

SKRIPSI

**STUDI PENGARUH HAMBATAN PADA SALURAN
TERBUKA TERHADAP DISTRIBUSI KECEPATAN ALIRAN**

Disusun dan diajukan oleh:

MIFTAHUL KHAIR LOPA

D011191090



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**STUDI PENGARUH HAMBATAN PADA SALURAN TERBUKA TERHADAP
DISTRIBUSI KECEPATAN ALIRAN**

Disusun dan diajukan oleh:

MIFTAHUL KHAIR LOPA

D011 19 1090

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 17 Maret 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr.Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT
NIP: 196410201991031002

Muhammad Farid Maricar, B.Eng, M.Eng
NIP: 199210312018015001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Miftahul Khair Lopa

NIM : D011191090

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ Studi Pengaruh Hambatan Pada Saluran Terbuka Terhadap Distribusi Kecepatan
Aliran }

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, tanggal bulan tahun

Menyatakan



Miftahul Khair Lopa

ABSTRAK

Sungai dapat mengalami perubahan morfologi pada bentuk tampang aliran yang disebabkan oleh faktor alam seperti tikungan dan factor manusia seperti pembangunan bangunan air. Adanya halangan yang melintang di sungai berupa bangunan sungai dapat menyebabkan perubahan pola aliran yang disertai dengan gerusan lokal di sekitar bangunan tersebut. Apabila air di hulu melintasi bangunan air maka akan mempunyai energi yang besar sehingga kecepatan aliran yang melintas akan menjadi semakin besar. Kecepatan aliran sangat penting dari berbagai perspektif karena memainkan peran penting dalam pengangkutan sedimen di dasar saluran. Oleh karena itu dibutuhkan suatu bangunan peredam energi untuk memperlambat aliran sehingga energi dan daya gerusan yang besar bisa berkurang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis distribusi kecepatan dan pola aliran yang didapatkan pada sebelum dan sesudah menggunakan hambatan serta menganalisis pengaruh variasi hambatan terhadap distribusi kecepatan dan pola aliran.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidrolika, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dengan menggunakan metode eksperimental. Dalam penelitian ini digunakan tiga variasi kemiringan saluran, dua model ambang, dan tiga variasi debit yang diletakkan di hilir flume berukuran Panjang 900 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 30 cm.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa kecepatan rerata yang terjadi setelah menggunakan hambatan akan mengalami penurunan kecepatan aliran, namun sebelum menggunakan hambatan kecepatan aliran akan meningkat. Selain itu, dapat diketahui bahwa semakin kecil kemiringan suatu hambatan maka kecepatan yang tereduksi akan semakin besar. Lalu, dapat diketahui semakin besar debit yang digunakan maka semakin besar pula kecepatan yang didapatkan

Kata Kunci: Saluran Terbuka, Distribusi Kecepatan, Pola Aliran, Hambatan Terendam

ABSTRACT

Rivers can experience morphological changes in the shape of the flow section that caused by natural factors such as bends and human factors such as the construction of water structures. The existence of obstacles across the river in the form of river structures can cause changes in flow patterns accompanied by local scour around these structures. If the water upstream crosses the waterworks it will have great energy so that the velocity of the flowing stream will become even greater. Stream velocity is very important from various perspectives as it plays an important role in the transport of sediment at the bottom of the channel. Therefore, an energy absorbing structure is needed to retard the flow so that the large energy and scour force can be reduced. The purpose of this study was to analyze the distribution of velocity and flow patterns before and after using obstacles and to analyze the effect of variations in resistance on velocity distribution and flow patterns.

This research was conducted at the Hydraulics Laboratory, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University using an experimental method. In this study, three variations of the resistance model were used, each in the form of a triangle, trapezoid, and square with three variations of discharge placed in the middle of a flume measuring 900 cm long, 30 cm wide, and 30 cm high.

Based on the research results, it can be seen that the average velocity that occurs before passing through the obstacle will experience a decrease in flow velocity, but immediately after passing through the obstacle the flow velocity will increase. In addition, it can be seen that the smaller the slope of an obstacle, the greater the reduced velocity.

Keywords: Open Channels, Velocity Distribution, Flow Patterns, Submerged Resistance

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKAT DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
KATA PENGANTAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori.....	4
2.2.1 Saluran Terbuka	4
2.2.2 Kinematika Aliran.....	5
2.2.3 Alur Aliran	7
2.2.4 Kecepatan Aliran.....	8
2.2.4.1. Distribusi Kecepatan Aliran.....	9
2.2.4.2. Konsep teoritis Lapisan Batas.....	10
2.2.4.3. Konsep Kekasaran Permukaan.....	12
2.2.4.4. Distribusi Kecepatan di Bagian Saluran	14
2.2.5 Kemiringan Saluran	16
2.2.6 Kekasaran Saluran.....	17
2.2.7 Kekasaran Manning	17
2.2.8 Ukuran Dan Bentuk Saluran	18

2.2.9	Ambang.....	20
2.2.10	Koefisien Gesek.....	21
2.2.10.1	Koefisien Gesek Berdasarkan Kekasaran Manning.....	21
2.2.11	Perhitungan Debit.....	21
2.2.12	Persamaan Bilangan Reynolds.....	22
2.2.13	Persamaan Bilangan Froude.....	23
BAB III		24
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	24
3.2	Benda Uji dan Alat.....	24
3.2.1	Jenis Penelitian.....	24
3.2.2	Sumber Data.....	25
3.2.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.2.4	Prosedur Penelitian.....	28
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	33
BAB IV		34
4.1	Analisis Perhitungan.....	34
4.1.1	Penentuan Debit.....	34
4.1.2	Kecepatan Aliran.....	34
4.1.2.1	Distribusi Kecepatan dan Pola Aliran Tanpa Hambatan.....	35
4.1.2.2	Distribusi Kecepatan dan Pola Aliran pada Ambang Tertutup.....	47
4.1.2.3	Distribusi Kecepatan dan Pola Aliran pada Ambang Berpori.....	60
BAB V.....		74
5.1	Kesimpulan.....	74
5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA		75
LAMPIRAN.....		77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kurva distribusi kecepatan pada berbagai penampang saluran.....	10
Gambar 2 Perkembangan lapisan batas dalam saluran terbuka dengan kondisi pemasukan yang ideal	10
Gambar 3 Pembagian kecepatan pada permukaan saluran licin	11
Gambar 4 Sifat-sifat kekasaran permukaan (a) licin, (b) bergelombang, (c) kasar	12
Gambar 5 Distribusi kecepatan aliran	14
Gambar 6 Jarak kecepatan maksimum dan efek kekasaran dasar saluran	15
Gambar 7 berbagai macam bentuk penampang saluran (sumber: Chow,1989)....	19
Gambar 8 Lokasi Penelitian (Sumber : Google Earth)	24
Gambar 9 Saluran Terbuka	25
Gambar 10 Flow Meter	26
Gambar 11 Meteran.....	26
Gambar 12 Model ambang berpori dan ambang tertutup	26
Gambar 13 Point Gauge	27
Gambar 14 Camera	27
Gambar 15 Formulir Penelitian	28
Gambar 16 Proses penentuan debit takar	29
Gambar 17 Proses pemasangan Ambang	30
Gambar 18 Profil Memanjang Saluran	30
Gambar 19 Profil Melintang Saluran	31
Gambar 20 Pengambilan data kecepatan	31
Gambar 21 Pengambilan data kecepatan	31
Gambar 22 Diagram Alir	33
Gambar 23 kecepatan aliran pada segmen A kemiringan 0%.....	38
Gambar 24 kecepatan aliran pada segmen B kemiringan 0%	38
Gambar 25 kecepatan aliran pada segmen C kemiringan 0%	39
Gambar 26 kecepatan aliran pada segmen D kemiringan 0%.....	39
Gambar 27 kecepatan aliran pada segmen A kemiringan 0,2%.....	40
Gambar 28 kecepatan aliran pada segmen B kemiringan 0,2%	40

Gambar 29 kecepatan aliran pada segmen C kemiringan 0,2%	41
Gambar 30 kecepatan aliran pada segmen D kemiringan 0,2%	41
Gambar 31 kecepatan aliran pada segmen A kemiringan 0,4%	42
Gambar 32 kecepatan aliran pada segmen B kemiringan 0,4%	42
Gambar 33 kecepatan aliran pada segmen C kemiringan 0,4%	43
Gambar 34 kecepatan aliran pada segmen D kemiringan 0,4%	43
Gambar 35 Grafik variasi debit terhadap kecepatan aliran tanpa ambang	44
Gambar 36 Grafik Bilangan Reynolds pada penelitian tanpa ambang	45
Gambar 37 Grafik Bilangan Froude pada penelitian tanpa ambang	46
Gambar 38 kecepatan aliran pada segmen A kemiringan 0%	50
Gambar 39 kecepatan aliran pada segmen B kemiringan 0%	51
Gambar 40 kecepatan aliran pada segmen C kemiringan 0%	51
Gambar 41 kecepatan aliran pada segmen D kemiringan 0%	52
Gambar 42 kecepatan aliran pada segmen A kemiringan 0,2%	53
Gambar 43 kecepatan aliran pada segmen B kemiringan 0,2%	53
Gambar 44 kecepatan aliran pada segmen C kemiringan 0,2%	54
Gambar 45 kecepatan aliran pada segmen D kemiringan 0,2%	54
Gambar 46 kecepatan aliran pada segmen A kemiringan 0,4%	55
Gambar 47 kecepatan aliran pada segmen B kemiringan 0,4%	55
Gambar 48 kecepatan aliran pada segmen C kemiringan 0,4%	56
Gambar 49 kecepatan aliran pada segmen D kemiringan 0,4%	56
Gambar 50 Grafik variasi debit terhadap kecepatan ambang tertutup	57
Gambar 51 Grafik Bilangan Reynolds pada ambang tertutup	58
Gambar 52 Grafik Bilangan Froude pada ambang tertutup	59
Gambar 53 kecepatan aliran pada segmen A kemiringan 0%	63
Gambar 54 kecepatan aliran pada segmen B kemiringan 0%	64
Gambar 55 kecepatan aliran pada segmen C kemiringan 0%	64
Gambar 56 kecepatan aliran pada segmen D kemiringan 0%	65
Gambar 57 kecepatan aliran pada segmen A kemiringan 0,2%	66
Gambar 58 kecepatan aliran pada segmen B kemiringan 0,2%	66
Gambar 59 kecepatan aliran pada segmen C kemiringan 0,2%	67

Gambar 60 kecepatan aliran pada segmen D kemiringan 0,2%	67
Gambar 61 kecepatan aliran pada segmen A kemiringan 0,4%	68
Gambar 62 kecepatan aliran pada segmen B kemiringan 0,4%	68
Gambar 63 kecepatan aliran pada segmen C kemiringan 0,4%	69
Gambar 64 kecepatan aliran pada segmen D kemiringan 0,4%	69
Gambar 65 Grafik variasi debit terhadap kecepatan aliran ambang berpori	70
Gambar 66 Grafik Bilangan Reynolds pada ambang berpori	71
Gambar 67 Grafik Bilangan Froude pada ambang berpori	72

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Taksiran nilai tinggi kekasaran K	13
Tabel 2 Nilai koefisien Manning	18
Tabel 3 Rancangan penelitian	28
Tabel 4 Pengukuran debit takar	34
Tabel 5 Data kecepatan aliran tanpa ambang Q1	35
Tabel 6 Data kecepatan aliran tanpa ambang Q2	36
Tabel 7 Data kecepatan aliran tanpa ambang Q3	37
Tabel 8 Data kecepatan aliran pada model ambang tertutup Q1	47
Tabel 9 Data kecepatan aliran pada model ambang tertutup Q2	48
Tabel 10 Data kecepatan aliran pada model ambang tertutup Q3	49
Tabel 11 Data kecepatan aliran pada model ambang berpori Q1	60
Tabel 12 Data kecepatan aliran pada model ambang berpori Q2	61
Tabel 13 Data kecepatan aliran pada model ambang berpori Q3	62

DAFTAR SINGKAT DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
V	Kecepatan Aliran (m/s)
R	Jari-jari hidraulik
S	Kemiringan
n	Koefisien kekasaran Manning
\bar{v}	Kecepatan rata-rata (m/s)
$v_{0,2}$	Kecepatan pada kedalaman 0,2 h (m/s)
$v_{0,6}$	Kecepatan pada kedalaman 0,6 h (m/s)
$v_{0,8}$	Kecepatan pada kedalaman 0,8 h (m/s)
C	Koefisien C dari Chezy
ν	Kekentalan kinematis
V	Kecepatan rata-rata (m/s)
U (z)	Kecepatan rata-rata sejauh z dari dasar (cm/dtk)
U_m	Kecepatan aliran maksimum (cm/dtk)
D_m	Batas tinggi dari kecepatan maksimum ($z = D_m$)
α_v	Nilai koefisien energi arah vertikal
β_v	Nilai koefisien momentum energi arah vertical
S	Kemiringan Saluran
Δh	Beda Tinggi (m)
l	Panjang Saluran (m)
A	Luas Penampang
P	Keliling basah
B	Lebar
h	Tinggi
R	Jari-jari hidraulik
t	Tebal Ambang

H	Tinggi Muka Air terhadap Ambang
f	Koefisien Gesek
g	Percepatan Gravitasi (m/s^2)
n	Koefisien kekasaran Manning
R	Jari-jari hidraulik (m)
Q	Debit (m^3 /s)
A	Luas Penampang Basah (m^2)
V	Kecepatan Rata-rata (m/s)
Re	Bilangan Reynolds
V	Kecepatan Aliran (m/s)
D	Panjang Karakteristik (m)
v	Viskositas (m^2/s)
Fr	Bilangan Fraude
V	Kecepatan Aliran (m/s)
g	Percepatan Gravitasi (m/s^2)
h	Panjang Karakteristik/Kedalaman (m)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	77
Lampiran 2 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	78
Lampiran 3 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	79
Lampiran 4 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	80
Lampiran 5 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	81
Lampiran 6 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	82
Lampiran 7 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	83
Lampiran 8 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	84
Lampiran 9 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	85
Lampiran 10 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	86
Lampiran 11 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	87
Lampiran 12 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	88
Lampiran 13 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	89
Lampiran 14 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	90
Lampiran 15 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	91
Lampiran 16 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	92
Lampiran 17 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	93
Lampiran 18 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	94
Lampiran 19 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	95
Lampiran 20 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	96
Lampiran 21 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	97
Lampiran 22 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	98
Lampiran 23 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	99
Lampiran 24 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	100
Lampiran 25 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	101
Lampiran 26 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	102
Lampiran 27 Formulir hasil pengambilan data lapangan.....	103

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul, “Studi Terhadap Pengaruh Hambatan Pada Saluran Terbuka Terhadap Distribusi Kecepatan Aliran”. Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk dapat menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Tugas akhir ini disusun berdasarkan penelitian terhadap hambatan pada saluran terbuka terhadap distribusi kecepatan aliran.

Penulis berusaha membuat sebaik mungkin Tugas Akhir ini, namun penulis menyadari bahwa dalam penulisan masih banyak kesalahan dan kekurangan-kekurangan baik penyusunan kata maupun kalimat yang kurang sempurna, dan menyebabkan laporan ini jauh dari kata sempurna. Dalam Menyusun Tugas Akhir ini, tidak mungkin penulis dapat menyelesaikannya tanpa ada bantuan dan masukan dari berbagai pihak untuk segala kelancarannya. Oleh karena itu, penulis ucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya, antara lain kepada

1. Kedua orang tua, yaitu Ayah H. Akshari Tahir Lopa S.T,M.T dan Ibu Hj. Tenri Anka S.E atas doa, kasih sayang dan segala dukungan dalam segi moral maupun materi.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, S.T, M.Eng, selaku Kepala Departemen Teknik Sipil.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing, mengarahkan dan memberikan saran serta dukungan untuk menyelesaikan penelitian ini.
5. Bapak Muhammad Farid Maricar, B.Eng., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan dan tenaga dengan sabar membimbing, mengarahkan dan memberikan saran serta dukungan untuk menyelesaikan penelitian ini.

6. Ibu Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT. selaku Kepala Laboratorium Hidrolika Jurusan Sipil fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah mengawal dan membimbing penulis.
7. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Rekan penelitian terkhusus Bapak Suryadarma Hasyim, S.T, M.T, Suyudi Akbari Habibi, S.T, M.T, dan Fikri Rahman, S.T
9. Siti Fauzyah Yusuf Mahasiswa Teknik Perencanaan Wilayah Dan Kota Angkatan 2021 yang senantiasa menemani, memberi dukungan, dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Muh Rhifky Suprianto, Muh. Rezki T, dan Salsabila Azizah Az Zahra telah membantu dalam pengambilan data dan pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Ucil, Imal, Sainal, Muhe, Zatirah, Alif, Deden, Bile, Ira, Amirah, Indy, dan Nindya sebagai teman-teman dekat yang selalu memberi dukungan dan semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
12. Rekan-rekan Asisten Laboratorium Hidrolika Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberi pengalaman dan pengetahuan baru selama menjalankan tanggung jawab sebagai asisten.
13. Saudara-saudari se-KKD Keairan Angkatan 2019 yang selalu memberi semangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini
14. Saudara-saudari Portland 2020 yang selalu memberikan warna dan pengalaman baru, serta memberi dukungan dan semangat dalam masa mahasiswa

Mudah-mudahan Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah penulis terima dari semua pihak yang telah membantu.

Akhirnya, semoga Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat yang bagi penulis dan kepada pembaca kiranya dapat memberikan masukan dan saran untuk kesempurnaan dan pembaharuan karya ini khususnya di bidang Teknik Sipil.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam keilmuan hidrolika terdapat dua macam saluran jika dilihat dari jenisnya, yaitu saluran terbuka dan saluran tertutup. Perbedaan mendasar dari dua jenis saluran tersebut adalah adanya permukaan bebas pada saluran terbuka, sedangkan pada saluran tertutup seluruh penampang dilewati cairan sehingga tidak ada permukaan bebas. Dengan demikian saluran terbuka pada umumnya mempunyai permukaan bebas yang terhubung langsung dengan atmosfer, sehingga memiliki karakteristik aliran yang lebih kompleks karena banyaknya variabel yang terlibat. Meskipun demikian, model saluran terbuka lebih banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari selokan rumah tangga hingga kanal sungai, baik yang alami maupun buatan. Pemilihan saluran terbuka seringkali didasarkan pada proses pembangunannya yang sederhana dan biaya yang relatif murah dibandingkan saluran tertutup.

Salah satu parameter pengukuran hidrolika yang penting adalah debit aliran. Dalam sebuah saluran tertutup dengan distribusi kecepatan yang seragam, misalnya pada pipa, maka cukup mudah untuk memperhitungkan debit alirannya. Namun tidak demikian halnya dengan saluran terbuka, salah satunya akibat distribusi kecepatan yang tidak seragam. Kerumitan akan bertambah jika saluran terbuka tersebut terbentuk secara alami, misalnya sungai dengan struktur yang berkelok, kemiringan yang berubah dan faktor penghambat yang beraneka ragam. Saluran terbuka merupakan saluran dimana suatu saluran yang mengalirkan air dengan permukaan bebas. Saluran terbuka mempunyai aliran air yang sejajar tergantung dari jumlah debit air dan bentuk dimensi pada saluran terbuka. Banyak sekali macam-macam saluran terbuka seperti drainase, sungai, gorong-gorong dan lain sebagainya.

Kondisi aliran dalam saluran terbuka yang rumit berdasarkan kenyataan bahwa kedudukan permukaan yang bebas cenderung berubah sesuai waktu dan

ruang. Alur sungai akan selalu ada alur yang lurus, kelokan (meander) dan bercabang. Pada kelokan sungai sering terjadi permasalahan yaitu penggerusan sungai baik penggerusan pada dasar sungai maupun pada dinding sungai, hal ini dapat mengakibatkan keruntuhan pada dinding sungai sehingga dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur yang ada disekitar kelokan. Salah satu data yang diperlukan dalam perencanaan tersebut adalah debit, dimana debit tersebut akan diperoleh dari pengolahan data lapangan berupa lebar penampang aliran, kedalaman dan distribusi kecepatan.

Sehubungan dengan masalah tersebut diadakan suatu penelitian terhadap distribusi kecepatan aliran dengan menggunakan alat ukur kecepatan aliran *Flow Meter*

1.2 Rumusan masalah

Permasalahan yang di dapatkan dalam penelitian ini adalah ingin mengungkapkan beberapa parameter yang memengaruhi distribusi kecepatan sehingga memberikan dampak terhadap bentuk saluran maupun bangunan air yang ada di dalam saluran

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis distribusi kecepatan aliran
2. Menganalisis pola aliran air yang terjadi pada saluran terbuka

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini dengan mengetahui distribusi kecepatan aliran dan pola aliran sehingga dapat memberikan informasi tentang penanganan saluran/sungai serta bangunan air

1.5 Ruang Lingkup

Berdasarkan permasalahan di atas penelitian difokuskan untuk menghitung distribusi kecepatan aliran yang terjadi pada saluran terbuka dan cara yang digunakan untuk menganalisis Distribusi Kecepatan Aliran yaitu dengan menggunakan metode pendistribusian kecepatan pada saluran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian ini mengambil referensi dari beberapa jurnal penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang berkaitan dengan kecepatan aliran.

Mahmoud Ali R. Eltoukhy and Mohammad Ibrahim (2015), menyatakan bahwa distribusi kecepatan pada arah vertikal dan longitudinal menunjukkan bahwa peningkatan dengan muka air dan dengan plastic bed case. Distribusi kecepatan menurun untuk bendung lebar yang lebih besar dan kedalaman air hilir yang tinggi.

Fathona Fajri Junaidi (2014), telah melakukan analisis distribusi kecepatan aliran Sungai Musi. Dalam penelitian ini analisis distribusi kecepatan aliran akan dilakukan untuk mengetahui distribusi kecepatan aliran pada permukaan serta debit dan bagaimana menentukan karakteristik aliran. Kemudian distribusi kecepatan aliran sungai diplot dengan menggunakan program Surfer 11. Data dari lapangan diolah dan dianalisis. Karakteristik aliran kemudian ditentukan dengan menggunakan Bilangan Froude dan Bilangan Reynold.

Sri Nurwahyuni Umar (2013), telah melakukan studi eksperimen distribusi kecepatan aliran sungai. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui distribusi kecepatan menggunakan metode Point Integrated Sampling (PIS) yaitu pengukuran pada titik-titik yang telah ditentukan pada arah vertikal maupun transversal. Penelitian ini menggunakan model saluran terbuka (open channel) dan menggunakan alat ukur tabung pitot untuk pengambilan data kecepatan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas yang dipengaruhi oleh tekanan udara. Menurut asalnya, saluran dapat digolongkan menjadi saluran alam (natural) dan saluran buatan (artificial). Saluran alam yaitu saluran yang terbentuk secara alami, sedangkan saluran buatan

adalah saluran yang dibuat dan direncanakan sesuai dengan konteks pemanfaatannya seperti saluran irigasi, saluran drainase, dan saluran pembawa pada pembangkit listrik tenaga air. Kondisi aliran dalam saluran terbuka yang rumit berdasarkan kenyataan bahwa kedudukan permukaan bebas cenderung berubah sesuai dengan waktu dan ruang, dan juga bahwa kedalaman aliran, debit, kemiringan dasar saluran dan permukaan bebas adalah tergantung satu sama lain. Pada saluran terbuka jenis penampangnya dapat beragam dari bentuk bundar sampai bentuk yang tidak teratur

Kebanyakan aliran saluran terbuka adalah turbulen, biasanya dengan air sebagai cairannya. Metode menganalisis aliran saluran terbuka tidak semaju metode untuk konduit tertutup. Persamaan-persamaan yang dipakai mengasumsikan turbulensi penuh, dengan kerugian tinggi tekan yang sebanding dengan kuadrat kecepatan. Walaupun hampir segenap data tentang aliran saluran terbuka telah diperoleh eksperimen-eksperimen mengenai aliran air, persamaan-persamaannya kiranya akan menghasilkan nilai-nilai yang wajar untuk cairan lainnya yang viskositasnya rendah (Streeter Victor, 1988).

Kekasaran pada saluran terbuka tergantung pada kedudukan permukaan bebas. Sebab itu pemilihan koefisien gesekan untuk saluran terbuka lebih bersifat tidak pasti dibandingkan dengan untuk pipa. Umumnya, penyelesaian untuk aliran saluran terbuka lebih didasarkan pada hasil pengamatan dibandingkan dengan pada aliran pipa (Chow V. T., 1989)

2.2.2 Kinematika Aliran

Aliran melalui saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka bebas serta tekanan di permukaan air adalah sama (tekanan atmosfer). Kondisi aliran dalam saluran terbuka yang rumit berdasarkan kenyataan bahwa kedudukan permukaan yang bebas cenderung berubah sesuai waktu dan ruang, dan juga bahwa kedalaman aliran, debit dan permukaan bebas adalah tergantung sama lain. Kondisi fisik saluran terbuka jauh lebih bervariasi dibandingkan dengan pipa. Kombinasi antara perubahan setiap parameter saluran akan mempengaruhi kecepatan yang dimana kecepatan tersebut akan menentukan keadaan dan sifat aliran.

Aliran saluran terbuka dapat diklasifikasikan menjadi berbagai jenis dan diuraikan dengan berbagai cara. Berikut adalah beberapa jenis aliran pada saluran terbuka:

1. Aliran Laminer dan Turbulen

Aliran laminer ditandai dengan lintasan partikel fluida sepanjang lintasan yang halus dan membentuk lapisan-lapisan tertentu. lintasan partikel yang berurutan mengikuti lintasan yang benar. Aliran Turbulen ditandai dengan campuran antara lapisan-lapisan fluida yang berbeda terjadi pada harga bilangan Reynolds yang lebih tinggi, pada jenis aliran ini dimana hampir tidak terdapat garis edar tertentu yang dapat dilihat.

2. Aliran Kritis, Subkritis dan Superkritis

Aliran itu dikatakan kritis apabila bilangan Froude sama dengan satu ($Fr=1$), dan aliran disebut subkritis (aliran tenang) apabila $Fr<1$ dan Superkritis apabila $Fr>1$, sedangkan aliran cepat (*rapid flow*) dan aliran mengerem (*shooting flow*) juga digunakan untuk menyatakan aliran superkritis.

3. Aliran Tetap dan Tidak Tetap

Aliran tetap terjadi apabila kedalaman, debit dan kecepatan rata-rata pada setiap penampang tidak berubah menurut waktu. Aliran tidak tetap terjadi apabila kedalaman, debit dan kecepatan rata-rata pada setiap penampang berubah menurut waktu .

4. Aliran Seragam dan Tidak Seragam

Aliran disebut seragam apabila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit di sepanjang saluran adalah konstan. Demikian juga sebaliknya aliran tidak seragam itu terjadi apabila variabel aliran tersebut tidak konstan.

Berdasarkan sifat aliran, Aliran viskos dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu aliran laminer dan turbulen. Dalam aliran laminer partikel-partikel zat cair bergerak teratur mengikuti lintasan yang saling sejajar. Aliran ini terjadi apabila kecepatan kecil dan/atau kekentalan besar. Pengaruh kekentalan adalah sangat besar sehingga dapat meredam gangguan yang dapat menyebabkan aliran menjadi turbulen. Dengan berkurangnya kekentalan dan bertambahnya kecepatan aliran

maka pada suatu batas tertentu akan menyebabkan terjadinya perubahan aliran dari laminar ke turbulen. Aliran turbulen gerak partikel-partikel zat cair tidak teratur. Aliran ini terjadi apabila kecepatan besar dan kekentalan zat cair kecil.

2.2.3 Alur Aliran

Alur sungai pada umumnya dapat dibagi tiga bagian. Bagian-bagian tersebut adalah bagian hulu, tengah dan hilir.

1. Bagian Hulu

Bagian hulu Sungai merupakan daerah yang memiliki tingkat erosi yang tinggi dikarenakan memiliki lereng yang besar (kemiringan lebih dari 15%). Kecepatan aliran pada bagian ini cenderung lebih besar dibandingkan dengan bagian lainnya, sehingga pada musim hujan material erosi yang terangkut tidak hanya partikel halus saja tetapi juga pasir, kerikil, dan partikel-partikel besar lainnya seperti batu hingga pohon. Daerah sekitar hulu sungai biasanya merupakan daerah pegunungan. Daerah ini biasanya diperuntukkan sebagai kawasan resapan air.

2. Bagian Tengah

Bagian ini adalah daerah peralihan antara bagian hulu dan bagian hilir. Tingkat kemiringan lahan pada daerah ini tidak securam bagian hulu sehingga kecepatan aliran yang dialirkan relative lebih kecil. Daerah ini sering dimanfaatkan sebagai daerah pertanian karena memiliki tingkat vegetasi yang lebih baik dibandingkan daerah hulu.

3. Bagian Hilir

Bagian hilir merupakan dataran yang memiliki kemiringan lahan yang landau sehingga aliran daerah ini cukup lambat. Aliran yang lambat menyebabkan pada daerah ini terjadi pengendapan sedimen yang tersangkut di bagian hulu, sehingga pada beberapa tempat dapat terjadi genangan (banjir). Endapan sedimen yang terbentuk biasanya berupa endapan sedimen halus, lumpur, dan jenis endapan lain yang stabil. Bagian hilir umumnya dijadikan sebagai wilayah pemukiman, pertanian, perikanan, dan pusat perekonomian lainnya.

2.2.4 Kecepatan Aliran

Dengan adanya suatu permukaan bebas dan gesekan dan gesekan di sepanjang dinding saluran, maka kecepatan dalam saluran tidak terbagi merata dalam penampang saluran. Distribusi kecepatan pada penampang saluran juga tergantung pada faktor-faktor lain, seperti bentuk penampang yang tidak lazim, kekasaran saluran dan adanya tekukan-tekukan (Chow V. T., 1989)

Kecepatan aliran merupakan waktu yang dibutuhkan per jarak yang ditempuh oleh suatu partikel untuk berpindah dari satu tempat ke tempat yang lainnya (Anasiru, 2005). Rumus kecepatan aliran menurut kekasaran manning adalah sebagai berikut:

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

- V = Kecepatan Aliran (m/s)
- R = Jari-jari hidraulik
- S = Kemiringan
- n = Koefisien kekasaran Manning

Kecepatan pada batas padat harus sama dengan nol, dan dalam hal aliran saluran terbuka pada umumnya kecepatan meningkat dengan bertambahnya jarak dari batas. Kecepatan maksimum tidak terjadi pada permukaan bebas tetapi biasanya di bawah permukaan bebas pada jarak 0,05 sampai 0,25 kedalaman. Kecepatan rata-rata pada garis vertikal kadang-kadang ditentukan dengan mengukur kecepatan 0,6 kedalaman, tetapi cara yang lebih dapat diandalkan ialah dengan mengambil harga rata-rata dari kecepatan pada 0,2 dan 0,8 kedalaman, sesuai dengan pengukuran pengukuran Survei Geologi Amerika Serikat (Streeter Victor, 1988).

Kecepatan aliran didapatkan dengan cara pengukuran langsung dilapangan dengan alat current meter. Pengukuran ini dilakukan dengan cara membagi pengukuran arah vertikal menjadi 3 titik kedalaman yaitu 0,2h, 0,6h, dan 0,8h. Sedangkan untuk arah horizontal dibagi menjadi 5 titik yaitu 1/8 kanan, 1/4

kanan, tengah, 1/4 kiri, dan 1/8 kiri. Kecepatan rata-rata didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$\bar{v} = \left(\frac{(v_{0,2} + v_{0,8})}{2} + v_{0,6} \right) \frac{1}{2} \dots \dots \dots (2)$$

\bar{v} = Kecepatan rata-rata (m/s)

$v_{0,2}$ = Kecepatan pada kedalaman 0,2 h (m/s)

$v_{0,6}$ = Kecepatan pada kedalaman 0,6 h (m/s)

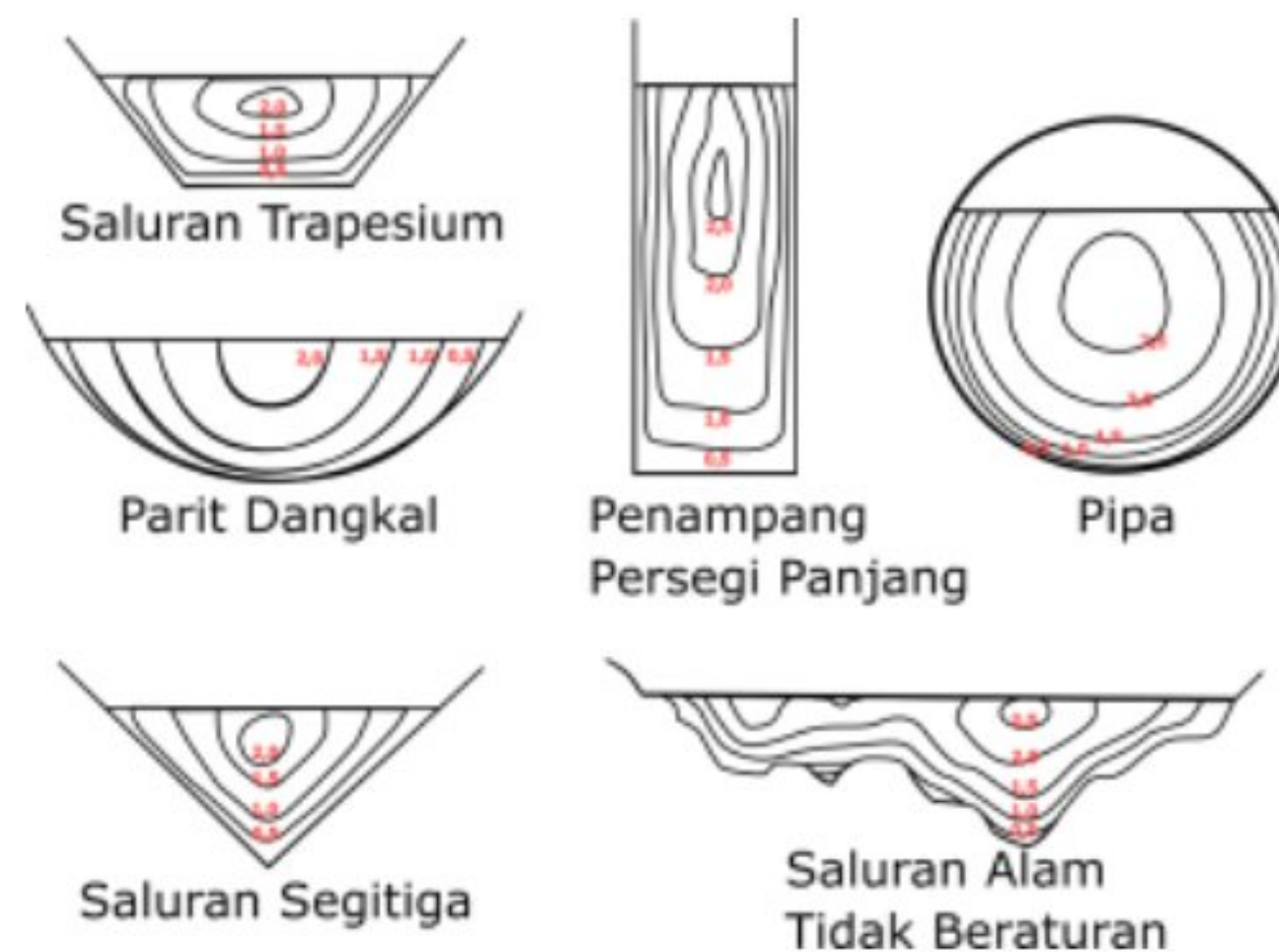
$v_{0,8}$ = Kecepatan pada kedalaman 0,8 h (m/s)

2.2.4.1. Distribusi Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran tidak sama sepanjang tubuh saluran tergantung dari bentuk, kekasaran saluran dan pola aliran. Kecepatan terbesar terletak pada bagian tengah saluran dan bagian atas dari bagian terdalam kanal yang jauh dari seretan friksional pada bagian dinding dan dasar kanal.

Dengan adanya suatu permukaan bebas dan gesekan di sepanjang dinding saluran, maka kecepatan dalam saluran tidak terbagi merata dalam penampang saluran. Kecepatan maksimum dalam saluran biasanya terjadi di bawah permukaan bebas sedalam 0,05 sampai 0,25 kali kedalamannya, makin dekat ketepi berarti makin dalam dan mencapai maksimum.

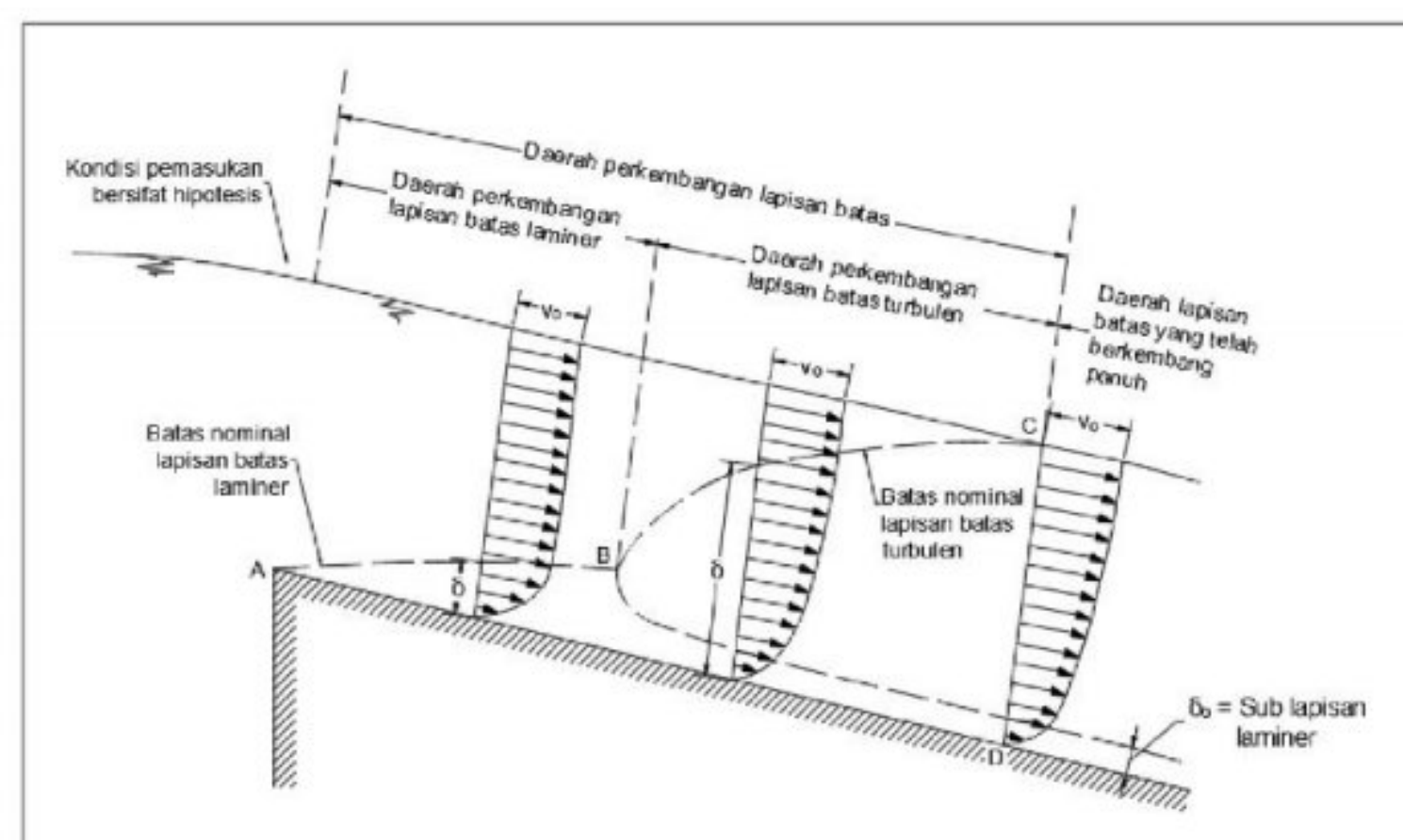
Distribusi kecepatan pada penampang saluran juga tergantung pada faktor-faktor lain, seperti bentuk penampang yang tidak lazim, kekasaran saluran dan adanya tekukan-tekukan. Pada arus yang lebar, deras dan dangkal atau saluran yang sangat licin kecepatan maksimum sering terjadi di permukaan bebas. Kekasaran saluran dapat menyebabkan pertambahan kelengkungan kurva distribusi kecepatan vertikal. Pada tikungan, kecepatan meningkat pada bagian cembung, menimbulkan gaya sentrifugal pada aliran. Gerak melingkar pada saluran yang melengkung merupakan gejala yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan.



Gambar 1 Kurva distribusi kecepatan pada berbagai penampang saluran

2.2.4.2. Konsep teoritis Lapisan Batas

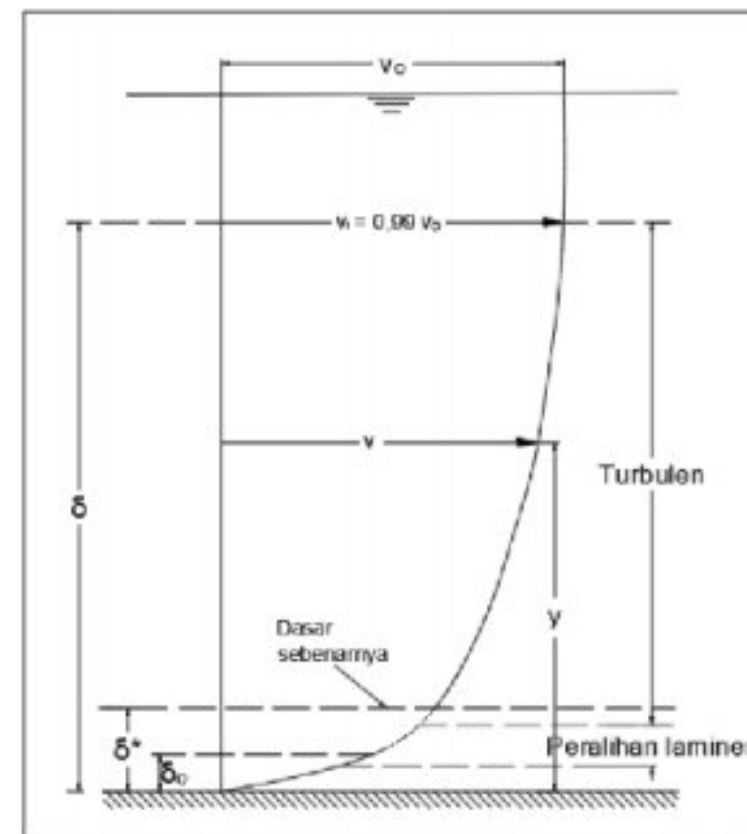
Pembagian kecepatan sepanjang penampang saluran akibat adanya kekasaran batas, akan bervariasi menurut jaraknya dimana air mengalir di saluran. Jika alirannya seragam dan stabil dan jika salurannya prismatic dan kekasarannya konstan, distribusi kecepatan pada akhirnya akan mencapai pola tertentu (Chow V. T., 1973).



Gambar 2 Perkembangan lapisan batas dalam saluran terbuka dengan kondisi pemasukan yang ideal

Di saluran, pengaruh terhadap distribusi kecepatan akibat kekasaran batas ditunjukkan dengan garis ABC. Di luar ABC, distribusi kecepatan praktis seragam. Di dekat permukaan saluran dan di dalam daerah ABC, kecepatan bervariasi menurut jaraknya dengan permukaan saluran. Bagian di dalam ABC walaupun tidak begitu jelas disebut lapisan batas (boundary layer) dan ketebalannya

dinyatakan dalam δ . Definisi yang umum adalah bahwa ketebalan δ merupakan besaran jarak normal dari permukaan batas dimana kecepatan v_1 sama dengan 99% dari kecepatan batas v_0 , dengan kurva pembagian kecepatan di lapisan batas berbentuk asimtotis (Chow V. T., 1973).



Gambar 3 Pembagian kecepatan pada permukaan saluran licin

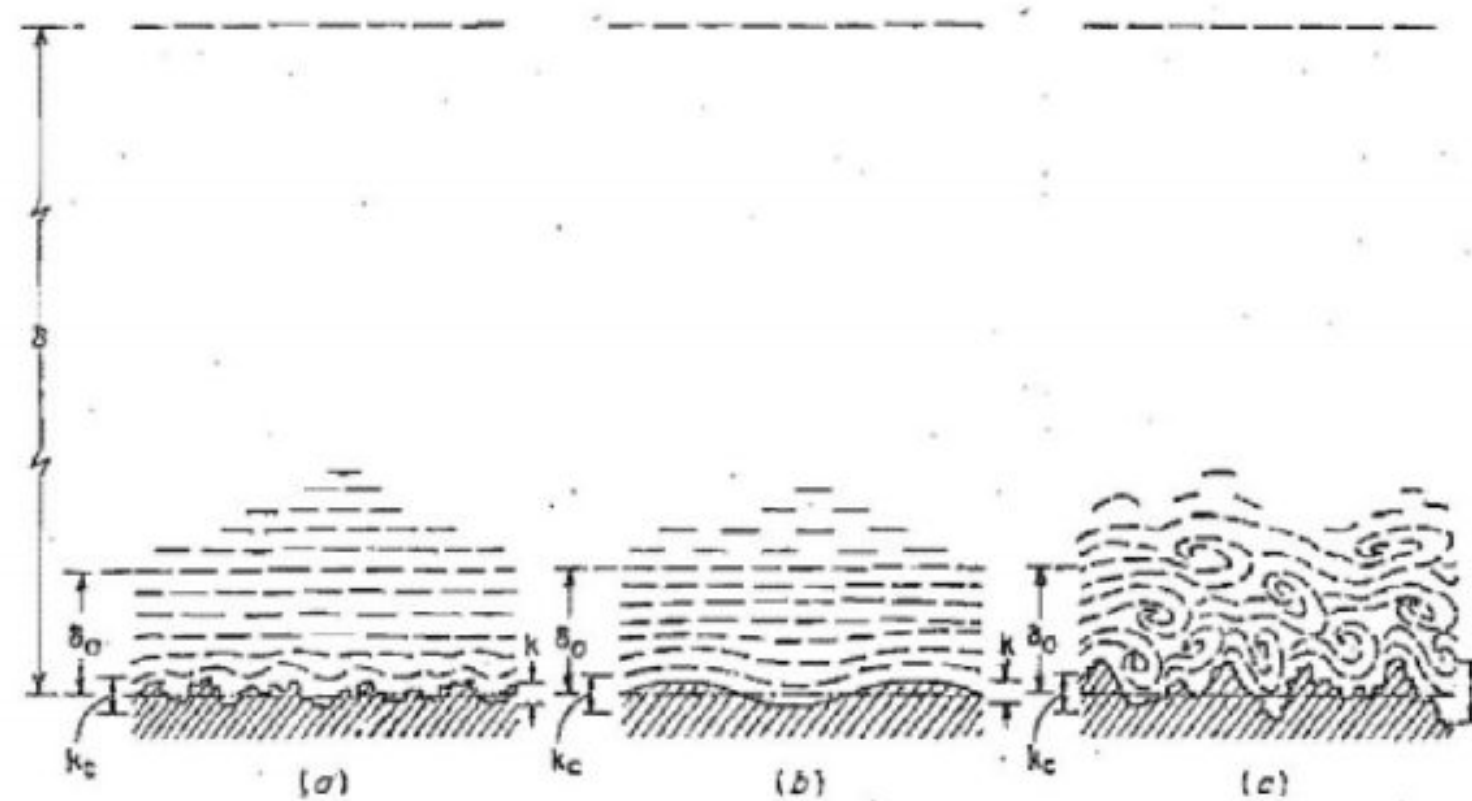
Pengaruh lapisan batas terhadap aliran sama dengan perpindahan semu ke atas dasar saluran ke tempat sebenarnya yang setara dengan apa yang disebut tebal perpindahan (displacement thickness) δ^* , yang dinyatakan dengan $\delta = \int_0^\delta \left(1 - \frac{v}{v_1}\right) dy$ dimana v adalah kecepatan pada setiap jarak y dari permukaan saluran dan v_1 adalah kecepatan di tepi lapisan batas. Besarnya tebal perpindahan umumnya bervariasi dari 1/8 sampai 1/10 dari tebal lapisan batas, tergantung pada besarnya bilangan Reynolds (Chow V. T., 1973).

Pada awal aliran di dalam saluran (Gambar 2), aliran sepenuhnya laminar dan lapisan batas laminar dikembangkan di sepanjang permukaan saluran, seperti yang ditunjukkan oleh kurva AB. Distribusi kecepatan di lapisan ini kira-kira parabola. Saat air bergerak lebih jauh di sepanjang saluran, aliran di lapisan batas pada akhirnya akan berubah menjadi turbulen. Titik dimana perubahan terjadi ditunjukkan oleh B. Dari B menuju hilir lapisan batas turbulen dikembangkan, seperti yang ditunjukkan oleh kurva BC. Distribusi kecepatan pada lapisan ini dapat ditunjukkan secara analitik mendekati logaritmik (Chow V. T., 1973).

Jika permukaan bidang saluran relatif halus, kecepatan didekat bidang saluran akan rendah, dengan demikian akan terbentuk selapis tipis aliran yang stabil, dikenal dengan sub lapisan laminar di permukaan bidang tersebut. Di dalam sub lapisan laminar ini aliran tetap laminar. Di atas sub lapisan ini merupakan daerah peralihan aliran dari laminar ke turbulen (Chow V. T., 1973).

2.2.4.3. Konsep Kekasaran Permukaan

Konsep keberadaan sub lapisan laminar di lapisan batas turbulen menghasilkan penjelasan tentang sifat-sifat kekasaran permukaan.



Gambar 4 Sifat-sifat kekasaran permukaan (a) licin, (b) bergelombang, (c) kasar

Ketika profil permukaan diperbesar (gambar 4), terlihat bahwa permukaannya terdiri dari puncak dan lembah yang tidak beraturan. Tinggi efektif dari ketidakaturan yang membentuk elemen kekasaran disebut tinggi kekasaran k . Rasio k/R dari tinggi kekasaran terhadap jari-jari hidrolis dikenal sebagai kekasaran relatif.

Jika tinggi kekasaran lebih kecil dari suatu pecahan tertentu dari tebal sub lapisan laminar, ketidakaturan permukaan menjadi sangat kecil sehingga semua elemen kekasaran akan seluruhnya terendam dalam sub lapisan laminar (gambar 4 a). Pada kondisi ini kekasaran tidak berpengaruh terhadap aliran di atas sub lapisan laminar, dan permukaan tersebut disebut hidrolis licin (hydraulically smooth). Permukaan hidrolis licin dikatakan bergelombang (wavy) jika profil permukaan rata-rata mengikuti suatu lengkung (gambar 4 b).

Dengan menggunakan rumus Chezy, dari kondisi di atas dapat ditunjukkan bahwa, agar permukaan menjadi hidrolis licin, tinggi kekasaran harus lebih kecil dari pada kekasaran kritis (critical roughness) yang dinyatakan dengan:

$$k_c = \frac{5C}{\sqrt{g}} \frac{v}{V} \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

C = Koefisien C dari Chezy

v = Kekentalan kinematis

V = Kecepatan rata-rata (m/s)

Kemungkinan syarat tertentu dibuat untuk kekasaran yang diperoleh dari pasir dengan nilai C lebih besar dari 100. Untuk syarat rata-rata, Schlichting menyarankan nilai $kc = 100 v/V$ yang sesuai dengan $C = 113,5$. Persamaan (3) dapat dipakai sebagai pendekatan untuk suatu saluran.

Jika tinggi kekasaran lebih besar dari nilai kritis yang ditentukan oleh persamaan (3) (gambar 3 c), elemen kekasaran akan memiliki magnitudo dan angularitas yang cukup untuk memperluas efeknya melampaui sub lapisan laminar dan dengan demikian dapat mengganggu aliran dalam saluran. Oleh karena itu permukaannya dikatakan kasar. Pada saluran kasar, distribusi kecepatan akan tergantung pada bentuk dan ukuran proyeksi kekasaran, dan sub lapisan laminar tidak dapat dibentuk lagi.

Adapun pendekatan taksiran nilai tinggi kekasaran k dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Taksiran nilai tinggi kekasaran K

Bahan	K_s , kaki
Kuningan, perunggu, timah, kaca	0,0001 – 0,0030
Besi tempa, baja	0,0002 – 0,0080
Besi tuang di aspal	0,0004 – 0,0070
Besi berlapis seng	0,0005 – 0,0150

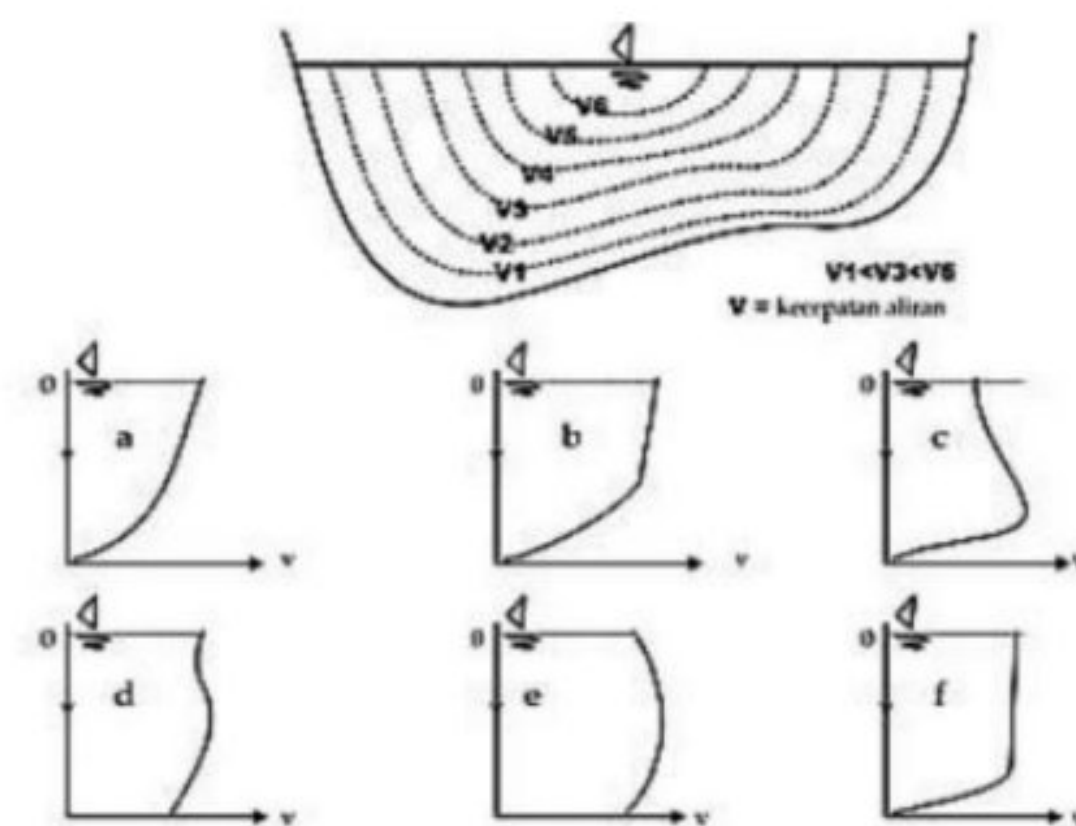
Lanjutan Tabel 1

Besi tuang	0,0008 – 0,0180
Papan	0,0006 – 0,0030
Semen	0,0013 – 0,0040
Beton	0,0015 – 0,0100
Ubin	0,0020 – 0,0100
Baja dikeling	0,0030 – 0,0300
Dasar sungai alami	0,1000 – 3,0000

Sumber : Chow 1973

2.2.4.4. Distribusi Kecepatan di Bagian Saluran

Disebabkan oleh tekanan pada muka air akibat adanya perbedaan fluida antara udara dan air dan juga akibat gaya gesekan pada dinding saluran (dasar maupun tebing saluran) maka kecepatan aliran pada suatu potongan melintang saluran tidak seragam. Ketidakteraturan ini juga disebabkan oleh bentuk tampang melintang saluran, kekasaran saluran dan lokasi saluran (saluran lurus, atau pada belokan) (Kodoatie R. J., 2002).

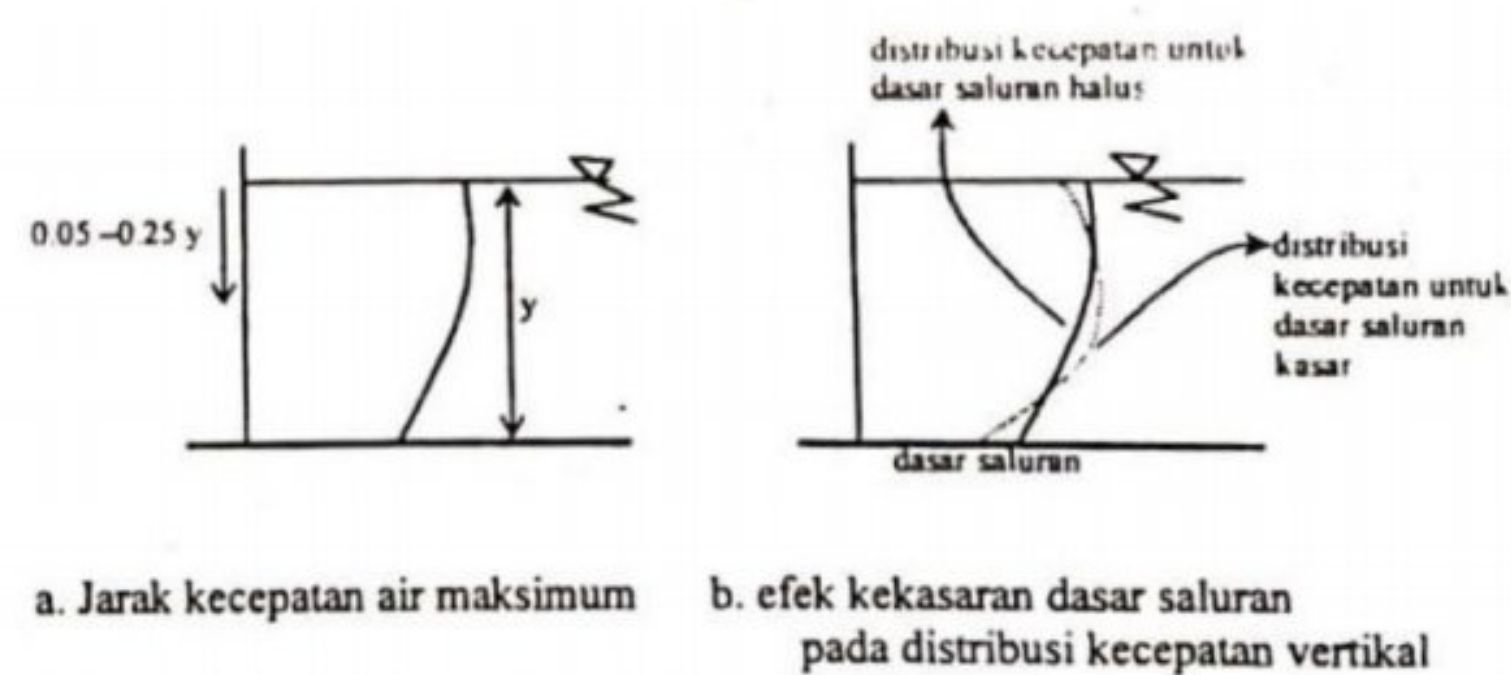


Gambar 5 Distribusi kecepatan aliran

Gambar 5 di atas menjelaskan bahwa distribusi kecepatan pada penampang saluran tergantung pada beberapa faktor seperti bentuk penampang, kekasaran saluran, dan adanya tekukan-tekukan. Pada gambar 5(a) merupakan distribusi kecepatan secara teoritis. Gambar 5(b) dasar saluran kasar dan banyak tumbuhan. Gambar 5(c)

gangguan permukaan (sampah). Gambar 5(d) aliran cepat, aliran turbulen pada dasar. Gambar 4(e) aliran lambat, dasar saluran halus. Gambar 4(f) dasar saluran kasar/ berbatu (Putra, 2016).

Selanjutnya Chow mengatakan bahwa kecepatan maksimum umumnya terjadi pada jarak 0,05 sampai 0,25 dikalikan kedalaman airnya dihitung dari permukaan air seperti ditunjukkan dalam Gambar 6. Namun pada sungai yang sangat lebar dengan kedalaman dangkal (shallow), kecepatan maksimum terjadi pada permukaan air. Makin sempit saluran, maka kecepatan air maksimumnya makin dalam (Kodoatie R. J., 2002).



Gambar 6 Jarak kecepatan maksimum dan efek kekasaran dasar saluran

Pembagian kecepatan aliran seragam di saluran akan stabil bila lapisan batas turbulen telah tercapai secara sempurna. Pada saluran terbuka, diketahui bahwa pembagian kecepatan ini mendekati pola logaritmik.

Distribusi kecepatan pada saluran terbuka dibagi menjadi dua wilayah yaitu inner region dan outer region, dimana aliran pada inner region dipengaruhi langsung oleh kekasaran dasar/ dinding dan aliran pada outer region dipengaruhi secara tidak langsung melalui tegangan geser dasar.

Dalam aliran saluran terbuka, dapat dijumpai daerah aliran yang berbeda yaitu daerah inner region, dekat dinding dimana distribusi kecepatan logaritmik berlaku dan daerah outer region, jauh dari dinding dimana profil kecepatan menyimpang

secara jelas dan sistematis dari hukum logaritmik (Prismayuda, Purnama, & Najimuddin, 2020).

Pada daerah dasar (inner region), kecepatan dikontrol oleh kecepatan gesek dan distribusi kecepatan sesungguhnya dapat dinyatakan dengan persamaan empiris:

$$\frac{u(z)}{U_m} = \left(\frac{z}{D_m}\right)^{\frac{1}{\alpha_v}} \dots\dots\dots(4)$$

Untuk daerah outer region, dikendalikan oleh kecepatan gesek yang terjadi di antara batas muka air. Distribusi kecepatan didefinisikan dengan menggunakan hubungan Semi-Gaussian.

$$\frac{u(z)}{U_m} = \exp\left[-\beta_v \left(\frac{z-D_m}{D-D_m}\right)^{\gamma_v}\right] \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

$U(z)$ = Kecepatan rata-rata sejauh z dari dasar (cm/dtk)

U_m = Kecepatan aliran maksimum (cm/dtk)

D_m = Batas tinggi dari kecepatan maksimum ($z = D_m$)

α_v = Nilai koefisien energi arah vertikal

β_v = Nilai koefisien momentum energi arah vertical

Dalam persamaan ini, β_v adalah koefisien momentum energi dan γ_v merupakan nilai didasarkan pada hasil pengukuran yang mengikuti fungsi eksponensial yang variabelnya merupakan basis logaritma (Rombebunga, Lopa, & Bakri, 2021).

2.2.5 Kemiringan Saluran

Kemiringan saluran akan mengakibatkan pergerakan kecepatan aliran air menjadi lebih cepat ataupun menjadi lebih lambat. Jika kecepatan aliran air menjadi lebih cepat itu berarti nilai kemiringan salurannya besar, akan tetapi apabila kecepatan aliran air semakin lambat itu berarti kemiringan salurannya kecil. Pada saluran terbuka kemiringan saluran dinyatakan dengan notasi s yang

merupakan beda ketinggian antara titik awal dan titik akhir per panjang saluran (Hickin, 1995).

Rumus yang digunakan dalam mencari kemiringan saluran adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{\Delta h}{l} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

S = Kemiringan Saluran

Δh = Beda Tinggi (m)

l = Panjang Saluran (m)

2.2.6 Kekasaran Saluran

Kekasaran pada saluran terbuka arahnya berlawanan arah dengan aliran air sehingga sifat dari kekasaran saluran bersifat menahan aliran air, nilai kekasaran saluran tergantung dari material yang digunakan dalam saluran. Menurut (Chow V. T., 1989) nilai kekasaran sangat bervariasi dan tergantung dari berbagai faktor, antara

lain: kekasaran permukaan, ketidak teraturan saluran, ukuran, bentuk saluran dan tinggi muka air serta debit aliran.

Bila bahan pembentuknya halus, maka nilai hambatan menjadi rendah dan relatif tidak terpengaruh dengan perubahan taraf aliran. Sebaliknya bila bahan pembentuk saluran dari pasangan batu atau kerikil, maka nilai hambatan tinggi dan terjadi baik pada pada taraf air tinggi maupun rendah (Triatmodjo, 1993).

2.2.7 Kekasaran Manning

Menurut (Fasdarsyah, 2016), secara teoritis koefisien kekasaran Manning berpengaruh kepada kecepatan dan debit aliran, jika nilai hambatan besar, maka nilai kecepatan dan debit aliran menjadi mengecil. Dengan demikian kecepatan aliran tergantung pada bahan pembentuk saluran, bila saluran dilapisi oleh tanah dimana butiran-butiran bahan pembentuk saluran seperti lempung atau lanau

mempunyai efek hambatan jauh lebih kecil bila dibanding dengan bahan kasar seperti pasangan batu atau kerikil.

Tabel 2 Nilai koefisien Manning

Bahan	Koefisien Manning N
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis Mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

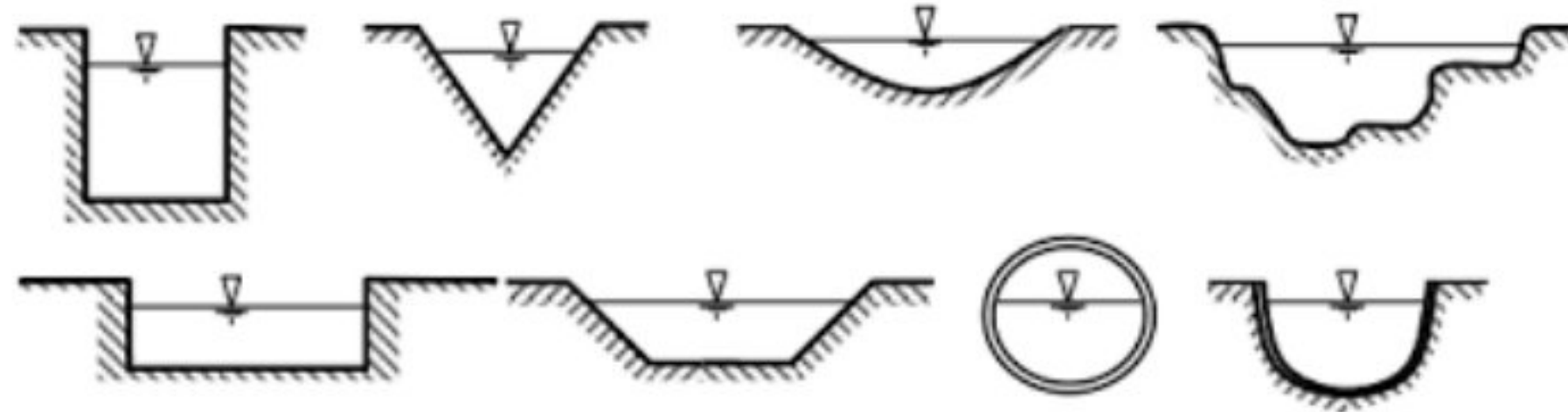
(Sumber : Fasdarsyah, 2016)

Nilai kekasaran Manning (n) merupakan fungsi dari jenis bahan dinding saluran. Nilai koefisien Manning sebagai contoh pada tabel 1 dan masih banyak lagi koefisien lainnya yang belum dicantumkan disini

2.2.8 Ukuran Dan Bentuk Saluran

Penampang saluran alam umumnya sangat tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk seperti parabola sampai trapesium. Penampang saluran buatan biasanya dirancang berdasarkan bentuk geometris yang umum. Bentuk yang paling umum dipakai untuk saluran berdinding tanah yang tidak dilapisi adalah bentuk trapesium, sebab stabilitas kemiringan dindingnya dapat disesuaikan. Bentuk persegi panjang dan segitiga merupakan bentuk khusus selain trapesium. Berhubung bentuk persegi panjang mempunyai sisi tegak, biasanya dipakai untuk saluran yang dibangun dengan bahan yang stabil, seperti pasangan batu, padas, logam atau kayu. Penampang segitiga hanya dipakai untuk saluran kecil, selokan, dan penyalidikan di laboratorium. Penampang lingkaran banyak dipakai untuk saluran pembuangan air kotor dan gorong-gorong berukuran sedang maupun kecil (Chow V. T., 1989).

Penampang saluran terbuka memiliki berbagai macam bentuk sebagai mana dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 7 berbagai macam bentuk penampang saluran (sumber: Chow,1989)

Data ukuran saluran yaitu mencari lebar dan tinggi didapatkan dengan cara pengukuran langsung dilapangan dengan menggunakan alat meteran, sedangkan untuk mendapatkan luas dan keliling basah penampang persegi panjang dengan menggunakan rumus:

Luas Penampang:

$$A = B \times h \dots \dots \dots (7)$$

Keliling Basah:

$$P = B + 2h \dots \dots \dots (8)$$

Jari-jari Hidraulik:

$$R = \frac{A}{P} \dots \dots \dots (9)$$

A = Luas Penampang

P = Keliling basah

B = Lebar

h = Tinggi

R = Jari-jari hidraulik

2.2.9 Ambang

Secara teoritis, ambang merupakan salah satu jenis bangunan air yang dapat digunakan untuk menaikkan tinggi muka air dan untuk menentukan debit aliran (Triatmodjo, 1993) Pada umumnya, aliran air yang melewati suatu tempat harus diketahui sifat dan karakteristiknya jika dalam penerapannya hendak merancang bangunan air. Berdasarkan hal tersebut, pengetahuan mengenai ambang sangat diperlukan dalam merencanakan bangunan air untuk distribusi ataupun pengaturan sungai. Bangunan ambang banyak digunakan dalam saluran terbuka dan berfungsi untuk mengendalikan tinggi muka air di bagian hulu serta dapat digunakan untuk mengukur debit aliran. Berdasarkan dua hal yang dijabarkan tersebut maka ambang dapat digunakan sebagai penghambat/rintangan yang membantu terciptanya kondisi energi minimum dalam suatu aliran. Ketika terjadi banjir, ambang yang berada pada suatu saluran dapat berhenti berfungsi sebagai bangunan pengendali, dimana muka air di sebelah hilir meninggi dan menenggelamkan ambang tersebut. Perubahan geometri aliran air yang tinggi akhirnya menyebabkan tidak tercapainya kondisi energi minimum, yang dinyatakan melalui perbandingan antara kedalaman di hilir dan di hulu. Ada dua macam jenis ambang yang sering digunakan dalam pengukuran karakteristik aliran, yaitu :

1. Ambang Lebar

Ambang Lebar Alat ukur ambang lebar merupakan salah satu bangunan aliran atas atau biasa disebut over flow. Pada model ambang lebar ini, tinggi energi yang terdapat pada hulu aliran lebih kecil daripada panjang mercu itu sendiri. Syarat peluap dapat dikatakan sebagai ambang lebar apabila :

$$t > 0,66 H \dots \dots \dots (10)$$

2. Ambang Tajam

Alat ukur ambang tajam merupakan salah satu bangunan pengukur debit yang sering sekali ditemukan di saluran-saluran irigasi ataupun laboratorium hidraulika. Syarat peluap dapat dikatakan sebagai ambang tajam apabila :

$$t < 0,5 H \dots \dots \dots (11)$$

Namun, jika dalam penerapannya ditemukan persamaan dari tebal peluap sebesar :

$$0,5 H < t < 0,66 H \dots \dots \dots (12)$$

Dimana :

t = Tebal Ambang

H = Tinggi Muka Air terhadap Ambang

2.2.10 Koefisien Gesek

Nilai koefisien gesek adalah nilai yang didapatkan dari gesekan yang terjadi antara aliran air dengan penampang saluran yang dipengaruhi oleh jari-jari hidrolis, kemiringan, dan tingkat kekasaran pada saluran. Untuk menghitung nilai koefisien gesek pada penelitian ini digunakan metode metode sebagai berikut:

2.2.10.1 Koefisien Gesek Berdasarkan Kekasaran Manning

Menurut (Leopold & Wolman, 1957), koefisien gesek bisa di dapatkan dari nilai koefisien kekasaran Manning yang ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$f = \frac{8gn^2}{\left(1,486R^{\frac{1}{6}}\right)} \dots \dots \dots (13)$$

f = Koefisien Gesek

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

n = Koefisien kekasaran Manning

R = Jari-jari hidraulik (m)

2.2.11 Perhitungan Debit

Menurut (Sosrodarsono & Takeda, 2003) debit air sungai adalah laju aliran air yang melewati suatu penampang melintang dengan persatuan waktu. Besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ($m^3/detik$).

Mengingat bentuk palung dan alur sungai yang berubah-ubah, maka dalam pemilihan lokasi pengukuran debit harus dipertimbangkan pengaruh pola aliran dalam palung sungai. Besarnya debit dihitung menurut rumus Velocity Area Method :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

Q = Debit (m³ /s)

A = Luas Penampang Basah (m²)

V = Kecepatan Rata-rata (m/s)

2.2.12 Persamaan Bilangan Reynolds

Pada tahun 1884 Osborne Reynolds melakukan percobaan untuk menunjukkan sifat-sifat aliran laminar dan turbulen. Berdasarkan pada percobaan aliran di dalam pipa, Reynolds menetapkan bahwa untuk bilangan Reynolds dibawah 500, aliran pada kondisi tersebut adalah laminar. Aliran akan turbulen apabila bilangan Reynolds lebih besar 1000. Pada umumnya tipe aliran melalui saluran terbuka adalah turbulen, karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding relatif besar.

Angka Reynolds mempunyai rumus sebagai berikut :

$$Re = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots(15)$$

Dimana :

Re = Bilangan Reynolds

V = Kecepatan Aliran (m/s)

D = Panjang Karakteristik (m)

ν = Viskositas (m²/s)

Adapun menurut J.K.Robert aliran fluida khususnya air diklasifikasikan berdasarkan perbandingan antara gayagaya inersia (inertial forces) dengan gaya-gaya akibat kekentalan (viscous forces) menjadi tiga bagian, yaitu aliran laminar, aliran transisi dan aliran turbulen. Jadi untuk saluran terbuka alami (sungai) untuk masingmasing jenis aliran diklasifikasikan sebagai berikut, menurut J.K.Robert:

Laminer : $Re < 500$

Transisi : $500 < Re < 12500$

Turbulen : $Re > 12500$

Umumnya pada saluran terbuka mempunyai $Re > 12500$ sehingga aliran termasuk dalam kategori aliran turbulen (Kodoatie R. J., 2002)

2.2.13 Persamaan Bilangan Froude

Tipe perilaku aliran dapat di bedakan dengan bilangan Froude. Menurut bilangan Froude tipe aliran dapat di bedakan menjadi 3 yaitu:

1. Aliran kritis, jika bilangan Froude sama dengan satu ($Fr=1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang di lempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.
2. Aliran subkritis, jika bilangan Froude lebih kecil dari satu ($Fr < 1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi (segala riak yang di timbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).
3. 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 di timbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).

Bilangan Fraude

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \dots\dots\dots(16)$$

Fr = Bilangan Fraude

V = Kecepatan Aliran (m/s)

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

h = Panjang Karakteristik/Kedalaman (m)