



UJI EKSPERIMENTAL KARAKTERISTIK ALIRAN DENGAN VARIASI PELIMPAH AMBANG LEBAR

Virginia Angelita Djawa¹, Asep Huddiankuwera², Milla Dwi Astari³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

Jl. Dr. Sam Ratulangi No 11 Dok V Atas, Tlp (0967) 534012, 550355, Jayapura-Papua

Email: ¹angeldjawa08@gmail.com, ²asephuddiankuwera@gmail.com, ³mdwiastari@gmail.com

ABSTRAK

Ambang ialah satu diantara jenis struktur hidrolik yang dipakai guna membuat permukaan air naik serta menetakan laju alirannya. Ambang lebar ialah satu diantara struktur aliran atas ataupun sering diartikan sebagai overflow. Riset berikut dijalankan secara eksperimental pada laboratorium yang bertujuan guna mengidentifikasi karakteristik aliran pada pelimpah ambang lebar dengan mencari korelasi diantara debit terhadap tinggi muka air di hilir dan di hulu serta diatas ambang sebagai pengaruh variasi panjang ambang lebar. Model pelimpah ambang lebar dibuat tiga buah dengan variasi panjang 10, 20 dan 30 cm, tinggi model pelimpah ambang lebar 10 cm serta lebar 14 cm. Pengujian dilakukan dengan 3 (tiga) variasi debit 0,59 0,56 dan 0.53 liter/detik. Analisis dilakukan dengan membuat hubungan antara debit dan panjang ambang dimana tinggi muka air di hilir, hulu, serta diatas ambang yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Hasil dari penelitian adalah perubahan lebar atau panjang luapan juga mengikuti perubahan tinggi muka air di hilir, hulu, dan diatas ambang, dimana dengan meningkatnya panjang pelimpah ambang lebar maka akan terjadi juga peningkatan tinggi muka air di hulu, di hilir dan diatas ambang.

Kata kunci : overflow, ambang lebar

ABSTRACT

Thresholds are a type of hydraulic structure used to make the water level rise and determine its flow rate. The wide threshold is one of the top flow structures or is often interpreted as an overflow. The following research was carried out experimentally in the laboratory with the aim of identifying the flow characteristics of the wide-spring spillway by looking for a correlation between the discharge and the water level in the downstream and upstream and above the threshold as an effect of variations in the length of the wide-spring. Three wide sill overflow models were made with variations in length of 10, 20 and 30 cm, the height of the wide sill overflow model was 10 cm and 14 cm wide. Tests were carried out with 3 (three) variations of discharge 0.59 0.56 and 0.53 liters/second. The analysis is carried out by making a relationship between the discharge and the length of the threshold where the water level in the downstream, upstream, and above the threshold is displayed in graphical form. The results of the study are that changes in the width or length of the overflow also follow changes in the water level downstream, upstream, and above the threshold, where as the length of the spillway width increases, there will also be an increase in the water level upstream, downstream and above the threshold.

Keywords: overflow, threshold width

1. PENDAHULUAN

Uji eksperimental karakteristik aliran dengan variasi pelimpah ambang lebar merupakan sebuah penelitian yang bertujuan untuk mempelajari karakteristik aliran pada sebuah pelimpah ambang lebar. Pelimpah ambang lebar adalah salah satu jenis struktur hidrolik yang digunakan untuk mengalirkan air dari satu waduk atau kanal ke waduk atau kanal yang lain. Pelimpah ambang lebar biasanya digunakan pada bangunan air seperti bendungan, waduk, dan irigasi. Pada umumnya, pelimpah ambang lebar memiliki bentuk melintang yang melebar hingga bisa menampung debit air yang lebih besar. Dalam penelitian ini, dilakukan variasi lebar pelimpah ambang lebar untuk mengamati pengaruhnya terhadap karakteristik aliran air. Parameter yang dilakukan pengukuran pada riset berikut diantaranya debit aliran, tinggi permukaan air, dan kecepatan aliran. (Aprilianti Et Al,2022)



**“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on
Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”**

Penelitian ini memiliki nilai penting dalam perancangan struktur hidrolik karena dapat memberikan informasi mengenai karakteristik aliran pada pelimpah ambang lebar. Dengan mengetahui karakteristik aliran tersebut, dapat dilakukan perhitungan yang lebih akurat dalam merancang struktur pelimpah ambang lebar yang tepat dan efektif. Bahkan hasil riset berikut bisa dipakai menjadi bahan rujukan untuk para insinyur dan perencana dalam merancang struktur pelimpah ambang lebar yang lebih baik dan efisien. Bahkan, riset berikut bisa dipakai menjadi bahan rujukan guna perbaikan atau pengembangan struktur pelimpah ambang lebar yang telah ada. (Binilang,2010)

Pada riset berikut, dilakukan pengambilan data melalui penggunaan pralatan pengukur debit air, tinggi permukaan air, dan kecepatan aliran. Data yang didapatkan selanjutnya dilakukan pengolahan serta analisa guna memperoleh karakteristik aliran yang diinginkan. Riset berikut harapannya bisa berkontribusi positif pada pengembangan teknologi serta kebijakan bidang lingkungan hidup dan sumber daya air. Penelitian ini dapat memberikan informasi yang sangat berharga mengenai karakteristik aliran pada pelimpah ambang lebar dengan variasi lebar pelimpah. Hasil riset berikut bisa dijadikan acuan perancangan struktur pelimpah ambang lebar yang lebih baik dan efektif, serta dapat digunakan sebagai referensi bagi para insinyur dan perencana dalam merancang struktur pelimpah ambang lebar yang lebih baik dan efisien. (Risman Dan Warsiti,2013)

2. METODE PENELITIAN

Metode riset berikut merupakan metode penelitian eksperimen yang dijalankan pada laboratorium melalui beberapa tahap diantaranya :

1. Mencari literatur, seperti memeriksa studi serupa yang mendukung teori ciri khas aliran, pengukur aliran, dan struktur kontrol, terutama struktur kontrol serta pengukur aliran ambang lebar.
2. Uji laboratorium diawali dengan penyiapan materi model pengujian wide sleeper dan model kanal sebagaimana riset.
3. Lakukan uji memakai variasi panjang bendung guna memperoleh varian elevasi permukaan air yang ditentukan di hilir dan hulu spillway hingga rasio aliran terhadap permukaan air sama di hilir dan hulu.
4. Tentukan perbandingan varian debit yang mengalir lewat luapan ambang lebar pada kehilangan energi tinggi yang dialami.
5. Analisa data, berisikan oalah data, representasi grafis dari hubungan aliran dan ketinggian hulu, korelasi diantara aliran/debit dan ketinggian permukaan air hilir.
6. Kesimpulan

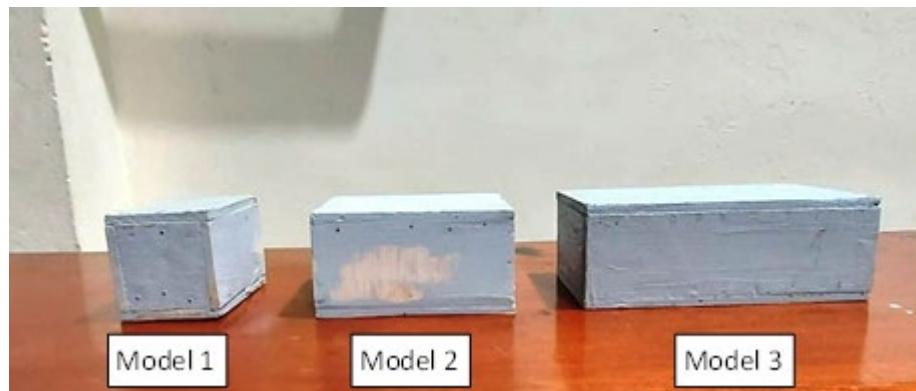
2.1 Alat dan Bahan Percobaan

Peralatan serta bahan yang akan dipakai pada riset berikut diantaranya:

1. Model saluran terbuka (*multipurpose teaching flume*)
2. Model ambang (10, 20, 30cm)
3. Stopwatch
4. Mistar/ pita ukur
5. Kamera
6. Air
7. Alat tulis

2.2 Pembuatan Model Pelimpah Ambang Lebar

Pembuatan model dengan mempertimbangkan peralatan laboratorium, model dibuat dari papan kayu sebanyak tiga buah dengan variasi panjang 10, 20 dan 30 cm, tinggi model pelimpah ambang lebar 10 cm serta lebar 14 cm seperti pada gambar berikut :



Pelimpah ambang lebar untuk model 1 ukuran panjangnya 10 cm, lebar 14 cm, tinggi 10 cm sementara model 2 ukuran panjangnya 20 cm, lebar 14 cm, dan tinggi 10 cm, bagi model 3 ukuran panjangnya 30 cm, lebar 14 cm, serta tinggi 10 cm.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data menggunakan metode uji coba/eksperimen yaitu melakukan percobaan pada karakteristik aliran dengan variasi panjang pelimpah ambang lebar untuk memperoleh data faktual. Melakukan pengujian dengan memvariasikan panjang ambang 10, 20, 30 cm guna memperoleh fluktuasi tinggi permukaan air di bagian hilir dan hulu daerah tangkapan air yang sudah ditentukan hingga bisa diperoleh korelasi diantara daerah tangkapan air dengan tinggi muka air di bagian hulu dan hilir daerah tangkapan air. Data ketinggian air diukur di hilir, hulu serta di atas ambang batas .

2.4 Metode Analisis Data

Analisis data meliputi :

1. Meliputi pengolahan data,
2. Membuat hubungan debit dan panjang ambang menggunakan tinggi muka air di hilir, hulu, serta diatas ambang

2.5 Tahapan Penelitian

1. Mempersiapkan peralatan di laboratorium termasuk model fisik ambang dengan 3 variasi 10, 20, 30 cm.
2. Pasang pola luapan ambang lebar sekuat mungkin ke dalam tabung pada lokasi peralatan yang ditunjukkan.
3. Menentukan lokasi observasi yang dujlankan di saluran di hulu observatorium ambang lebar serta lokasi observasi di hilir ambang lebar.
4. Harga debit arus (discharge 1) memakai cara menekan motor listrik pada tombol serta mengatur tiang pengatur arus, selanjutnya tunggu beberapa saat hingga arus kondisinya stabil.
5. Ukurlah dalamnya aliran di titik yang sudah ditetapkan melalui pengukur level dengan garis dasar ditetapkan nol pada tiap titik pengamatan.
6. Ulangi tahap ke 5 serta 6 guna keadaan debit yang lain (2 dan 3) melalui pemutaran batang pengatur aliran, tetapi tunggu dulu beberapa saat hingga aliran stabil.



3. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan pengukuran debit pada 3 (tiga) variasi, hasil dari pengukuran debit terlihat pada tabel 1, dimana pada pengukuran pertama diperoleh hasil 0,59 liter/detik selanjutnya pengukuran ke-dua dan ke-tiga adalah 0,56 dan 0,53 liter/detik.

Tabel 1. Hasil pengukuran debit

Pengukuran	Volume (liter)	Waktu (detik)	Debit (liter/detik)
1	3	5.1	0.59
2	3	5.4	0.56
3	3	5.7	0.53

Pengukuran juga dilakukan terhadap tinggi permukaan air di bagian hilir, hulu, serta diatas ambang untuk masing-masing variasi debit dan model. Hasil pengukuran terhadap terhadap tinggi permukaan air di bagian hilir, hulu, serta diatas ambang terlihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran tinggi muka air

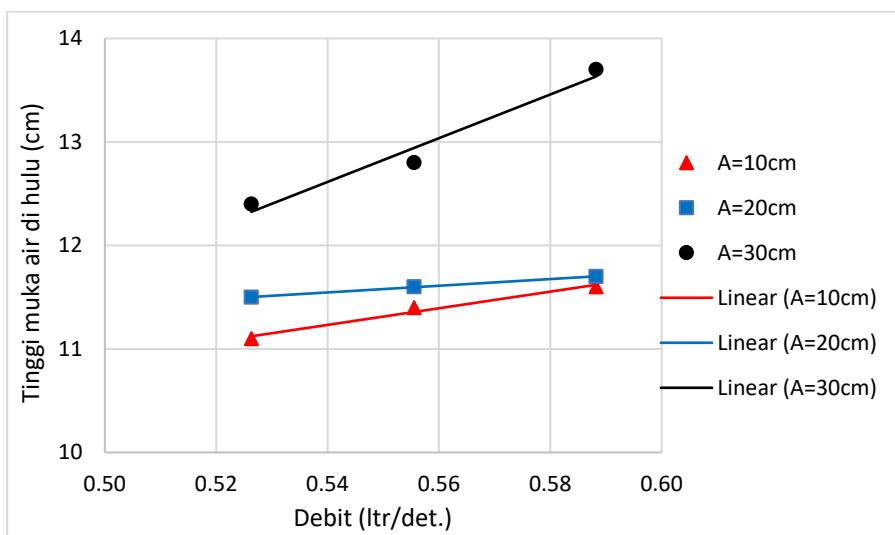
Debit (l/dtk)	Panjang Ambang (cm)	Hulu	Hilir	Tinggi Air (cm)	Atas Ambang
0.59	10	14.7	1.7	0.7	
0.59	20	11.7	1.5	0.6	
0.59	30	11.8	1.4	0.5	
0.56	10	12.8	1.6	0.6	
0.56	20	11.6	1.6	0.6	
0.56	30	11.4	1.4	0.5	
0.53	10	12.4	1.5	0.6	
0.53	20	11.5	1.5	0.5	
0.53	30	11.1	1.3	0.5	

Analisis dilakukan dengan membuat hubungan antara debit dan panjang ambang disertai tinggi muka air di hilir, hulu serta diatas ambang yang ditampilkan dalam bentuk grafik.

Berdasarkan tabel 2 dilakukan analisis dengan membuat hubungan dalam bentuk grafik diantara debit (Q) terhadap tinggi permukaan air di hulu (Hu), debit (Q) pada tinggi permukaan air di hilir (Hi), debit (Q) pada tinggi muka air di atas ambang (Ha), hubungan panjang ambang (A) dan tinggi muka air diatas ambang (Ha) serta hubungan panjang ambang (A) serta tinggi permukaan air di hilir (Hi)

3.1 Hubungan debit (Q) dan tinggi muka air di hulu (Hu)

Hasil korelasi debit (Q) terhadap tinggi permukaan air di hulu (Hu) dalam bentuk grafik ditampilkan pada gambar 1 berikut.

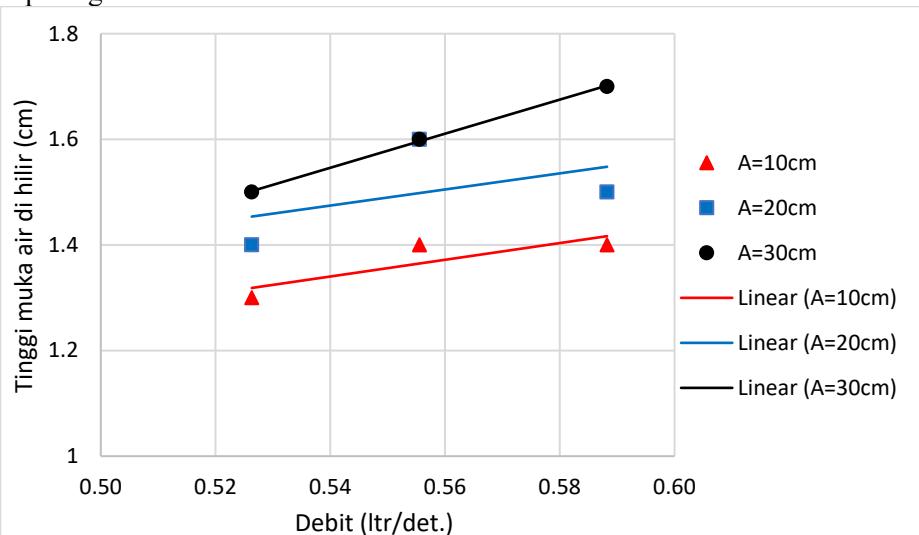


Gambar 1. Hubungan debit (Q) dan tinggi muka air di hulu (Hu) berdasarkan panjang tiga variasi pelimpah ambang lebar (A)

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi debit menjadikan tinggi permukaan air di hulu akan makin tinggi. Pengujian dengan tiga variasi panjang pelimpah, terlihat bahwa semakin panjang pelimpah ambang lebar maka tinggi permukaan air pada hulu terlihat lebih tinggi, dimana pelimpah ambang lebar yang panjangnya 30 cm ($A = 30\text{ cm}$) memiliki tinggi muka air yang lebih tinggi dibanding pelimpah ambang lebar 10 dan 20 cm ($A=10\text{ cm}$ dan $A=20\text{ cm}$). Hal ini dimungkinkan karena aliran yang melewati ambang yang lebih panjang ($A=30\text{ cm}$) akan mengalami gesekan yang lebih lama dibanding ambang yang lebih pendek ($A=10\text{ cm}$ dan $A=20\text{ cm}$) sehingga menimbulkan tinggi permukaan air pada hulu melebihi ambang yang lebih panjang.

3.2 Hubungan debit (Q) dan tinggi muka air di hilir (Hi)

Hasil korelasi debit (Q) dengan tingginya permukaan air di hulu (Hu) dalam bentuk grafik ditampilkan pada gambar 2 berikut.



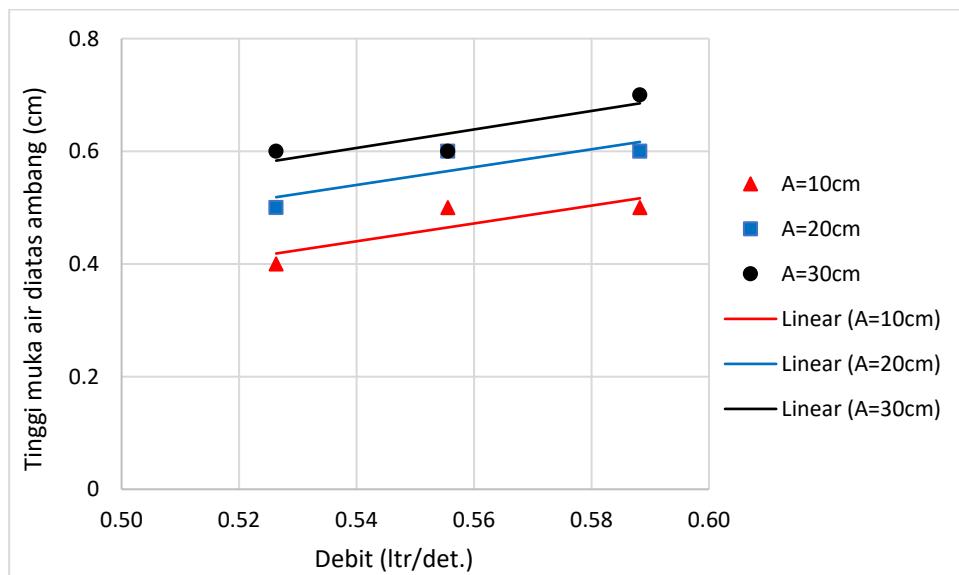
Gambar 2. Hubungan debit (Q) dan tinggi muka air di hilir (Hi) berdasarkan panjang tiga variasi pelimpah ambang lebar (A)

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi debit menjadikan tinggi muka air pada hilir juga semakin tinggi. Pengujian dengan tiga variasi panjang pelimpah, terlihat bahwa semakin panjang pelimpah ambang lebar maka tinggi permukaan air yang terlihat di hilir lebih tinggi, dimana pelimpah ambang lebar dengan panjang 30 cm memiliki tinggi muka air yang lebih tinggi dibanding pelimpah ambang lebar 10 dan 20 cm. Hal ini dimungkinkan karena aliran yang melewati ambang yang lebih panjang ($A=30\text{cm}$) akan mengalami gesekan yang lebih lama dibanding anmbang yang lebih pendek ($A=10$ dan $A=20\text{cm}$) sehingga mengakibatkan tinggi muka air lebih tinggi di hulu pada ambang yang lebih panjang, maka muka air di hilir juga akan semakin lebih tinggi pada ambang yang lebih panjang.

3.3 Hubungan debit (Q) dan tinggi muka air diatas ambang (Ha)

Hasil korelasi debit (Q) terhadap tinggi muka air diatas ambang (Hu) berbentuk grafik ditampilkan pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Hubungan debit (Q) dan tinggi muka air di hilir (Hi) berdasarkan panjang tiga variasi pelimpah ambang lebar (A)

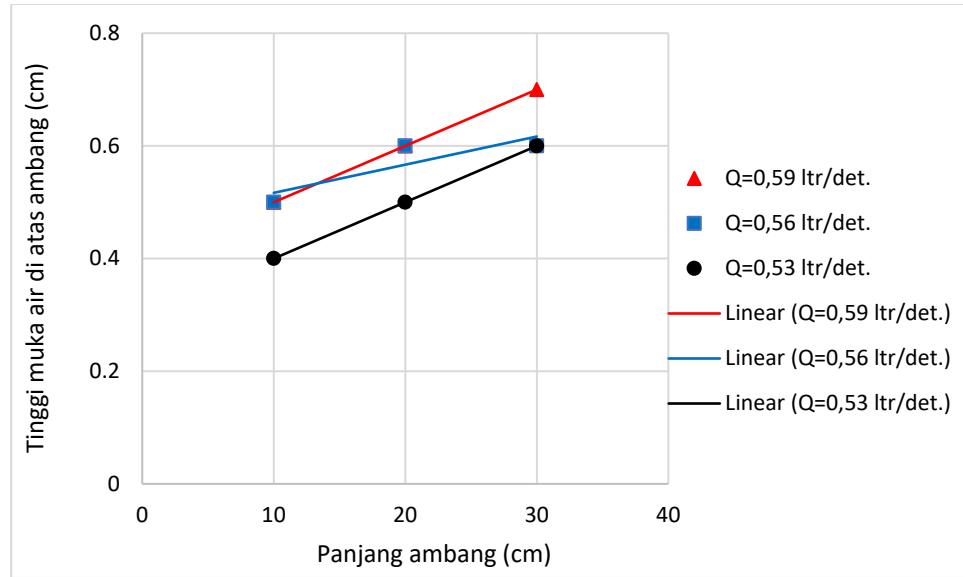
Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi debit menjadikan tingginya muka air diatas ambang juga akan semakin tinggi. Berdasarkan pengujian dengan tiga variasi panjang pelimpah, terlihat bahwa Semakin panjang pelimpah lebarnya, semakin tinggi permukaan air yang muncul di atas ambang batas, dimana pelimpah ambang lebar dengan panjang 30 cm memiliki tinggi muka air yang lebih tinggi dibanding pelimpah ambang lebar 10 dan 20 cm. Hal ini dimungkinkan karena aliran yang melewati ambang yang lebih panjang ($A=30\text{cm}$) akan mengalami gesekan yang lebih lama dibanding ambang yang lebih pendek ($A=10$ dan $A=20\text{cm}$) sehingga mengakibatkan tinggi muka air lebih tinggi diatas ambang pada ambang yang lebih panjang.

3.4 Hubungan panjang ambang (A) dan tinggi muka air diatas ambang (Ha)

Hasil hubungan panjang ambang (A) dan tinggi muka air diatas ambang (Ha) dalam bentuk grafik ditampilkan pada gambar 4.4 yang menunjukkan bahwa semakin panjang ambang menjadikan tingginya muka air diatas ambang juga semakin tinggi. Pengujian pada kondisi tiga variasi debit, terlihat bahwa semakin panjang pelimpah ambang lebar maka tingginya muka air diatas ambang terlihat lebih tinggi. Hal ini dimungkinkan karena aliran yang melewati ambang yang lebih panjang ($A=30\text{cm}$) akan mengalami gesekan yang lebih lama dibanding ambang yang lebih pendek ($A=10$ dan $A=20\text{cm}$) sehingga mengakibatkan tinggi muka air lebih tinggi diatas ambang pada ambang yang lebih panjang.

“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”

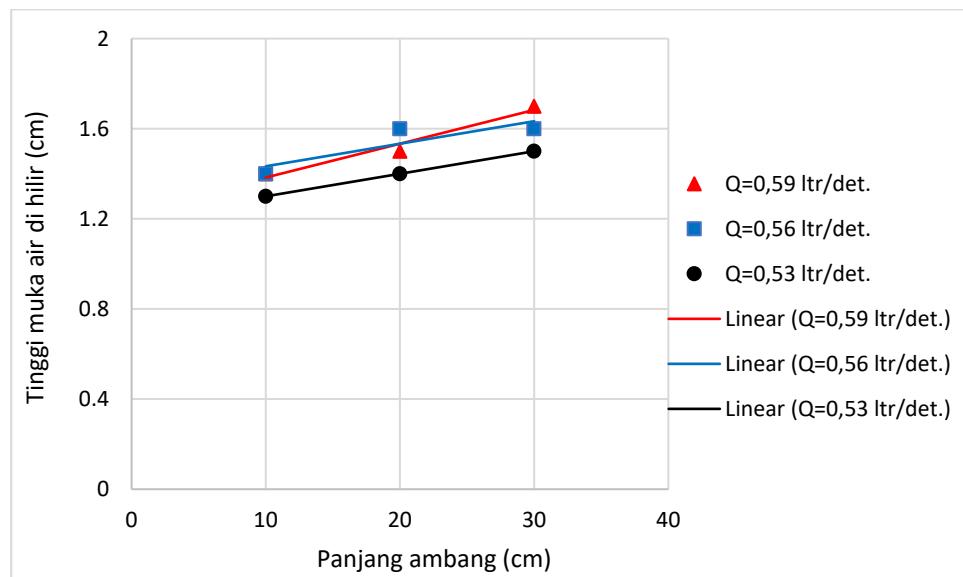
dan $A=20\text{cm}$) sehingga menimbulkan tinggi muka air diatas ambang dalam ambang yang lebih panjang.



Gambar 4. Hubungan panjang ambang (A) dan tinggi muka air diatas ambang (Ha)

3.5 Hubungan panjang ambang (A) dan tinggi muka air di hilir (Hi)

Hasil hubungan panjang ambang (A) dan tinggi muka air diatas ambang (Ha) dalam bentuk grafik ditampilkan pada gambar 4.5, yang menunjukkan bahwa semakin panjang ambang maka tinggi muka air di hilirnya juga semakin tinggi. Pengujian pada kondisi tiga variasi debit, terlihat bahwa semakin panjang pelimpah ambang lebar maka tinggi muka airnya terlihat lebih tinggi. Kondisi tersebut dimungkinkan lantaran aliran yang melewati ambang yang lebih panjang ($A=30\text{cm}$) akan mengalami gesekan yang lebih lama dibanding ambang yang lebih pendek ($A=10$ dan $A=20\text{cm}$) sehingga menyebabkan tinggi muka air melebihi ambang dalam ambang yang lebih panjang yang selanjutnya akan mengakibatkan naiknya muka air di hilir.

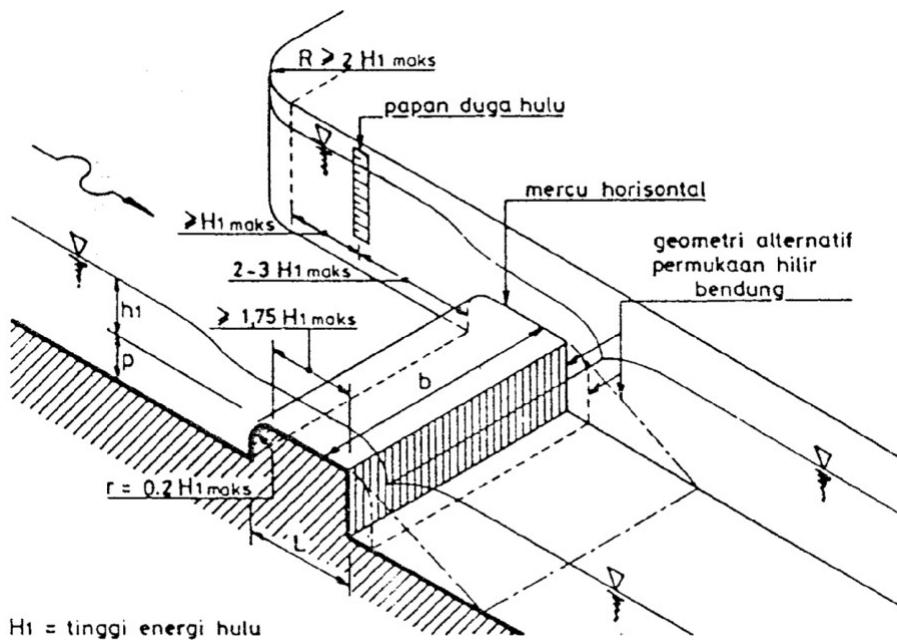


Gambar 5. Hubungan panjang ambang (A) dan tinggi muka air di hilir (Hi)

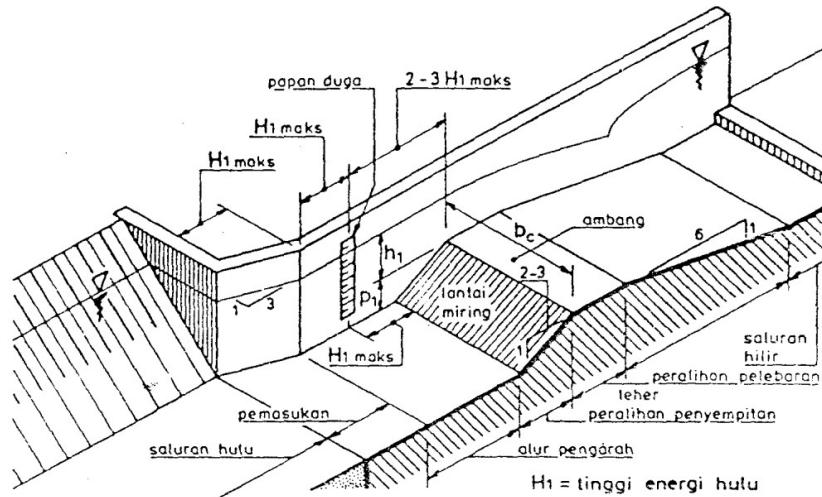
“Technological Innovation for Infrastructure and building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)”**4. TEORI PELIMPAH AMBANG LEMBAR**

Disarankan untuk membangun ambang yang lebar lantaran bangunan tersebut kuat serta gampang dikerjakan. Lantaran mereka bisa memiliki bentuk kuas yang berbeda, mereka gampang beradaptasi terhadap semua jenis saluran. Korelasi diantara tingkat sumber serta pelepasan memungkinkan arus dibaca langsung melalui meteran tanpa tabel pelepasan.

Bangunan pelimpah berfungsi sebagai pengukur lebar ambang batas, dalam hal ini, tingkat energi sumber ukurannya dibawah panjang bungungan. Lantaran aliran pada bendungan lebar bisa dikendalikan oleh teori hidrolik yang ada, struktur berikut bisa memiliki bentuk yang berbeda sementara debitnya tetaplah sama.



Gambar 1 Alat Ukur Ambang Lebar Dengan Mulut Pemasukan yang Dibulatkan(Sumber : Jurnal Polines “Pelimpah Ambang Lebar”,hal.17)



Gambar 2 Alat Ukur Ambang Lebar Dengan Pemasukan Bermuka Datar,
Dan Peralihan Penyempitan
(Sumber : Jurnal Polines “Pelimpah Ambang Lebar”,hal.17)

Gambar 2 memaparkan contoh peralatan pengukuran ambang secara komprehensif. Masukan meter bulat dalam Gambar 1 dipergunakan ketika desain permukaan melengkung berikut tidak menyebabkan permasalahan konstruksi ataupun ketika menghasilkan pengurangan panjang bangunan. Ini biasa dialami ketika bangunan terbuat dari sepasang batu.

4.1 Rumus Ambang Lebar

Overflow dikatakan ambang batas lebar bilamana $B > 0,66H$, di mana B ialah ambang/peluap lebar serta H ialah tinggi luapan. Dilihat melalui A serta B , tinggi air di atas luapan di A ialah H , sementara B ialah h atau y_c . Setelah ambang lebar, ruang aliran bebas, yang berarti aliran di atas ambang maksimum. Dengan kondisi tersebut, arus kritis terjadi di atas ambang batas, hingga bisa dipakai menjadi acuan pengukuran energi spesifik. Jika kecepatan hulu ambang kecil, bobot tinggi kecepatan ($V^2/2g$) bisa dihiraukan serta energi spesifik yang melebihi ambang batas ialah $E=H$ (Undaya, 2005).



Gambar 2.4 Pola Aliran Diatas Ambang Lebar
(Sumber : Jurnal Qua Teknika,(2022))

Dimana:

Q = debit aliran (m^3/dt)

P = tinggi ambang (m)

H = tinggi tekanan total hulu ambang = $Y_o + (V^2/2g)$

Y_o = kedalaman hulu ambang (m)

Y_t = tinggi muka air setelah hulu ambang (m)

Y_c = tinggi muka air di atas hulu ambang (m)

H_u = tinggi muka air di atas hilir ambang = $Y_o - P$ (m)



5. KESIMPULAN

Bersumber hasil analisa data, maka bisa dibuat simpulan bahwasanya:

Perubahan debit aliran pelimpah ambang lebar juga diikuti dengan perubahan tinggi muka air di hulu, di hilir dan diatas ambang, dimana dengan meningkatnya debit aliran maka akan terjadi juga kenaikan tinggi muka air di hilir, hulu, serta diatas ambang. Demikian juga dengan semakin panjang ambang akan terjadi kenaikan tinggi muka air di hilir, hulu, serta diatas ambang.

Jadi pada debit 0,59 l/detik dengan semakin panjang ambang (10, 20 30cm) tinggi air di hulu turun dari 14,7cm menjadi 11,8cm, di hilir turun dari 1.7cm menjadi 1.4cm , diatas ambang dari 0.7cm menjadi 0.5 cm.

Pada debit 0,56 l/detik tinggi air di hulu turun dari 12.8 menjadi 11.4, di hilir turun dari 1.6cm menjadi 1.4cm, diatas ambang dari 0.6cm menjadi 0.5cm.

Pada debit 0,53 l/detik tinggi air di hulu turun dari 12.4cm menjadi 11.1cm, di hilir turun dari 1.5cm menjadi 1.3cm, diatas ambang dari 0.6 menjadi 0.5cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilianti Et Al. 2022. Uji Laboratorium Karakteristik Aliran Dengan Variasi Ambang Dan Dasar Permukaan Saluran Terbuka. 1-9.
- Astari, M. D. (2017). Analisa Earned Value Concept dan Cost Varians pada Pekerjaan Jalan Wilayah Painan-Kambang Sumatra Barat. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 2(1), 40-57.
- Binilang. 2010. Karakteristik Parameter Hidrolisis Aliran Melalui Ambang Pada Saluran Terbuka. E-Journal Unsrat, 91-94.
- Chow Ven Te. 1986. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta
- Erlangga. 1986. Departeman Pekerjaan Umum Dirjen Pengairan, Pedoman dan Kriteria
- Endang Pipin Tachyan, Dasar-Dasar dan Praktek Irigasi, Jakarta : Erlangga, 1992 Gandakoesoema, R. 1986. Irigasi. Bandung : CV. Galang Persada.
- Huddiankuwera, A. (2016). Pengaruh Panjang Data Terhadap Besarnya Penyimpangan Curah Hujan Rancangan (Studi Kasus Daerah Aliran Sungai Tabo-tabo). *Jurnal Ilmiah Teknik dan Informatika Vol, 1(2)*.
- Modul Aliran Melalui Ambang (Tajam Dan Lebar). (2018).
- Perencanaan Teknis Irigasi, Jogyakarta, 1980.
- Raju, K.G. Ranga. 1986. Aliran Melalui Saluran Terbuka. Jakarta : Erlangga.
- Risman Dan Warsiti. 2013. Kajian Aliran Melalui Pelimpah Ambang Lebar Dan Pelimpah Ambang Tipis. Wahana Teknik Sipil, 32-43.
- Sosrodarsono, Suyono, dan Kensaku Takeda. 1987. Hidrologi untuk Pengairan, Jakarta PT. Pradnya Paramita.
- Sudjarwadi. 1987. Dasar-Dasar Teknik Irigasi, Jogyakarta : Biro Penerbit KMTS FT UGM.
- Suhudi, S., Dan Pandawa, A. P. A. 2022. Analisis Energi Spesifik Pada Saluran Terbuka Dengan Penambahan Variasi Panjang Ambang Lebar. *Jurnal Qua Teknika*, 12(01), 25-44.
- Triatmodjo, B. 1996. Hidraulika I Dan II. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 1993 Soal Penyelesaian Hidraulika II, Jogyakarta : Beta Offset.
- Undaya, F. 2005. Panduan Praktikum Hidraulika Saluran Terbuka