

LAPORAN PENELITIAN
TINJAUAN KECEPATAN ALIRAN PADA TIKUNGAN
SALURAN TERBUKA



Oleh :

SETIYADI

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

JAKARTA

2014

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Mahaesa atas berkat dan karunianya sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini. Banyak pihak yang sangat membantu baik dari segi material maupun non material dalam menyelesaikan penelitian ini, untuk itu terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Universitas Kristen Indonesia Jakarta sebagai penyandang dana
2. Ir. SM. Doloksaribu, M.Ing, sebagai kepala LPPMB periode th.2010 - 2014
3. Prof. Dr. Ir. Charles O.P. Marpaung sebagai kepala LPPMB periode th. 2014 - 2018
4. Ir. Bambang Widodo, M.T, selaku Dekan FT-UKI Jakarta, periode th. 2010 – 2014
5. Ir. Galuh Widati, M.Sc, selaku Dekan FT-UKI Jakarta, periode th. 2014 – 2018
6. Ir. Risma Masniari Simanjuntak, M.E, selaku Ketua Jurusan T.Sipil UKI
7. Mahasiswa Jurusan T.Sipil yang membantu penelitian ini.

Kritik dan saran yang membangun akan penulis terima dengan senang hati, karena penulis menyadari bahwa tulisan ini masih kurang sempurna.

Semoga bermanfaat

Jakarta, September 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Hal

Halaman Judul.....	i
Kata Pengantar.....	ii
Daftar Isi.....	iii
Intisari.....	iv
Bab I Pendahuluan.....	1
1. Latar Belakang Masalah.....	1
2. Penampang Memanjang Sugai.....	6
3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	6
4. Sistematika Penulisan.....	6
Bab II Tinjauan Pustaka dan DasarTeori.....	9
1. Sungai.....	9
2. Gerak Awal Sedimen.....	12
3. Mekanisme Sedimen Pada Tikungan.....	15
4. Konsep Dasar Model.....	16
5. Tinjauan Beberapa Studi terdahulu.....	19
Bab III. Perhitungan dan Pembahasan Kecepatan Sekunder Pada Tikungan.....	22
1. Perhitungan Kecepatan Sekunder.....	22
2. Listing Program Fortran.....	27

Bab IV. Kesimpulan dan Saran.....	29
Daftar Pustaka.....	29

Intisari

Kecepatan Aliran pada Tikungan Sungai ataupun Open Channel Flow pada umumnya mengalami tambahan kecepatan yang disebut kecepatan sekunder. Tulisan ini bertujuan untuk menganalisa dan menghitung kecepatan yang terjadi pada suatu tikungan sungai ataupun Open Channel Flow pada umumnya.

Perhitungan yang penulis gunakan adalah perhitungan dengan metodologi pemrograman fortran, pada suatu studi kasus suatu sungai yang menikung, dimana variabel – variabel yang harus ada diberikan (given).

Hasil perhitungan dan pengukuran Kecepatan sekunder yang terjadi pada tikungan saluran atau sungai atau open channel flow ini akan sangat bermanfaat bagi perbaikan alur sungai atau penanggulangan banjir pada alur sungai, khususnya pada tikungan-tikungan yang ada.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah dan Tujuan

Pada perencanaan saluran terbuka, adanya tikungan pada alinemen, sering tidak dapat dihindari. Kesulitan untuk merancang seringkali ditimbulkan oleh kompleksnya aliran di sekitar tikungan tersebut. Garis arusnya tidak berupa kurva linear, tetapi jalin menjalin dan adanya gaya sentrifugal yang terjadi pada aliran yang mengelilinginya. Akibat dari hal tersebut akan menimbulkan suatu kenaikan permukaan air pada jari-jari luar tikungan, dan bagian jari-jari dalam akan turun yang disebut superelevasi.

1.2. Penampang Memanjang Sungai

Kemiringan suatu sungai ditentukan oleh keadaan udik, sedangkan elevasi dan lokasi setiap titik yang ada pada penampang sungai juga ditentukan oleh ketinggian bagian hilir. Variabel utama pengontrol kemiringan sungai adalah debit air, debit sedimen, dan ukuran butiran.

Geometrik Sungai

Pembentukan sungai merupakan proses yang rumit, melibatkan gabungan antara aliran air dan proses transportasi sedimen.

Perkembangan baru dari morfologi sungai secara analitis didasarkan pada perkiraan :

- Sedimen transport
- Flow resistence
- Pembentukan channel width
- dinamika aliran dalam tikungan sungai.

Dalam sungai variabel tak bebas meliputi :

- Lebar
- Kedalaman
- Bank slope
- Channel slope

- Meandering pattern.

Variabel-variabel tersebut diatas harus dihitung, bukan merupakan masukan, namun sebenarnya variabel bebas bervariasi pada tiap sungai, tergantung pada type sungai yang paling sederhana atau sungai Alluvial yang stabil dan lurus, terdapat 4 variabel tak bebas antara lain :

- Lebar
- Kedalaman
- Bank slope
- Channel slope

1.3. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh adanya tikungan saluran terhadap kecepatan aliran serta perubahan tinggi permukaan air dalam arah melintang saluran (superelevasi), dan kemiringan melintang dasar pada tikungan untuk dasar bergerak (sedimen) diantaranya :

1. Memprediksi adanya kecepatan sekunder pada tikungan saluran.
2. Apabila diketahui kecepatan sekunder tersebut besar dan arahnya, akan dapat menghitung kecepatan air yang bekerja pada titik- titik yang ditentukan.
3. Dari titik-titik tersebut dapat kita prediksi terjadinya gerusan dan terjadinya sedimentasi.
4. Menjadi dasar perhitungan perancangan bangunan di tepi sungai tersebut. Baik berupa krib sungai, dinding penahan atau penampungan sedimen.

1.4. Sistematika Penulisan Laporan

Tata cara Penulisan Laporan ini terdiri dari :

Bab I : Pendahuluan

Tentang Latar belakang masalah penampang memanjang sungai, Tujuan dan manfaat penelitian, Sistematika Penulisan

Bab II : Tinjauan Pustaka dan Dasar teori

Bab III : Metodologi Penelitian

Metodologi Penelitian yang dipakai dalam penelitian ini adalah pembuatan Program Komputasi dengan bahasa Fortran. Digunakan untuk

menghitung Kecepatan Sekunder Pada Tikungan Saluran Terbuka atau Sungai

Bab IV : Kesimpulan dan Saran

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sungai

Sungai atau saluran terbuka merupakan saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan debit aliran dan sebgainya (Triatmodjo, 2003).

Kerumitan sistem sungai dapat dilihat dari berbagai komponen penyusun sungai, misalnya bentuk alur dan percabangan sungai, formasi dasar sungai (*river bed form*), morfologi sungai (*river morphology*), dan ekosistem sungai (*river ecosystem*).

2.1.1 Morfologi Sungai (*River Morphology*)

Morfologi sungai adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang geometri (bentuk dan ukuran), jenis, sifat dan perilaku sungai dengan segala aspek dalam ruang dan waktu. Dengan demikian menyangkut sifat dinamik sungai dan lingkungannya yang saling terkait. Sifat-sifat sungai sangat dipengaruhi oleh luas dan bentuk dari pada daerah pengaliran serta kemiringannya. Parameter sungai yang mempengaruhi terjadi perubahan alur (morfologi) suatu sungai menurut Legono(1989) adalah :

- a. Kecepatan aliran (v)
- b. Kedalaman aliran (h)
- c. Kemiringan dasar sungai/slope (s)
- d. Rapat massa air (ρ)

- e. Kekentalan air (μ)
- f. Diameter median partikel (d_{50})
- g. Bentuk dari butiran (SF)
- h. Jenis pola alur sungai (Flan form sungai) (Sr)
- i. Bentuk penampang sunagai (A)
- j. Daya rembesan (fs)
- k. Konsentrasi aliran (Ct)

2.1.2 Alur Sungai

Suatu sungai dapat dibagi menjadi tiga bagian. Tiga bagian itu adalah bagian hulu, tengah dan hilir.

a. Bagian Hulu

Hulu sungai merupakan daerah konservasi dan juga daerah sumber erosi karena memiliki kemiringan lereng yang besar (lebih besar dari 15%). Alur dasar sungai lebih landai sehingga saat banjir material hasil erosi yang diangkut tidak saja partikel sedimen yang halus akan tetapi juga pasir, kerikil bahkan batu.

b. Bagian Tengah

Bahian ini merupakan daerah peralihan dari bagian hulu dan hilir. Kemiringan dasar sungai lebih landai sehingga aliran relative lebih kecil dari bagian hulu. Bagian ini merupakan daerah keseimbangan antara proses erosi dan sedimentasi yang sangat bervariasi dari musim ke musim.

c. Bagian Hilir

Alur sungai di bagian hilir biasanya melalui dataran yang mempunyai kemiringan dasar sungai yang landai sehingga kecepatan alirannya lambat.

Keadaan ini menyebabkan beberapa tempat menjadi daerah banjir (genangan) dan memudahkan terbentuknya pengendapan atau sedimen.

Endapan yang terbentuk biasanya berupa endapan pasir halus, lumpur, endapan organik, dan jenis endapan lain yang sangat stabil.

2.1.3 Perilaku Aliran

Tipe aliran dapat dibedakan menggunakan bilangan Reynolds. Menurut Reynolds tipe aliran dibedakan sebagai berikut :

1. Aliran laminar adalah suatu tipe aliran yang ditunjukkan oleh partikel-partikel menurut garis-garis arusnya yang halus dan sejajar. Dengan nilai Reynolds lebih kecil lima ratus ($Re < 500$)
2. Aliran turbulen mempunyai nilai bilangan Reynolds lebih besar dari seribu ($Re > 1000$), aliran ini tidak mempunyai garis-garis arus yang halus dan sejajar sama sekali.
3. Aliran transisi biasanya paling sulit diamati dan nilai bilangan Reynolds antara lima ratus sampai seribu ($500 \leq Re \leq 1000$).

Persamaan untuk menghitung bilangan Reynolds yaitu :

$$Re = \frac{Ul}{\nu} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

Re = bilangan *Reynolds*

U = kecepatan aliran (m/dtk)

l = panjang karakteristik (meter)

ν = viskositas (m^2/dtk)

Tipe aliran juga dapat dibedakan berdasarkan bilangan *Froude*, yaitu :

1. Aliran kritis, jika bilangan *Froude* sama dengan satu ($Fr= 1$) dan gangguan permukaan missal, akibat yang terjadi akibat batu yang dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.
2. 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).
3. Aliran superkritis, jika bilangan *Froude* lebih besar dari satu ($Fr>1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relative lebih kecil dan kecepatan relatife tinggi (segala riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).

Persmaan untuk menghitung bilangan *Froude* yaitu :

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{g \cdot h}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

Fr = bilangan *Froude*

U = kecepatan aliran (m/dtk)

g = percepatan gravitasi (m/dtk²)

h = kedalaman aliran (m)

Nilai U diperoleh dengan rumus :

$$U = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

Q = debit aliran (m³/dtk)

A = Luas saluran (m²)

Dalam studi, angka *Froude* pada prototipe atau model harus sama.

$$\left(\frac{U_0}{\sqrt{g \cdot y_0}}\right).m = \left(\frac{U_0}{\sqrt{g \cdot y_0}}\right).p$$

Dimana: U_0 = kecepatan rata-rata aliran (m/dtk)

g = percepatan gravitasi (m/dtk)

y_0 = kedalaman aliran (m)

m = model

p = prototype

2.1.4 Jenis Aliran Air di Saluran Terbuka

Aliran air dapat dapat terjadi pada saluran terbuka maupun pada saluran tertutup (*pipe flow*).

Pada saluran terbuka, aliran air memiliki suatu permukaan bebas yang dipengaruhi oleh kecepatan, gradien dan geometri saluran.

Adapun tipe aliran pada saluran terbuka yaitu :

1. Aliran Tunak/Tetap (*Steady Flow*)

Perubahan volume terhadap waktu tetap $\partial Q/\partial t=0$

Perubahan kedalaman terhadap waktu tetap $\partial h/\partial t=0$

Perubahan kecepatan terhadap waktu tetap $\partial v/\partial t=0$

2. Aliran Tak Tunak/tidak tetap (*Unsteady Flow*)

Perubahan volume terhadap waktu tidak tetap $\partial Q/\partial t \neq 0$

Perubahan kedalaman terhadap waktu tidak tetap $\partial h/\partial t \neq 0$

Perubahan kecepatan terhadap waktu tidak tetap $\partial v/\partial t \neq 0$

3. Aliran Merata (Uniform Flow)

Besar dan arah kecepatan tetap terhadap jarak $\partial Q/\partial s=0$

Aliran dengan penampang sama $\partial v/\partial s=0$

Variabel fluida lain juga tetap $\partial h/\partial z=0$

4. Aliran Tidak Merata (*Non Uniform Flow*)

Aliran dengan penampang tidak sama $\partial Q/\partial s \neq 0$

Pengaruh pembendungan dan variabel fluida lain tetap $\partial h/\partial t \neq 0$

Hydraulik jump $\partial v/\partial t \neq 0$

2.1.5 Penentuan Unsur Geometrik

Unsur-unsur geometric pada saluran terbuka antara lain :

1. Kedalaman aliran (y) adalah jarak vertical titik terendah pada suatu penampang saluran sampai ke permukaan bebas
2. Lebar puncak (T atau b) adalah lebar penampang saluran pada permukaan bebas
3. Luas basah (A) adalah luas penampang melintang aliran yang tegak lurus dengan arah aliran
4. Keliling basah (P) adalah panjang garis perpotongan dari permukaan basah saluran dengan bidang penampang melintang yang tegak lurus arah aliran
5. Jari-jari hidraulik (R) adalah rasio luas basah dengan keliling basah

$$R = \frac{A}{P}$$

6. Kedalaman hidraulik (D) adalah rasio luas basah dengan lebar puncak

$$D = (3/4).h$$

2.1.6 Kecepatan Maksimum yang Diinginkan

Adalah kecepatan rata-rata terbesar yang tidak menimbulkan erosi pada tubuh saluran.

Kecepatan ini sangat menentu dan bervariasi. Saluran lama biasanya mengalami banyak pergantian

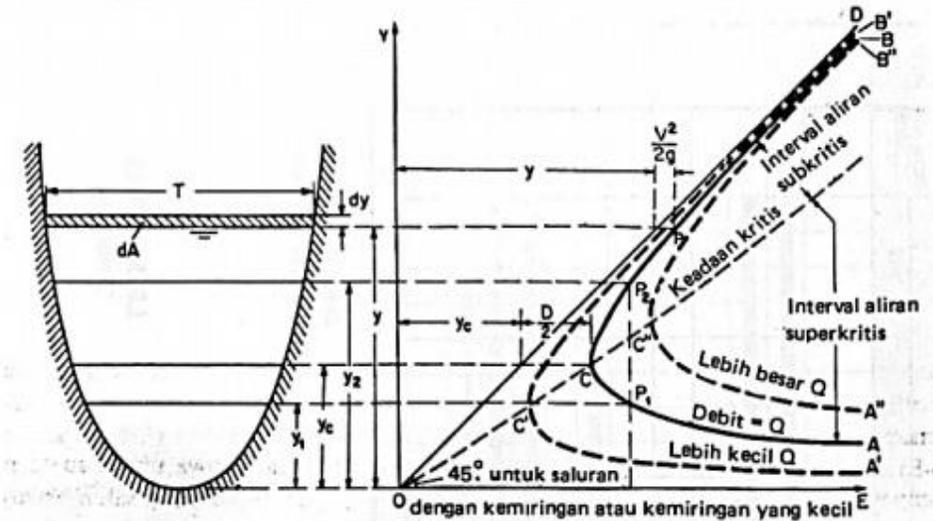
musim mampu akan menerima kecepatan yang lebih besar disbanding saluran baru. Karena saluran lama biasanya lebih stabil terutama adanya pengendapan bahan-bahan kloyda. Tabel kecepatan maksimum yang diijjinkan dipilih pada air jernih, berdasarkan bahan yang digunakan menurut Fortier dan Scobey, dapat dilihat pada table 2 dibawah ini:

Tabel 2.1 : Kecepatan Maksimum Menurut Fortier dan Scobey

No	Bahan	Nilai n	V
1	Pasir halus	0.02	1.50
2	Debu Vulkanis	0.02	2.50
3	Kerikil halus	0.02	2.5
4	Bebatuan	0.035	5

2.1.7 Energi Spesifik

Prinsip energy yang diturunkan untuk aliran melauai saluran terbuka. Energi yang terkandung di dalam satuan berat air yang mengalir di dalam saluran terbuka terdiri dari tiga bentuk yaitu energi kinetik, energi tekanan, dan energy elevasi di atas garis referensi.



Gambar 2.1: Kurva lengkung energy spesifik pada saluran terbuka

Untuk saluran dengan kemiringan dasar kecil $\alpha = 1$ (koefisien energi = 1). Energi spesifik adalah jumlah kedalaman air ditambah tinggi kecepatan, atau :

$$E = Y + \frac{V^2}{2g} \text{ atau } E = Y + \frac{Q^2}{2g^2 A^3} \dots \dots \dots (4)$$

Kurva energy spesifik untuk harga E tertentu mempunyai 2 kemungkinan kedalaman yaitu y_1 dan y_2 .

Jika persamaan (2) diturunkan terhadap y (diferensialkan) dengan Q konsta, maka:

$$\frac{dE}{dy} = 1 = \frac{Q^2}{gA^3} \frac{dA}{dy} \dots \dots \dots (5)$$

Mengingat bahwa $dA=A dy$ atau $dA/dy=T$ dan kedalaman hidrolis $D=A/T$ maka persamaan diatas menjadi:

$$\frac{dE}{dy} = 1 - \frac{v^2}{gD} \dots \dots \dots (6)$$

Pada keadaan kritis energy spesifik saluran adalah minimum atau $dE/dy = 0$ sehingga persamaan di atas menjadi :

$$\frac{dE}{dy} = 1 - \frac{v^2}{gD} = 0 \dots \dots \dots (7)$$

Dengan demikian dapat ditulis $v^2/gD = 1$ atau $v^2/g=D$ maka :

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{D}{2} \dots\dots\dots (8)$$

Ini berarti pada kondisi aliran kritis, tinggi sama dengan setengah dari kedalaman hidrauliknya.

Dapat juga persamaan di atas ditulis di ubah menjadi

$$\frac{v}{\sqrt{gD}} = 1 \dots\dots\dots (9)$$

Bilangan Froude $F = \frac{v}{\sqrt{gD}}$ pada kondisi kritis, nilai $F= 1$. Dimana criteria ini dipakai dengan memenuhi persyaratan berikut :

1. Aliran sejajar atau berubah lambat laun
2. Kemiringan saluran adalah kecil
3. Koefisien energy dianggap sama dengan 1

2.2 Gerak Awal Butiran

Akibat adanya aliran air, timbul gaya gaya yang bekerja pada material sedimen. Gaya-gaya tersebut mempunya kecenderungan untuk menggerakkan atau menyeret butiran material sedimen. Pada waktu gaya-gaya yang bekerja pada butiran sedimen mencapai suatu harga tetentu, sehingga apabila sedikit gaya ditambah akan menyebabkan butiran sedimen bergerak, maka konsisi tersebut disebut kondisi kritis. Parameter aliran pada kondisi tersebut, seperti tegangan geser (τ_0), kecepatan aliran (U) juga mencapai konidisi kritik (Kironto, (1997) dalam Sucipto (1994)).

Kondisi yang dikatakan sebagai awal gerakan butiran adalah salah satu dari peristiwa berikut :

1. Satu butiran bergerak
2. Beberapa (sedikit) butiran bergerak
3. Butiran bersama-sama bergerak dari dasar, dan
4. Kecenderungan pengangkatan butiran yang ada sampai habis

Tiga factor yang berkaitan dengan awal gerak butiran sedimen yaitu

1. Kecepatan aliran dan diameter/ukuran butiran
2. Gaya angkat yang lebih besar dari gaya berat butiran, dan
3. Gaya geser kritis

Distribusi ukuran partikel dinyatakan dalam diameter rata geometric (d_{50}), standar geometri (σ_g) sebagai berikut :

$$\sigma_g = \left(\frac{d_{94}}{d_{50}}\right)^{0.5} \dots\dots\dots (10)$$

Shield mengungkapkan suatu diagram untuk awal gerak butiran pada material dasar seragam. Shield menyatakan parameter mobilitas kritis yang dinamakan parameter Shields :

$$\theta = \frac{\tau_c}{\rho \cdot g \cdot \Delta d} = \frac{u_* c^2}{\rho \Delta d} \dots\dots\dots (11)$$

Tegangan geser :

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot y_0 \cdot I \dots\dots\dots (12)$$

Kecepatan geser :

$$U = \left(\frac{\tau_0}{\rho}\right)^{0.5} \dots\dots\dots (13)$$

Kecepatan geser kritik diberikan :

$$U_c = U_c (5.57 \log \left(\frac{y_0}{2 \cdot d_{50}}\right) + 6) \dots\dots\dots (14)$$

Kecepatan geser kritik diberikan :

$$U_c = \sqrt{\theta_c \cdot g \cdot \Delta \cdot d}$$

- Dengan :
- σ_g = Standar geometri
 - d = diameter butiran d_{50} (m)
 - G = percepatan gravitasi (m/s^2)

Δ = relative density (-)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

U_c = kecepatan geser kritis (m/s)

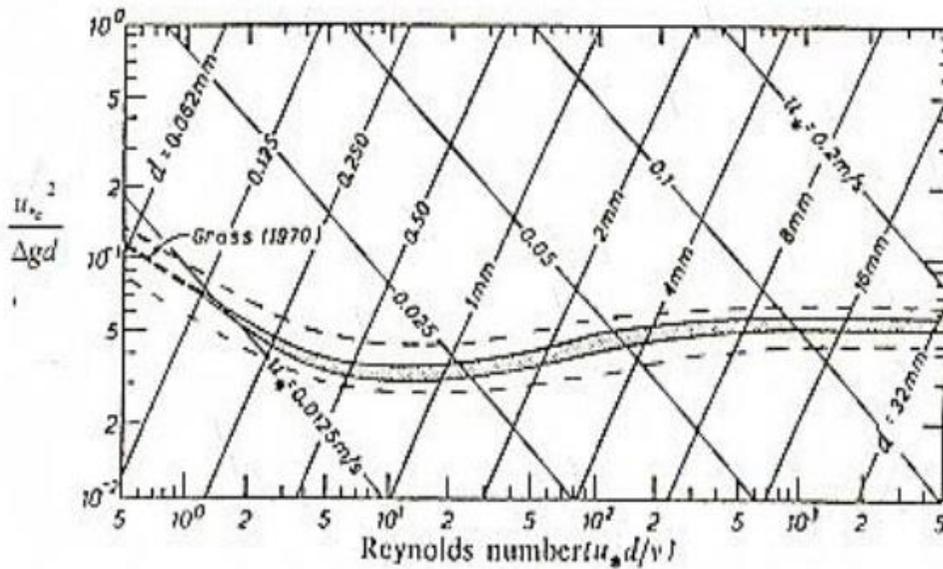
τ_c = nilai kritis (N/m^2)

θ_c = parameter mobilitas kritis (-)

R = jari-jari hidraulik (m)

Y_0 = kedalaman aliran (m)

I = kemiringan dasar sungai



Gambar 2.2 : Diagram Shields, Hubungan Tegangan Geser Kritis dengan Bilangan Reynolds

2.3 Gerusan

Gerusan merupakan penurunan dasar sungai karena erosi di bawah permukaan alami atau datum yang diasumsikan. Gerusan adalah proses semakin dalamnya dasar sungai karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai (Legono, 1990).

Gerusan didefinisikan sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Gerusan local (*local scouring*) terjadi pada suatu kecepatan aliran dimana sedimen ditranspor lebih besar dari sedimen yang disuplai. Transpor sedimen bertambah dengan meningkatnya tegangan geser sedimen, gerusan terjadi ketika perubahan kondisi aliran menyebabkan peningkatan tegangan geser dasar (laursen, (1952) dalam Hanwar (1999)).

Sifat alami gerusan mempunyai fenomena sebagai berikut :

- a. Besar gerusan akan sama selisihnya antara jumlah material yang diangkut keluar daerah gerusan dengan jumlah material yang diangkut masuk ke dalam daerah gerusan dengan jumlah material yang diangkut masuk ke dalam daerah gerusan
- b. Besar gerusan akan berkurang apabila penampang basah di daerah gerusan bertambah. Untuk kondisi aliran bergerak akan terjadi suatu keadaan gerusan yang disebut gerusan batas, besarnya akan asimtotik terhadap waktu.

2.3.1 Tipe Gerusan

Raudkivi dan Ettema (1982) dalam Gunawan (2006:10) membedakan tipe gerusan adalah sebagai berikut :

1. Gerusan umum dialur sungai, tidak berkaitan sama sekali dengan ada atau tidak adanya bangunan sungai.
2. Gerusan di lokalisir di alur sungai, terjadi karena penyempitan alir sungai menjadi terpusat.
3. Gerusan local di sekitar bangunan, terjadi karena pola aliran lokal di sekitar bangunan sungai.

Gerusan dari jenis (2) dan (3) selanjutnya dapat dibedakan menjadi gerusan dengan air bersih (*clear water scour*) maupun gerusan dengan air bersedimen (*lived bed scour*). Gerusan dengan air bersih berkaitan dengan suatu keadaan di mana dasar sungai di sebelah hulu dalam keadaan diam (tidak ada

material yang terangkut). Sedangkan gerusan dengan bersedimen terjadi ketika kondisi aliran dalam saluran menyebabkan material dasar bergerak. Peristiwa ini menunjukkan bahwa tegangan geser pada saluran lebih besar dari nilai kritiknya atau secara teoritik $\tau_0 > \tau_c$

2.3.2 Gerusan dalam Perbedaan Kondisi Angkutan

- a. Kondisi *clear water scour* dimana gerusan dengan air bersih terjadi jika material dasar sungai di sebelah hulu gerusan dalam keadaan diam atau tida terangkut

Untuk $\frac{U}{U_{cr}} \leq 0.5$ gerusan local tidak terjadi dan proses transportasi sedimen tidak terjadi

Apabila $0.5 \leq \frac{U}{U_{cr}} \leq 1.0$ gerusan lokal terjadi secara terus menerus dan proses sedimen tidak terjadi

- b. Kondisi *lived bed scour* dimana gerusan yang disertai dengan angkutan sedimen material dasar saluran, jika :

$$\frac{U}{U_{cr}} > 1.0$$

Dimana:

U = Kecepatan aliran rata-rata (m/det)

U_c = Kecepatan aliran kritis (m/det)

2.4 Mekanisme Sedimentasi Pada Tikungan

Muatan dasar sungai atau saluran senantiasa bergerak, maka permukaan dasar sungai kadang-kadang naik (agradasi), tetapi kadang-kadang turun (degradasi) dan naik turunnya dasar sungai disebut alterasi dasar sungai (*River Bed Alteration*).

Penggerusan (degradasi) dan pengendapan (agradasi) akan terjadi pada saluran lurus penggerusan dominan terjadi pada bagian tengah dari saluran (Daoed, 2000). Sedangkan pada daerah

tikungan penggerusan akan terjadi didaerah awal masuk tikungan, sedangkan pengendapan dimulai dari tengah tikungan hingga akhir tikungan. Penggerusan terbesar terjadi pada tikungan sebelah luar dan pengendapan pada bagian sebelah dalam (Daoed, 2006)

2.5 Konsep Dasar Model

Pada dasarnya tampang sungai biasanya mempunyai dimensi horizontal yang jauh lebih besar daripada dimensi vertical. Apabila rancangan model sungai dibuat dengan skala horizontal dan skala vertical yang sama, maka kedalaman air pada model akan menjadi sangat kecil, yang mengakibatkan kesulitan pada saat melakukan pengukuran. Untuk menghindari keadaan tersebut, maka dibuat model dengan skala distorsi yang akan membedakan antara skala horizontal dengan skala vertical (Triatmodjo, 1992).

Hubungan antara model dan prototype dipengaruhi oleh hukum-hukum sifat sebangun hidraulik. Sifat sebangun ini terbagi atas geometric, sebangun kinematik, dan sebangun dinamik.

2.5.1 Sebangun Geometrik

Sebangun geometric merupakan suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada di model sama dengan bentuk prototype tetapi ukuran bisa berbeda. Perbandingan antara semua ukuran panjang antara model dan prototype adalah sama. Ada dua macam kesebangunan geometrik, yaitu sebangun geometric sempurna (tanpa distorsi) dan sebangun geometric dengan distorsi (distorted). Pada sebangun geometric sempurna skala panjang arah horizontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada distorted model skala panjang dan skala tinggi tidak sama. Jika memungkinkan sebaiknya skala dibuat tanpa distorsi, namun jika terpaksa, maka skala dapat dibuat distorsi. Sebangun geometric dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots (16)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots (17)$$

- Dengan:
- n_L = skala panjang
 - n_h = skala tinggi
 - L_p = ukuran panjang prototype
 - L_m = ukuran panjang model
 - h_p = ukuran tinggi pada prototype
 - h_m = ukuran tinggi pada model

2.5.2 Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi criteria sebangun geometric dan perbandinagn kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototype pada arah yang sama adalah sama besar. Pada model tanpa distorsi, perbandingan kecepatan dan percepatan pada semua arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horizontal. Oleh sebab itu pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan distorted model. Skala kecepatan diberi notasi n_u , skala percepatan n_a dan skala waktu n_T didefinisikan sebagai berikut :

$$n_u = \frac{U_p}{U_m} = \frac{n_l}{n_T} \dots\dots\dots (18)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_l}{n_T^2} \dots\dots\dots (19)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^3}{n_T} \dots\dots\dots (20)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \dots\dots\dots (21)$$

2.5.3 Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan adalah yang memenuhi criteria sebangun geometric dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan prototype untuk seluruh pengaliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, gaya kenyal, dan tegangan permukaan.

Beberapa sebangun dinamik yaitu sebangun dinamik Reynold (*Reynold number*) yang diekspresikan sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya gesek, sebangun dinamik Froude (*Froude number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi, bilangan Cauchy (*Cauchy number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya elastic serta bilangan Weiber (*Weiber Number*) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya tegangan permukaan.

Untuk penelitian refleksi dan transmisi gelombang terhadap gelombang yang merambat melalui pemecah gelombang terapung banyak dipengaruhi gaya gravitasi sehingga digunakan kesebangunan Froud. Dengan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium, maka pada penelitian ini, akan menggunakan skala panjang yang sama dengan skala tinggi (*undistorted models*) dan menggunakan kesebangunan Froude.

$$Fr = \frac{(\rho L^3) \left(\frac{U^2}{L}\right)}{\rho g L^2} = \frac{U^2}{gL} \dots\dots\dots (22)$$

Dengan demikian bila gaya gravitasi memegang peranan penting dalam permasalahan, maka perbandingan gaya inersia dan gaya pada model dan prototype harus sama.

$$n_{Fr} = \frac{n_u}{n_{L \cdot s}} \dots\dots\dots (23)$$

$$n_{Fr} = \dots\dots\dots (24)$$

Oleh karena digunakan model tanpa distorsi. Maka skala panjang gelombang n_L , skala panjang struktur n_B , skala kedalaman n_d dan skala sarat n_s adalah sama seperti berikut :

$$n_L = n_B = n_H = n_d = n_s \dots\dots\dots(25)$$

Sedangkan skala waktu n_T dan skala gravitasi ditulis seperti berikut :

$$n_T = n_L^{1/2} \dots\dots\dots (26)$$

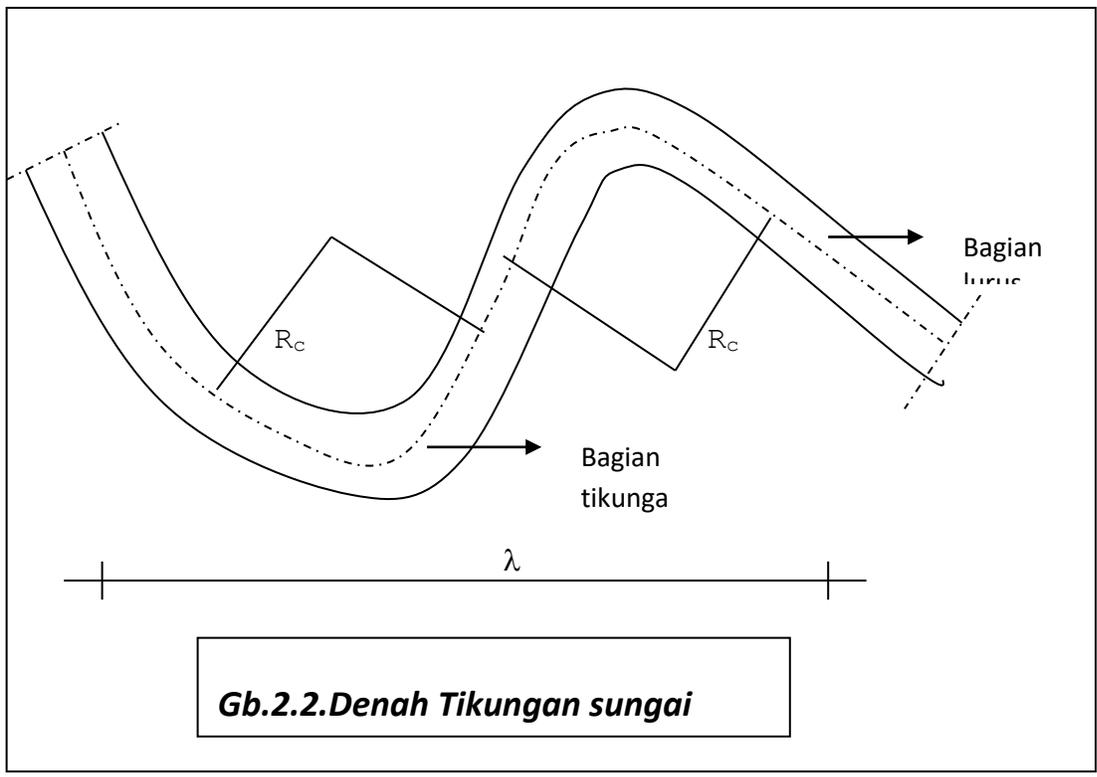
$$n_g = 1 \dots\dots\dots(27)$$

2.6. Tinjauan beberapa studi terdahulu.

Aliran pada saluran menikung telah mendapat perhatian atau pertimbangan dari para ahli teknik hidraulik karena ditemui adanya fenomena yang kompleks. Bentuk lengkung suatu alur sungai menimbulkan gaya sentrifugal yang terjadi secara bersamaan dengan gaya akibat tekanan hidrostatik, gaya gravitasi, serta gaya geser pada bidang batas. Semuanya dapat menimbulkan suatu aliran spiral dan perubahan kemiringan permukaan air (super elevasi) dan gerusan terhadap dasar saluran.

Aliran pada tikungan sungai

Denah suatu sungai terdiri dari *bagian lurus* dan *bagian menikung* (tikungan). Pada bagian tikungan akan terjadi peningkatan kecepatan. Peningkatan kecepatan sekunder (V) pada tikungan cukup besar dibandingkan pada daerah lurus. Sehingga aliran sekunder (V) sangat besar pengaruhnya.



Gb.2.2. Denah Tikungan sungai

✓ **Energi Aliran Pada Tikungan**

adalah :

$$\gamma \cdot Q \cdot S = \gamma \cdot Q \cdot S' + \gamma \cdot Q \cdot S''$$

$$S = S' + S''$$

di mana :

S' = kemiringan muka air arah longitudinal

S'' = kemiringan muka air arah transversal

Dari rumus *Darcy-weisbach* didapat :

$$S' = f \cdot U^2 / (8g \cdot R)$$

di mana :

F = factor kekasaran

R = jari-jari hidrolis

U = kecepatan utama

G = gravitasi

Jika kekasaran *manning* (n) digunakan maka:

$$S' = n^2 \cdot U^2 / (2.21R^{4/3})$$

✓ **Variasi Aliran Sekunder**

Menurut persamaan *Navier-stokes*

$$U(\partial v / \partial s) + v(\partial v / \partial r) + w(\partial v / \partial z) = (u^2/r) - g \cdot S_r + \partial / \partial z (\epsilon \partial / \partial z)$$

Untuk aliran steady dan ideal

$$(\partial v / \partial r) = 0, (\partial v / \partial z) = 0$$

Menurut *Rozovskii*

$$\partial / \partial z (\epsilon \partial / \partial z) = -X \cdot (f \cdot U \cdot V / (2D))$$

di mana :

X = konstanta von Karman (0.4)

D = kedalaman aliran

Sehingga persamaan *Navier-stokes* tersebut di atas akan menjadi :

$$U(\partial v / \partial s) = (u^2/r) - g \cdot S_r - X \cdot (f \cdot U \cdot V / (2D))$$

di mana :

S_r = kemiringan muka air arah lateral

✓ **Kemiringan Arah Lateral (S_r) dan Super Elevasi (Δz) Muka Air**

Kemiringan muka air lateral merupakan fungsi dari R_c, U, B , dan D

$$S_r = k \cdot V^2 / 2g$$

$$k = \frac{n^2 + 2n + 1}{n^2 + 2n}$$

$$n = X \cdot (8/f)^{0.5}$$

atau

$$S_r = 1,1 \cdot C_n \cdot R_c^2 \cdot U_i / (g \cdot R_i)$$

Super elevasi muka air adalah

$$\Delta z = 1,1 \cdot C_n (1 - (R_c/R_i)^2) \cdot U_i / 2g$$

$$C_n = \frac{n^2 + 2n + 1}{n^2 + 2n}$$

di mana :

R_c = jari-jari tikungan

R_i = jari-jari pada suatu titik

U_i = kecepatan pada suatu titik

Perhitungan kecepatan *transversal* (V) dan kecepatan *longitudinal* (U) dapat dihitung sebagai berikut:

Kecepatan maksimum yang terjadi:

$$V/U = (D/(X \cdot R_c)) \cdot [10/3 - 1/X \cdot 5/9 \cdot (f/2)^{0.5}]$$

Kecepatan pada titik tertentu adalah:

$$V_{j+1} = [V_j + F_1(f) \cdot U/R_c \cdot e^{F_2(f) \cdot \Delta s} \cdot \Delta s] \cdot e^{-F_2(f) \cdot \Delta s}$$

$$F_1(f) = [(f/2)^{0.5} \cdot (10/3 - 1/X \cdot 5/9 \cdot (f/2)^{0.5})]$$

$$F_2(f) = X/D \cdot (f/2)^{0.5} \cdot m/(m + 1)$$

$$m = X \cdot (8/f)^{0.5}$$

BAB III

PERHITUNGAN KECEPATAN SEKUNDER PADA TIKUNGAN SALURAN

3.1. Studi Kasus :

Suatu Studi Kasus di Tikungan Sungai disajikan, untuk lebih mendalami kecepatan sekunder yang timbul pada suatu tikungan Sungai atau Saluran Terbuka

Diketahui :

Suatu tikungan sungai dengan data-data sebagai berikut :

$$f = 0.017$$

$$U = 1 \text{ m/det}$$

$$D = 1 \text{ meter}$$

$$X = 0.4$$

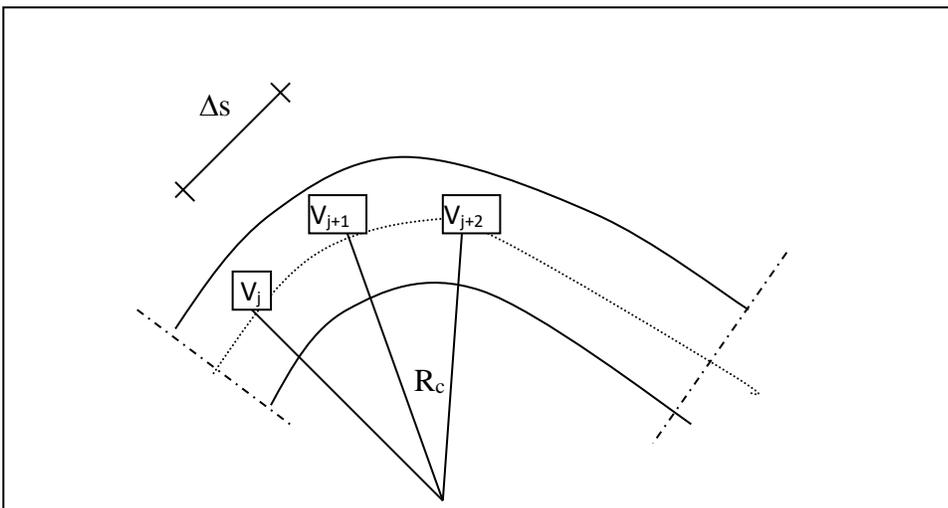
$$V_o = 0.1 \text{ m/det}$$

$$R_c = 4 \text{ meter}$$

Ditanyakan :

Tinjaulah distribusi kecepatan sekunder pada tikungan tersebut dan ambil 3 titik tinjauan

Penyelesaian :



Δs diambil = 0.5 meter

Untuk kecepatan sekunder, penyelesaian numeriknya berlaku :

Kecepatan maximum yang terjadi:

$$V/U = (D/(X \cdot R_c)) \cdot (10/3 - 1/X \cdot 5/9 \cdot (f/2)^{0.5})$$

$$V/1 = (1/(0.4 \cdot 4)) \cdot (10/3 - 1/0.4 \cdot 5/9 \cdot (0.017/2)^{0.5})$$

$$V_{\text{maks}} = 2.00 \cdot 1$$

$$= 2.00 \text{ m/det}$$

Kecepatan pada titik tertentu :

$$V_{j+1} = [V_j + F_1(f) \times U/r_c \times e^{F_2(f) \cdot \Delta s} \times \Delta s] \times e^{-F_2(f) \cdot \Delta s}$$

$$\begin{aligned} F_1(f) &= [(f/2)^{0.5} \times (10/3 - 1/X \times 5/9 \times (f/2)^{0.5})] \\ &= [(0.017/2)^{0.5} \times (10/3 - 1/0.4 \times 5/9 \times (0.017/2)^{0.5})] \\ &= 0.296 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= X \times (8/f)^{0.5} \\ &= 0.4 \times (8/0.017)^{0.5} \\ &= 8.677 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2(f) &= X/D \times (f/2)^{0.5} \times m/(m + 1) \\ &= 0.4/1 \times (0.017/2)^{0.5} \times 8.677/(8.677 + 1) \\ &= 0.033 \end{aligned}$$

Kita tinjau titik j

$$\begin{aligned} V_j &= [V_0 + F_1(f) \times U/R_c \times e^{F_2(f) \cdot \Delta s} \times \Delta s] \times e^{-F_2(f) \cdot \Delta s} \\ &= [0.1 + 0.296 \times 1/4 \times e^{0.033 \times 0.5} \times 0.5] \times e^{-0.033 \times 0.5} \\ &= 0.135 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Kita tinjau titik j+1

$$\begin{aligned} V_{j+1} &= [V_j + F_1(f) \times U/r_c \times e^{F_2(f) \cdot \Delta s} \times \Delta s] \times e^{-F_2(f) \cdot \Delta s} \\ &= [0.135 + 0.296 \times 1/4 \times e^{0.033 \times 0.5} \times 0.5] \times e^{-0.033 \times 0.5} \\ &= 0.169 \text{ m/det} \end{aligned}$$

Kita tinjau titik $j+2$

$$\begin{aligned}V_{j+2} &= [V_{j+1} + F_1(f) \times U/rc \times e^{F_2(f) \cdot \Delta s} \times \Delta s] \times e^{-F_2(f) \cdot \Delta s} \\ &= [0.169 + 0.296 \times 1/4 \times e^{0.033 \times 0.5} \times 0.5] \times e^{-0.033 \times 0.5} \\ &= 0.204 \text{ m/det}\end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya ditampilkan dalam tabel:

3.2. Tabel Perhitungan Besarnya Kecepatan Sekunder Pada Tikungan Saluran.

3.3. Listing Program Menghitung Kecepatan Sekunder Pada Tikungan Saluran Terbuka atau Sungai

```

C *****
C *          PROGRAM MENGHITUNG KECEPATAN SEKUNDER DI TIKUNGAN          *
C *          (SECONDARY FLOW)                                           *
C *                                                                 *
C * Created by :                                                         *
C * Nama       : Setiyadi                                               *
C * NIDN      : 0302116402                                             *
C * Institusi  : FT UKI Jakarta                                         *
C * Alamat    : Jl. Mayjend Sutoyo Cawang Jkt                          *
C *                                                                 *
C *****
C
C KETERANGAN :
C
C      U      = KECEPATAN UTAMA ALIRAN (m/dt)
C      v      = KECEPATAN SEKUNDER AWAL (m/dt)
C      H      = KEDALAMAN ALIRAN (m)
C      Rc     = JARI-JARI DI TIKUNGAN (m)
C      Ds     = JARAK TIAP SECTION (m)
C      Miu_C  = KONSTANTA VON KARMAN
C      f      = KOEFISIEN KEKASARAN DARCY-WEISBACH
C      Z      = KEMIRINGAN ARAH LOGITUDINAL
C
C *****
C
C PROGRAM Mencari Kecepatan Sekunder
C
C REAL U, v, H, Rc, Ds, Miu_C, f
C REAL m, K, F1, F2, e, e1, e2, Vj
C OPEN (100, FILE='KEC-SEC.TXT', STATUS='UNKNOWN')
C
C MASUKAN DATA
C
C WRITE (*,1)
1 FORMAT(1X,49('_'))
C WRITE (*,*) '*****'
C WRITE (*,*) 'PROGRAM MENGHITUNG KECEPATAN SEKUNDER DI TIKUNGAN'
C WRITE (*,*) '          (SECONDARY FLOW)          '
C WRITE (*,1)
C WRITE (*,*)
C WRITE (*,*) '          Oleh:          '
C WRITE (*,*)
C WRITE (*,*) '          Nama          : Setiyadi          '
C WRITE (*,*)
C WRITE (*,*) '          FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL          '
C WRITE (*,*) '          UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA          '
C WRITE (*,*) '          JAKARTA          '
C WRITE (*,1)
C WRITE (*,*) '*****'
C WRITE (*,*) 'Suatu saluran dengan data sebagai berikut :          '
C WRITE (*,1)
C WRITE (*,*)

```

```

WRITE (*,'(1X,a,\)')'Kecepatan Utama           U (m/dt) = '
READ  (*,*)U
WRITE (*,'(1X,a,\)')'Kecepatan Sekunder Awal   v (m/dt) = '
READ  (*,*)v
WRITE (*,'(1X,a,\)')'Kedalaman Aliran           H (m) = '
READ  (*,*)H
WRITE (*,'(1X,a,\)')'Jari-jari Tikungan         Rc (m) = '
READ  (*,*)Rc
WRITE (*,'(1X,a,\)')'Jarak Tiap Section         Ds (m) = '
READ  (*,*)Ds
WRITE (*,'(1X,a,\)')'Konstanta Von Karman       Miu_C = '
READ  (*,*)Miu_C
WRITE (*,'(1X,a,\)')'Koefisien Darcy-Weisbach   f = '
READ  (*,*)f
WRITE (*,1)
WRITE (*,*)

```

C
C
C

```

MENULIS DATA MASUKKAN PADA FILE 'TIKUNGAN.TXT'

```

```

WRITE (100,*)'*****'
WRITE (100,*)'
                PROGRAM MENGHITUNG KECEPATAN SEKUNDER D
+I TIKUNGAN      '
WRITE (100,*)'
                (SECONDARY FLOW)      '
WRITE (100,*)
WRITE (100,5)
WRITE (100,*)'*****'
WRITE (100,*)'A. Input data saluran yang dihitung : '
WRITE (100,5)
5  FORMAT(1X,72('_ '))
   WRITE (100,10)U, V, H, Rc, Ds, Miu_C, f
10 FORMAT(1H /8X,
+41H* Kecepatan Utama           U = ,F8.4,9H m/dt      /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder Awal   v = ,F8.4,9H m/dt      /8X,
+41H* Kedalaman Aliran           H = ,F8.4,9H m        /8X,
+41H* Jari-jari Tikungan         Rc = ,F8.4,9H m        /8X,
+41H* Jarak Tiap Section         Ds = ,F8.4,9H m        /8X,
+41H* Konstanta Von Karman       Miu_C = ,F8.4,9H       /8X,
+41H* Koef. Kekasaran Darcy-Weisbach   f = ,F8.4,9H    /)
WRITE (100,5)
WRITE (100,*)

```

C
C
C

```

FORMULA-FORMULA UNTUK PERHITUNGAN

```

```

15 m = Miu_C * SQRT(8./f)
K = f/2.
F1 = SQRT(K) * ((10./3.) - ((1./Miu_C) * (5./9.)*SQRT(K)))
F2 = (Miu_C * H) * SQRT(K) * (m / (m + 1))
e = 2.718281828
e1 = e**(F2 * Ds)
e2 = e**(-F2 * Ds)
Vj = (v + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj1 = (Vj + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj2 = (Vj1 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj3 = (Vj2 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj4 = (Vj3 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj5 = (Vj4 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj6 = (Vj5 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2

```

```

Vj7   = (Vj6 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj8   = (Vj7 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj9   = (Vj8 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj10  = (Vj9 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj11  = (Vj10 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj12  = (Vj11 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj13  = (Vj12 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj14  = (Vj13 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj15  = (Vj14 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj16  = (Vj15 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj17  = (Vj16 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj18  = (Vj17 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj19  = (Vj18 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2
Vj20  = (Vj19 + (F1*(U/Rc)*Ds)**e1)**e2

```

C
C
C

```

MENULIS DATA HASIL KONVERSI PADA FILE 'TIKUNGAN.TXT'

```

```

WRITE (100,*)'B. Data hasil perhitungan sebagai berikut :      '
WRITE (100,5)
WRITE (100,20) m,F1,F2,Vj,Vj1,Vj2,Vj3,Vj4,Vj5,Vj6,Vj7,Vj8,Vj9,
+Vj10,Vj11,Vj12,Vj13,Vj14,Vj15,Vj16,Vj17,Vj18,Vj19
20 FORMAT(1H /8X,
+41H          m = ,F8.2,9H          /8X,
+41H          F1 = ,F8.6,9H          /8X,
+41H          F2 = ,F8.4,9H          /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 1   Vj = ,F8.4,9H m/dt      /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 2   Vj+1 = ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 3   Vj+2 = ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 4   Vj+3 = ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 5   Vj+4 = ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 6   Vj+5 = ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 7   Vj+6 = ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 8   Vj+7 = ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 9   Vj+8 = ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 10  Vj+9 = ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 11  Vj+10= ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 12  Vj+11= ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 13  Vj+12= ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 14  Vj+13= ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 15  Vj+14= ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 16  Vj+15= ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 17  Vj+16= ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 18  Vj+17= ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 19  Vj+18= ,F8.4,9H m/dt    /8X,
+41H* Kecepatan Sekunder di Titik 20  Vj+19= ,F8.4,9H m/dt    /)
WRITE (100,5)

```

C

```

WRITE (100,*)
WRITE(100,*)'File :tikungan.txt'
WRITE(100,*)'Tugas II Rekayasa sungai oleh Nastain-25098114'
WRITE (100,5)
WRITE (*,*)
WRITE (*,*)'File Hasil Program : tikungan.txt'
WRITE (*,*)
STOP'Program Selesai!'
END

```

BAB IV KESIMPULAN

Dari Hasil perhitungan terdahulu didapatkan

Kecepatan utama (U)	: 1 m/det
Kecepatan sekunder awal (V_0)	: 0.1 m/det
Jari-jari Tikungan (R_c)	: 0.4
Kedalaman Aliran (D)	: 1 meter
Angka kekasaran (f)	: 0.017

Dari tabel 3. 1. Terlihat bahwa harga kecepatan sekunder (V) semakin besar, dengan kedudukan titik ke arah tengah tikungan.

Sehingga dapat disimpulkan hal – hal sebagai berikut :

1. Pada tikungan suatu saluran terbuka atau sungai, akan terjadi peningkatan kecepatan aliran ke arah transversal.
2. Kecepatan Tambahan ini disebabkan oleh adanya tambahan kecepatan sekunder, yaitu kecepatan arah transversal.
3. Pada tikungan suatu saluran terbuka atau sungai, terjadi kemiringan muka air arah lateral dan super elevasi sebesar ΔZ muka air, yaitu kenaikan air pada bagian luar tikungan, dan bagian dalam tikungan akan turun.
4. Besarnya super elevasi ΔZ ini dipengaruhi oleh :
 - a. Jari –jari tikungan saluran atau tikungan sungai R
 - b. Kecepatan Longitudinal aliran U.
 - c. Lebar dasar saluran atau sungai b.
 - d. Kedalaman air saluran atau sungai D

Daftar Pustaka

1. Indratmo Soekarno (1997), “*Morfologi dan Hidraulika Sungai*”, Rekayasa Sumberdaya Air Institut Teknologi Bandung.
2. Leo C. Van Rijn, *Principle Of Fluid Flow and Surface Waves In Rivers, Estuaries, Seas, and Oceans*, Aqua Publications.
3. Chow Ven Te (1985), *Hidrolika Saluran Terbuka* (Terjemahan), Erlangga Jakarta.
4. Joesron Loebis (1984) , “ *Banjir Rencana untuk Bangunan Air* ”.
5. Jogiyanto, H.M. (1993) , “ *Teori dan Alikasi Program Komputer bahasa FORTRAN* “, Penerbit Andi Offset Yogyakarta.