

ANALISIS POLA ALIRAN SALURAN TERBUKA DENGAN HAMBATAN PERSEGI PANJANG, BULAT, SEGITIGA, DAN WING

Hadi Rohmanto¹, Kasimir Sawito², Herwin Siregar³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular Jakarta^{1,2,3}

ABSTRAK

Aliran uniform (*tetap/seragam*) pada saluran terbuka apabila menemui hambatan/benturan didalam pengalirannya, maka kecepatan partikel-partikelnya air disekitar hambatan tersebut tidak sama. Hal ini akan berubah sifat aliran dari uniform menjadi non uniform atau dari suatu aliran yang bersifat laminar (*sejajar*) menjadi turbulen (*tidak teratur*). Oleh karena itu perlu diteliti mengenai pola aliran saluran terbuka akibat hambatan/benturan didalam pengalirannya. Penelitian bertujuan menganalisis pola aliran saluran terbuka pada variasi bentuk hambatan/benturan. Adapun percobaan dilakukan tanpa rintangan, rintangan bentuk persegi panjang, bentuk segitiga, bentuk bulat dan bentuk wing. Hasil pengamatan pada penelitian ini adalah suatu aliran yang tidak memiliki hambatan maka pola alirannya uniform (*seragam*) dan laminar (*teratur*), suatu aliran uniform (*seragam*) yang diberi hambatan maka akan berubah sifat menjadi non uniform (*tidak seragam*), suatu aliran laminar (*teratur*) yang diberi hambatan maka akan berubah sifat menjadi turbulen (*tidak teratur*), faktor yang mempengaruhi pola aliran pada saluran terbuka adalah penampang saluran dan bentuk benda perintang. Dari hasil penelitian maka disarankan penggunaan zat warna sebagai garis aliran dikaji kembali, karena tabung kaca pengamatan menjadi keruh sehingga visualisasinya kurang tepat sesuai yang sebenarnya.

Kata kunci: pola aliran, bentuk hambatan.

ABSTRACT

If the flow is uniform (fixed / uniform) in an open channel when it encounters an obstacle / collision in the distraction, then the velocity of the water particles around the barrier is not the same. This will change the nature of the flow from uniform to non-uniform or from a flow that is laminar (parallel) to turbulent (irregular). Therefore, it is necessary to study the open channel flow pattern due to obstacles / collisions in its flow. This study aims to analyze the flow pattern of the open channel in various forms of resistance / collision. The experiments were carried out without obstacles, obstacles in the form of a rectangle, a triangle shape, a round shape and a wing shape. The results of the observations in this study are a flow that has no resistance, the flow pattern is uniform (uniform) and laminar (regular). regular which is given resistance will change its nature to turbulent (irregular), the factors that affect the flow pattern in the open channel are the channel cross section and the shape of the barrier object. From the results of the research that has been carried out, it is recommended that the use of dye as a flow line be reviewed, because the observation glass tube becomes cloudy so that the visualization is not exactly as it is.

Key words: flow pattern, obstacle form.

1. PENDAHULUAN

Pembagian saluran mencakup dua jenis yaitu saluran terbuka dan tertutup. Kedua jenis saluran tersebut mempunyai banyak

kesamaan namun dalam ketentuan dasar menunjukkan perbedaan yaitu keberadaan permukaan bebas. Saluran tertutup sebagai saluran yang penampangnya diisi, dialiri air

dan tidak terhubung langsung dengan udara bebas secara menyeluruh, adapun saluran terbuka sebaliknya. Aliran saluran terbuka berdasarkan efek dari gravitasi bumi dan distribusi tekanan dalam air dengan sifat hidrostatis. Distribusi tekanan sifatnya hidrostatis dikarenakan kuantitasnya sesuai dengan kedalaman dan berat jenis aliran sebab berat jenis aliran bisa diasumsikan tepat, sehingga tekanan hanya bergantung kedalaman yang semakin dalam dan semakin besar tekanan. Secara matematis, tekanan hidrostatis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_h = \rho gh \quad \dots 1)$$

ρ merupakan massa jenis fluida, g merupakan percepatan gravitasi dan h merupakan peninjauan kedalaman titik. Di beberapa kondisi dapat dijumpai distribusi tekanan tidak hidrostatis. Aliran saluran terbuka dapat terjadi dalam bentuk yang bervariasi cukup besar.

Masalah aliran saluran terbuka banyak dijumpai dalam aliran sungai, aliran saluran irigasi dan talang, aliran saluran pembuangan dan saluran lain yang bentuk dan kondisi geometrinya bermacam-macam, termasuk model saluran yang dibuat di laboratorium untuk keperluan penelitian. Sifat-sifat hidrolis saluran tersebut bisa diatur berdasarkan keinginan atau dirancang dengan terpenuhinya syarat tertentu. Dengan demikian penerapan teori hidrolis pada saluran dapat membuahkan hasil yang cukup sesuai dengan kondisi yang sesungguhnya dan dengan demikian cukup teliti untuk keperluan perancangan praktis. Hal tersebut sangat membantu dengan adanya perkembangan pesat bidang teknik sipil dalam masing-masing disiplin ilmu saat ini, sehingga menuntut orang-orang untuk selalu melakukan inovasi sehingga mampu melayani kebutuhan masyarakat dalam kehidupan. Salah satunya rekayasa bangunan air. Dalam pengelolaan sumber daya air melalui rancangan bangunan air perlu informasi yang memperlihatkan bentuk pola aliran saluran. Sehingga tujuan

penelitian ini yaitu memperoleh informasi pola aliran pada saluran terbuka yang berguna bagi masyarakat umum dan Institusi yang membutuhkan baik pemerintah maupun swasta.

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan diatas maka rumusan masalah penelitian ini adalah : (1) Apakah hambatan mempengaruhi pola aliran pada saluran terbuka? (2) Apakah permukaan air pada aliran yang diberi hambatan mengalami penurunan?

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis Aliran Terbuka

Saluran terbuka adalah “saluran yang mengalirkan air dengan permukaan bebas. saluran terbuka dapat terjadi dalam bentuk yang bervariasi cukup besar, mulai dari aliran di atas permukaan tanah yang terjadi pada waktu hujan, sampai aliran dengan kedalaman air konstan dalam saluran prismatic. Masalah aliran saluran terbuka banyak dijumpai dalam aliran sungai, aliran saluran-saluran irigasi, aliran saluran pembuangan dan saluran-saluran lain yang bentuk dan kondisi geometrinya bermacam-macam.

Mekanika aliran saluran terbuka lebih sulit daripada mekanika saluran tertutup. Aliran saluran tertutup tidak ada permukaan bebas sehingga tidak terdapat pengaruh langsung dari tekanan atmosfer, pengaruh yang ada hanyalah tekanan hidraulik yang besarnya dapat lebih besar atau lebih kecil daripada tekanan atmosfer. Sedangkan aliran saluran terbuka terdapat permukaan bebas yang terhubung atmosfer dimana permukaan bebas tersebut merupakan suatu batas antara dua wujud yang berbeda kerapatannya yaitu cairan dan udara, dan pada permukaan ini terdapat tekanan atmosfer. Dalam hal ini hubungannya dengan atmosfer perlu pertimbangan bahwa kerapatan udara jauh lebih rendah daripada kerapatan air.

2.2 Klasifikasi

Klasifikasi saluran terbuka menurut asal-usul:

1. Saluran alam (*natural channel*), contohnya adalah sungai-sungai kecil di daerah hulu (pegunungan) hingga sungai besar di muara.
2. Saluran buatan (*artificial channel*), contohnya saluran drainase tepi jalan, saluran irigasi untuk mengairi persawahan, saluran pembuangan, saluran untuk membawa air ke pembangkit listrik tenaga air, saluran untuk suplai air minum, saluran banjir.

Klasifikasi saluran terbuka menurut kemiringan dasar dan konsistensi bentuk penampang:

1. Saluran prismatic (*prismatic channel*), saluran dengan kemiringan dasar yang tetap dan bentuk penampang melintang, contohnya saluran irigasi dan drainase.
2. Saluran non prismatic (*non prismatic channel*). Saluran dengan kemiringan dasar yang berubah dan penampang melintang, contohnya sungai.

Di lapangan, saluran buatan (*artificial channel*) berupa:

1. Kanal (*channel*), semacam parit dengan kemiringan dasar yang landai, berpenampang segi empat, segi empat, segi tiga, trapezium maupun lingkaran. Terbuat dari galian tanah, pasangan batu, beton atau kayu maupun logam.
2. Talang (*flume*), semacam selokan kecil yang terbuat dari logam, beton atau kayu yang melintas di atas permukaan tanah dengan suatu penyanggah.
3. Got Miring (*chute*), semacam selokan dengan kemiringan dasar yang relatif curam.
4. Bangunan Terjun (*drop structure*), semacam selokan dengan kemiringan yang tajam. Perubahan muka air terjadi pada jarak yang sangat dekat.
5. Gorong-gorong (*culvert*), saluran tertutup yang melintasi jalan atau menerobos gundukan tanah dengan jarak yang relatif pendek.
6. Terowongan (*tunnel*), saluran tertutup yang melintasi gundukan tanah atau bukit dengan jarak yang relatif panjang.

2.3 Karakteristik Aliran Terbuka

Apabila suatu aliran uniform menemui hambatan/benturan didalam pengalirannya, maka kecepatan partikel-partikel airnya disekitar hambatan tersebut tidak sama. Hal ini akan berubah sifat aliran dari *uniform* menjadi non uniform atau dari suatu aliran yang bersifat laminar menjadi turbulen.

Saluran terbuka adalah saluran yang dijumpai baik pada saluran irigasi teknis, semi teknis, dan saluran alami banyak yang berada pada kondisi nonprismatis. Pada saluran yang mempunyai bentuk saluran yang nonprismatis aliran air mengalami perubahan seperti ketinggian, kecepatan, dan perilaku aliran lainnya. Beberapa penyebab terjadinya penampang saluran yang tidak prismatis misalnya akibat sambungan dua penampang yang berbeda, adanya bangunan lain seperti pilar jembatan, atau penyebab lain yang mengubah penampang dari saluran.

Tipe melalui saluran terbuka yaitu turbulen, dikarenakan kecepatan aliran dan kekasaran dinding saluran terlalu besar.

Klasifikasi aliran berdasarkan bilangan Reynolds dibedakan menjadi tiga kategori:

$Re < 2000$: aliran laminar
$2000 \geq Re \leq 4000$: aliran transmisi
$Re > 4000$: aliran turbulen

2.3.1 Penyempitan Penyaluran

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).

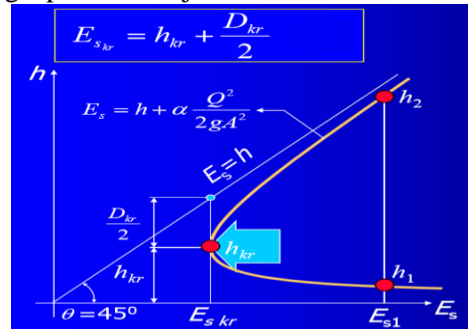
Aliran yang melalui penyempitan dapat berupa aliran superkritis atau subkritis. Pada aliran subkritis, adanya penyempitan saluran akan menyebabkan terjadinya efek pembendungan yang meluas ke arah hulu, sedangkan pada aliran superkritis hanya mengakibatkan perubahan ketinggian

permukaan air didekat penyempitan dan tidak meluas ke arah hulu. Apabila 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)

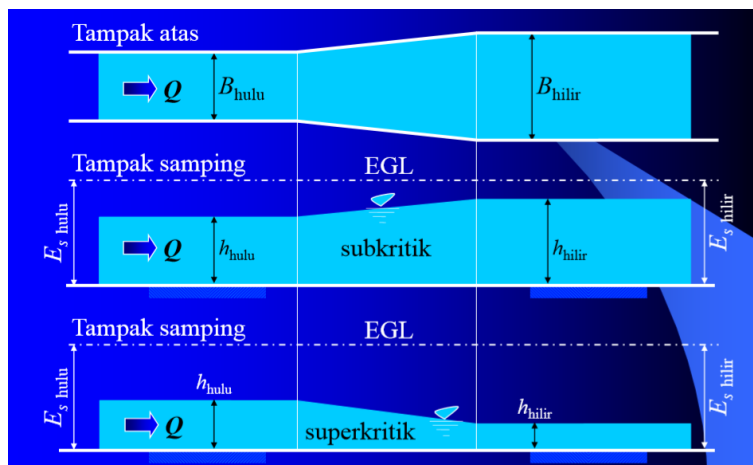
2.3.2 Pelebaran Saluran

Pelebaran saluran terjadi apabila adanya perubahan aliran dari subkritis (h_2) menuju superkritis (h_1) atau sebaliknya akan

melalui h_{kr} . Pada saat melalui h_{kr} maka energi spesifik menjadi minimum.



Gambar 1 Energi spesifik minimum



Gambar 2. Pelebaran saluran

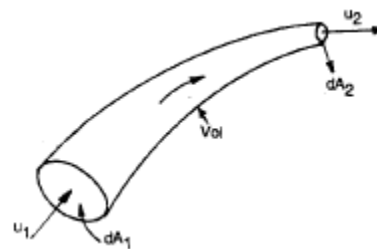
Apabila q berkurang dari q_{hulu} ke q_{hilir} maka muka air harus turun pada aliran superkritis, sedangkan muka air harus naik pada aliran subkritis.

2.6 Prosedur Aliran Terbuka

Persamaan kontinuitas adalah memperlihatkan tabung pendek, yang diasumsikan untuk maksud praktek, sebagai kumpulan arah aliran. Dikarenakan tabung aliran dibatasi pada semua sisinya oleh *streamline* dan dikarenakan tidak ada kecepatan normal terhadap *streamline*, sehingga tidak ada fluida yang bisa memasuki atau meninggalkan tabung aliran kecuali pada ujungnya. Volume tak bergerak/diam di antara kedua penampang tetap dari tabung aliran dinamakan sebagai volume atur (*control volume*) dan besarnya didefinisikan sebagai volume. Apabila masa fluida yang terisi dalam volume air dari volume (disingkat *vol*) pada waktu t adalah

massa, maka fluida yang terisi di dalam vol pada waktu $(t + dt)$ yaitu:

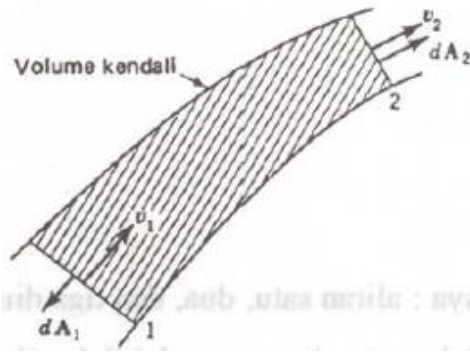
$$\text{masa}_{(t + dt)} = \text{masa}_t + (\rho_1 u_1 dA_1) dt - (\rho_2 u_2 dA_2) dt$$



Gambar 3. Saluran pada tabung

Persamaan di atas menyatakan laju bersih aliran massa keluar dari volume kendali tersebut harus nol di penampang 1 laju bersih aliran massa keluar adalah $P_1 V_1 dA_1$ dan di penampang 2 laju tersebut adalah $P_2 V_2 dA_2$ karena tidak ada aliran yang melalui dinding tabung, maka $P_1 V_1 dA_1 = P_2 V_2 dA_2$ adalah persamaan kontinuitas yang diterapkan pada dua penampang di

sepanjang sebuah tabung dalam aliran *steady*.



Gambar 4. Aliran *steady* pada tabung

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium Universitas Indonesia dengan memakai model saluran terbuka terbuat dari kaca dengan tinggi 535cm, lebar 855cm serta ketebalan kaca 5mm. Modul penelitian menggunakan “Pedoman Praktikum Mekanika Fluida dan Hidrolika”. Budi Santoso, 1988, Hidrolika II, Biro penerbit UGM, Yogyakarta pada bab H-12.

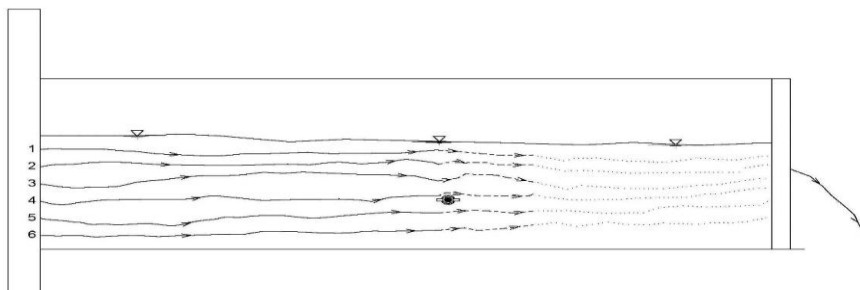
Penelitian dilakukan oleh lima orang dengan satu pembimbing dari Universitas Indonesia.

- Pembimbing : Rahmat Fitrah
- Anggota : Hadi Rohmanto
- : Ade Wanto
- : Iin Rohliani
- : Daniel S
- : Budi S

3.1 Alat-Alat

Berikut alat-alat pengujian:

1. Meja Hidrolika



Gambar 5. Aliran sebelum ada rintangan

Sumber: Pengamatan visual aliran pada penelitian laboratorium Hidrolika, Hidrologi Dan Sungai, Departemen Teknik Sipil UI

2. Alat peraga Aliran Pada Saluran Terbuka
3. Perintang sebanyak 4 macam
4. Kertas grafik secukupnya
5. Zat pewarna

3.2 Prosedur Penelitian

Berikut urutan prosedur penelitian:

1. Menyiapkan meja Hidrolika.
2. Menyiapkan alat peraga aliran pada saluran terbuka.
3. Meletakkan alat peraga di atas meja hidrolika.
4. Meletakkan sebuah perintang dalam alat peraga.
5. Membuka katup pengatur aliran zat pewarna secukupnya.
6. Mengamati garis aliran zat pewarna yang terjadi dalam alat peraga dan gambarkan dalam kertas grafik.
7. Tutuplah katup pengatur aliran air dan zat pewarna.
8. Ulangi langkah no.4 dst dengan perintang yang berbeda sampai perintang ke empat.

3.3 Prosedur Analisis

Percobaan modul H-12 (Aliran Pada Saluran Terbuka) ini bertujuan untuk memperagakan secara visual berbagai kejadian hidrolis sehubungan dengan aliran dalam saluran terbuka dan peragaan pola aliran di sekitar dan diatas benda yang terbenam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

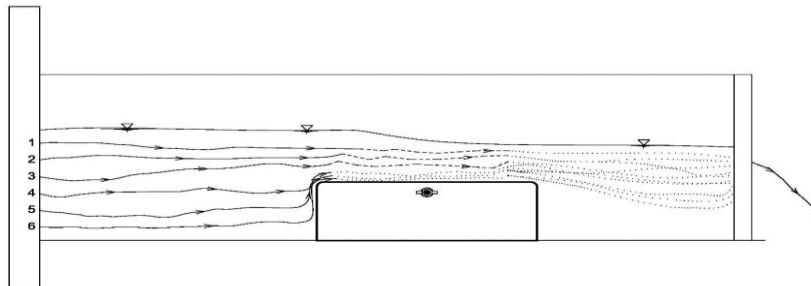
4.1 Visualisasi garis aliran

Percobaan 1: Belum Ada Rintangan

Pada Percobaan ini dari semua aliran dari mulai 1 sampai 6 belum dipasang rintangan/penghalang sehingga terjadi aliran ini masih tampak lurus dan menghasilkan

garis lurus (laminer) kemudian terbentuk garis putus putus (transisi) dan yang terakhir terbentuk garis tak beraturan atau bias tidak kelihatan (turbulen).

Percobaan 2: Rintangan Persegi Panjang



Gambar 6. Aliran dengan rintangan persegi panjang

Sumber: Pengamatan visual aliran pada penelitian laboratorium Hidrolika, Hidrologi Dan Sungai, Departemen Teknik Sipil UI

Pada pengujian di atas, dapat dideskripsikan sebagai berikut:

1. Garis Aliran

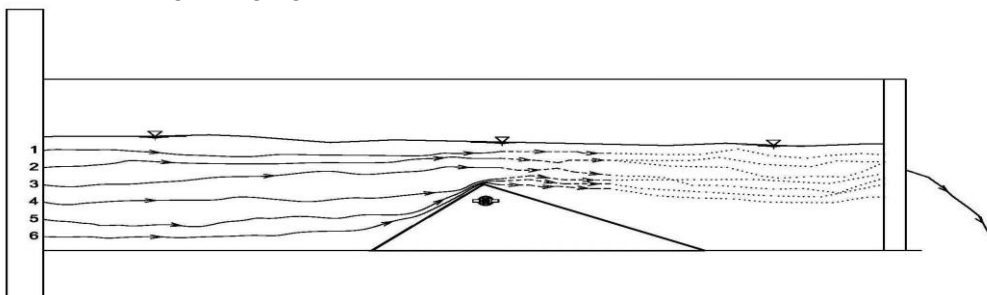
- a. Garis aliran dihilir masih *uniform* sebelum mendekati benda rintangan.
- b. Terjadi turbulen saat mendekati atau menabrak benda perintang sehingga garis aliran nomor 3,4,5 dan 6 bercampur.
- c. Garis aliran nomor 1 dan 2 melewati di atas benda rintangan.
- d. Garis aliran nomor 3,4,5 dan 6 naik keatas benda rintangan.

- e. Di hilir garis nomor 3, 4,5 dan 6 sudah tercampur.

2. Permukaan Air

Permukaan air turun saat mendekati benda perintang dan nampak jelas setelah melewati bidang perintang, ini dikarenakan terjadi turbulensi saat aliran mendekati atau menabrak benda rintangan dan sifat air yang selalu menempati tempat yang lebih rendah mengakibatkan permukaan air turun saat mendekati benda perintang.

Percobaan 3: Rintangan Segitiga



Gambar 7. Aliran dengan rintangan segitiga

Sumber: Pengamatan visual aliran pada penelitian laboratorium Hidrolika, Hidrologi Dan Sungai, Departemen Teknik Sipil UI

1. Garis Aliran

- a. Garis aliran dihilir masih *uniform* sebelum mendekati benda rintangan
- b. Terjadi turbulen saat mendekati atau menabrak benda perintang sehingga garis aliran nomor 4,5 dan 6 bercampur.

- c. Garis aliran nomor 1 dan 2 melewati di atas benda rintangan.

- d. Garis aliran nomor 3,4,5 dan 6 naik keatas benda rintangan.

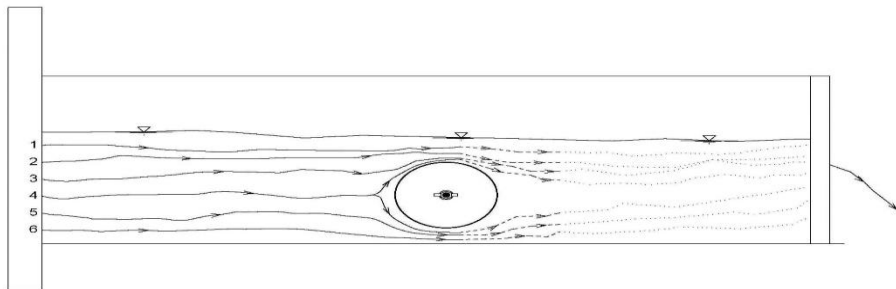
- e. Di hilir, garis nomor 4,5 dan 6 sudah tercampur.

2. Permukaan Air.

Hal yang sama terjadi sebagaimana pada percobaan benda perintang berbentuk

empat persegi panjang, permukaan air turun saat mendekati benda perintang.

Percobaan 4: Rintangang Bulat

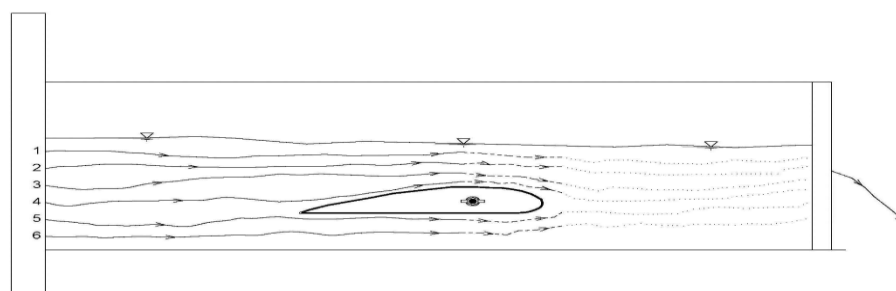


Gambar 8. Aliran dengan rintangan lingkaran/bulat

Sumber: Pengamatan visual aliran pada penelitian laboratorium Hidrolika, Hidrologi Dan Sungai, Departemen Teknik Sipil UI

1. Garis Aliran
 - a. Garis aliran di hulu masih *uniform* sebelum mendekati benda rintangan.
 - b. Terjadi turbulen saat mendekati atau menabrak benda perintang sehingga garis aliran nomor 3,4,5 dan 6 bercampur.
 - c. Garis aliran nomor 1 dan 2 melewati di atas benda rintangan.
 - d. Garis aliran nomor 3 dan 4 naik ke atas benda rintangan.
 - e. Garis aliran nomor 5 dan 6 turun ke bawah benda rintangan.
 - f. Di hilir garis nomor 3 dengan nomor 4 sudah tercampur dan nomor 5 dengan nomor 6 sudah tercampur.
2. Permukaan Air
Terjadi penurunan permukaan air, penurunan ini tidak sebesar pada percobaan dengan benda perintang segitiga maupun segi empat dikarenakan aliran turbelensi tidak semuanya melewati di atas benda rintang namun juga di bawah benda rintang.

Percobaan 5: Rintangang Wing/Sayap



Gambar 9. Aliran dengan rintangan sayap/wing

Sumber: Pengamatan visual aliran pada penelitian laboratorium Hidrolika, Hidrologi Dan Sungai, Departemen Teknik Sipil UI

1. Garis Aliran
 - a. Garis aliran di hulu masih *uniform* sebelum mendekati benda rintangan.
 - b. Garis aliran nomor 3 naik keatas benda rintangan.
 - c. Garis aliran nomor 1 dan 2 melewati diatas benda rintang.
 - d. Garis aliran nomor 4,5 dan 6 melewati bawah benda rintangan.
2. Permukaan Air
Permukaan air mengalami penurunan saat akan mendekati benda rintangan namun penurunan ini tidak sebesar pada percobaan benda perintang berbentuk empat persegi panjang dan segitiga, hal ini sama dengan yang terjadi pada percobaan berbentuk lingkaran.

Hasil pengamatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Suatu aliran yang tidak memiliki hambatan maka pola alirannya *uniform* (*seragam*) dan laminar (*teratur*).
2. Suatu aliran *uniform* (*seragam*) yang diberi hambatan maka akan berubah sifat menjadi *non uniform* (*tidak seragam*).

3. Suatu aliran laminar (*teratur*) yang diberi hambatan maka akan berubah sifat menjadi turbulen (*tidak teratur*).

Dengan demikian, faktor – faktor yang mempengaruhi pola aliran pada saluran terbuka adalah:

1. Penampang saluran.
2. Bentuk benda perintang.

Tabel 1. Aliran pada rintangan

NO	Gambar Garis Pada Rintangan	Uniform	Uniform Menjadi NonUniform	Laminar	Turbulen	Perubahan Permukaan Air	Garis Aliran		
							Turun	Naik	Mendatar
1	Empat Persegi Panjang	Di hulu	Mendekati rintangan	Di hulu	Mendekati rintangan sampai ke hilir	Mendekati rintangan turun	Nomor 1 dan 2 namun tetap melewati diatas rintangan	Nomor 3,4,5 dan 6 naik keatas rintangan	-
2	Segitiga	Di hulu	Mendekati rintangan	Di hulu	Mendekati rintangan sampai ke hilir	Mendekati rintangan turun	Nomor 1,2 dan 3 namun tetap melewati diatas rintangan	Nomor 4,5 dan 6 naik keatas rintangan	-
3	Lingkaran	Di hulu	Mendekati rintangan	Di hulu	Mendekati rintangan sampai ke hilir	Mendekati rintangan turun	Nomor 5 dan 6 turun melewati rintangan kemudian naik kembali	Nomor 3 dan 4 naik keatas rintangan	Nomor 1 dan 2 diatas rintangan
4	Wing (Sayap)	Di hulu	Mendekati rintangan	Di hulu	Mendekati rintangan sampai ke hilir	Mendekati rintangan turun	-	Nomor 3 naik keatas rintangan	Nomor 1 dan 2 diatas rintangan ,dan nomor 4,5 dan 6 dibawah rintangan

Sumber: Hasil analisis, 2021

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka didapatkan hasil jawaban rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Dari semua percobaan diatas dapat disimpulkan bahwa permukaan air yang ada rintangan persegi panjang permukaan airnya mengalami penurunan, sedangkan untuk rintangan segitiga, rintangan bulat, rintangan *wing* permukaan airnya relatif rata sehingga hal ini tidak sesuai dengan hipotesis peneliti yang menyatakan permukaan air pada aliran yang diberi hambatan tidak mengalami penurunan.
2. Untuk ke 6 aliran dari semua percobaan yang tidak ada rintangan maupun yang ada rintangan persegi panjang,

rintangan segitiga, rintangan bulat, rintangan *wing* menghasilkan sebuah aliran laminar yaitu di saat aliran air itu akan mengalir dan aliran laminar itu berubah menjadi aliran transisi dan kemudian berubah menjadi aliran turbulen sehingga hal ini sesuai dengan hipotesis peneliti yang menyatakan hambatan mempengaruhi pola aliran pada saluran terbuka.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiansyah, A. (2018). *ANALISA SALURAN TERBUKA*. <http://adiardiansyah1007.blogspot.com/2018/05/analisa-saluran-terbuka.html>

Astuti, G. Y. D., & Hariati, F. (2020). Studi Karakteristik Aliran pada Flume Saluran Terbuka di Laboratorium Teknik Sipil

- Uika. *Astonjadro: Jurnal Rekayasa Sipil*, 5(1), 16-26.
- Falah, A. R. (2017). *Kajian distribusi tegangan geser di saluran*.
<http://pengairan.ub.ac.id/s1/wp-content/uploads/2017/01/Kajian-Distribusi-Tegangan-Geser-Di-Saluran-Menikung-120%C2%B0-Dengan-Acoustic-Doppler-Velocimeter-ADV-AFRIZAL-RIBKHI-FALAH-125060400111033.pdf>
- Gumilar, B. (2011, Maret 5). *Laminer Dan Turbulen*.
<https://bahtiargumilar.wordpress.com/2011/03/05/laminer-dan-turbulen/>
- Komarla, S. (2016, Februari 12). *What is difference between unsteady or non-steady flow of a fluid and turbulent flow of a fluid?*
<https://www.quora.com/What-is-difference-between-unsteady-or-non-steady-flow-of-a-fluid-and-turbulent-flow-of-a-fluid>
- Kumar, M. (2014, Juni 1). *Fluids & Types of Fluid Flow's*.
<http://laqshyakhammad.blogspot.com/2014/06/types-of-fluid-flow-thefluid-flow-is.html>
- Laboratorium Hidrolika Universitas Indonesia (2014). *Praktikum Hambatan Pada Saluran Terbuka*. Depok, Universitas Indonesia.
- Mcgowan, J. (2014). *Aliran Kritis Perhitungan dan Aplikasinya*.
www.slideserve.com
<https://www.slideserve.com/jessicamcgowan/aliran-kritis-perhitungan-dan-aplikasinya>
- Santoso, B. (1988). *Pedoman Praktikum Mekanika Fluida dan Hidrolika*. Yogyakarta: Hidrolika II, Biro Penerbit UGM.
- Wikipedia, the free encyclopedia. (2019, Desember 6). *Momentum–depth relationship in a rectangular channel*. Diambil kembali dari en.wikipedia.org:
https://en.wikipedia.org/wiki/Momentum%E2%80%93depth_relationship_in_a_rectangular_channel