

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui nilai ukur kandungan tanah dalam air sungai dan pendekatan USLE. Penelitian ini dilakukan di kawasan Waduk Sermo. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan metode angkutan sedimentasi dan pendekatan USLE, nilai yang didapat dari kedua metode tersebut memiliki perbedaan sekitar $5.894,544\text{m}^3/\text{tahun}$ (Cahyono dkk. 2017).

Melakukan analisis parameter hidrolika sepanjang sungai Progo setelah letusan gunung merapi, dalam penelitian ini didapat hasil perubahan morfologi sungai dan mengakibatkan perubahan parameter hidrologi pada aliran sungai Progo. Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Progo. Metode yang dilakukan yaitu menghitung *sediment transport* menggunakan aplikasi HEC-RAS 4.1.0, dari hasil yang didapat yaitu daerah yang mengalami degradasi terjadi pada area sawah dan pemukiman (Fitiadin., 2015).

Melakukan analisis dengan tujuan untuk mengetahui gerusan local yang ada disekitar *semicircular and abutment* dengan perlindungan *ground sill* pada *froud number* 0.2. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dilakukannya metode eksperimen dengan data yang sudah ada kemudian dilakukan analisis. Dari hasil yang didapat dalam penelitian ini yaitu nilai gerusan yang terjadi pada dasar sugai (Sucipto, 2010).

Melakukan penelitian dengan bertujuan untuk mengetahui nilai *sediment transport* yang terjadi pada setiap penampang melintang sungai Opak. Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Opak. Metode yang dilakukan yaitu melakukan analisis menggunakan aplikasi HEC-RAS 4.1.0. Dalam analisis ini didapat penampang sungai Opak bagian hilir mengalami perubahan dan

perilaku *sediment transport* disetiap tampang melintang dapat diprediksi (Wardhana., 2015).

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting di atas selama 13 tahun. Penelitian dilakukan pada sungai Kemuning Kalimantan Selatan. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu melakukan analisis angkutan sedimen menggunakan aplikasi HEC-RAS 5.0.3. Dari hasil yang didapat dalam penelitian ini berupa nilai sedimentasi yang terjadi setiap tahunnya dan dilakukan *maintenance* agar kapasitas penampang tersebut bisa terkendali (Limbong dkk. 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan desain bangunan pelindung tebing. Lokasi penelitian yang dilakukan yaitu berada di sungai Pusur desa Pundangan kecamatan Juwiring kabupaten Klaten. Metode yang dilakukan yaitu melakukan perhitungan menggunakan metode HSS Nakayasu. Dari hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu didapatkan Q_{maks} atau puncak banjir sungai dan bangunan yang cocok digunakan pada setiap daerah sungai Pusur (Nursanti., 2017).

Melakukan penelitian dengan bertujuan untuk mengetahui nilai sedimentasi yang terjadi pada awal pembangunan sampai tahun saat ini 2016. Dalam penelitian ini dilakukan pada area Waduk Sermo. Metode yang dilakukan untuk penelitian ini yaitu berupa survey Batimetri. Hasil yang didapat dalam penelitian ini yaitu nilai sedimentasi yang tertinggi terjadi antara tahun 2006 ke 2011 dan laju sedimentasi yang terjadi setiap tahunnya (Cahyono dkk. 2016).

Melakukan penelitian yang bertujuan untuk pengendalian sedimen dengan melakukan perencanaan *Check Dam*. Penelitian ini dilakukan pada sungai Yeh Mas desa Tukad Sumaga kecamatan gerokgak kabupaten Buleleng Bali. Metode yang dilakukan yaitu metode Einstein. Dari hasil yang didapat dalam penelitian ini yaitu berupa batas tampungan maksimal *Check Dam* dan jumlah sedimentasi yang lewat per tahun (Inabah., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah angkutan sedimen. Pada penelitian ini dilakukan di muara sungai Komering kota Palembang. Metode yang digunakan untuk penelitian ini yaitu menggunakan metode Bagnold dan didapat hasil dari penelitian ini yaitu berupa nilai angkutan sedimen total pada sungai Komering yang tidak jauh beda hasilnya dengan kondisi di lapangan yaitu 10.43 % (Usman, 2014).

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab longsor yang mengakibatkan terjadinya kerusakan bangunan yang telah di analisis balik. Penelitian ini dilakukan pada kali Mungkung desa Patihan kabupaten Sragen. Metode dalam penelitian ini yaitu melakukan penelitian dan pengujian sifat fisik tanah timbunan sebelum longsor. Dari hasil yang didapat yaitu perencanaan yang cocok dilakukan pada perbaikan bangunan tersebut berupa pemancangan cerucuk bambu pada tanah dengan kedalaman yang sudah ditentukan agar tanah memiliki nilai perkuatan daya lekat tanah dan pembangunan krib tenggelam untuk mengatasi gerusan pada kaki tebing dan di perkuat dengan batu kosong pada kaki tebing (Mulatsih dan Sundoro, 2012).

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses sedimentasi pada bangunan groin yang akhirnya bermanfaat sebagai dasar pengembangan pembangunan bangunan pantai groin di wilayah yang terkena abrasi. Penelitian ini dilakukan pada perairan Timbulloko, kabupaten Demak Jawa Tengah. Metode yang digunakan yaitu menggunakan metode deskriptif dan metode *purposive sampling*. Dari hasil yang didapat dalam penelitian ini yaitu besarnya laju sedimentasi pada sisi timur laut groin dibandingkan di sisi barat daya groin dengan jenis sedimentasi lanau dan lanau lempung (Pranoto dkk. 2016).

2.2. Landasan Teori

Hidrolika adalah bagian dari ilmu yang mempelajari perilaku air baik dalam keadaan diam atau yang disebut hidrostatiska maupun dalam keadaan bergerak atau disebut hidronamika. Untuk mengetahui karakteristik suatu aliran air sungai dengan lebar penampang yang besar memerlukan pendekatan

beberapa analisis terhadap fenomena aliran yang terjadi dengan melakukan pengukuran.

Sifat aliran air dalam suatu sungai dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah debit sungai yang tergantung pada daerah aliran sungai tersebut. Faktor kemiringan sungai (*Gradient*) yang dapat digunakan sebagai petunjuk tingkat kecepatan aliran. *Gradient* sungai dapat dihitung dengan bantuan garis kontur yang memotong sungai pada peta topografi. Kemudian faktor lebar penampang sungai yang dapat mempengaruhi kecepatan arus. Semakin lebar penampang sungai maka kecepatan arus akan semakin lambat dan sebaliknya semakin sempit penampang sungai kecepatan arus akan semakin cepat.

Sedimen merupakan hasil dari keluaran proses erosi yang terjadi dalam suatu sistem DAS. Berdasarkan mekanisme transportasi, sedimen dapat dibedakan menjadi dua yaitu: sedimen muatan suspensi dan sedimen muatan dasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya sedimen dan gerusan yang terjadi pada sungai Kali Yasa dan perencanaan tanggul yang sesuai dengan kondisi yang terjadi (Prajoto., 2018). Proses erosi dan sedimentasi yang berkepanjangan dapat memberi pengaruh negatif terhadap kualitas lahan, selain itu proses sedimentasi juga dapat mengakibatkan menurunnya fungsi bangunan hidrologis. Dalam skala Daerah Aliran Sungai (DAS) kedua proses ini penting untuk dimonitor. Hubungan antara besarnya erosi ditempat dan sedimentasi pada luaran DAS dirumuskan dalam bentuk nisbah hantaran sedimen (*Sediment Delivery Ratio, SDR*). SDR merupakan rasio antara erosi yang terjadi pada seluruh DAS dengan jumlah sedimen pada daerah outlet (Wahyungrum dkk., 2014).

2.2.1. HEC-RAS Versi 5.0.3

HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran yang berada di sungai, *River Analysis System* (RAS). Software HEC-RAS ini dibuat oleh *Hydrolic Engineering Center* yang merupakan satu divisi *didalam Institute*

For Water Resources (IWR), dibawah *US Army Corps Of Engineers (USACE)*. HEC-RAS versi 5.0.3 baru dirilis pada September 2016. HEC-RAS 5.0.3 dapat melakukan analisis hitungan satu dimensi pada profil muka air aliran permanen (*Steady Flow*), hitungan satu/dua dimensi pada profil muka air aliran tidak permanen (*Unsteady Flow*), hitungan angkutan sedimen, analisis kualitas air, dan fitur desain hidraulik.

2.2.2. Persamaan Pada HEC-RAS

Hitungan hidrolika aliran pada dasarnya adalah mencari kedalaman dan kecepatan aliran di sepanjang alura yang ditimbulkan oleh debit yang masuk ke dalam alura dan kedalaman aliran di batas hilir. Hitungan hidrolika aliran di dalam HEC-RAS dilakukan dengan membagi aliran ke dalam dua kategori, yaitu aliran permanen dan aliran tak permanen. HEC-RAS menggunakan metode hitungan yang berbeda untuk masing-masing kategori aliran tersebut. Untuk aliran permanen, HEC-RAS memakai persamaan energi kecuali di tempat-tempat yang kedalaman alirannya melewati kedalaman kritisi. Di tempat terjadi loncat air, pertemuan alur, dan aliran dangkal melalui jembatan, HEC-RAS memakai persamaan (kekekalan) momentum. Di tempat terjadi terjun, aliran melalui peluap, dan aliran melalui bending, HEC-RAS memakai persamaan-persamaan empiris. Untuk aliran tak permanen, HEC-RAS memakai persamaan kekekalan massa (*continuity, conservation of mass*) dan persamaan momentum. Kedua persamaan dituliskan dalam bentuk persamaan diferensial parsial, yang kemudian diselesaikan dengan metode *finite difference approximation* berskema implisit.

1. Persamaan Energi

HEC-RAS menghitung profil muka air di sepanjang alur urut dari satu tampang lintang ke tampang lintang berikutnya. Prosedur perhitungan didasarkan pada penyelesaian persamaan aliran satu dimensi melalui saluran terbuka. Aliran satu dimensi ditandai dengan besarnya kecepatan yang sama pada seluruh penampang atau digunakan kecepatan rata-rata. Profil muka air

dihitung dari suatu penampang dengan persamaan energi melalui prosedur iterative yang disebut dengan *Standard Step Method*. Persamaan energi yang dimaksud adalah :

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_f + h_e \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan :

Y_1, Y_2 = kedalaman air penampang 1 dan 2 (m)

Z_1, Z_2 = elevasi dasar saluran pada penampang 1 dan 2 (m)

V_1, V_2 = kecepatan rata-rata aliran pada penampang 1 dan 2 (m/dt)

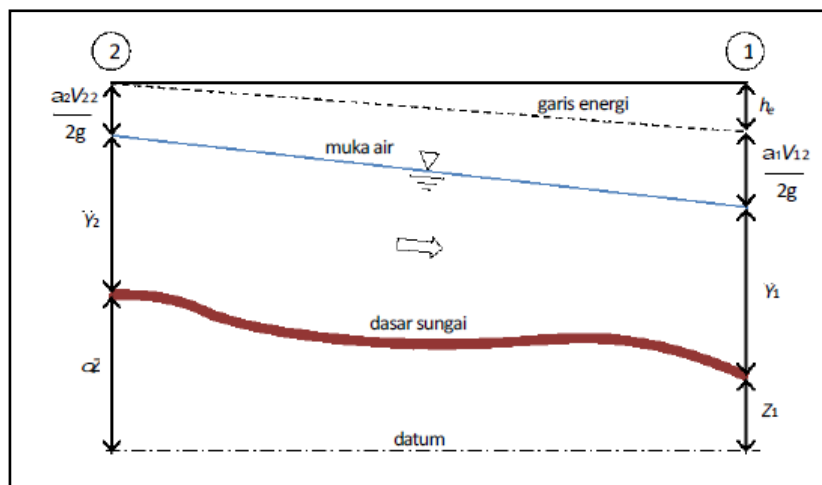
α_1, α_2 = koefisien energi pada penampang 1 dan 2

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

h_f = kehilangan akibat gesekan (m)

h_e = kehilangan tekanan akibat pusaran (m)

Dari diagram aliran pada gambar 3.1, tampak bahwa kedalaman aliran diukur ke arah vertikal.



Gambar 2.1 Diagram Aliran Berubah Beraturan

2. Kehilangan Tinggi Energi

Kehilangan tinggi energi, h_e , di antara dua tampang lintang terdiri dari dua komponen, yaitu kehilangan energi karena gesekan (*friction losses*) dan kehilangan energi karena perubahan tampang (*contraction or expansion losses*).

Kehilangan energi antara tampang 2 dan 1 dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$h_e = L S_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan :

- L = panjang ruas sungai antar kedua tampang yang diberi bobot menurut debit
- S_f = *representative friction slope* antar kedua tampang
- C = koefisien kehilangan energi akibat perubahan tampang (kontraksi atau ekspansi)

Panjang ruas sungai antar dua tampang yang diberi bobot sesuai dengan debit dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$L = \frac{L_{lob}Q_{lob} + L_{ch}Q_{ch} + L_{rob}Q_{rob}}{Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob}} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan :

- L_{lob} , L_{ch} , L_{rob} = panjang ruas sungai disisi kiri (*left overbank*), alur utama (*main channel*), disisi kanan (*right overbank*),
- Q_{lob} , Q_{ch} , Q_{rob} = debit yang mengalir melalui *left overbank*, *main channel* dan *right overbank*.

3. Kapasitas Angkut Tampang

Kapasitas angkut dan kecepatan rata-rata di suatu tampang dihitung dengan membagi tampang menjadi beberapa bagian di setiap bagian, kecepatan terbagi merata. Bagian-bagian tersebut dikelompokkan menjadi tiga alur yaitu alur bantaran kiri (*left overbank*), alur utama (*main channel*), dan alur bantaran kanan (*right overbank*). Besarnya debit dihitung perbagian penampang sungai dengan mengacu pada persamaan *Manning's* berikut :

$$Q = K S_f^{2/3} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$K = \frac{1}{n} A R^{2/3} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

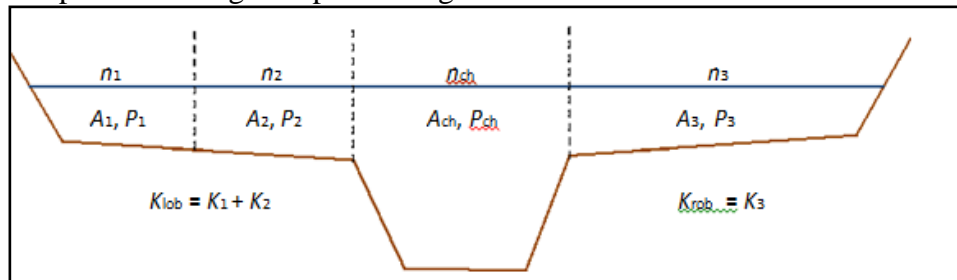
K = kapasitas angkut tiap bagian tampang,

n = koefisien kekasaran Manning tiap bagian tampang.

A = luas tampang basah tiap bagian tampang

R = radius hidrolis tiap bagian tampang.

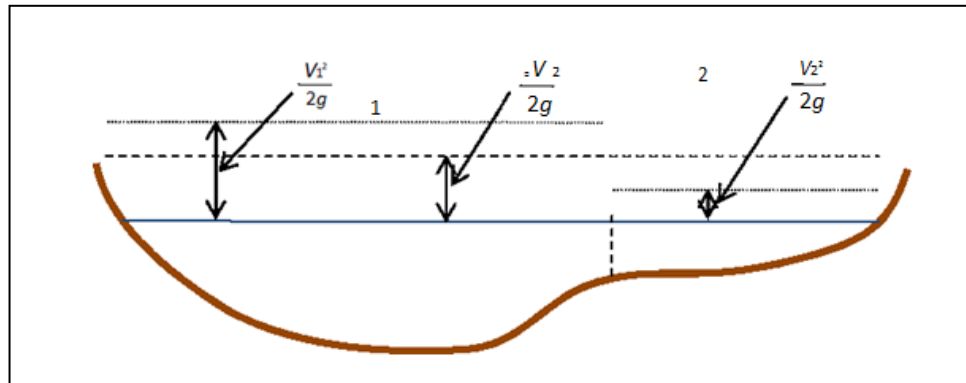
Kapasitas angkut total suatu tampang adalah jumlah kapasitas angkut bagian tampang seperti yang diperlihatkan Gambar 3.2 Pembagian tampang untuk keperluan hitungan kapasitas angkut.



Gambar 2.2 Pembagian Tampang Untuk Keperluan Hitungan Kapasitas Angkut

4. Tinggi Energi Kinetik Rata-Rata

HEC-RAS adalah model satu-dimensi, maka walaupun suatu tampang lintang dikelompokkan ke dalam beberapa bagian, namun hanya ada satu muka air di tampang lintang tersebut. Dengan demikian, di satu tampang hanya ada satu nilai energi kinetik rata-rata. Untuk satu muka air, tinggi energi kinetik rata-rata dihitung dengan merata-ratakan tinggi energi kinetik di ketiga bagian tampang (*left overbank*, *main channel*, *right overbank*) yang di beri bobot berdasarkan debit di setiap bagian tampang. Gambar 3.3 menunjukkan contoh hitungan tinggi energi kinetik rata-rata di sebuah tampang yang dibagi menjadi *right overbank* dan *main channel* (tidak ada *left overbank*).



Gambar 2.3 Hitungan Tinggi Energi Kinetik Rata-Rata di Suatu Tampang

Untuk menghitung tinggi energi kinetik rata-rata, diperlukan koefisien tinggi kecepatan, α , yang dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\frac{\alpha V^2}{2g} = \frac{\frac{Q_1 V_1^2}{2g} + \frac{Q_2 V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan demikian :

$$\alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) V^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

atau pada umumnya :

$$\alpha = \frac{|Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2 + \dots + Q_n V_n^2|}{Q V^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

5. Tinggi Hilang Karena Gesekan

Kehilangan energi akibat gesekan (*friction loss*) merupakan perkalian antara kemiringan garis energi karena gesekan (*friction slope*), S_f , dan panjang ruas sungai antara dua tampang, L .

Kemiringan garis energi karena gesekan (*friction slope*) di suatu tampang dihitung dengan persamaan Manning sebagai berikut :

$$S_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

6. Koefisien Persempitan dan Perlebaran Tampang

Koefisien kehilangan energi karena kontraksi dan ekspansi dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$h_e = C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \dots\dots\dots (2.10)$$

Dalam persamaan tersebut C adalah koefisien kontraksi atau ekspansi. HEC-RAS menganggap aliran melewati kontraksi (persempitan tampang) apabila tinggi kecepatan hilir lebih besar daripada tinggi kecepatan hulu. Sebaliknya, ketika tinggi kecepatan hulu lebih besar daripada tinggi kecepatan hilir, HEC-RAS menganggap aliran melewati ekspansi (perlebaran tampang).

7. Persamaan Aliran Satu Dimensi

Metode ini adalah aliran melalui alur utama dan melalui bantaran sebagai dua aliran yang melewati dua tampang saluran terpisah serta menuliskan persamaan kontinuitas dan persamaan momentum untuk masing-masing tampang tersebut.

Penyederhanaan dilakukan dengan menganggap muka air di kedua tampang saluran pada arah lateral (tegak lurus arah aliran) datar atau horizontal. Dengan demikian :

- 1) Transfer momentum di antara kedua tampang dapat diabaikan, dan
- 2) Debit terbagi ke kedua ujung tampang berdasarkan kapasitas angkut (*conveyance*) masing-masing tampang yaitu :

$$Q_c = \Phi Q \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan :

Q_c = debit aliran melalui alur utama (*channel*)

Q = debit total aliran

$\Phi = K_c / (K_c + K_f)$

K_c = kapasitas angkut tampang alur utama

K_f = kapasitas angkut tampang bantaran.

Dengan anggapan tersebut, maka persamaan aliran satu dimensi dapat digabungkan menjadi satu kelompok persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi Q)}{\partial xc} + \frac{\partial(1-\Phi)Q}{\partial xf} = 0 \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi^2 Q^2/A_c)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\Phi)^2 Q^2/A_f]}{\partial x_f} + gA_c \left[\frac{\partial Z}{\partial x_c} + S_{fc} \right] + gA_c \left[\frac{\partial Z}{\partial x_f} + S_{ff} \right] \dots\dots\dots (2.13)$$

Dalam kedua persamaan diatas, subskrip c mengacu pada alur utama dan subskrip f mengacu pada bantaran. Persamaan di atas dijabarkan dengan pendekatan beda hingga implisit dan persamaan yang diperoleh diselesaikan dengan cara iterasi Newton-Raphson.

2.2.3. Analisis Stabilitas Alur

Bila air mengalir dalam sebuah saluran, maka pada dasar saluran akan timbul suatu gaya bekerja searah dengan arah aliran. Gaya ini yang merupakan gaya tarik pada penampang basah disebut gaya seret atau tegangan geser (*tractive force*).

Butiran pembentuk alur sungai harus stabil terhadap aliran yang terjadi karena pengaruh kecepatan, aliran dapat mengakibatkan gerusan pada talud dan dasar sungai. Aliran air sungai akan memberikan tegangan geser (τ_0) pada penampang sungai yang besarnya adalah :

$$\tau_0 = \rho_w g h I \dots\dots\dots (2.14)$$

dimana :

ρ_w = rapat massa air (kg/m^3)

g = gaya gravitasi (m/dt^2)

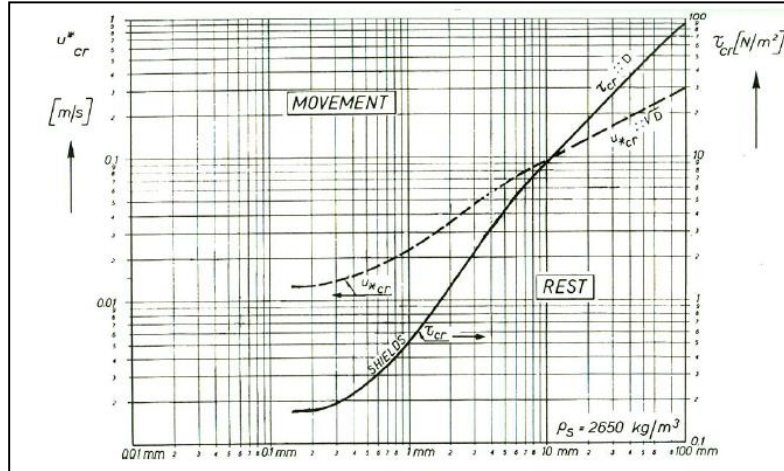
h = tinggi air (m)

I = kemiringan alur dasar sungai

Erosi dasar sungai terjadi jika tegangan geser (τ_0) lebih besar dari tegangan geser kritis (τ_{cr}) pada dasar dan tebing sungai. Tegangan geser kritis adalah tegangan geser yang terjadi tepat pada saat butiran akan bergerak. Besarnya tegangan geser kritis didapatkan dengan menggunakan Grafik *Shield* berdasarkan data ukuran butiran tanah dasar sungai.

Awal gerak butir sedimen sangat penting dalam kaitannya dengan transpor sedimen. Karena pergerakan butir sedimen sangat tidak teratur maka

dilakukan beberapa pendekatan tegangan geser kritis. Pendekatan ini didasarkan pada konsep bahwa gaya geser yang bekerja pada aliran dianggap paling berperan terhadap pergerakan butir sedimen.



Sumber : Van Te Chow, 1959

Gambar 2.4 Grafik *Shield*

Kecepatan aliran sungai juga mempengaruhi terjadinya erosi sungai. Kecepatan aliran yang menimbulkan terjadinya tegangan seret kritis disebut kecepatan kritis (V_{cr}).

1. Tegangan Geser Pada Dasar Sungai

Besarnya tegangan geser yang terjadi pada dasar sungai adalah :

$$\tau_b = 0.97 \rho_w g h I_b \dots\dots\dots (2.15)$$

Kecepatan aliran kritis di dasar sungai terjadi saat $\tau_b = \tau_{cr,b}$, maka :

$$0.97 \rho_w g h I_b = \tau_{cr,b} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$I_b = \frac{\tau_{cr,b}}{0.97 \rho_w g h} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$V_{cr,b} = \frac{1}{n} R^{2/3} I_b^{1/2} \dots\dots\dots (2.18)$$

2. Tegangan Geser Pada Tebing Sungai

Besarnya tegangan geser yang terjadi pada tebing sungai adalah :

$$\tau_s = 0.75 \cdot \rho_w \cdot g \cdot h \cdot I_s \dots\dots\dots (2.19)$$

Erosi dasar sungai juga dapat terjadi jika τ_s lebih besar dari tegangan geser kritis pada lereng sungai ($\tau_{cr,s}$). Tegangan geser kritis pada lereng sungai tergantung pada besarnya sudut lereng.

$$\tau_{cr,s} = K_\beta \tau_{cr} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$K_\beta = \cos \beta \sqrt{1 - \left(\frac{tg\beta}{tg\emptyset}\right)^2} \dots\dots\dots (2.21)$$

Kecepatan aliran kritis di dasar sungai terjadi pada saat $\tau_b = \tau_{cr,b}$, maka :

$$0.75 \rho_w g h I_s = \tau_{cr,s} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$I_b = \frac{\tau_{cr,s}}{0.75 \rho_w g h} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$V_{cr,s} = \frac{1}{n} R^{2/3} I_s^{1/2} \dots\dots\dots (2.24)$$

dimana :

τ_b = tegangan geser pada dasar sungai (kg/m^2)

$\tau_{cr,b}$ = tegangan geser kritis pada dasar sungai (kg/m^2)

τ_s = tegangan geser pada tebing sungai (kg/m^2)

τ_{cr} = tegangan geser kritis

β = sudut lereng sungai ($^\circ$)

\emptyset = 30 – 40 (tergantung diameter butiran dari grafik pada gambar 3.6)

$\tau_{cr,s}$ = tegangan geser kritis pada tebing sungai (kg/m^2)

ρ_w = rapat massa air (kg/m^3)

g = gaya gravitasi (m/dt^2)

h = tinggi air (m)

I_b = kemiringan alur dasar sungai

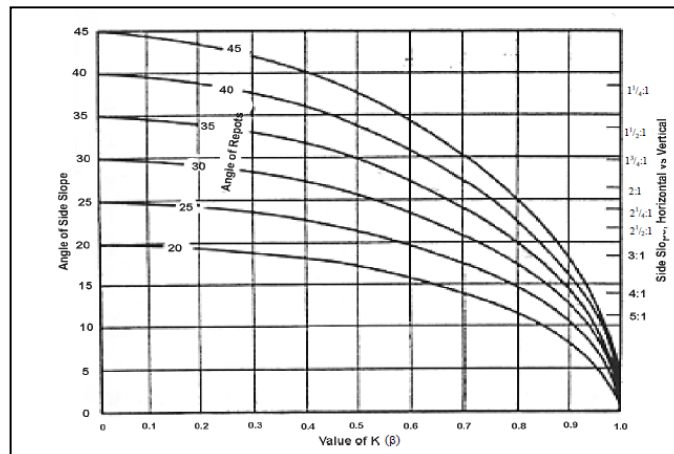
$V_{cr,b}$ = kecepatan kritis dasar sungai (m/dt)

I_s = kemiringan alur tebing sungai

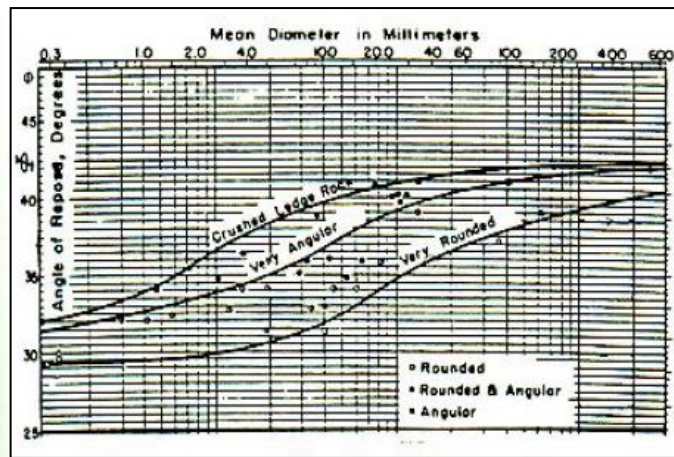
$V_{cr,s}$ = kecepatan kritis tebing sungai (m/dt)

R = jari-jari hidrolik (m)

n = angka kekasaran Manning



Gambar 2.5 Grafik Hubungan Antara Diameter Butiran dan Φ



Gambar 2.6 Grafik Hubungan Antara Diameter Butiran dan Φ

2.2.5. Angka Kekasaran Manning

Pada tahun 1889 seorang insinyur Irlandia, Robert Manning mengemukakan sebuah rumus yang akhirnya diperbaiki menjadi rumus yang sangat dikenal sebagai :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{2/3} \dots\dots\dots (2.25)$$

dimana :

V = kecepatan rata-rata (m/dt)

R = jari-jari hidrolis (m)

S = kemiringan saluran

n = kekasaran dari Manning

Rumus ini dikembangkan dari tujuh rumus berbeda, berdasarkan data percobaan *Bazin* yang selanjutnya dicocokkan dengan 170 percobaan. Akibat sederhananya rumus ini dan hasilnya yang memuaskan dalam pemakaian praktis, rumus Manning menjadi sangat banyak dipakai dibandingkan dengan rumus aliran seragam lainnya untuk menghitung aliran saluran terbuka.

Angka kekasaran Manning adalah suatu nilai koefisien yang menunjukkan kekasaran suatu permukaan saluran atau sungai baik pada sisi maupun dasar saluran atau sungai. Nilai kekasaran Manning memiliki hubungan terhadap kecepatan aliran yang terjadi pada suatu penampang. Semakin besar nilai angka kekasaran Manning, maka kecepatan aliran pada suatu penampang akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya semakin kecil angka kekasaran Manning maka kecepatan aliran yang terjadi pada suatu penampang akan semakin besar.

Nilai angka kekasaran Manning berbeda-beda tergantung dari tipe saluran. Adapun nilai angka kekasaran Manning tersebut disajikan pada Tabel 2.1 Angka kekasaran Manning.

Tabel 2.1 Angka Kekasaran Manning n

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
A. Saluran, dilapis atau dipoles			
A-1 Logam			
a. Baja dengan permukaan licin			
1. Tidak dicat	0.011	0.012	0.014
2. dicat	0.012	0.013	0.017
b. Baja dengan permukaan bergelombang	0.021	0.025	0.03
A-2 Bukan Logam			
a. Semen			
1. Acian	0.01	0.011	0.013
2. Adukan	0.011	0.013	0.015
b. Kayu			
1. Diserut, tidak diawetkan	0.01	0.012	0.014
2. Diserut, diawetkan dengan creosote	0.011	0.012	0.015
3. Tidak diserut	0.011	0.013	0.015

Tabel 2.1 Angka Kekasaran Manning n - Lanjutan

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
4. Papan	0.012	0.015	0.018
5. Dilapis dengan kertas kedap air	0.01	0.014	0.017
c. Beton			
1. Dipoles dengan sendok kayu	0.011	0.013	0.015
2. Dipoles sedikit	0.013	0.015	0.016
3. Dipoles	0.015	0.017	0.02
4. Tidak dipoles	0.014	0.017	0.02
5. Adukan semprot, penampang rata	0.016	0.019	0.023
6. Adukan semprot, penampang bergelombang	0.018	0.022	0.025
7. Pada galian batu yang teratur	0.017	0.02	
8. Pada galian batu yang tidak teratur	0.022	0.027	
d. Dasar beton dipoles sedikit dengan tebing dari			
1. Batu teratur dalam adukan	0.015	0.017	0.02
2. Batu tak teratur dalam adukan	0.014	0.02	0.024
3. Adukan batu, semen, diplester	0.016	0.02	0.024
4. Adukan batu dan semen	0.02	0.025	0.03
5. Batu kosong atau rip-rap	0.02	0.03	0.035
e. Dasar kerikil dengan tebing dari			
1. Batu acuan	0.017	0.02	0.025
2. Batu tak teratur dalam adukan	0.02	0.023	0.026
3. Batu kosong atau rip-rap	0.023	0.033	0.036
f. Bata			
1. Diglasir	0.011	0.013	0.015
2. Dalam adukan semen	0.012	0.015	0.018
g. Pasangan Batu			
1. Batu pecah disemen	0.017	0.025	0.03
2. Batu kosong	0.023	0.032	0.035
h. Batu potong, diatur	0.013	0.015	0.017
i. Aspal			
1. Halus	0.013	0.013	
3. Kasar	0.016	0.016	
j. Lapisan dari tanaman	0.03		0.05
3. Bersih, berkelok-kelok, berceruk, bertebing	0.033	0.04	0.045
4. Seperti di atas, dengan batu-batu, tanaman pengganggu	0.035	0.045	0.05

Tabel 2.1 Angka Kekasaran Manning n - Lanjutan

Tipe Saluran dan Deskripsinya	Minimum	Normal	Maksimum
5. Seperti di atas, tidak terisi penuh, banyak kemiringan dan penampang yang kurang efektif	0.04	0.048	0.055
6. Tenang pada bagian lurus, tanaman pengganggu, ceruk dalam	0.05	0.07	0.08
B. Saluran di pegunungan, tanpa tumbuhan di saluran tebing umumnya terjal, pohon dan semak-semak disepanjang tebing			
1. Dasar : kerikil, kerakal dan sedikit batu besar	0.03	0.04	0.05
2. Dasar : kerakal dengan batu besar	0.04	0.05	0.07
C-2 Dataran Banjir			
a. Padang rumput tanpa belukar			
1. Rumput pendek	0.025	0.03	0.035
2. Rumput tinggi	0.03	0.035	0.05
b. Daerah pertanian			
1. Tanpa tanaman	0.02	0.03	0.04
2. Tanaman dibariskan	0.025	0.035	0.045
3. Tanaman tidak dibariskan	0.03	0.04	0.05
c. Belukar			
1. Belukar terpencar, banyak tanaman pengganggu	0.035	0.05	0.07
2. Belukar jarang dan pohon, musim dingin	0.035	0.05	0.06
3. belukar jarang dan pohon, musim semi	0.04	0.06	0.08
4. Belukar sedang sampai rapat, musim dingin	0.045	0.07	0.11
5. Belukar sedang sampai rapat, musim semi	0.07	0.1	0.16

Sumber : Garry W. Brunner, 2010 (*Hydraulic Reference Manual*)