan sebagai air baku air minum dan peruntukan lain dengan mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- b. Kelas II, air yang peruntukannya dapat digunakan sebagai prasarana atau sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, perternakan, mengairi pertanaman dan peruntukan lain mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- c. Kelas III, air yang peruntukannya dapat digunakan sebagai budidaya ikan air tawar, perternakan, mengairi pertanaman dan peruntukan lain mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- d. Kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan sbagai pengairan pertanaman dan peruntukan lain mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, energi, zat dan beberapa komponen lain kedalam lingkungan hidup diakibatkan adanya kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu akan menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

### **2.2.3. Perhitungan Menggunakan Metode IKA – NSF**

Untuk menentukan status mutu kualitas air pada Sungai Code menggunakan metode Indeks Kualitas Air – *National Sanitation Foundation's* (IKA – NSF). Pada penentuan kualitas air menggunakan metode IKA – NSF dengan 9 parameter meliputi Temperatur, Kekeruhan, pH, BOD, Nitrat, Total Fosfat, Total Solid, DO dan *Fecal Coliform*. Untuk perhitungan kualitas air terlebih dahulu menentukan nilai sub indeks ( $L_i$ ) pada tiap parameter berdasarkan hasil parameter yang terukur pada sampel air dilapangan ( $X_i$ ), menggunakan kurva fungsional sub indeks IKA – NSF dapat dilakukan dengan bantuan di situs online *Water Quality Index Calculator*. Nilai sub indeks masing – masing parameter ( $L_i$ ) yang telah didapatkan kemudian dikalikan dengan bobot pada masing – masing parameter ( $W_i$ ) (Hanisa dkk., 2017).

Rumus Indeks Kualitas Air dengan metode IKA – NSF dan kriteria kualitas air dapat dilihat pada Tabel 3.1.

$$\text{NSF - IKA} = \sum_n^i = W_i L_i \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

NSF – IKA = Indeks kualitas air

Li = Sub indeks masing – masing parameter

Wi = Bobot masing – masing parameter

Tabel 2.1 Kriteria Kualitas Air Menggunakan Metode NSF – IKA

Rentang Nilai Indeks	Kualitas Air	Warna
0 – 25	Sangat Buruk	Merah
26 – 50	Buruk	Jingga
51 – 70	Sedang	Kuning
71 – 90	Baik	Hijau
91 – 100	Sangat Baik	Biru

Sumber : Ott, 1978

#### 2.2.4. Hidrometri

Hidrometri merupakan suatu cabang ilmu yang mempelajari pengukuran air atau pengumpulan data dasar bagi analisis hidrologi pada sungai (Harto, 1993). Hidrometri dikenal sebagai suatu kegiatan pada sungai yang dilakukan untuk mendapatkan dan mengumpulkan hasil data mengenai sungai. Data yang didapat mencakup tentang debit aliran sungai, ketinggian permukaan air, sedimentasi dan unsur aliran sungai lain. Ada beberapa macam yang dapat dilakukan untuk pengukuran sungai sebagai berikut:

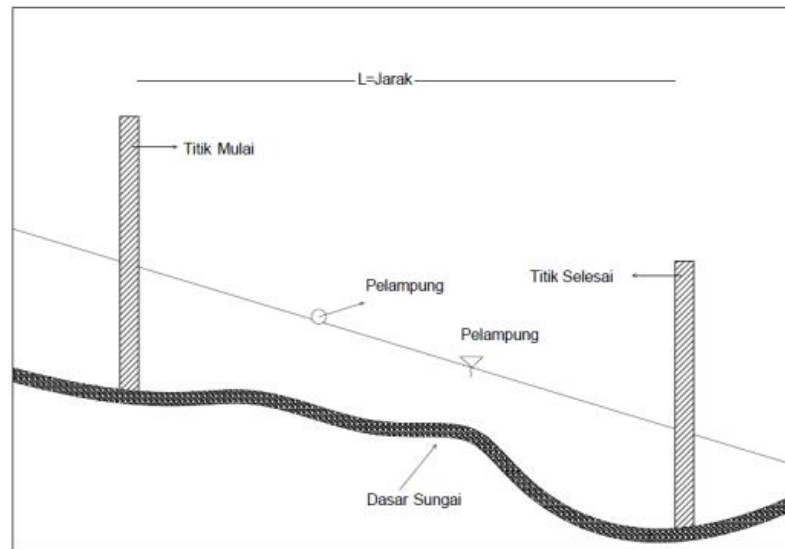
a. Pengukuran kecepatan aliran sungai

Kecepatan aliran merupakan suatu komponen yang penting. Kecepatan aliran dapat diukur dalam satuan panjang setiap satu satuan waktu atau satuan meter per detik (m/d). Pengukuran dilakukan dengan berbagai cara salah satunya yaitu diukur menggunakan pelampung (*float*). Pelampung merupakan suatu alat yang biasanya digunakan untuk mengukur kecepatan aliran sungai dengan tingkat ketelitian yang relatif kecil. Menghitung kecepatan aliran sungai dapat dilakukan dengan mengalihkan jarak titik pengamatan dan waktu tempuh rata – rata (Triatmodjo, 1993).

$$\text{Kecepatan Aliran, } V = \frac{L}{t} \dots\dots\dots(2.2)$$

keterangan :

- $V$  = Kecepatan aliran (m/s)  
 $L$  = Jarak (m)  
 $t$  = Waktu (s)

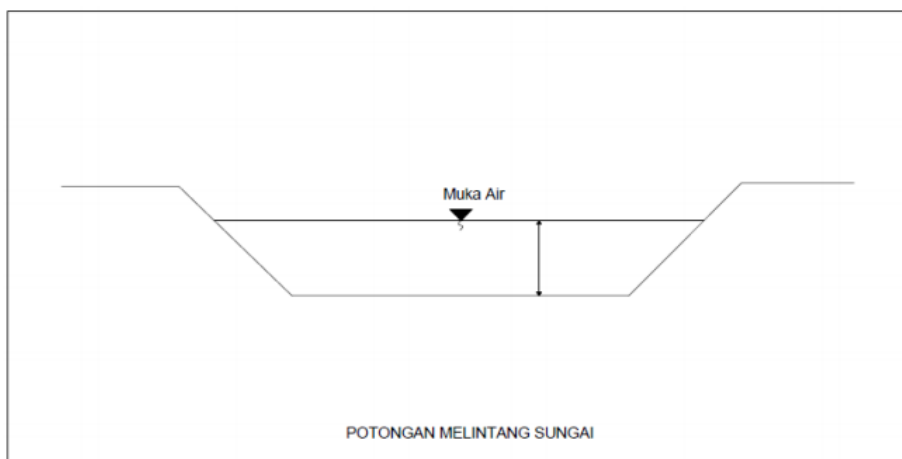


Sumber : Triatmojo, 1993

Gambar 2.1 Pengukuran kecepatan aliran

b. Pengukuran tinggi permukaan air sungai

Tinggi permukaan air sungai sangat diperlukan untuk perhitungan luas penampang. Untuk pengukuran tinggi permukaan air dapat dilakukan berbagai cara salah satunya yaitu menggunakan tongkat atau papan duga dengan meteran. Pengukuran juga tergantung pada kondisi aliran sungai yang akan diukur (Triatmodjo, 1993).



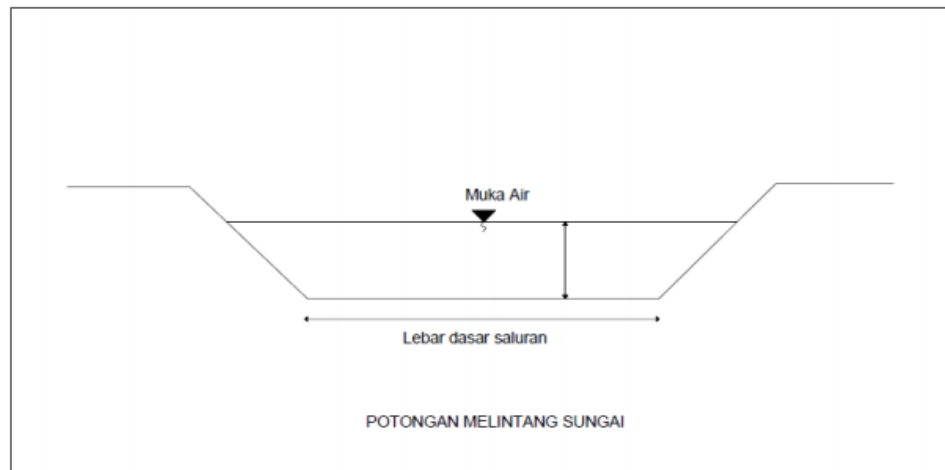
Sumber : Triatmojo, 1993

Gambar 2.2 Pengukuran tinggi permukaan aliran



c. Pengukuran lebar aliran sungai

Pengukuran lebar aliran sungai digunakan untuk mengetahui lebar dasar pada sungai. Dari lebar dasar sungai akan dibutuhkan untuk mendapatkan luas penampang. Untuk pengukuran dapat menggunakan alat pengukur yaitu meteran (meteran roda atau *oddo meter*) dari ujung sungai sampai ujung sungai satunya (Triatmodjo, 1993).



Sumber : Triatmojo, 1993

Gambar 2.3 Pengukuran lebar aliran sungai

d. Pengukuran debit aliran sungai

Debit aliran sungai adalah volume aliran yang mengalir di sungai dari titik tinggi ke titik rendah melalui suatu penampang berbentuk melintang dengan per satuan waktu, dinyatakan dalam  $m^3/d$  atau liter/detik. Aliran merupakan suatu penggerakan air yang terjadi didalam alur sungai. Perhitungan debit aliran (Q) diperoleh dengan mengalikan luas penampang aliran (A) dan kecepatan aliran sungai (V) (Triatmodjo, 1993). Rumus perhitungan debit aliran sebagai berikut:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- Q = Debit aliran ( $m^3/d$ )
- A = Luas penampang aliran ( $m^2$ )
- V = Kecepatan aliran (m/d)

Luas penampang aliran (A) didapatkan dari  $\frac{1}{3}$  lebar melintang pada sungai. Hasil yang telah diperoleh agar lebih mendekati kondisi asli dilapangan, maka menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A = h \times (b + m \times h) \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- A = Luas penampang aliran (m<sup>2</sup>)
- h = Kedalaman aliran (m)
- b = lebar dasar aliran (m)
- m = kemiringan tebing (vertikal / horizontal)

### 2.2.5. Sedimen

Sedimen merupakan suatu bagian – bagian tanah yang dihasilkan dari proses erosi dan terbawa oleh aliran air sungai dari daerah hulu kemudian mengendap pada bagian hilir (Mokonio dkk., 2013). Sedimentasi merupakan suatu proses kejadian dimana butiran sedimen yang disebabkan dari proses erosi kemudian dibawa oleh aliran air dari tempat tinggi (hulu) ke tempat yang rendah (hilir) yang dapat mengakibatkan pendangkalan dasar sungai dan perubahan elevasi sehingga akan mempengaruhi morfologi sungai (Pangestu & Haki, 2013).

Proses sedimentasi dapat meliputi proses transportasi (angkutan), erosi, pemadatan (*compaction*) dan pengendapan (*deposistion*). Proses sedimentasi juga berjalan dengan kompleks, mulai dari jatuhnya air hujan yang dapat menghasilkan energi kinetik dari proses permulaan pada erosi. Kemudian tanah akan menjadi suatu partikel halus yang dapat menggelinding bersama aliran, sebagai partikel ada yang tetinggal diatas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa oleh aliran menjadi angkutan sedimen (Soewarno, 1991).

Sedimen dapat bergerak ataupun bergeser disepanjang dasar sungai, karena diakibatkan oleh komposisi sedimen (ukuran butiran, berat jenis dan lainnya) dan kondisi aliran sungai (kedalaman aliran, kecepatan aliran dan lainnya) (Sumardi, 2018). Untuk menentukan ukuran butiran sedimen dapat dinyatakan dalam presentase dari berat kering total yang dilakukan secara mekanis. Ada 2 (dua) metode yang digunakan yaitu analisis saringan (*sieving analysis*) dan analisis pengendapan (*sedimentation / hdyrometer analysis*). Pada

penelitian ini menggunakan metode analisis saringan (*sieving analysis*) dengan pengujian dilaboratorium (Muntohar, 2009).

Analisis saringan merupakan metode yang didapatkan untuk menentukan ukuran partikel butiran sedimen didasarkan pada batas – batas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan. Butiran sedimen yang akan diuji dikeringkan kedalam oven dan dimasukkan ke satu set saringan standar ASTM (*American Society For Testing and Materials*) yang akan digunakan. Butiran – butiran sedimen yang tertahan pada masing – masing sarigan kemudian ditimbang dan dihitung berat yang tertahan pada saringan tersebut.

$$\% \text{ Berat butiran tertahan pada saringan} = \frac{W_i}{W} \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

$W_i$  = Berat butiran sedimen yang tertahan

$W$  = Berat total butiran sedimen yang tertahan

Hasil dari persentase berat butiran sedimen yang lolos dari saringan kemudian dapat digambarkan dalam grafik pembagian butiran sedimen (SNI 03 – 1969 – 1990).

Tabel 2.2 Contoh Pengujian Analisis Saringan Butiran Halus dan Kasar

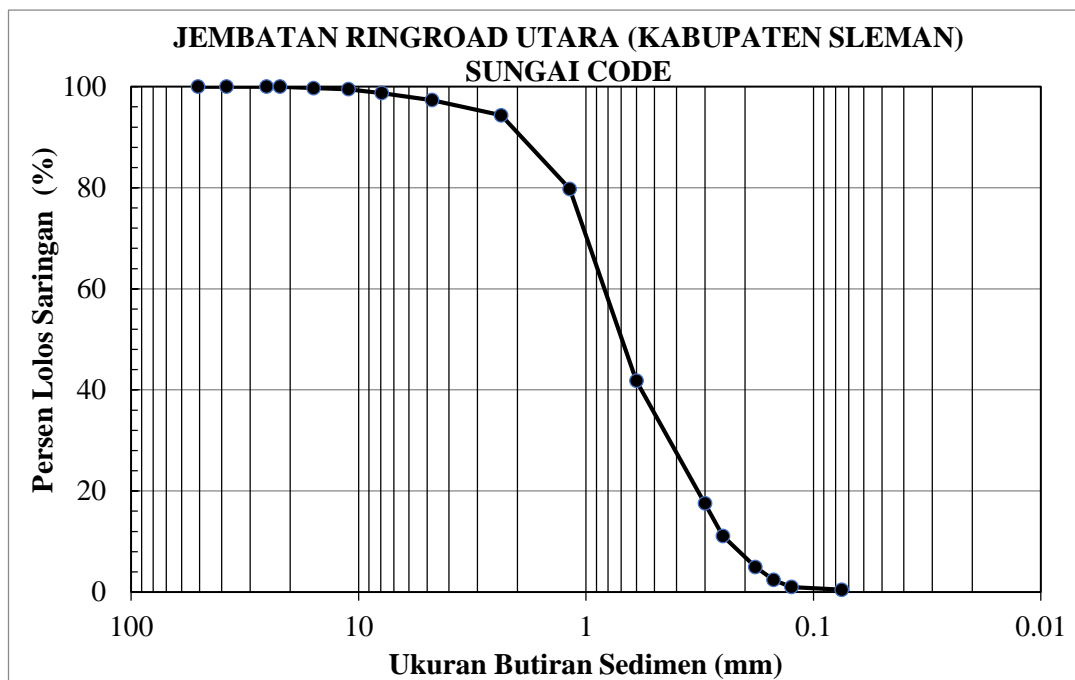
Nomor Saringan (mm)	Berat Tertahan Saringan (mm)	% Tertahan (gr)	% Tertahan Komulatif (gr)	% Lolos Komulatif (gr)
50.8 (2'')				
36.1 (1 1/2)				
25.4 (1'')				
19.1 (1/4'')	9,97	9,97	40	96,00
12.7 (1/2)				
9.52 (3/8)	22,95	32,9	43,20	86,80
4	43,54	76,46	30,6	69,40
8	49,58	126,04	50,40	49,60
20	33,07	469,11	63,60	36,40
30				
40	18,49	177,54	71,00	29,00

Tabel 2.2 Contoh Pengujian Analisis Saringan Butiran Halus dan Kasar  
(Lanjutan)

50				
80	17,19	194,73	77,90	22,10
100	2,76	197,49	79,00	21,00
200	3,31	200,80	80,30	19,70
PAN				

Sumber : SNI 03 – 1969 – 1990

Kemudian hasil yang telah didapat digambarkan dengan grafik presentase yang lebih kecil dari pada saringan yang digunakan (butiran yang lolos saringan) pada sumbu butiran dan ukuran butiran sedimen pada sumbu horizontal (dalam skala logaritma). Grafik tersebut dinamakan dengan kurva distribusi ukuran butiran sedimen atau kurva gradasi dapat dilihat pada Gambar 2.4.

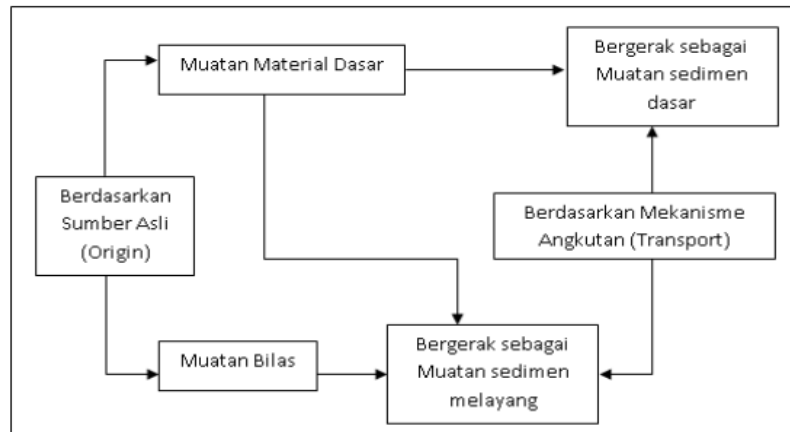


Gambar 2.4 Kurva distribusi ukuran butiran angkutan sedimen

### 2.2.6. Angkutan Sedimen

Angkutan sedimen adalah suatu partikel tanah yang dihasilkan dari proses endapan diakibat terkikisnya permukaan atau dasar bumi dan tebing sungai kemudian akan bergerak atau berpindah secara kontinyu mengikuti arah aliran air (Seowarno, 1991).

Secara skematis angkutan sedimen dapat digambarkan sebagai berikut:



Sumber : Soewarno, 1991

Gambar 2.5 Skema angkutan sedimen

Menurut Soewarno (1991), klasifikasi angkutan sedimen terbagi menjadi 3 (tiga) yaitu:

a. Muatan Bilas

Muatan bilas (*wash load*) adalah suatu angkutan dari partikel – partikel halus yang berupa lempung (*silt*) dan debu (*dust*) terbawa oleh aliran air sungai. Partikel – partikel yang telah terbawa oleh aliran air sungai akan sampai ke muara laut atau mengendap pada aliran air tenang dan tenang. Ukuran butir muatan bilas mempunyai ukuran yang paling kecil dari seluruh angkutan sedimen. Sumber utamanya didapatkan dari hasil pelapukan pada lapisan atas batuan atau tanah daerah pengaliran sungai.

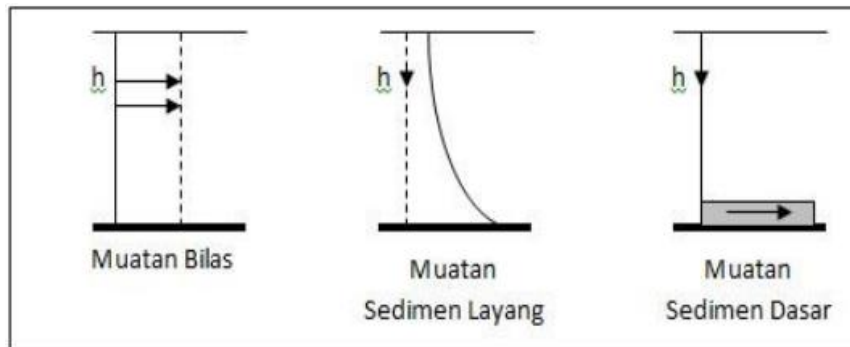
b. Muatan Sedimen Melayang

Muatan sedimen melayang (*suspended load*) merupakan material dasar sungai (*bed material*) yang melayang didalam aliran air. Material dasar yang terdiri dari butiran – butiran pasir halus akan terbawa oleh aliran air dan hanya sedikit ataupun sesekali berinteraksi dengan dasar sungai, karena selalu mendapatkan dorongan ke atas oleh turbulensi aliran sungai. Pada saat aliran turbulen partikel – partikel sedimen akan tetap melayang didalam aliran air, tetapi apabila aliran sungai itu laminar maka konsentrasi pada sedimen akan berkurang dan akhirnya mengendap.

c. Muatan Sedimen Dasar

Muatan sedimen dasar (*bed load*) adalah suatu partikel – partikel kasar yang bergerak pada sepanjang aliran air secara keseluruhan. Adanya muatan

dapat dilihat oleh gerakan partikel – partikel dasar sungai yang berupa geseran, menggelinding atau meloncat – loncat tetapi tidak pernah lepas dari dalam dasar sungai. Gerakan tersebut kadang – kadang dapat sampai pada jarak tertentu dengan ditandai bercampurnya butiran partikel bersama – sama bergerak menuju ke arah daerah hilir. Alur air sungai di daerah hulu untuk angkutan sedimen dasar biasanya menjadi daerah yang memiliki jumlah sedimen terbesar.



Sumber : Soewarno, 1991

Gambar 2.6 Klasifikasi angkutan sedimen

### 2.2.7. Perhitungan Angkutan Sedimen Menggunakan Rumus Empiris

Menurut (Kironoto, 1997) pada umumnya persamaan dalam perhitungan angkutan sedimen terbagi dalam 3 (tiga) kelompok yaitu sebagai berikut ini.

- Persamaan yang didapat menggunakan pendekatan empiris.
- Persamaan yang didapat menggunakan pendekatan analisis dimensi.
- Persamaan yang didapat menggunakan pendekatan semi teoritik.

Pada penelitian ini untuk mengetahui besaran nilai angkutan sedimen menggunakan beberapa analisis perhitungan dengan rumus empiris sebagai berikut.

- 1) Rumus Meyer – Peter dan Muller (1948)

Persamaan angkutan sedimen dengan rumus Meyer – Peter dan Muller (1948) termasuk dalam pendekatan empiris (Kironoto, 1997).

$$\frac{q^{\frac{2}{3}} l}{a} = n + b \frac{Tb^{\frac{2}{3}}}{a} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

q = Debit pada tiap satuan waktu untuk menentukan *bedload* Tb

Tb = Berat *bedload* di udara pada tiap satuan waktu  $\left(\frac{kg.f}{m.det}\right)$

- d = Diameter ukuran butiran (m)  
 I = Kemiringan dasar sungai  
 n,b = Koefisien

Persamaan diatas dihasilkan berdasarkan data dari material sedimen seragam dengan rapat massa  $\rho_s = 2680 \text{ kg/m}^3$ , kemudian persamaan tersebut dikembangkan untuk data material sedimen tidak seragam. Menurut Kironoto (1997), persamaan Meyer – Peter dan Muller menyatakan bahwa kehilangan tenaga total terjadi karena akibat bentuk dasar sungai (*shape roughness, dunes/ripple roughness*) dan gesekan dengan butiran – butiran didasar sungai (*partikel/grain roughness*).

Nilai koefisien kekasaran (Ks) dianggap yang terakhir untuk menentukan nilai angkutan sedimen (*bedload*), maka dimasukkan ke dalam rumus angkutan sedimen (Tb). Dengan rumus *Strickler* sebagai berikut.

$$\mu = K_s R^{\frac{3}{2}} I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

- Ks = Nilai kekasaran/kehilangan tenaga akibat bentuk dasar sungai  
 R = Radius hidraulik  
 I = Kemiringan dasar sungai

Didapat dari kemiringan garis energi yang diakibatkan dari gesekan butiran,

$$I' = \left(\frac{K_s}{K_{s'}}\right)^2 \times I \dots\dots\dots(2.8)$$

Sehingga menjadi “*Ripple Factor*” :

$$\mu = \frac{I}{I'} = \left(\frac{K_s}{K_{s'}}\right)^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

- Ks = Nilai kekasaran/kehilangan tenaga akibat bentuk dasar sungai  
 Ks' = Nilai kekasaran/kehilangan tenaga akibat gesekan butiran

Maka untuk perhitungan angkutan sedimen pada persamaan Meyer – Peter dan Muller adalah :

$$\gamma_w \frac{Q_s}{Q} \left(\frac{k_s}{k_{s'}}\right)^{\frac{3}{2}} S = 0,047 (\gamma_s - \gamma_w) d_m + 0,25 \frac{\gamma_w^{\frac{1}{3}}}{g} (T_b)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

$\gamma_w$  = Berat jenis air

$\frac{Q_s}{Q}$  = Faktor koreksi sama dengan tampang saluran = 1 jika  $b = \infty$

$\left(\frac{K_s}{K_{s1}}\right)^{\frac{3}{2}}$  = *Ripple factor*

$dm$  = Diameter median ( $d_{50} - d_{60}$ )

$\gamma_s$  = Berat jenis angkutan sedimen

$T_b$  = Berat angkutan sedimen (padat) dalam air

Volume angkutan sedimen padat =  $\frac{T_b}{\gamma_w - \gamma_s}$  (m<sup>3</sup>/m.det) .....(2.11)

Catatan :

a) Pada satuan m k s  $\gamma_w = \rho_w \times g = 1000 \times 9,81 = 98100 \text{ N/m}^3$

b) Pada keadaan kritik  $T_b = 0$  maka, rumus MPM menjadi  $\tau_0$ :

$$\frac{\gamma_w h I}{(\gamma_w - \gamma_s) dm} = 0,047 \quad b = \infty$$

$$\frac{\tau_0}{(\gamma_w - \gamma_s) g dm} = 0,047 \quad \mu = 1$$

2) Rumus Frijlink (1951)

Menurut Fauziyah dkk. (2018), dasar persamaan Frijlink merupakan rumus atau persamaan untuk mengetahui besaran nilai angkutan sedimen dasar (*bedload*) dalam memperhitungkan konfigurasi dasar sungai yang secara khusus. Persamaan tersebut menjabarkan nilai *Strickler* atau nilai *Ripple Factor* sebagai berikut.

$$\mu = K_s R^{\frac{3}{2}} I^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

$K_s$  = Nilai kekasaran/kehilangan tenaga akibat bentuk dasar sungai

$R$  = Radius hidraulik

$I$  = Kemiringan dasar sungai

Sedangkan pada persamaan dalam menentukan nilai koefisien kekerasan butiran baik yang dipengaruhi oleh konfigurasi atau kekerasan butiran dasar yaitu :

$$K_s = \frac{v}{R b^{\frac{3}{2}} \times I^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots(2.13)$$

keterangan :

$K_s$  = Nilai kekasaran/kehilangan tenaga akibat bentuk dasar sungai



- V = Kecepatan aliran sungai
- Rb = Radius hidraulik
- I = Kemiringan dasar sungai

$$K_s' = \frac{26}{d_{90}^{\frac{1}{6}}} \dots\dots\dots(2.14)$$

keterangan :

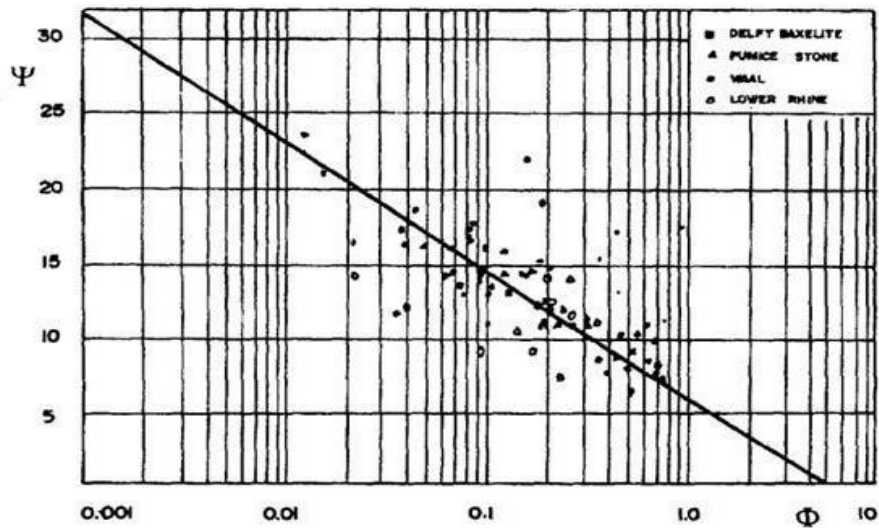
- $K_s'$  = Nilai kekasaran/kehilangan tenaga akibat gesekan butiran
- $d_{90}$  = Diameter butiran representatif 90%

Pada tahun 1952 Frijlink menurunkan persamaan dalam menghitung nilai besaran angkutan sedimen sebagai berikut.

$$T_b = \Phi d_{50} \sqrt{g \mu R I} \dots\dots\dots(2.15)$$

keterangan :

- $T_b$  = Nilai besaran angkutan sedimen dasar
- $d_m$  = Diameter butiran ( $d_{50}$ )
- $g$  = Gravitasi (9,81 N/detik)
- $\Phi$  = Koefisien *strickler*
- $\mu$  = *Ripple Factor*
- R = Radius hidraulik
- I = Kemiringan dasar sungai



Sumber : Kironoto, 1997

Gambar 2.7 Grafik angkutan sedimen