

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Irigasi merupakan bentuk kegiatan penyediaan pengambilan, pembagian, pemberian, dan penggunaan air untuk pertanian dengan menggunakan satu kesatuan saluran dan pembangunan berupa jaringan irigasi (Achmad dkk, 2015). Sedimen menjadi salah satu permasalahan pada saluran irigasi dan akan mempersingkat umur pelayanan jaringan irigasi karena pendangkalan dan penurunan kapasitas. Dampak dari sedimentasi dapat mengurangi kapasitas saluran irigasi sehingga dapat mempengaruhi debit air yang disalurkan.

Secara sederhana sedimen diartikan sebagai proses pengendapan material dari hasil erosi dari tempat tertentu. Pengendapan tersebut bisa diakibatkan oleh 2 terbawanya air, angin, es atau gletser. Hasil dari endapan tersebut terbentuk batuan yang disebut batuan sedimen. Menurut Maricar, F., & Lopa, R. T. (2013), beberapa parameter aliran diselidiki pengaruhnya terhadap angkutan sedimen, diantaranya tipe sedimen yang terangkut dengan cepat atau lambat, komposisi dan gradasi butiran serta tebal sedimen yang mengendap di hilir dan keberlanjutan pasca angkutan sedimen menjadi aliran debris.

Sedimentasi dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, tergantung pada penyebab maupun lokasi terjadinya proses pengendapan tersebut. Salah satu bentuk sedimentasi umum terjadi di sungai. Dalam kehidupan sehari-hari, sungai dimanfaatkan untuk berbagai sektor, seperti irigasi pertanian, sumber air minum, pembangkit tenaga listrik, saluran pembuangan air hujan dan limbah, penyeimbang ekosistem, bahkan sebagai daya tarik wisata. Meskipun proses sedimentasi di wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) terjadi secara alamiah dan umumnya tidak mengganggu ekosistem, dalam konteks pemanfaatan sungai untuk kebutuhan manusia, sedimentasi sering kali menjadi hambatan tersendiri.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dirumuskan masalah yaitu:

- Bagaimana pengaruh kecepatan aliran terhadap distribusi angkutan sedimen pada saluran sekunder.
- Bagaimana karakteristik sedimen pada irigasi pattiro?
- Bagaimana perbandingan antara kecepatan aliran dan kecepatan geser terhadap angkutan sedimen melayang saluran primer irigasi pattiro

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

- Menganalisis pengaruh kecepatan aliran terhadap distribusi angkutan sedimen pada saluran primer Irigasi Pattiro.
- Menganalisis karakteristik sedimen pada Irigasi Pattiro.
- Menganalisis perbandingan kecepatan aliran pada bagian hulu dan hilir terhadap angkutan sedimen pada saluran primer Irigasi Pattiro



Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka manfaat dari penelitian ini adalah

- a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi penelitian dengan topik yang sama selanjutnya dan dapat memberikan informasi kepada Instansi Pemerintah terkait tentang kondisi sedimen pada irigasi pattiro, yang tentunya diharapkan dapat membantu dalam menentukan pola perencanaan dan pengelolaan irigasi yang lebih optimal.
- b. Mampu memilah alternatif yang lebih optimal untuk mengatasi permasalahan yang di timbulkan dari sedimentasi pada saluran irigasi pattiro

1.4 Penelitian Terdahulu

Haryono dan Hadihardaja (2013) meneliti variasi koefisien kekasaran manning (n) pada Flume Akrilic pada Variasi Kemiringan Saluran dan Debit Aliran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan uji model fisik saluran dengan bahan akrilic, dengan lebar saluran 15cm tinggi saluran 20cm. Debit aliran diatur dengan menggunakan pintu sorong yang berada pada hulu saluran, dimana sirkulasi aliran dengan menggunakan pompa. Untuk men-stabilkan debit aliran maka pada reservoir pada tampungan saluran hulu dipasang pelimpah samping. Kemiringan saluran dapat diatur dengan mengatur ketinggian pada penyangga saluran. Dari percobaan penelitian pada *flume* dengan bahan akrilic dengan variasi kemiringan dasar saluran dan debit aliran terdapat variasi nilai koefisien kekasaran Manning (n) dimana dari variasi kemiringan saluran 0,0087; 0,0175; 0,0349 dan 0,0524 dengan variasi debit 1 - 4,5 liter/detik menghasilkan variasi n antara 0,006-0,032. Sebagai perbandingan nilai koefisien kekasaran n untuk saluran dilapis / dipoles dicat yaitu 0,012-0,017.

Perbedaan nilai n ini selain dari perbedaan keliling basah yang terjadi pada saluran namun juga dipengaruhi oleh kemiringan saluran. Hasil ini memberikan gambaran untuk lebih hati-hati dalam menentukan koefisien kekasaran n pada rekayasa atau desain saluran. Penggunaan bahan yang seragam (sama) belum tentu menghasilkan nilai koefisien kekasaran yang seragam pula. Sudira, I Wayan, 2013 meneliti Analisis Angkutan Sedimen Pada Sungai Mansahan. Metode penelitian yang dilakukan di mulai dengan menginventarisasi data primer maupun data sekunder. Perhitungan angkutan sedimen menggunakan beberapa rumus angkutan sedimen dan dilanjutkan dengan perhitungan volume sedimen berdasarkan perubahan geometri / topografi. Kedua perhitungan dibandingkan dan memilih besaran sedimen.

Prinsip dasar angkutan sedimen yaitu untuk mengetahui perilaku sedimen pada kondisi tertentu apakah terjadi keadaan seimbang. Hasil Perhitungan besaran angkutan sedimen menggunakan debit aliran yang dominan dari Tahun 2010 sampai dengan Tahun 2012 yang diukur oleh Pengamat Irigasi Toili yaitu sebesar 3,66 m³/detik. Pada sungai Mansahan di ruas terpilih yang dibagi beberapa ruas terjadi erosi dan sedimentasi perlu di teliti lebih lanjut untuk mengetahui lebih terinci perubahan morfologi sungai yang terjadi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa di sungai Mansahan pada ruas terpilih terjadi sedimentasi 251,51 m³/hari berdasarkan analisis pengukuran dari Tahun 2010 - 2012. Dari hasil perbandingan antara simulasi



jadi perbedaan dengan hasil analisis pengukuran dan metode ati dengan hasil pengukuran.

F Maricar, 2015 melakukan analisis pergerakan sedimen pada rapa variasi kemiringan. Jenis penelitian yang dilakukan berupa boratorium. Pemodelan fisik dapat diklasifikasikan dalam dua istorsi dan model distorsi. Pada penelitian ini digunakan model geometri antara model dan prototip adalah sama tetapi berbeda

ukurannya. Hasil Penelitian menunjukkan Nilai terkecil dari kecepatan geser yang terjadi pada saat penelitian adalah $U^* = 0.07003571$ m/s lebih besar dari nilai kecepatan geser kritis butirannya yaitu $U^*_c = 0.009077556$ m/s. Hal ini menjelaskan bahwa butir sedimen berada dalam kondisi tidak stabil atau bergerak. Nilai terkecil dari tegangan geser yang terjadi di dasar saluran adalah $\tau_0 = 4.905$ N/m² jauh lebih besar dari nilai tegangan geser kritis butir sedimen $\tau_c = 0.082404$ N/m². Oleh karena itu, aliran yang terjadi menyebabkan semua butir sedimen bergerak. Semakin besar debit aliran pada suatu penampang saluran akan berpengaruh terhadap bertambahnya kedalaman aliran yang terjadi.

Perubahan kedalaman aliran yang cukup mencolok pada tiap kemiringan disebabkan oleh adanya bangunan check dam pada bagian hilir saluran sehingga semakin kecil kemiringan saluran maka kedalaman aliran yang terjadi semakin besar. Perubahan debit berpengaruh terhadap muatan sedimen yang senantiasa melakukan pergerakan menyebabkan terjadinya fenomena alterasi dasar sungai (*river bed alteration*), dimana pada suatu periode tertentu permukaan dasar sungai kadang-kadang naik (agradasi).

1.5 Landasan Teori

1.5.1 Sedimen

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap di bagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Proses erosi terdiri atas tiga bagian yaitu: pengelupasan (*detachment*), pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*) (Asdak, 2014).

Sedimentasi adalah terbawanya material hasil dari pengikisan dan pelapukan oleh air, angin atau gletser ke suatu wilayah yang kemudian diendapkan. Semua batuan hasil pelapukan dan pengikisan yang diendapkan lama kelamaan akan menjadi batuan sedimen. Hasil proses sedimentasi di suatu tempat dengan tempat lain akan berbeda. Menurut Maricar, F., & Lopa, R. T. (2013), beberapa parameter aliran diselidiki pengaruhnya terhadap angkutan sedimen, diantaranya tipe sedimen yang terangkut dengan cepat atau lambat, komposisi dan gradasi butiran serta tebal sedimen yang mengendap di hilir dan keberlanjutan pasca angkutan sedimen menjadi aliran debris.

1.5.2 Transpor Sedimen

Kecepatan transpor sedimen adalah hasil perkalian antara berat partikel sedimen dengan kecepatan rata-ratanya. Besarnya transpor sedimen dalam aliran merupakan fungsi dari suplai sedimen dan energi aliran sungai. Ketika besarnya energi aliran sungai melampaui besarnya suplai sedimen, terjadilah degradasi sungai. Sebaliknya, ketika suplai sedimen lebih besar daripada energi aliran sungai, terjadi aggradasi sungai. Selama periode aliran besar (*stormflow events*),



hidrograf berasosiasi dengan meningkatnya laju transpor t aliran puncak telah terlampaui dan debit aliran berkurang, laju ang yang berakibat terjadinya sedimentasi (Asdak, 2007). merupakan suatu proses pengendapan material yang ditranspor , es, atau gletser di suatu cekungan (Soemarto, 1993).

Menurut Soewarno (1991), angkutan sedimen dapat bergerak dan bergeser disepanjang dasar sungai atau bergerak melayang pada aliran sungai, tergantung pada komposisi material (ukuran dan berat jenis) dan 17 kondisi aliran yang meliputi kecepatan dan kedalaman aliran. Jenis sedimen angkutan yang dibawa oleh alur sungai dibedakan menjadi beban bilas (*wash load*), beban layang (*suspended load*), dan beban alas (*bed load*). Beban bilas (*wash load*) terdiri dari patikel – partikel yang sangat halus dan koloid. Partikel tersebut mengendap sangat lambat meskipun dalam aliran air tenang. Jenis bahan ini didapatkan dari bahan alas (*bed material*) dalam jumlah yang sangat sedikit, atau terbatas. Aliran turbulen yang biasa saja di alur sungai sudah mempunyai kemampuan besar untuk mengangkut beban bilas, sehingga beban bilas yang diangkut hanya merupakan fungsi penyediaan material yang terdapat di alas sungai (Soemarto,1993). Muatan dasar (*bed load*) bergerak dalam aliran sungai dengan cara bergulir, meluncur dan meloncat diatas permukaan dasar sungai. Muatan melayang (*suspended load*) terdiri dari butiran halus yang ukurannya lebih dari 0,1 mm dan senantiasa melayang di dalam aliran air. Penghasil sedimen terbesar adalah hasil longsoran permukaan lereng pegunungan, erosi sungai (dasar dan tebing alur sungai), dan bahan- bahan hasil letusan gunung berapi yang masih aktif (Yusuf Gayo, dkk., 1985 dalam Muhammad, 2022).

Muatan sedimen melayang (*suspended load*) dapat dipandang sebagai material sungai yang melayang di dalam aliran dan terdiri dari butiran-butiran pasir halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit interaksinya dengan dasar sungai, karena selalu terdorong ke atas oleh turbulensi aliran (Soewarno,1991). Kecepatan aliran sungai pada 18 badan sungai selalu lebih besarm dibandingkan di tempat dekat permukaan tebing atau dasar sungai. Dalam pola aliran yang berputar (*turbulence flow*), tenaga momentum yang diakibatkan oleh kecepatan aliran yang tidak menentu tersebut akan dipindahkan ke arah aliran air yang lebih lambat oleh gulungan air yang berawal dan berakhir secara tidak menentu pula. Sebagian tenaga kinetis yang terbentuk oleh momentum bergerak ke dasar sungai, memungkinkan terjadi gerakan partikel – partikel besar sedimen yang tinggal di dasar sungai yang dikenal sebagai sedimen merayap atau muatan dasar, sedangkan partikel yang kecil ukurannya akan terlarut dalam air dan bergerak bersama badan air mengikuti arus kecepatan aliran yang terbentuk karena gradien sungai. Tampak jelas perbedaan sedimen suspensi dengan sedimen muatan dasar, yaitu ukuran partikel dan cara partikel - partikel tersebut bergerak (Asdak, 2007).

Angkutan sedimen dapat dibedakan menjadi 2 (dua) menurut mekanisme pengangkutnya:

a. Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan secara langsung (*direct*) menggunakan alat *current* meter, metode tiga titik Pengukuran kecepatan aliran dilakukan pada titik 0,2; 0,6; dan 0,8 kedalaman aliran dari permukaan air. Metode ini biasanya dipakai pada saluran dengan kedalaman lebih dari 0,76 m, dinyatakan dengan Persamaan 1.

$$V = \frac{1}{3} (U_{0,2} + U_{0,6} + U_{0,8}) \quad (1)$$



fungsi dari luas penampang saluran (*A*) dan kecepatan aliran *g* dalam menghitung besarnya debit suatu aliran, setelah kedua diketahui barulah dapat dicari besarnya debit aliran sungai

Karakteristik sedimen dengan mengetahui partikel butiran sedimen alam memiliki bentuk yang tidak teratur. Oleh karena itu setiap panjang dan diameter akan memberikan arti bentuk kelompok butiran. Secara garis besar skala butiran adalah brangkal (*boulders*) 4000 – 250 mm, kerakal (*cobbles*) 250 – 64 mm, kerikil (*gravel*) 64 – 25 mm, pasir (*sand*) 2000 – 62 μ , lanau (*silt*) 62 – 4 μ , dan lempung (*clay*) 4 – 0,24 μ .

Berat jenis sedimen adalah perbandingan antara berat sedimen dengan berat air pada volume yang sama dan pada temperatur tertentu. Untuk mendapatkan harga berat jenis butir tanah G_s (*specific gravity*) digunakan rumus (Riska, 2017 dalam Hermawan dan Afiato, 2021).

$$G_s = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_5 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (2)$$

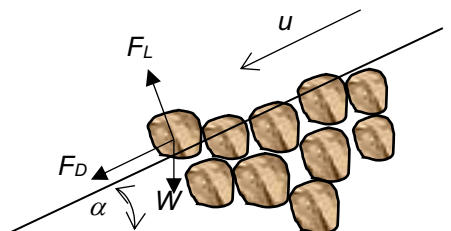
$$W_5 = W_4 \cdot k \quad (3)$$

dengan, W_1 adalah berat piknometer, W_2 adalah berat piknometer + sampel, W_3 adalah berat piknometer + sampel + air, W_4 adalah berat piknometer + air, W_5 adalah berat piknometer + air terkoreksi, dan k adalah faktor koreksi temperatur.

Untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah dilakukan analisis uji sedimentasi atau analisis hidrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi atau pengendapan butir-butir tanah dalam air. Distribusi ukuran tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar, dapat ditentukan dengan cara sedimentasi. Pengujian dilakukan dengan analisa sedimen menggunakan hidrometer. Untuk mengetahui tanah berbutir halus dapat dilakukan dengan cara pengujian hidrometer. Analisis Hidrometer didasarkan pada prinsip pengendapan butir-butir tanah dalam air. Hasil dari analisis mekanis (analisis saringan dan hidrometer) umumnya digambarkan dalam kertas semilogaritmik yang dikenal sebagai kurva distribusi ukuran butiran (*particle-size distribution curve*) (Muntohar, 2007 dalam Hermawan dan Afiato, 2021).

2. Persamaan Awal Gerak Partikel Butiran Sedimen

Angkutan sedimen pada dasar saluran sangat dipengaruhi oleh awal gerak butiran partikel sedimen pada saat tegangan kritis nya terlampaui. Ketika tegangan geser belum melampaui nilai tegangan kritis, maka material dasar akan diam atau tak bergerak. Sangat sulit untuk mengukur gerakan partikel pada dasar saluran, hal tersebut disebabkan karena gerakan partikel sedimen merupakan fenomena yang acak dalam ruang dan waktu (Simons et al., 2004).



I.1. Parameter awal gerak partikel butiran sedimen



Faktor – faktor yang berkaitan dengan awal gerak butiran sedimen adalah kecepatan aliran, diameter ukuran butiran, gaya angkat yang lebih besar dari gaya berat butiran, dan gaya geser kritis. Gaya – gaya yang bekerja pada partikel sedimen non-koheisiv dijelaskan pada Gambar 1 (Hassanzadeh, 2012).

Tegangan geser aliran (τ_0) merupakan tegangan yang ditimbulkan akibat adanya gaya pergerakan aliran, dimana gaya yang terjadi merupakan kecepatan geser aliran (u_*) yang dinyatakan dengan persamaan (4).

$$u_* = \sqrt{g \cdot R \cdot I} \quad (4)$$

Dimana, g adalah percepatan gravitasi (m/dt^2), I adalah kemiringan dasar saluran (%), R adalah radius hidraulik penampang saluran (m).

Tegangan geser aliran (τ_0) dinyatakan dengan persamaan (5).

$$\tau_0 = \rho_w \cdot g \cdot R \cdot I \quad (5)$$

Dimana, τ_0 adalah tegangan geser (kg/m^2), ρ_w adalah massa jenis air (kg/m^3), g adalah percepatan gravitasi (m/dt^2), I adalah kemiringan dasar saluran (%), R adalah radius hidraulik penampang saluran (m).

Awal gerak butiran sedimen dipengaruhi oleh besarnya nilai tegangan geser aliran (τ_0) yang terjadi pada ruas penampang aliran dan tegangan geser kritik (τ_c). Partikel sedimen akan bergerak apabila:

1. $\tau_0 < \tau_c$, maka butiran sedimen dalam kondisi tak bergerak atau diam,
2. $\tau_0 = \tau_c$, maka butiran mulai bergerak,
3. $\tau_0 > \tau_c$, maka butiran sedimen bergerak.

Nilai tegangan geser kritis dinyatakan pada persamaan (6).

$$\tau_{c*} = \frac{\tau_c}{(\rho_s - \rho_w) D_s} \quad (6)$$

dengan, τ_{c*} adalah parameter tegangan geser, D_s adalah diameter ukuran butiran (m), ρ_s adalah berat jenis butiran sedimen (kg/m).

Nilai parameter tegangan geser (τ_{c*}) ditentukan melalui kurva diagram pergerakan partikel butiran sedimen Shields yang didasarkan terhadap nilai Reynolds Number (Re). Bilangan Reynold merupakan faktor tak berdimensi yang dinyatakan dengan persamaan (7).

$$Re = \frac{u_* D_s}{\nu} \quad (7)$$

dengan, Re adalah bilangan Reynolds, u_* adalah kecepatan geser (m/dt), D_s adalah diameter ukuran butiran sedimen (m), ν adalah viskositas (m^2/det).



kutan Sedimen

urunkan persamaan angkutan sedimen berdasarkan teori ngamatan eksperimental di laboratorium dimana pergerakan g terjadi pada dasar aliran disebabkan oleh adanya gaya angkat y lebih besar daripada berat massa partikel sedimen di dalam air. en dasar (q_b) dinyatakan dalam persamaan (8).

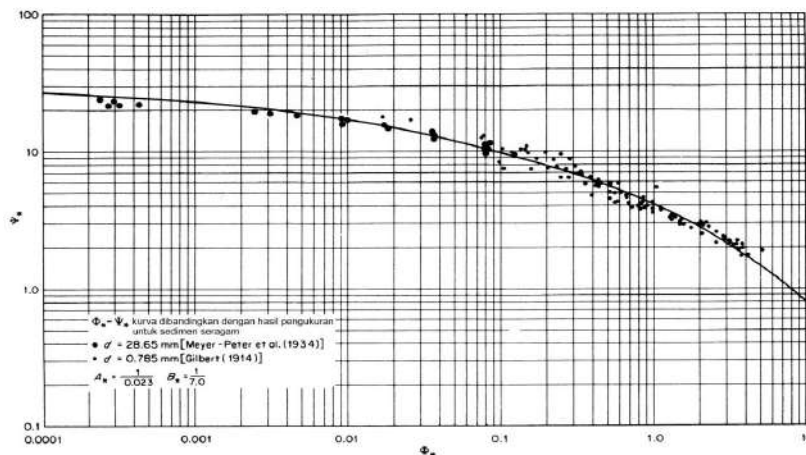
$$q_b = \Phi * \sqrt{\left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right) g \cdot D_s \cdot \rho_s} \quad (8)$$

Dengan q_b adalah total sedimen dasar per meter lebar saluran (kg/m.det), Φ^* adalah intensitas angkutan sedimen, ρ_w adalah rapat massa air (kg/m³), ρ_s = rapat massa sedimen (kg/m), g adalah percepatan gravitasi (m/s²), D_{35} adalah diameter butiran sedimen (m).

Nilai parameter intensitas angkutan sedimen (Φ^*) ditentukan berdasarkan nilai parameter intensitas aliran atau tegangan geser aliran (ψ^*) yang dinyatakan dalam kurva hubungan intensitas angkutan sedimen (Φ^*) dan intensitas aliran atau tegangan geser aliran (ψ^*) pada Gambar 2. Nilai parameter intensitas aliran ditentukan melalui Persamaan (9).

$$\psi_* = \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}\right) \frac{D_s}{\mu \cdot R \cdot S} \quad (9)$$

dengan, D_s adalah diameter butiran sedimen (mm), R adalah radius hidraulik penampang saluran (m), S adalah kemiringan dasar saluran, μ adalah parameter kondisi dasar saluran.



Gambar I.2. Grafik parameter angkutan sedimen (Einstein, 1950)

b. Muatan sedimen melayang (*suspended load*)

Perhitungan debit sedimen melayang metode sesaat muatan sedimen melayang (*suspended load*) dapat dipandang sebagai material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran sungai dan terdiri dari butiran-butiran pasir halus yang senantiasa didukung oleh air dan hanya sedikit sekali interaksinya dengan dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran.



Untuk menghitung muatan sedimen melayang dilakukan untuk menentukan konsentrasi aliran sedimen dan produksi sedimen melayang (Soewarno, 1991) (Soewarno, 2019) Konsentrasi Sedimen Konsentrasi sedimen dapat ditentukan sebagai cara, antara lain:

1. Dinyatakan dengan perbandingan antara berat sedimen kering yang terkandung pada satu untuk volume sedimen bersama-sama airnya dari suatu sampel, biasanya dinyatakan dalam satuan mg/l, g/m³, kg/m³, atau ton/m³.
2. Dinyatakan dengan perbandingan volume partikel sedimen yang terkandung pada satu unit volume sampel air, biasanya dinyatakan dalam satuan %;
3. Konsentrasi sedimen dapat juga dinyatakan dalam parts per million (ppm), apabila konsentrasinya rendah, dihitung dengan cara membagi berat sedimen kering dengan berat sampelnya dan mengalikan hasil bagi tersebut dengan 10⁶.

$$Q_s = k \times c \times Q_i \quad (10)$$

Dimana:

- Q_s = Debit sedimen melayang
 K = Faktor konversi
 C = Konsentrasi sedimen melayang
 Q_i = Debit air

Umumnya untuk perhitungan debit sedimen melayang persamaan ditulis sebagai berikut:

$$Q_s = 0,0864 \times C \times Q_w \quad (11)$$

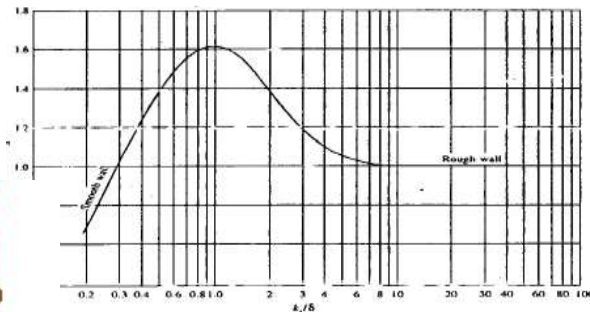
Dimana:

- Q_s = Debit sedimen melayang rata-rata harian (ton/hari)
 C = Konsentrasi sedimen rata-rata
 Q_w = Debit rata-rata

Einstein (1950) mengasumsikan bahwa $a = 2d$. Dimana d adalah ukuran butiran dari material dasar. Nilai x didapat dari Gambar I.3 dengan menghubungkan Persamaan 12.

$$\frac{K_s}{\delta'} = \frac{U_* \cdot d_{65}}{11,6 \cdot \nu} \quad (12)$$

Dimana $U_* = U^*$ = kecepatan geser (m/s), d_{65} = diameter saringan yang 65% fraksi butirannya lolos saringan, dan ν = viskositas kinematis (1.10⁻⁶ m²/s).



Gambar I.3. Grafik hubungan antara $\frac{K_s}{\delta'}$ dan x



I adalah numerik terintegrasi, untuk mendapatkan nilai I_1 dan I_2 dapat dilihat pada Gambar I.4a dan I.4b dengan menghubungkan Persamaan 13 dan Persamaan 14.

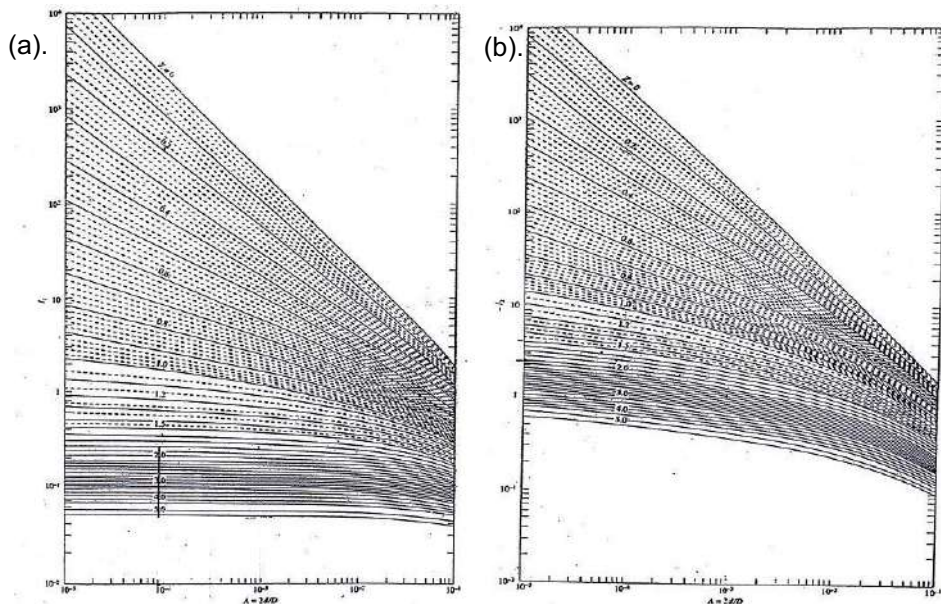
$$A = \frac{2 \cdot d}{H} \quad (13)$$

$$A = \frac{2 \cdot d}{H} \quad (14)$$

Dimana d adalah diameter sedimen d_{65} .

$$\omega = \left(\frac{g \cdot d^2}{18 \cdot \nu} \right) \cdot \left(\frac{\gamma_s}{\gamma} \right) \quad (15)$$

Dimana ω adalah kecepatan jatuh atau pengendapan (m/s) adalah ν adalah viskositas kinematik dengan nilai 1×10^{-6} (Stoke's Law), g adalah gravitasi bumi (9,81 m/s), d adalah diameter sedimen lolos saringan no.50, γ_s adalah berat jenis sedimen dan γ adalah berat jenis air (62,4 lb/ft³ atau 1000 kg/m³) (U.S. Bureau of Reclamation, 1987 dalam Ningsih, 2020).



Gambar I.4. Dengan Menggunakan Nilai A dan Z pada Grafik ini dapat dicari Nilai I_1 (a) dan I_2 (b).

1.5.3 Sedimentasi



Erosi dan sedimentasi merupakan proses terlepasnya butiran tanah dari tempat dan terangkutnya material tersebut oleh gerakan air atau angin. Erosi adalah dua hal yang sangat berkaitan erat. Erosi disebabkan oleh beberapa faktor yaitu air, aliran gleyter (es). Erosi sebagai faktor penyebab banyaknya sedimen yang terangkut merupakan akibat dari sedimentasi yang merupakan akibat dari erosi antara

- a. Di sungai, pengendapan sedimen di dasar sungai menyebabkan naiknya dasar sungai, kemudian menyebabkan tingginya muka air sehingga berakibat sering terjadinya banjir.
- b. Di saluran, jika saluran irigasi atau saluran pelayaran di aliri air yang penuh sedimen akan terjadi pengendapan sedimen di saluran, sudah tentu di butuhkan biaya yang besar untuk pengerukan sedimen.
- c. Di waduk-waduk, pengendapan sedimen diwaduk akan mengurangi volume efektifnya.
- d. Di bendungan atau pintu-pintu air, menyebabkan kesulitan dalam mengoperasikan pintu-pintunya.
- e. Di daerah sepanjang sungai, sebagaimana telah diuraikan diatas bahwa banjir akan lebih sering terjadi didaerah-daerah yang tidak di lindungi. Daerah yang dilindungi oleh tanggul akan aman, selama tanggulnya selalu dipertinggi.

Sedimen dapat pula berasal dari erosi yang terjadi pada luar sungai. Sedimen terangkut oleh aliran sungai pada saat debitnya meningkat dari bagian hulu dan kemudian di endapkan pada alur sungai yang landai atau pada ruas sungai yang melebar, selanjutnya pada saat debitnya mengecil dan kandungan beban dalam aliran mengecil, maka sedimen yang mengendap tersebut secara berangsur-angsur terbawa hanyut lagi dan dasar sungai akan berangsur turun kembali.

Sedimen yang dihasilkan oleh proses erosi dan terbawa oleh aliran air akan diendapkan pada suatu tempat yang kecepatan alirannya melambat atau terhenti. Peristiwa pengendapan ini dikenal dengan peristiwa atau proses sedimentasi. Proses sedimentasi berjalan sangat kompleks, dimulai dari jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik yang merupakan permulaan dari proses erosi. Begitu tanah menjadi partikel halus, lalu menggelinding bersama aliran, sebagian akan tertinggal di atas tanah sedangkan bagian lainnya masuk ke sungai terbawa aliran menjadi angkutan sedimen (Arsyad. 2010).

Akibat adanya aliran air, timbul gaya-gaya yang bekerja pada material sedimen. Gaya-gaya tersebut mempunyai kecenderungan untuk menggerakkan atau menyeret butiran material sedimen. Pada waktu gaya-gaya yang bekerja pada butiran sedimen mencapai suatu harga tertentu, sehingga apabila sedikit gaya ditambah akan menyebabkan butiran sedimen bergerak, maka kondisi tersebut disebut kondisi kritis. Parameter aliran pada kondisi tersebut, seperti tegangan geser (τ_0), kecepatan aliran (U) juga mencapai kondisi kritik (Kirono, (1997) dalam Sucipto (1994). Kondisi yang dikatakan sebagai awal gerakan butiran adalah salah satu dari peristiwa berikut: satu butiran bergerak, beberapa (sedikit) butiran bergerak, butiran bersama-sama bergerak dari dasar dan kecenderungan pengangkutan butiran yang ada sampai habis. Tiga faktor yang berkaitan dengan awal gerak butiran sedimen yaitu: kecepatan aliran dan diameter/ukuran butiran, gaya angkat yang lebih besar dari gaya berat butiran dan gaya geser kritis

1.5.4 Saluran Terbuka



Saluran terbuka adalah saluran alami atau buatan yang memiliki permukaan atmosfer. Saluran terbuka dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem bentuk penampang dan kemiringan dasar. Klasifikasi berdasarkan asal-asulnya, sebagai berikut:

Saluran alami (*natural channel*), yaitu saluran yang terbentuk secara alami tanpa manusia. Contoh: sungai-sungai kecil di daerah hulu hingga sungai besar di muara.

- b. Saluran buatan (*artificial channel*), yaitu saluran yang dibuat dan direncanakan oleh manusia. Contoh: saluran drainase tepi jalan, saluran 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:

- a. Saluran Prismatik (*prismatic channel*), yaitu saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya tetap. Contoh: saluran drainase dan saluran irigasi.
- b. Saluran non Prismatik (*nonprismatic channel*) yaitu saluran yang bentuk penampang melintang dan kemiringan dasarnya berubah-ubah. Contoh: sungai (Harianja & Gunawan, 2007).



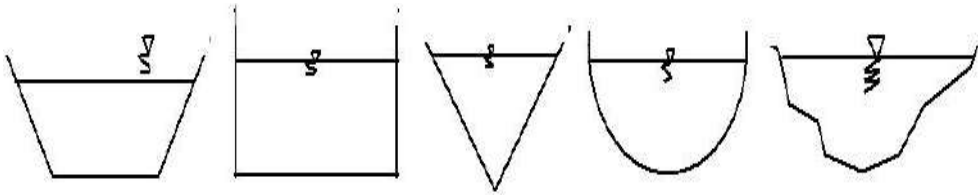
Gambar I.5. Saluran irigasi yang dilapisi pasangan batu

Aliran pada saluran terbuka merupakan aliran yang mempunyai permukaan yang bebas. Permukaan yang bebas itu merupakan pertemuan dua fluida dengan kerapatan ρ (*density*) yang berbeda. Biasanya pada saluran terbuka dua fluida itu adalah udara dan air di mana kerapatan udara jauh lebih kecil daripada kerapatan air. Gerakan air pada saluran terbuka berdasarkan efek dari gravitasi bumi dan distribusi tekanan di dalam air umumnya bersifat hidrostatis (French, 1987 dalam Muhammad, 2022).

Hidraulika adalah ilmu yang mempelajari tentang pengaliran air. Dalam hidraulika kita akan mempelajari mengenai aliran melalui saluran, dimana saluran ini terbagi menjadi 2 jenis aliran yaitu aliran saluran terbuka (*open channel flow*) dan aliran saluran tertutup / aliran pipa (*pipe flow*). Kecepatan aliran yang mengalir melalui saluran terbuka dapat mengalami hambatan yang dipengaruhi oleh kekasaran kemiringan dan ukuran saluran yang dibuat. Besar hambatan yang terjadi dapat ditentukan dengan mengetahui besarnya koefisien kekasaran pada setiap pembuat dinding saluran. Penentuan koefisien kekasaran sangat penting dalam menentukan pendistribusian debit aliran kan pada badan air.

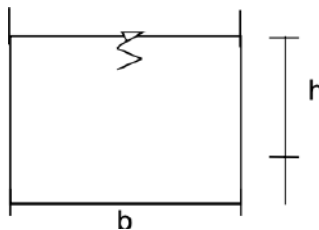


ak bentuk penampang saluran terbuka antara lain penampang nampang bentuk persegi panjang, penampang bentuk segitiga, parit dangkal, dan penampang saluran alam yang tidak 6 memperlihatkan berbagai macam bentuk saluran terbuka.



Gambar I.6. Bentuk-bentuk saluran terbuka

Penampang pada saluran alam umumnya sangat tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk parabola sampai trapesium. Istilah penampang saluran adalah tegak lurus terhadap arah aliran. Penampang vertikal saluran adalah penampang melalui titik terbawah atau terendah dari penampang. Oleh sebab itu pada saluran mendatar penampangnya selalu merupakan penampang vertikal. Gambar I.7 memperlihatkan penampang saluran persegi panjang.



Gambar I.7 Penampang saluran persegi panjang

$$\text{Luas } (A) = b \times h \quad (16)$$

$$\text{Keliling basah } (P) = b + 2h \quad (17)$$

$$\text{Jari - jari hidrolis } (R) = \frac{b \cdot h}{b + 2h} \quad (18)$$

1.5.5 Irigasi

Irigasi didefinisikan sebagai suatu cara pemberian air, baik secara alamiah ataupun buatan kepada tanah dengan tujuan untuk memberi kelembapan yang berguna bagi pertumbuhan tanaman. Sesuai dengan definisi irigasinya, maka tujuan irigasi pada suatu daerah adalah upaya rekayasa teknis untuk penyediaan dan pengaturan air dalam menunjang proses produksi pertanian, dari sumber air ke daerah yang memerlukan serta mendistribusikan secara teknis dan sistematis.



suatu sistem irigasi, adalah:

1. *Saluran* di tanah, yaitu pembasahan tanah pada daerah yang curah atau tidak menentu.

2. *Saluran* pembasahan tanah, agar daerah pertanian dapat diairi pada saat dibutuhkan, baik pada musim kemarau maupun

1.

- c. Untuk menyuburkan tanah, dengan mengalirkan air yang mengandung lumpur dan zat-zat hara penyubur tanaman pada daerah pertanian tersebut, sehingga tanah menjadi subur.
- d. Untuk kolmatase, yaitu meninggikan tanah yang rendah / rawa dengan pengendapan lumpur yang dikandung oleh air irigasi.
- e. Untuk pengelontoran air, yaitu dengan menggunakan air irigasi, maka kotoran/ pencemaran/ limbah/ sampah yang terkandung di permukaan tanah dapat digelontor ketempat yang telah disediakan (saluran drainase)
- f. Untuk diproses penjernihan secara teknis atau alamiah. pada daerah dingin, dengan mengalirkan air yang suhunya lebih tinggi dari pada tanah, sehingga dimungkinkan untuk mengadakan proses pertanian pada musim tersebut.

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.32/PRT/M/2007, disebutkan bahwa jaringan irigasi adalah saluran, bangunan, dan bangunan pelengkap yang merupakan satu kesatuan yang diperlukan untuk penyediaan, pembagian, pemberian, penggunaan, dan pembuangan air irigasi. Ada beberapa jenis jaringan irigasi yaitu:

- a. Jaringan irigasi primer adalah bagian dari jaringan irigasi yang terdiri atas bangunan utama, saluran induk/primer, saluran pembuangannya, bangunan bagi, bangunan bagi-sadap, bangunan sadap, dan bangunan pelengkap.
- b. Jaringan irigasi sekunder adalah bagian dari jaringan irigasi yang terdiri atas saluran sekunder, saluran pembuangannya, bangunan bagi, bangunan bagisadap, bangunan sadap, dan bangunan pelengkap.
- c. Jaringan irigasi tersier adalah jaringan irigasi yang berfungsi sebagaiprasarana pelayanan air irigasi dalam petak tersier yang terdiri atas saluran tersier, saluran kuarter dan saluran pembuang, boks tersier, boks kuarter, serta bangunan pelengkap.

Desain hidrolik rumus Manning–Strickler:

$$Q = k \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (19)$$

di mana k adalah koefisien Strickler, A adalah luas basah, R adalah jari-jari hidrolis, I adalah kemiringan saluran. Pemilihan penampang ekonomis (trapesium atau setengah lingkaran) didasarkan pada efisiensi biaya dan minimisasi perpindahan tanah (Rohlianion, 2014).

Koefisien kekasaran Strickler (k) dipengaruhi oleh kondisi permukaan, vegetasi, sedimen, dan ketidakaturan saluran. Ada dua batas kecepatan yaitu kecepatan minimum untuk menghindari sedimentasi dan kecepatan maksimum untuk mencegah erosi. Erosi terjadi saat kecepatan aliran > batas erosi tanah dasar. Sedimentasi terjadi saat kecepatan terlalu rendah untuk mengangkut partikel sedimen. Rancangan saluran harus memperhatikan jaringan, petak, bangunan bagi/sadap, serta pemeliharaan. Saluran pembuang (kuarter, tersier, sekunder, primer) memiliki hierarki dan fungsi khusus.

1.5.6 Tipe Aliran



Tipe aliran dapat dibedakan menggunakan bilangan Reynolds. Menurut

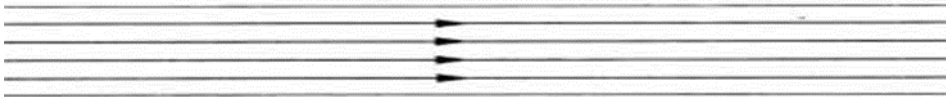
dibedakan sebagai berikut:

mempunyai nilai bilangan Reynolds lebih besar dari Seribu ini tidak mempunyai garis-garis arus yang halus dan sejajar



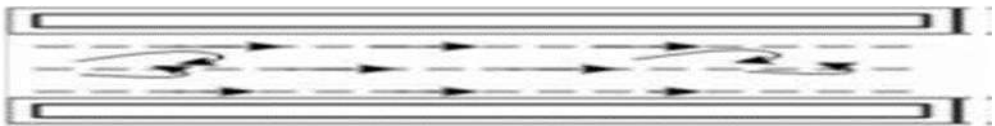
Gambar I.8. Aliran turbulen

- b. Aliran laminar adalah suatu tipe aliran yang ditunjukkan oleh gerak partikel-partikel menurut garis-garis arusnya yang halus dan sejajar. Dengan nilai Reynolds lebih kecil lima ratus ($Re < 500$).



Gambar I.9. Aliran laminar

- c. Aliran transisi biasanya paling sulit diamati dan nilai bilangan Reynold antara lima ratus sampai seribu ($500 \leq Re \leq 1000$).



Gambar I.10. Aliran transisi

Tipe aliran dapat juga dibedakan dengan bilangan Froude, yaitu:

- Aliran kritis, jika bilangan Froude sama dengan satu ($Fr = 1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang dilempar kedalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.
- Aliran subkritis, jika bilangan Froude lebih kecil dari satu ($Fr < 1$). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).
- Aliran superkritis, jika bilangan Froude lebih besar dari satu ($Fr > 1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi (segala riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).

Persamaan untuk menghitung bilangan Froude yaitu:

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gh}} \quad (20)$$

Nilai U diperoleh dengan rumus:

$$U = \frac{Q}{A} \quad (21)$$

Nilai A diperoleh tergantung dari bentuk penampang yang digunakan.



an

patan aliran dalam saluran biasanya sangat bervariasi dari satu ke lainnya (tidak merata) pada seluruh tampang saluran terbuka. Hal ini dapat dijelaskan dengan konsep kekentalan fluida dan kekasaran saluran dimana disebabkan adanya tegangan geser di dinding dan dasar saluran. Rumus yang dipakai dalam penelitian ini adalah rumus untuk menghitung debit:

$$U = \frac{Q}{A} \quad (22)$$

Keterangan:

V = Kecepatan Aliran (m/detik)

Q = Debit Aliran ($m^3/detik$)

A = Luas Penampang (m^2)

Kecepatan aliran rata – rata di suatu bagian penampang basah diperoleh dari hasil pengukuran kecepatan rata – rata dari titik kedalamannya. Kecepatan aliran rata – rata di suatu vertical diperoleh dari hasil pengukuran kecepatan aliran satu, dua atau tiga titik, yang pelaksanaannya tergantung pada kondisi aliran, kedalaman aliran, lebar aliran dan sarana yang tersedia. Jenis cara pengukuran tersebut adalah sebagai berikut:

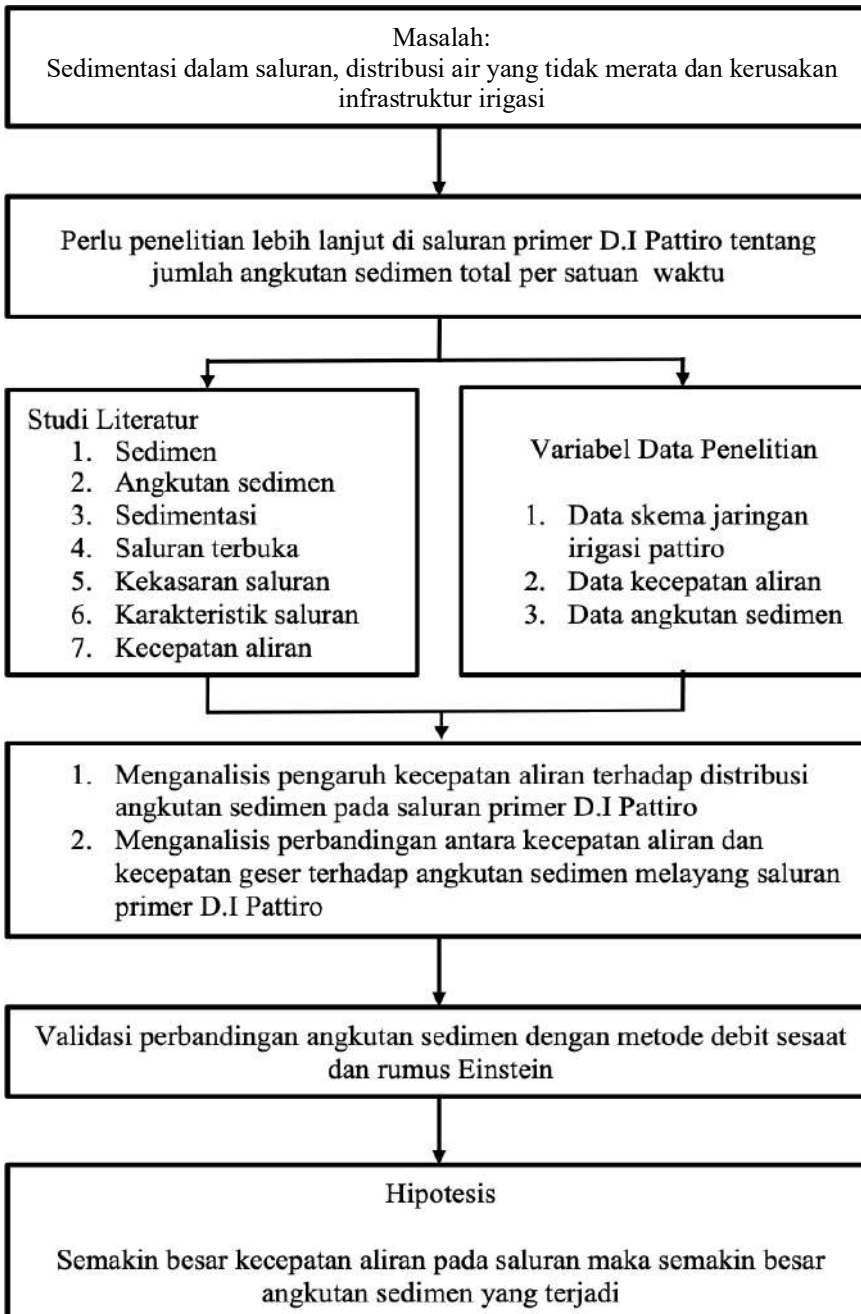
Pengukuran kecepatan aliran satu titik, dilaksanakan pada 0,6 kedalaman (d) atau 0,2 (d) dari permukaan air, dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Pada 0,6 d, dilaksanakan apabila kedalaman air kurang dari 0,75 m
2. Pada 0,6 d, dari permukaan air, juga dilakukan untuk mengukur debit banjir apabila cara pengukuran pada 0,2 d dan 0,8 d tidak dapat dilaksanakan karena aliran berubah cepat sehingga waktu yang tersedia relative pendek.
3. Pengukuran kecepatan aliran dua titik, dilaksanakan pada 0,2 d dan 0,8 d dari permukaan air, apabila kedalaman air lebih dari 0,75 m.
4. Pengukuran kecepatan aliran tiga titik, dilaksanakan pada titik 0,2 d, 0,6 d, dan 0,8 d dari permukaan air.

1.5.8 Kerangka Pikir

Kerangka piker penelitian analisis pengaruh kecepatan aliran terhadap distribusi angkutan sedimen pada saluran irigasi Pattiro Kabupaten Bone ditampilkan pada Gambar I.11.





Gambar I.11. Kerangka pikir penelitian



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

2.1.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian berada di Kabupaten Bone merupakan wilayah bagian provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Ibu kota kabupaten ini terletak di Watampone, Secara geografis Kabupaten Bone terletak pada koordinat $4^{\circ}32' 21''\text{S}$ dan $120^{\circ}18' 33''\text{E}$. Penelitian akan di laksanakan pada saluran primer Daerah Irigasi Pattiro yang terletak pada Kecamatan Cina, Desa Padangloang dengan titik koordinat geografis $4^{\circ} 37' 16'' \text{ S}$ dan $120^{\circ} 15' 50'' \text{ E}$. Bendung Pattiro terletak di Desa Padang Loang, Kecamatan Cina, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Bendung ini dibangun pada tahun 1927 dan memiliki luas Daerah Irigasi (DI) sekitar 4.970 hektar yang dikelola oleh Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang untuk mendukung pertanian di wilayah tersebut. Pada tahun anggaran 2014 dan 2015 ada pekerjaan perbaikan saluran berupa lining pasangan batu pada beberapa tempat, namun tidak pada keseluruhan ruas saluran, secara umum kondisi fisik Bendung pada saat ini baik dan berfungsi, namun karena sudah berumur tua maka ada kebocoran/kerusakan di pintu penguras dan pintu pengambilan. Daerah irigasi Pattiro masuk dalam Wilayah Sungai Walanae Cenranae. Saluran Primer D.I Pattiro berada pada desa Padang Loang, dan Hulu saluran sekunder D.I Pattiro yaitu sekunder parippung, sekunder corawali dan sekunder watu. Sedangkan Tengahnya terdapat lapeccang, sekunder apala dan sekunder cinnong. Adapun hilinya terdapat sekunder kalepae, sekunder kampuno dan sekunder bajo. Lokasi penelitian ini adalah sebagai berikut:





Gambar II.1. Peta lokasi penelitian saluran primer D.I Pattiro
(Sumber: Google Earth, 2023)

2.1.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini akan dilaksanakan pada Tahun 2023, yaitu persiapan penelitian, pelaksanaan penelitian di lapangan, pengolahan data dan penyajian hasil.

2.2 Data Penelitian

Untuk memperoleh data sebagai bahan utama penelitian ini, maka digunakan metode yang disesuaikan dengan fokus dan tujuan penelitian yaitu:

1. Studi Pustaka adalah penelitian yang dilakukan oleh peneliti dengan mengumpulkan sejumlah buku-buku, majalah, jurnal, dan artikel ilmiah yang berkenaan dengan masalah dan tujuan penelitian. Buku tersebut dianggap sebagai sumber data yang akan diolah dan dianalisis.
2. Pengumpulan data sekunder, yaitu dengan mengumpulkan data yang ada pada instansi pemerintah terkait dalam hal ini pengumpulan data skema jaringan dan skema bangunan jaringan irigasi pattiro.
3. Pengumpulan data primer, yaitu dengan melakukan peninjauan langsung ke lapangan untuk mengetahui kondisi lokasi penelitian secara rinci, serta melakukan pengambilan sampel sedimen dan melakukan pengukuran debit dan pencatatan ukuran dimensi saluran primer irigasi pattiro.

2.3 Pengambilan Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari subjek penelitian. Pengumpulan data primer merupakan bagian internal dari sebuah penelitian dan yang seringkali diperlukan untuk tujuan pengambilan keputusan. Data primer dianggap lebih akurat, karena data yang disajikan secara terperinci.

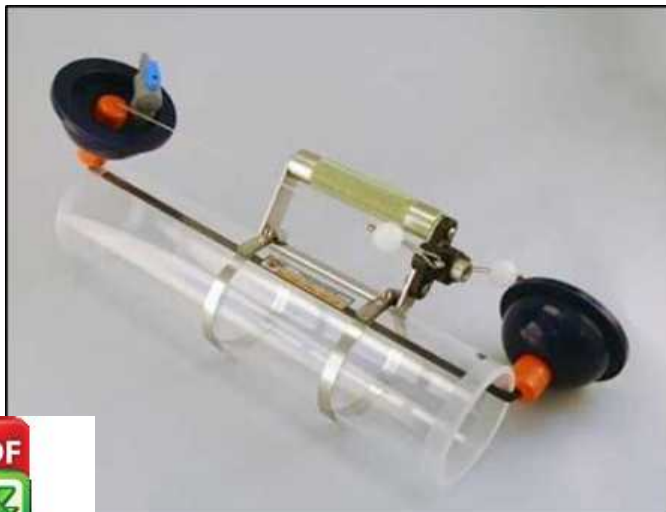




Gambar II.2. Current meter

Prosedur pengukuran dengan menggunakan current meter:

1. Melakukan pengukuran kedalaman saluran dengan menggunakan tiang ukur dari alat *current meter*.
2. Memilih propeller yang sesuai dengan kedalaman saluran, sehingga dapat digunakan untuk beberapa titik vertikal yaitu (0.3h, 0.6h, 0.9h) dimana h merupakan kedalaman saluran.
3. Current meter di pasang pada tiang ukur (statis) dengan kedalaman 0.3h, 0.6h, dan 0.9h kemudian tiang ukur dimasukkan kedalam air sampai menyentuh dasar saluran dengan propeller menghadap arah aliran.
4. Didapatkan kecepatan aliran secara otomatis pada alat current meter.



Gambar II.3. Van Dorn bottle sampler

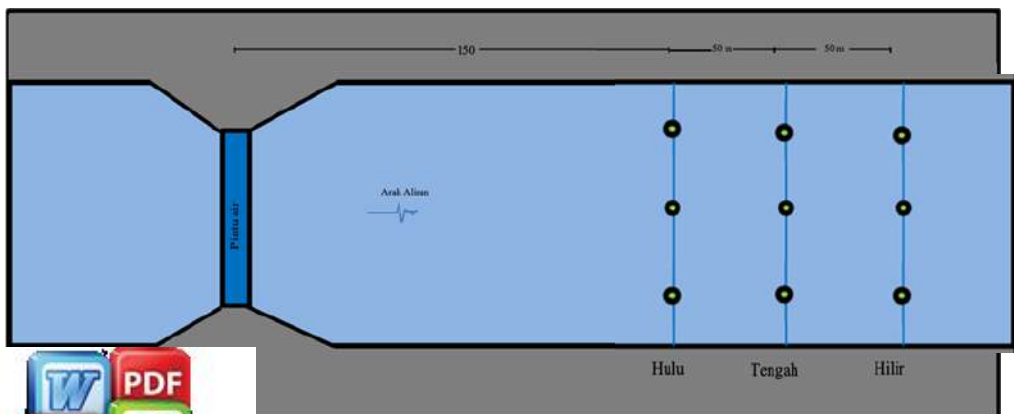
in sedimen melayang pada saluran primer D.I Pattiro



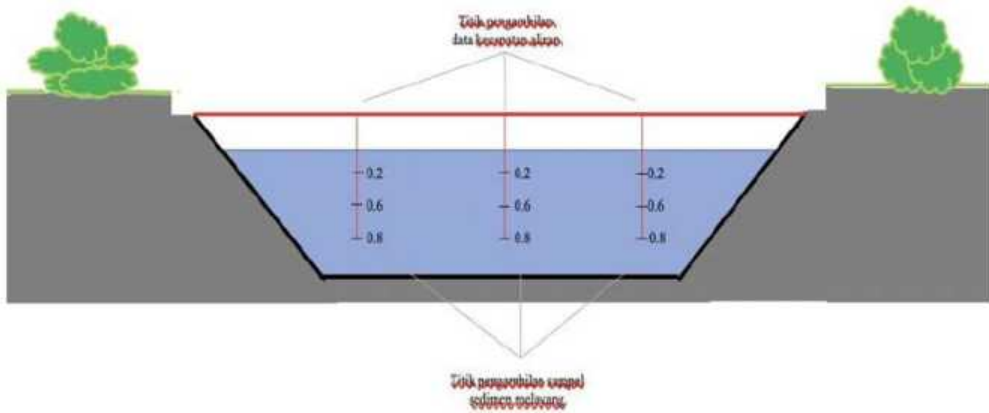
1. Menyiapkan alat pengambilan sampel sedimen melayang (Van Dorn bottle sampler)
2. Sebelum di turunkan, kedua penutup tabung di kaitkan agar penutup tabung terbuka.
3. Setelah penutup terbuka, alat di turunkan dengan kedalaman yang di rencanakan.
4. Setelah mencapai kedalaman yang di inginkan maka tabung di tutup agar sampel air tidak keluar saat diangkat ke permukaan.
5. Setelah tertutup maka tabung ditarik ke permukaan bersama dengan sampel air yang dibutuhkan.

2.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

1. Tahap persiapan, pada tahap ini data mengenai dimensi saluran dan titik pengambilan sampel telah di ketahui.
2. Tahap pengambilan data meliputi:
 - a. Pengambilan data luas penampang basah saluran
 - b. Pengambilan data pada tiap titik
 - c. Mengatur jarak setiap titik pengambilan sampel dengan interval 50 meter.
 - d. Mengukur kedalaman setiap titik pengambilan sampel
 - e. Mengambil data kecepatan aliran menggunakan alat current meter pada setiap titik yang telah ditentukan
 - f. Setiap data yang didapatkan dicatat pada table yang telah disiapkan.
 - g. Selanjutnya melakukan pengambilan sampel sedimen melayang dengan menggunakan alat van dom bottle sampler.
 - h. Setelah sampel sedimen melayang didapatkan maka akan di lakukan pengujian hydrometer di laboratorium mekanika tanah.
 - i. Setelah didapatkan konsentrasi sedimen maka selanjutnya dilakukan perhitungan debit sedimen suspense total.
 - j. Selanjutnya dilakukan validasi dengan menggunakan metode rumus Einstein 1950.
 - k. Dari hasil analisis data, maka akan dapat diketahui pengaruh kecepatan aliran terhadap distribusi angkutan sedimen



.4. Tampak atas saluran rencana pengambilan data



Gambar II.5. Titik horizontal dan vertikal rencana pengambilan data

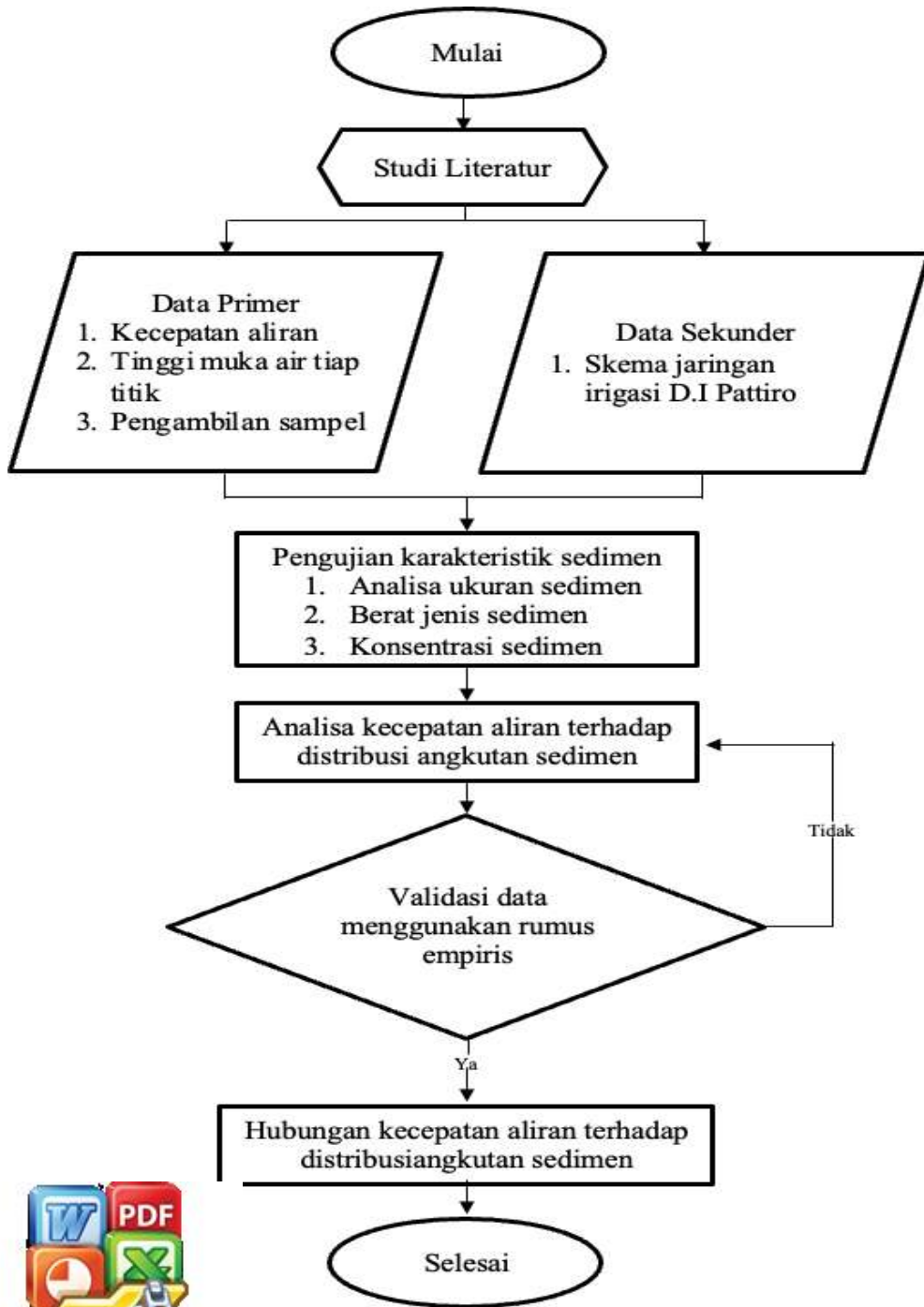
2.5 Pengujian Sampel Sedimen

Pengujian sampel sedimen dilakukan di laboratorium mekanika tanah Universitas Hasanuddin dengan menguji sampel sedimen melayang pada hulu, tengah dan hilir saluran primer D.I Pattiro. Data yang akan diperoleh dalam pengujian sampel sedimen melayang yaitu:

1. Volume dan residu sedimen
2. Berat jenis sedimen
3. Konsentrasi sedimen



2.6 Bagan Alir Penelitian



Gambar II.6. Diagram alir penelitian

