

**TUGAS AKHIR**

**KEHILANGAN ENERGI PADA PENYEMPITAN MUARA**

**ENERGY LOSS IN ESTUARY NARROWING**

**AHMAD KHAIDIR  
D011 18 1515**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**KEHILANGAN ENERGI PADA PENYEMPITAN MUARA**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**AHMAD KHAIDIR**

**D011 18 1515**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 8 Maret 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST, MT  
NIP: 197305121999031002

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 KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Ahmad Khaidir, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Kehilangan Energi Pada Penyempitan Muara**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan 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.

Gowa, 15 Maret 2023

Yang membuat pernyataan,



Ahmad Khaidir

NIM: D011 18 1515

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“KEHILANGAN ENERGI PADA PENYEMPITAN MUARA”** yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, ST., MT.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Bapak Prof. Dr. H. M Wihardi Tjaronge ST., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. **Bapak Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT.**, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
4. **Bapak M. Farid Maricar, B.Eng., M.Eng.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini
5. **Ibu Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa, MT.**, selaku Kepala Laboratorium Hidrolika Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan izin atas segala fasilitas yang digunakan.
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda **Ir. H. Ansaruddin** dan ibunda **Hj. Nurjannah** atas doa, kasih sayang, dan segala dukungan selama ini, baik spritual maupun material, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.
2. Kakak saya **Dr. Dian Hariati S. Ked.**, yang selalu memberikan semangat dan saran dalam kehidupan sehari-hari dan juga dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Presidium Angkatan dan Kontener Transisi 2019, **Imran Aiman, Ridho Rahman Ahmad, Ummul Khairiyah, dan Fiqri Al Munawwar** yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Seluruh rekan-rekan Eksekutor, **Fahmy, Alif, Ahsan, Danang, Darma, Fakhrul, Ibrahim, Ikramul, Nandi, Idrus, Yusran, Rafil** yang selalu menemani dalam membimbing, membina, dan mengawal adik-adik, hingga saya berada pada titik ini.
5. Seluruh rekan-rekan Bisnis, **Fakhrul, Alif, Ahsan, Rahil, Idrus** yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Saudara-saudari se-**TRANSISI 2019** yang selalu membuat warnanya sendiri, dukungan yang tiada henti, dan terus memberi semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Saudara-saudari **D24GON** yang telah menemani disetiap dinamika yang ada di kehidupan kampus.
8. Seluruh Anggota Keluarga Zakinah **MAPALA 09 SMFT-UH**, yang senantiasa menemani dan menyelesaikan seluruh dinamika selama kehidupan di kampus.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan, oleh karena itu mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini. Akhirnya semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, 13 Januari 2023

Penulis

## ABSTRAK

Muara sungai ialah wilayah hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Kasus di muara sungai bisa ditinjau di bagian mulut sungai (*River Mouth*) serta estuari. Ada banyak faktor yang dapat menimbulkan ketidakstabilan aliran air pada saluran terbuka, salah satunya dari penyempitan dengan beberapa kontur tanah, sampah pada saluran, sehingga pergerakan air mengalami perubahan pada debit, kecepatan aliran, tinggi muka air. Kenyataan ini perlu mendapat perhatian, hal ini penulis melakukan riset mengenai kasus yang kerap terjadi pada saluran terbuka dengan adanya penyempitan yang bervariasi dan debit yang bervariasi.

Riset penelitian ini mencari kehilangan Energi pada saluran terbuka dengan menggunakan model prototype sebagai penyempitan bersudut yang bervariasi dan menggunakan alat ukur kecepatan *Current Meter* sebagai penunjang penelitian ini. Penyempitan itu sendiri menimbulkan kehilangan energi disuatu saluran terbuka pada kecepatan aliran air dari hulu hingga ke hilir merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya nilai energi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyempitan penampang mempengaruhi kecepatan aliran dan kehilangan energi. Nilai kecepatan aliran tertinggi berada pada variasi penampang komposit 20%. Kecepatan aliran berbanding terbalik dengan kehilangan energi. Pada variasi penampang komposit 30% mengalami penurunan kecepatan aliran sehingga mengakibatkan kehilangan energi terbesar. Kehilangan energi terbesar terjadi pada penampang komposit 30% dikarenakan penampang membendung aliran air.

**Kata Kunci:** Muara sungai, penyempitan muara, kecepatan aliran, kehilangan energi

## ***ABSTRACT***

The *downstream* portion of the river where it meets the ocean is known as the river mouth. At river mouths and estuaries, cases at river mouths can be seen. One of the many elements that can lead to instability in water flow in open channels is narrowing with numerous soil contours and debris in the channel, which causes variations in discharge, flow velocity, and water level. It is important to note that the authors of this study focused on cases that frequently occur in open channels with variable constriction and variable discharge.

By narrowing various angles on a prototype model and using a Current Meter discharge meter as a support for this research, this study searches for energy losses in open channels. One of the elements that affects the quantity of energy value is the narrowing itself, which results in energy loss in an open channel at the rate of water flow from upstream to downstream.

The outcomes demonstrated that the flow velocity and energy loss are impacted by the cross-narrowing. section's At 20% composite cross section variation, the flow velocity value is at its highest. The energy loss has an inverse relationship with the flow rate. The flow velocity falls off at a composite cross section variation of 30%, which results in the greatest energy loss. Due to the cross section's obstruction of water flow, the 30% composite cross section has the most energy loss.

**Keywords:** Estuaries of rivers, narrowing of estuaries, flow velocity, loss of energy.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Batasan Masalah.....	5
F. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
A. Muara Sungai .....	7
A.1 Muara Yang Didominasi Gelombang Laut .....	8
A.2 Muara Yang Didominasi Debit Sungai .....	9
A.3 Muara Yang Didominasi Pasang Surut.....	11
B. Aliran Pada Saluran Terbuka .....	11
C. Penyempitan Aliran .....	13
D. Persamaan Dasar .....	14
E. Kehilangan Energi .....	15
F. Persamaan Bernoulli .....	16
G. Geometri saluran.....	17
H. Penampang Komposit dan Gabungan .....	20
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
A. Umum.....	21
B. Lokasi Penelitian .....	21



C. Alat dan Bahan Penelitian .....	22
C.1 Alat Penelitian.....	22
C.2 Bahan Penelitian.....	23
D. Prosedur Penelitian .....	23
D.1 Tahapan Pendahuluan .....	23
D.2 Pengambilan Data .....	27
D.3 Analisis dan Pengolahan Data.....	30
D.4 Bagan Alur Penelitian .....	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	32
A. Hasil Penelitian.....	32
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium riset sungai Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan waktu penelitian selama 4 bulan. ....	32
A.1 Penentuan Debit.....	32
A.2 Penampang Eksisting.....	32
A.3 Penampang Komposit 20% ( $h$ 4,5).....	35
A.4 Penampang Komposit 30% ( $h$ 4,5).....	38
A.5 Penampang Komposit 20% ( $h$ 3).....	41
A.5.2 Tinggi Muka Air.....	42
A.5.3 Kehilangan Energi .....	44
A.6 Penampang Komposit 30% ( $h$ 3).....	44
A.7 Penampang Komposit 20% ( $h$ 6).....	47
A.8 Penampang Komposit 30% ( $h$ 6).....	50
B. Pembahasan .....	53
B.1 Pengaruh Penyempitan Penampang Terhadap Kecepatan Aliran 53	
B.2 Kehilangan Energi Pada Penyempitan Muara .....	55
B.3 Pengaruh Kehilangan Energi Terhadap Penyempitan Penampang .....	58
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
A. Kesimpulan.....	60
B. Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA.....	61
---------------------	----

### DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skematis struktur muara. Batas jangkauan antara air laut dapat berubah posisi tergantung pada debit sungai dan pasang surut (G. M. E. Perillo et all, 2011) .....	8
Gambar 2. Model konsep muara yang didominasi gelombang. (a) rezim energy. (b) bentuk morfologi. (c) penampang terhadap MSL. (d) (Fitzgerald et all, 2015) .....	9
Gambar 3. Model konsep muara yang didominasi oleh pasang surut. (a) Rezim energi. (B) bentuk morfologi. (c) Penampang terhadap MHT (D Fitzgerald et all 2015) .....	11
Gambar 4. Bentuk-bentuk potongan melintang saluran terbuka. ....	13
Gambar 5. Penampang saluran Persegi panjang. ....	18
Gambar 6. Penampang saluran persegi panjang dengan penyempitan 20%.....	19
Gambar 7. Penampang saluran persegi panjang dengan penyempitan 30%.....	19
Gambar 8. Lokasi Penelitian.....	21
Gambar 9. Flume Saluran Percobaan .....	22
Gambar 10. Potongan melintang model penampang eksisting.....	24
Gambar 11. Potongan melintang model penampang komposit 20% 3 cm .....	24
Gambar 12. Potongan melintang model penampang komposit 20% 4,5 cm .....	25
Gambar 13. Potongan melintang model penampang komposit 20% 6 cm .....	25
Gambar 14. Potongan melintang model penampang komposit 30% 3 cm .....	26

Gambar 15. Potongan melintang model penampang komposit 30% 4.5 cm .....	26
Gambar 16. Potongan melintang model penampang komposit 30% 6 cm .....	27
Gambar 17. Penampang Memanjang Flume .....	28
Gambar 18. Penampang eksisting .....	28
Gambar 19. Pengaturan Debit .....	29
Gambar 20. Bagan alir penelitian.....	31
Gambar 21. Grafik hubungan antara Tinggi muka air dengan Kecepatan aliran Penampang 1.....	34
Gambar 22. Grafik hubungan antara Tinggi muka air dengan Kecepatan aliran Penampang 2.....	37
Gambar 23. Grafik hubungan antara Tinggi muka air dengan Kecepatan aliran Penampang 3.....	40
Gambar 24. Grafik hubungan antara Tinggi muka air dengan Kecepatan aliran Penampang 4.....	43
Gambar 25. Grafik hubungan antara Tinggi muka air dengan Kecepatan aliran Penampang 5.....	46
Gambar 26. Grafik hubungan antara Tinggi muka air dengan Kecepatan aliran Penampang 6.....	49
Gambar 27. Grafik hubungan antara Tinggi muka air dengan Kecepatan aliran Penampang 7.....	52
Gambar 28. Grafik Analisa Kecepatan Aliran variasi 1 ( $h$ 4,5).....	54
Gambar 29. Grafik Analisa Kecepatan Aliran variasi 2 ( $h$ 4,5).....	54
Gambar 30. Grafik Kehilangan energi ( $h$ 4,5) .....	58
Gambar 31. Grafik Kehilangan Energi ( $h$ 3) .....	59
Gambar 32. Grafik Kehilangan Energi ( $h$ 6) .....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Debit aliran .....	32
Tabel 2. Kecepatan aliran eksisting variasi 1 .....	33
Tabel 3. Kecepatan aliran eksisting variasi 2 .....	33
Tabel 4. Tinggi muka air eksisting variasi 1 .....	33
Tabel 5. Tinggi muka air eksisting variasi 2 .....	34
Tabel 6. Rekapitulasi data Kehilangan energi variasi 1 .....	35
Tabel 7. Rekapitulasi data Kehilangan energi variasi 2 .....	35
Tabel 8. Kecepatan aliran Penampang 2 variasi 1 .....	36
Tabel 9. Kecepatan aliran Penampang 2 variasi 2 .....	36
Tabel 10. Tinggi muka air Penampang 2 variasi 1 .....	36
Tabel 11. Tinggi muka air Penampang 2 variasi 2 .....	37
Tabel 12. Rekapitulasi data Kehilangan energi variasi 1 .....	38
Tabel 13. Rekapitulasi data Kehilangan energi variasi 2 .....	38
Tabel 14. Kecepatan aliran Penampang 3 variasi 1 .....	39
Tabel 15. Kecepatan aliran Penampang 3 variasi 2 .....	39
Tabel 16. Tinggi muka air Penampang 3 variasi 1 .....	39
Tabel 17. Tinggi muka air Penampang 3 variasi 2 .....	40
Tabel 18. Rekapitulasi data Kehilangan energi variasi 1 .....	41
Tabel 19. Rekapitulasi data Kehilangan energi variasi 2 .....	41
Tabel 20. Kecepatan aliran Penampang 4 variasi 1 .....	42
Tabel 21. Kecepatan aliran Penampang 4 variasi 2 .....	42
Tabel 22. Tinggi muka air Penampang variasi 1 .....	42
Tabel 23. Tinggi muka air Penampang 4 variasi 2 .....	43
Tabel 24. Rekapitulasi data Kehilangan energi variasi 1 .....	44
Tabel 25. Rekapitulasi data Kehilangan energi variasi 2 .....	44
Tabel 26. Kecepatan aliran Penampang 5 variasi 1 .....	45

Tabel 27. Kecepatan aliran Penampang 5 variasi 2.....	45
Tabel 28. Tinggi muka air Penampang 5 variasi 1 .....	46
Tabel 29. Tinggi muka air Penampang 5 variasi 2 .....	46
Tabel 30. Rekapitulasi data kehilangan energi variasi 1 .....	47
Tabel 31. Rekapitulasi data kehilangan energi variasi 2 .....	47
Tabel 32. Kecepatan aliran Penampang 6 variasi 1.....	48
Tabel 33. Kecepatan aliran Penampang 6 variasi 2.....	48
Tabel 34. Tinggi muka air Penampang 6 variasi 1 .....	49
Tabel 35. Tinggi muka air Penampang 6 variasi 2 .....	49
Tabel 36. Rekapitulasi data kehilangan energi variasi 1 .....	50
Tabel 37. Rekapitulasi data kehilangan energi variasi 2 .....	50
Tabel 38. Kecepatan aliran Penampang 7 variasi 1.....	51
Tabel 39. Kecepatan aliran Penampang 7 variasi 2.....	51
Tabel 40. Tinggi muka air Penampang 7 variasi 1 .....	52
Tabel 41. Tinggi muka air Penampang 7 variasi 2.....	52
Tabel 42. Rekapitulasi data Kehilangan energi variasi 1 .....	53
Tabel 43. Rekapitulasi data Kehilangan energi variasi 2 .....	53
Tabel 44. Rekapitulasi Perhitungan Energi ( $h_{4,5}$ ).....	55
Tabel 45. Rekapitulasi Perhitungan Energi ( $h_{4,5}$ ).....	55
Tabel 46. Rekapitulasi Perhitungan Energi ( $h_3$ ).....	56
Tabel 47. Rekapitulasi Perhitungan Energi ( $h_3$ ).....	56
Tabel 48. Rekapitulasi Perhitungan Energi ( $h_6$ ).....	57
Tabel 49. Rekapitulasi Perhitungan Energi ( $h_6$ ).....	57

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Dalam keilmuan hidrologi 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 (Frisma Sugis Aribawa, 2016).

Pengelolaan sungai telah diatur di dalam Peraturan Pemerintah No. 38 tahun 2011 tentang sungai yang meliputi konservasi sungai, pengembangan sungai dan pengendalian daya rusak sungai. Untuk menunjang pelaksanaan tujuan tersebut diperlukan kegiatan, yang salah satunya adalah pengukuran kecepatan secara langsung untuk mengetahui data debit sungai. Pemerintah telah menetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengukuran sungai di dalam SNI 03-2414-

1991 mengenai tata cara pengukuran debit aliran sungai dan saluran terbuka menggunakan alat ukur arus dan pelampung, akan tetapi SNI ini hanya terbatas pada sungai dengan aliran yang dipengaruhi oleh faktor gravitasi saja. Sementara sungai pasang surut yang mempunyai aliran dua arah mempunyai karakteristik yang berbeda dengan sungai non-pasang surut. Oleh karena itu, SNI yang ada tidak dapat diterapkan pada sungai yang terpengaruh oleh pasang surut air laut. Diperlukan beberapa perubahan atau modifikasi terhadap SNI tersebut supaya dapat digunakan di sungai pasang surut (Indra Setya Putra, 2015).

Sungai memiliki bentuk-bentuk yang berbeda antara bagian yang satu dengan bagian yang lain. Secara umum, sebuah sungai bisa dibagi menjadi 3 bagian. Bagian atas (hulu), tengah, dan bawah (hilir). Setiap bagian ini memiliki ciri khas, bentuk, dan aktivitasnya sendiri sendiri.

Muara sungai ialah wilayah hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Kasus di muara sungai bisa ditinjau di bagian mulut sungai (*River Mouth*) serta estuari. Mulut sungai merupakan bagian hilir dari sungai yang langsung berjumpa dengan laut, lagi estuari merupakan bagian dari sungai yang dipengaruhi pasang surut (Triatmojo, 1999 : 277).

Muara sungai memiliki potensi untuk meningkatkan status ekonomi warga seperti pembangunan pelabuhan, pembangunan objek wisata, mengurangi terbentuknya erosi serta sedimentasi pesisir tepi laut serta lain sebagainya.

Muara sungai bisa dibedakan dalam 3 kelompok, yang bergantung pada aspek dominan yang mempengaruhinya. Ketiga aspek dominan

tersebut merupakan Gelombang, Debit Sungai, dan Pasang Surut (Nur Yuwono, 1994).

Ada banyak faktor yang dapat menimbulkan ketidakstabilan aliran air pada saluran terbuka, salah satunya dari penyempitan dengan beberapa kontur tanah, sampah pada saluran, sehingga pergerakan air mengalami perubahan pada debit, kecepatan aliran, tinggi muka air. Kenyataan ini perlu mendapat perhatian, hal ini penulis melakukan riset mengenai kasus yang kerap terjadi pada saluran terbuka dengan adanya penyempitan yang bervariasi dan debit yang bervariasi, Riset penelitian ini mencari kehilangan Energi pada saluran terbuka dengan menggunakan model prototype sebagai penyempitan bersudut yang bervariasi dan menggunakan alat ukur kecepatan *Current Meter* sebagai penunjang penelitian ini. Penyempitan itu sendiri menimbulkan kehilangan energi disuatu saluran terbuka pada kecepatan aliran air dari hulu hingga ke hilir merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya nilai energi.

Hukum Bernoulli menyatakan bahwa tekanan dari fluida yang bergerak seperti udara berkurang ketika fluida tersebut bergerak lebih cepat. Hukum Bernoulli ditemukan oleh Daniel Bernoulli, seorang matematikawan yang berasal dari Swiss, beliau menemukannya pada tahun 1700-an. Bernoulli menggunakan dasar matematika untuk merumuskan hukumnya.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul:

**“Kehilangan Energi Pada Penyempitan Muara”**



## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan Latar Belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penyempitan penampang terhadap kecepatan aliran di muara?
2. Berapa besar kehilangan energi yang terjadi pada penyempitan muara?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisa lebih dalam dampak dari penyempitan pada saluran terbuka sehingga menghasilkan kecepatan aliran yang semakin tinggi maupun rendah.
2. Mengetahui seberapa besar kehilangan energi yang terjadi ketika dilakukan penyempitan pada saluran.

## **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat teoritis
  - a. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dilapangan untuk menentukan karakteristik aliran dimuara.
  - b. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai studi mahasiswa Teknik sipil.

## 2. Manfaat praktis

- a. Penelitian dan hasil dari pengujian kehilangan energi terhadap penyempitan aliran dimuara ini diharapkan dapat digunakan untuk memodelkan penampang sungai yang ideal.
- b. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berguna dan bermanfaat dalam perkembangan dunia Teknik Sipil.

## E. Batasan Masalah

Ruang lingkup batasan pada penelitian dalam tulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Type Marpologi muara yang ditinjau adalah adalah type partially closed
2. Jenis penampang yang ditinjau 3 (tiga) model variasi penampang
3. Gelombang dan arus tidak dimodelkan.
4. Pasang surut yang ditinjau hanya tinggi elevasi muka air
5. Kekasaran dinding saluran tidak ditinjau
6. Kemiringan dasar rata (tidak bergelombang)
7. Waktu pasang surut tidak ditinjau.

## F. Sistematika Penulisan

Secara sistematis tulisan ini disusun dalam lima bab, yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan, serta Kesimpulan dan Saran. Berikut ini secara garis besar mengenai kandungan dari setiap bab tersebut di atas:

### BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang masalah ,rumusan masalah, tujuan penelitian ,manfaat penilitian ,batasan masalah dan sistematika penulisan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menyajikan teori - teori yang digunakan sebagai landasan untuk menganalisis dan membahas permasalahan penelitian.

## BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan mengenai Langkah - langkah atau prosedur penelitian.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan mengenai hasil analisis data dan hasil pembahasan.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

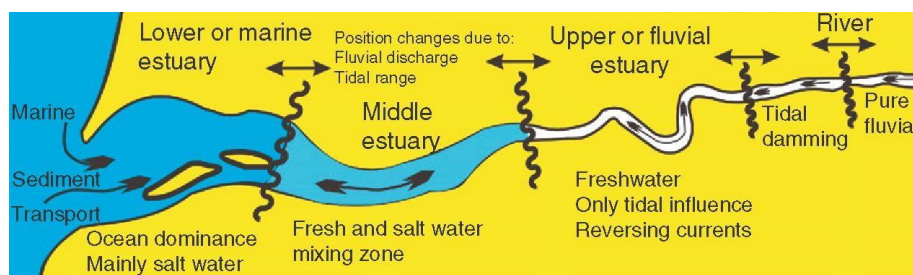
Menyajikan hasil kesimpulan dari penelitian dan saran untuk yang ingin melanjutkan.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Muara Sungai**

Muara sungai ialah bagian hilir dari sungai yang berhubungan dengan laut. Permasalahan di muara sungai dapat ditinjau dibagian mulut sungai (river mouth) dan estuari. Mulut sungai adalah bagian paling hilir dari muara sungai yang langsung bertemu dengan laut, sedangkan estuari adalah bagian dari sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut. Pengaruh pasang surut terhadap sirkulasi aliran (kecepatan, debit, profil muka air, intrusi air asin) di estuari dapat sampai jauh ke hulu sungai, tergantung pada tinggi pasang surut, debit sungai dan karakteristik estuari (tampang aliran, kekasaran dinding, dan sebagainya).

Muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran/ pembuangan debit sungai terutama pada waktu banjir ke arah laut. Karena letaknya yang di ujung hilir, maka debit aliran di muara adalah lebih besar dibanding pada penampang sungai disebelah hulu. Selain itu, muara sungai juga harus melewati debit yang ditimbulkan oleh pasang surut yang bisa lebih besar dari debit sungai. Sesuai dengan fungsinya tersebut, muara sungai harus cukup lebar dan dalam. Permasalahan yang sering dijumpai adalah banyaknya endapan di muara sungai sehingga tampang alirannya kecil, yang dapat mengganggu pembuangan debit sungai ke laut. Ketidاكلancaran pembuangan tersebut dapat mengakibatkan banjir didaerah sebelah hulu muara (Triadmodjo, 1999). Gambar 1 menunjukkan skematis struktur muara.



Gambar 1. Skematis struktur muara. Batas jangkauan antara air laut dapat berubah posisi tergantung pada debit sungai dan pasang surut (G. M. E. Perillo et all, 2011)

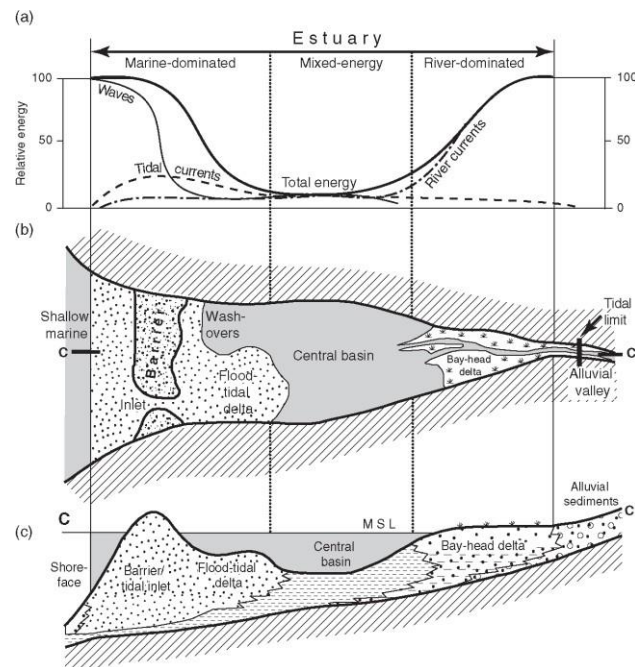
Berdasarkan gambar diatas, interaksi antara sungai dan pasang surut, sebuah muara dapat dibagi dalam tiga sektor: (1) lautan, muara bawah yang didominasi oleh pasang surut dan air asin; (2) muara tengah, dimana dominasi diberikan oleh pencampuran air tawar dan air asin dalam proporsi yang berbeda; dan (3) muara bagian atas dan fluvial dimana hanya ada air tawar yang terkena dampak pasang surut.

Muara sungai dapat dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan faktor dominan yang mempengaruhinya. Ketiga faktor tersebut adalah gelombang, debit sungai, dan pasang surut (Nur Yuwono dalam Triadmodjo 1999). Ketiga faktor tersebut akan berperan secara bersamaan dalam suatu muara, hanya saja salah satu yang akan mendominasi.

### A.1 Muara Yang Didominasi Gelombang Laut

Gelombang laut yang besar dapat menyebabkan transportasi sedimen dari laut menuju muara dan menyebabkan endapan. Apabila debit sungai kecil kecepatan arus tidak mampu mengerosi endapan tersebut sehingga muara sungai benar-benar akan tertutupi sedimen.

Permasalahan akan timbul pada musim hujan, dimana debit banjir dari daerah aliran sungai tidak dengan lancar dapat dialirkan menuju laut. Akibatnya, banjir dapat terjadi di daerah sebelah hulu muara baik itu permukiman ataupun persawahan. Jika debit sungai sepanjang tahun cukup besar, kecepatan arus dapat mengerosi endapan tersebut, sehingga mulut sungai selalu terbuka. Model konsep muara yang didominasi gelombang seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Model konsep muara yang didominasi gelombang. (a) rezim energy. (b) bentuk morfologi. (c) penampang terhadap MSL. (d) (Fitzgerald et al, 2015)

## A.2 Muara Yang Didominasi Debit Sungai

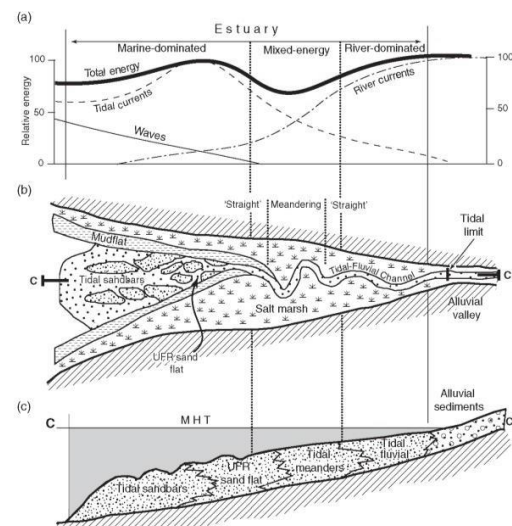
Beban Muara dengan jenis ini terjadi pada sungai yang debit sepanjang tahunnya cukup besar sedangkan gelombang lautnya relatif lebih kecil. Sungai dengan debit besar tentunya membawa angkutan sedimen yang lebih besar dari hulunya. Ketika sampai pada muara,

sedimen yang terendap merupakan sedimen dengan suspensi partikel yang sangat kecil, yaitu dalam beberap mikron. Sifat-sifat sedimen ini lebih tergantung pada gaya-gaya permukaan dari pada gaya berat, yang berupagaya tarik-menarik dan tolak menolak. Mulai salinitas air sekitar 1 sampai 3, gaya tolak menolak antara partikel berkurang dan partikel-partikel tersebut akan bergabung membentuk flokon dengan diameter jauh lebih besar dari partikel individu (Triatmodjo, 1999). Bersatunya partikel tersebut juga dibarengi kecepatan endap yang meningkat tajam.

Pada saat terjadi surut, sedimen akan terdorong ke muara dan terdorong ke laut. Selama periode titik balik dimana kecepatan aliran kecil, sebagian suspensi mengendap. Saat berikutnya dimana air mulai pasang, kecepatan aliran bertambah besar dan sebagian suspensi dari laut masuk kembali ke sungai bertemu dengan sedimen yang berasal dari hulu. Dialur sungai, terutama pada waktu air surut kecepatan aliran besar, sehingga sebagian sedimen yang telah diendapkan tererosi kembali. Tetapi didepan muara dimana aliran telah menyebar, kecepatan aliran lebih kecil sehingga tidak mampu mengerosi semua sedimen yang telah diendapkan. Dengan demikian dalam satu siklus pasang surut jumlah sedimen yang mengendap jauh lebih banyak dari yang tererosi, sehingga terjadi pengendapan didepan mulut sungai. Proses tersebut terjadi terus-menerus sehingga muara sungai akan maju ke arah laut membentuk delta.

### A.3 Muara Yang Didominasi Pasang Surut

Setiap Pada muara yang mengalami pasang yang cukup tinggi, air laut akan masuk ke sungai dengan volume yang cukup besar. Air tersebut akan berakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada waktu surut, volume air yang sangat besar itu mengalir keluar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Dengan demikian, kecepatan arus selama air surut tersebut besar dan cukup potensial untuk membentuk muara sungai. Muara sungai ini berbentuk seperti lonceng.



Gambar 3. Model konsep muara yang didominasi oleh pasang surut. (a) Rezim energi. (B) bentuk morfologi. (c) Penampang terhadap MHT (D Fitzgerald et all 2015)

### B. Aliran Pada Saluran Terbuka

Saluran yang mengalirkan air dengan suatu permukaan bebas disebut saluran terbuka. Saluran digolongkan menjadi dua macam yaitu saluran alam (natural) dan saluran buatan (artificial). Saluran alam meliputi semua saluran air yang terdapat secara alamiah dibumi, melalui dari anak selokan kecil di pegunungan, sungai kecil dan sungai besar



sampai ke muara sungai. Sifat-sifat hidrolis saluran alam biasanya sangat tidak menentu. Dalam beberapa hal dapat dibuat anggapan pendekatan yang cukup sesuai dengan pengamatan sesungguhnya. Sehingga persyaratan aliran pada saluran ini dapat diterima untuk penyelesaian analisa hidrolis teoritis. Saluran buatan merupakan saluran yang dibuat manusia untuk tujuan dan kepentingan tertentu. Saluran buatan memiliki penampang teratur dan lebih mudah dalam melakukan analisa dibanding saluran alami.

Zat cair dapat diangkut dari suatu tempat ke tempat lain melalui bangunan pembawa alamiah ataupun buatan manusia. Bangunan pembawa ini dapat terbuka maupun tertutup bagian atasnya. Saluran yang tertutup bagian atasnya disebut saluran tertutup (*closed conduits*), sedangkan yang terbuka bagian atasnya disebut saluran terbuka (*open channels*). Sungai, saluran irigasi, selokan, estuari merupakan saluran terbuka, sedangkan terowongan, pipa, aquaduct, gorong-gorong, dan siphon merupakan saluran tertutup.

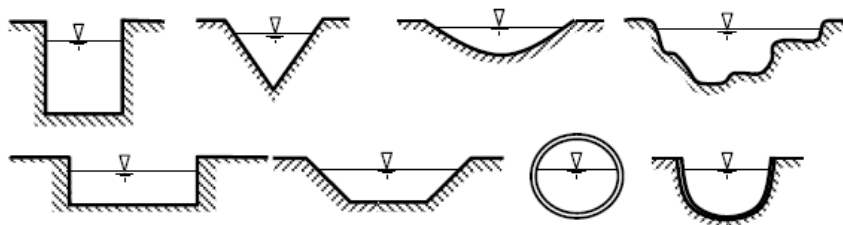
Aliran dalam saluran terbuka maupun saluran tertutup yang mempunyai permukaan bebas disebut aliran permukaan bebas (*free surface flow*) atau aliran saluran terbuka (*open channel flow*). Dalam buku ini keduanya mempunyai arti yang sama atau sinonim. Permukaan bebas mempunyai tekanan sama dengan tekanan atmosfer. Jika pada aliran tidak terdapat permukaan bebas dan aliran dalam saluran penuh, aliran yang terjadi disebut aliran dalam pipa (*pipe flow*) atau aliran tertekan

(*pressurized flow*). Aliran dalam pipa tidak mempunyai tekanan atmosfer akan tetapi tekanan hidraulik.

Zat cair yang mengalir pada saluran terbuka mempunyai bidang kontak hanya pada dinding dan dasar saluran. Saluran terbuka dapat berupa:

- Saluran alamiah atau buatan,
- Galian tanah dengan atau tanpa lapisan penahan,
- Terbuat dari pipa, beton, batu, bata, atau material lain,
- Dapat berbentuk persegi, segitiga, trapesium, lingkaran, tapal kuda, atau tidak beraturan.

Bentuk-bentuk saluran terbuka, baik saluran buatan maupun alamiah, yang dapat kita jumpai diperlihatkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Bentuk-bentuk potongan melintang saluran terbuka.

### C. Penyempitan Aliran

Penyempitan saluran adalah suatu fenomena yang biasa dijumpai pada saluran terbuka. Suatu penyempitan pada saluran terbuka, terdiri atas daerah penyempitan penampang lintang saluran secara mendadak. Pengaruh penyempitan tergantung pada geometri (bentuk) bagian

lengkungan masuk penyempitan, kecepatan aliran dan keadaan aliran (Ven Te Chow, 1992).

Aliran yang melalui penyempitan dapat berupa aliran superkritis atau subkritis. Pada aliran subkritis, adanya penyempitan saluran akan menyebabkan terjadinya efek pembendungan yang meluas ke arah hulu, sedangkan pada aliran superkritis hanya akan menimbulkan perubahan ketinggian permukaan air didekat penyempitan dan tidak meluas ke arah hulu. Bila kedalaman air di penyempitan lebih besar dibandingkan kedalaman kritis, maka perluasan genangan air ke arah hulu hanya terjadi pada jarak yang dekat, dan dibagian akhir efek pembendungan itu akan terjadi suatu loncatan hidrolis ( Henderson, 1966 dalam Budi S, 1988).

#### **D. Persamaan Dasar**

Persamaan ini menggambarkan aliran berubah berangsur dalam saluran berbentuk prisma yang tidak mempunyai aliran masuk (*inflow*) dan aliran keluar (*outflow*) yang lateral. Selanjutnya, aliran ini dianggap terjadi jika :

1. Kemiringan dasar saluran kecil,
2. Saluran berbentuk prisma dan tidak ada aliran lateral dari saluran,
3. Pembagian tekanan pada penampang saluran adalah hidrostatis,
4. Kehilangan energi dalam aliran berubah berangsur dapat menggunakan persamaan untuk kehilangan energi dalam aliran seragam.

Kemiringan dasar saluran dapat diasumsi kecil, kalau lebih kecil dari 5 persen, seperti halnya  $\sin\theta \cong \tan\theta \cong \theta$ , yang mana  $\theta$  adalah sudut dasar saluran horizontal, dan kedalaman aliran diukur secara tegak lurus atau normal terhadap dasar saluran yaitu diperkirakan sama (Muhammad Saleh Pallu, 2022).

$$H = z + y + \frac{\alpha V^2}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

H = Total energi di atas bidang persamaan,

z = elevasi dasar saluran di atas bidang persamaan,

y = kedalaman aliran,

V = Kecepatan aliran,

$\alpha$  = koefisien tinggi kecepatan.

### E. Kehilangan Energi

Air mempunyai 3 (tiga) bentuk energy

#### 1. Energi kecepatan

$$\frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana V = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

#### 2. Energi ketinggian

Dimana h = ketinggian (m)

### 3. Energi tekanan

$$\frac{P}{W} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana P = tekanan (N/m<sup>2</sup>)

W = berat jenis air (N/m<sup>3</sup>)

Pada dasarnya suatu energi tidak dapat hilang, tapi suatu bentuk energi dapat berubah menjadi bentuk energi lain, misalnya energi kecepatan dapat berubah menjadi energi ketinggian, dan sebaliknya. Energi tekanan dapat berubah menjadi energi kecepatan, dan sebaliknya.

Bayangkan juga pipa yang dipakai di kebun. Jika pipa tersebut pecah, air akan mengalir keluar dengan kecepatan tinggi dalam bentuk pancaran. Energi tekanan di dalam pipa telah dirubah menjadi bentuk energi kecepatan.

Ketika energi tersebut dapat dijumlahkan menjadi energi total.

$$H = \frac{V^2}{2g} + h + \frac{P}{W} \dots\dots\dots (4)$$

Kehilangan Energi adalah selisih antara energi yang ada di hulu dengan energi yang berada dihilir. Adapun rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai kehilangan energi, yaitu :

$$\Delta E = \left\{ \frac{Vu^2}{2g} + h \right\} - \left\{ \frac{Vd^2}{2g} + h \right\} \dots\dots\dots (5)$$

### F. Persamaan Bernoulli

Konsep energi spesifik telah diperkenalkan oleh Bakhmeteff (1912). Kecepatan aliran pada penampang saluran berbeda-beda dari satu titik ke

titik lainnya, hal ini tergantung dari pembagian kecepatan. Namun boleh menggunakan kecepatan rata-rata pada suatu penampang untuk menghitung tinggi kecepatan dan koefisien energi,  $\alpha$ . Jumlah dua istilah ( $z + p/\gamma$ ) sebagai tinggi pizometer pada suatu titik. Tinggi pizometer adalah konstan kalau pembagian tekanan adalah hidrostatis. Asumsi bahwa pembagian kecepatan adalah seragam ( $\alpha = 1$ ) dan pembagian tekanan adalah hidrostatis ( $p = \gamma y$ ), maka persamaan Bernoulli dapat ditulis,

$$z + y + \frac{v^2}{2g} = H \dots\dots\dots (6)$$

Sekarang, mari menggunakan dasar saluran sebagai datum. Kemudian  $z=0$ , dan persamaan sebelumnya disederhanakan,

$$y + \frac{v^2}{2g} = E \dots\dots\dots (7)$$

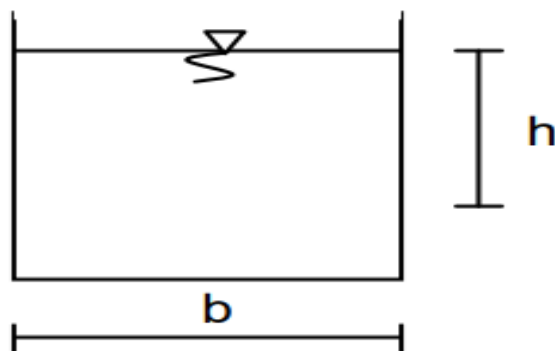
### G. Geometri saluran

Saluran dapat digolongkan menjadi saluran alam (*natural*) dan saluran buatan (*artificial*). Variasi istilah yang telah digunakan dalam saluran buatan seperti saluran yang panjang dengan kemiringan dasar kecil dan digali di dalam tanah disebut saluran (*canal*). Suatu saluran terletak di atas permukaan tanah dengan suatu penyangga dan konstruksinya kayu, besi/logam dan beton disebut talang (*flume*). Saluran yang mempunyai kemiringan dasar curam dan hampir tegak lurus sampingnya disebut got miring (*chute*). Saluran yang digali melalui bukit

atau gunung disebut trowongan (*tunnel*). Suatu saluran pendek dan tertutup dengan pengaliran bagian penuh disebut gorong-gorong (*culvert*).

Penampang saluran alam umumnya sangat tidak beraturan, biasanya bervariasi dari bentuk seperti parabola sampai trapesium. Istilah penampang saluran (*channel section*) adalah tegak lurus terhadap arah aliran, sedangkan penampang vertikal saluran (*vertical channel section*) adalah penampang vertikal melalui titik terbawah atau terendah dari penampang. Oleh sebab itu pada saluran mendatar penampangnya selalu merupakan penampang vertikal.

Penampang saluran buatan biasanya direncanakan berdasarkan bentuk geometri saluran yang umum (Muhammad Saleh Pallu, 2022).

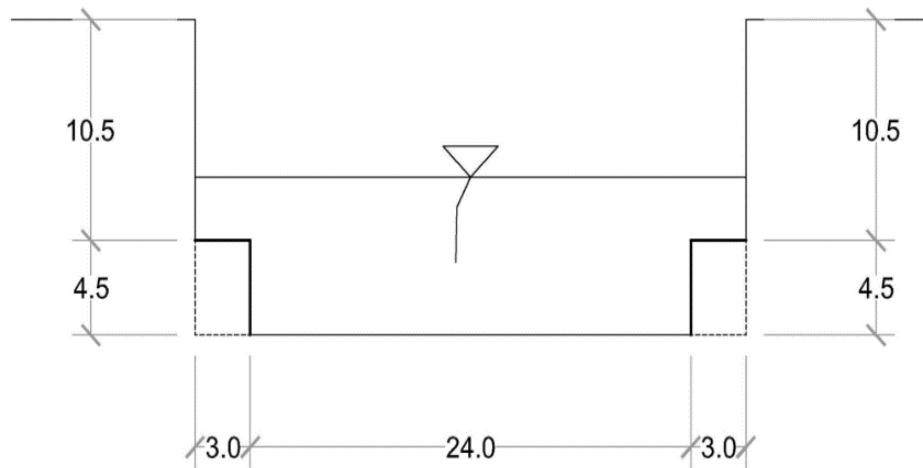


Gambar 5. Penampang saluran Persegi panjang.

$$\text{Luas (A)} = b \times h \dots\dots\dots (8)$$

$b$  = lebar dasar saluran,

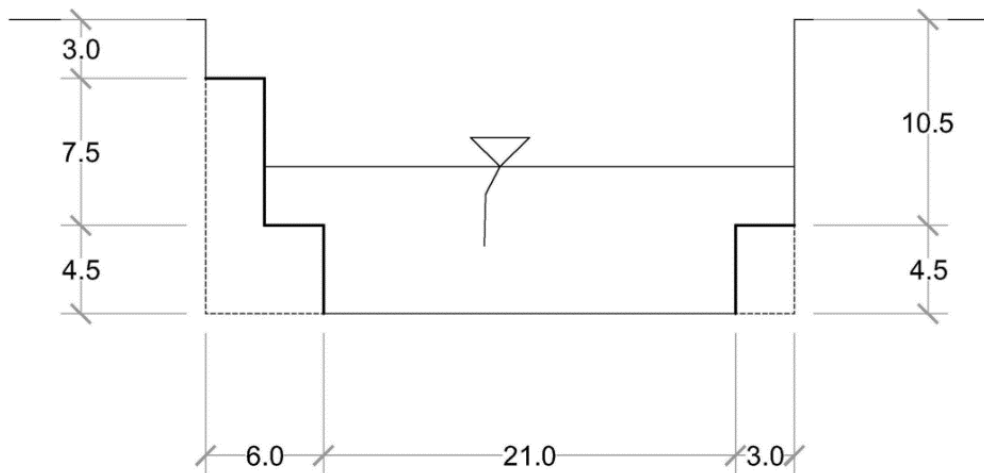
$h$  = tinggi kedalaman air



Gambar 6. Penampang saluran persegi panjang dengan penyempitan 20%

$$A = B * h + (B - B *) * (h - h *) \dots \dots \dots (9)$$

$$P = (B * + 2h * + B - B * + 2(h - h *)) \dots \dots \dots (10)$$



Gambar 7. Penampang saluran persegi panjang dengan penyempitan 30%

Geometri penampang

$$A = B * h + (B - B *) * (h - h *) \dots \dots \dots (11)$$

$$P = (B * + 2h * + B - B * + 2(h - h *)) \dots \dots \dots (12)$$



## **H. Penampang Komposit dan Gabungan**

Metode koefisien kekasaran komposit ini terutama harus digunakan untuk saluran non-gabungan dimana dasar dan sisi penampang terbuat dari bahan yang berbeda atau untuk penampang dengan geometri berbentuk aneh dan koefisien kekasaran yang berbeda. Selain itu disarankan kekasaran komposit dapat digunakan untuk penampang gabungan dimana tidak ada perbedaan signifikan dalam kekasaran antara saluran utama dan dataran banjir. Dalam sebagian besar contoh penampang gabungan, para pakar menyarankan bahwa lebih tepat menggunakan metode pengaliran tersegmentasi. Metode pengaliran tersegmentasi, yang juga disebut sebagai metode penampang terbagi, tidak menggunakan koefisien kekasaran komposit. Ketika menggunakan rumus Manning untuk analisis penampang gabungan, metode ini sering merupakan metode rekomendasi.