

PENGUJIAN MODEL FISIK TERHADAP KARAKTERISTIK HIDRAULIK SALURAN PELUNCUR PADA BANGUNAN SPILLWAY

Lutfi Hair Djunur¹, Muhammad Saleh Pallu², Riswal Karamma³ dan Bambang Bakri⁴

¹Mahasiswa Program Doktor Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Jalan Poros Malino, Km-6 Gowa, email: lutfihairdjunur@unismuh.ac.id

²Professor Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Jalan Poros Malino, Km-6 Gowa, email: salehpallu@hotmail.com

³Associate Professor Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Jalan Poros Malino, Km-6 Gowa, email: riswalk@unhas.ac.id

⁴Associate Professor Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Jalan Poros Malino, Km-6 Gowa, email: bambangbakri@gmail.com

ABSTRAK

Aliran air pada bangunan pelimpahan menghasilkan aliran super kritis dengan daya energi sangat kuat, sehingga dapat menyebabkan hancurnya konstruksi dan alur sungai di bagian hilir bendungan. Uji coba bangunan *spillway* dilakukan untuk memverifikasi pola aliran yang terjadi untuk menentukan letak bangunan peredam energi yang tepat dalam mereduksi energi aliran. Salah satu lingkup pekerjaan pada model *spillway* adalah saluran peluncur di bagian hilir *spillway* yang memiliki panjang 60 m. Dalam upaya meredam energi aliran yang terjadi pada saluran peluncur untuk mengurangi loncatan hidraulik pada hilir bangunan *spillway* maka dilakukan pengujian pola aliran dalam kondisi stabil dalam menentukan model dimensi *baffle block* yang diletakkan pada saluran peluncur. Metode yang digunakan dalam pemodelan meliputi pemodelan fisik, pengujian bangunan *spillway*, dan pengamatan aliran air serta energi yang terjadi. Model alur bangunan *spillway* dibuat dengan skala 1:50 baik dalam keadaan tegak maupun datar (tanpa distorsi). Hasil uji model menunjukkan bahwa aliran air pada hulu saluran peluncur terjadi aliran silang (*vortex*) akibat perubahan bentuk penampang saluran pada jarak 22 m dengan energi aliran super kritis. Pada saluran peredam energi terjadi perubahan loncatan hidraulik yang cukup besar akibat energi aliran air yang mengalir pada saluran peluncur cukup deras. Profil ini perlu dilindungi dengan *baffle block*, kecuali jika dasar saluran yang ada merupakan batuan dasar yang keras.

Kata kunci: uji model, *spillway*, saluran peluncur, parameter aliran, *baffle block*

PENDAHULUAN

Struktur hidrolis *spillway* mempunyai peranan penting dalam mengalirkan kelebihan air (surplus) atau debit banjir di dalam bendungan atau waduk agar tidak terjadi limpasan. Bangunan pelimpahan atau *spillway* berfungsi sebagai bangunan untuk melimpahkan air apabila terjadi kenaikan debit pada bendungan. *Spillway* terdiri atas lima bagian yaitu saluran pengarah, saluran transisi, saluran peluncur, saluran pelimpah, bangunan kolam olak. Bagian saluran peluncur merupakan saluran terbuka dengan sifat aliran super kritis yang berkecepatan tinggi. Kecepatan yang sangat tinggi akan mengakibatkan kerusakan pada hilir bangunan *spillway*.

Fungsi bangunan pelimpah adalah untuk mengalirkan kelebihan air dan debit banjir keluar dari waduk ke sungai di bagian hilir bendungan. Bangunan pelimpah berperan penting untuk pengamanan bendungan dari limpasan air banjir diatas tubuh bendungan. Aliran super kritis sering terjadi di bagian hilir struktur hidraulik seperti bangunan pelimpah dan pintu air. Loncatan hidraulik terjadi pada saat kedalaman air di saluran hilir dengan aliran super kritis yang terbentuk dan dapat dialirkan dengan aman ke saluran alami. Kedalaman loncatan bebas secara beruntun berhubungan dengan persamaan momentum.

Besaran debit dan bukaan pintu cukup berpengaruh pada perubahan energi, akan tetapi besar kemiringan tidak berpengaruh pada perubahan energi. Biasanya kedalaman air dihilir lebih besar yang dibutuhkan dalam mempertahankan lompatan hidraulik untuk memastikan bahwa loncatan tidak akan terbawa sampai ke arah hilir. Distribusi kecepatan aliran maksimum tanpa struktur di sekitar dasar saluran meningkat sampai mencapai permukaan, disebabkan gaya gesek antara aliran dengan dasar saluran yang mengakibatkan resistensi yang lebih kecil sehingga pola aliran membentuk parabola.

Karakteristik lompatan hidraulik pada lereng permukaan dasar yang kasar dengan elemen kekasaran dan kemiringan tertentu, relatif mampu menurunkan panjang lompatan dan peningkatan desipasi energi. Loncatan hidraulik pada kondisi lereng yang tidak stabil dengan elemen kekasaran tertentu memiliki peran yang efektif untuk menstabilkan loncatan pada lereng yang tidak stabil.

Uji model hidraulik fisik bangunan pelimpah dilakukan dengan variasi debit aliran dengan beberapa simulasi debit aliran adalah untuk menentukan letak bangunan peredam *energy* atau *baffle block* pada saluran peluncur dihilir bangunan pelimpah.

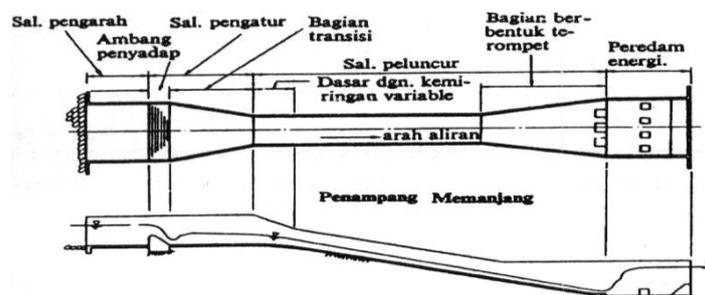
Guna mengatasi fenomena tersebut perlu adanya kajian laboratorium mengenai karakteristik hidraulik yang terjadi dihilir *spillway* pada proses pergerakan aliran air. Proses pergerakan aliran air secara hidraulik yang terjadi perlu diteliti untuk mengetahui parameter aliran yang mempengaruhi karakteristik hidraulik saluran peluncur sehingga dapat memberikan gambaran model dan posisi bangunan peredam energi atau baffle block dalam upaya pengendalian dan perlindungan pada hilir *spillway* agar kerusakan dan keruntuhan konstruksi dapat dihindari.

Maksud dari penelitian ini adalah menguji pola aliran dengan menggunakan *software iRIC* yang terjadi pada saluran peluncur di bangunan *spillway* dengan menggunakan uji model hidraulik fisik 2 dimensi, dengan tujuan mengetahui kondisi aliran air dan dasar saluran peluncur pada bangunan pelimpah untuk peletakan bangunan *baffle block* dalam upaya mereduksi energi aliran air.

LANDASAN TEORI

Bangunan Pelimpah

Fungsi bangunan pelimpah adalah untuk mengalirkan kelebihan air yang tidak tertampung oleh waduk, terutama untuk menghindarkan kerusakan pada bendungan yang disebabkan oleh limpahan yang melalui puncaknya.



Gambar 1. Skema sebuah tipe bangunan pelimpah pada bendungan

Sumber: Sosrodarsono, S. 2000:179

Karakteristik Aliran

Aliran dikatakan kritis ($Fr = 1$) apabila aliran air dengan kecepatan sama dan memiliki gaya gravitasi, rambat gelombang dan amplitude kecil. Gravitasi gelombang dibangkitkan dengan mengubah kedalaman. Karakteristik aliran dikatakan subkritis ($Fr < 1$) apabila kecepatan aliran lebih kecil dari

pada kecepatan kritis. Sedangkan aliran super kritis ($Fr > 1$) terjadi saat kecepatan alirannya lebih besar dari pada kecepatan kritis.

Terdapat parameter untuk menentukan jenis aliran tersebut yaitu perbandingan antara kecepatan aliran dan kecepatan rambat gelombang, yang dinyatakan dengan bilangan *Froude* (Fr). Bilangan *Froude* didefinisikan sebagai berikut :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (1)$$

Dimana:

Fr = bilangan *Froude*

V = kecepatan (m/det)

h = kedalaman hidrolis (m)

g = percepatan gravitasi (m^2/det)

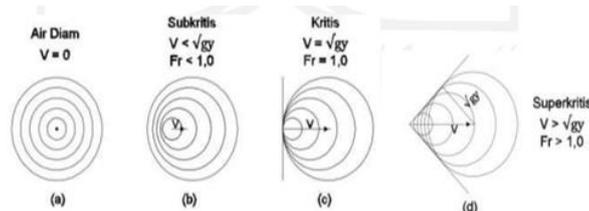
Menurut Triadmodjo (2013), jenis aliran dari hasil perhitungan persamaan di atas dapat digolongkan menjadi:

Aliran subkritis, terjadi saat $Fr < 1$

Aliran superkritis, terjadi saat $Fr > 1$, dan

Aliran kritis, terjadi saat $Fr = 1$

Pola penjarangan gelombang dinyatakan dengan parameter nilai *Froude* (Fr) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola penjarangan gelombang pada saluran terbuka

Sumber: Triatmojo, 2013

Debit Aliran

Menurut Orianto dan Pratikto (1989), debit aliran adalah kuantitas aliran fluida per unit waktu yang mengalir pada penampang. Dalam satuan S.I. debit dinyatakan dengan kubik meter per detik (volume), kilo newton per detik (berat), dan kilogram per detik (massa). Bila tampang saluran tegak lurus dengan aliran adalah A (m^2), maka debit aliran ditulis:

$$Q = VA \quad (2)$$

Dimana:

Q = debit aliran (m^3/s)

A = luas penampang basah (m^2)

V = kecepatan aliran (m/s)

Asdak (2002) menyatakan bahwa salah satu metode pengukuran debit pada saluran dapat dilakukan dengan metode pengukuran air sungai. Biasanya dilakukan pada aliran lambat. Pengukuran dengan metode ini dianggap akurat, terutama untuk debit aliran yang tidak cepat. Cara pengukurannya dilakukan dengan menentukan waktu yang diperlukan untuk mengisi bak penampung yang telah diketahui volumenya.

$$Q = \frac{Vol}{t} \quad (3)$$

Dimana:

Q = debit aliran (m³/s)

Vol. = volume bak penampung (m³)

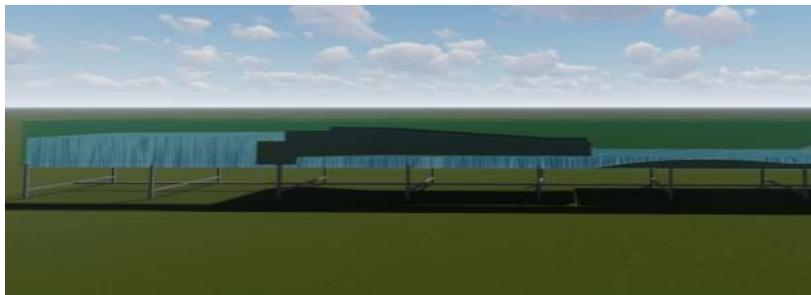
t = waktu (detik)

METODE PENELITIAN

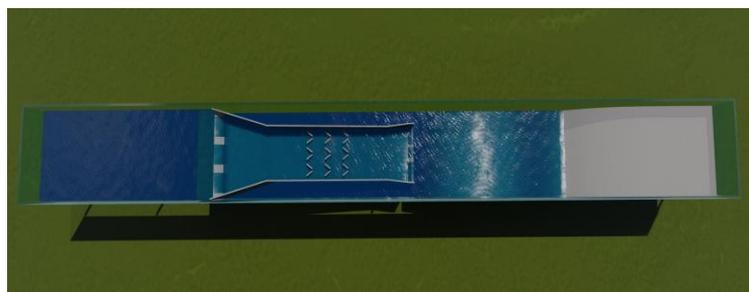
Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Hidrolika Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin. Penelitian ini dilakukan dengan uji hidraulik fisik saluran peluncur. Penelitian fisik meliputi studi literatur, persiapan alat dan bahan, pembuatan model dan pengumpulan data dari pengujian model. Model bangunan *spillway* dibuat dengan skala 1:50 dari *prototipe*, skala parameter hidraulik dapat diturunkan dari kriteria keserbagunaan bilangan *Froude*.

Material bahan yang digunakan dalam pembuatan model digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Air yang dipompa dari bak tandon secara sirkulasi sesuai kebutuhan debit yang diinginkan.
- Model bangunan *spillway* terbuat dari *sterofoam*



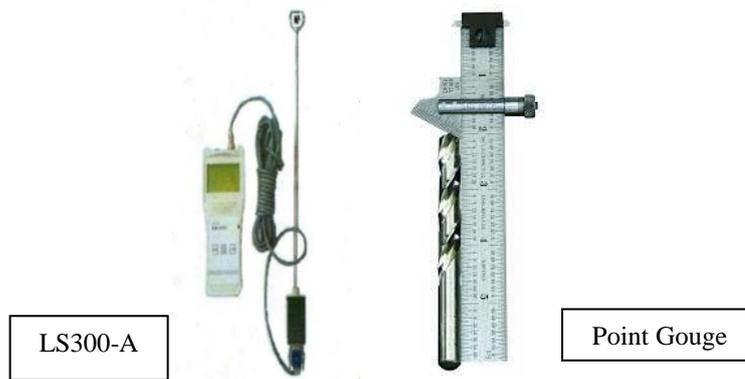
Gambar 3. Model Saluran Sirkulasi



Gambar 4. Model Bangunan *Spillway* Pada *Flume*

Peralatan yang digunakan adalah :

- Alat jarum duga (*Point gouge*), bangunan pelimpah yang dilengkapi pintu air dihilu alat ukur debit, berfungsi untuk mengatur debit aliran yang dibutuhkan.
- Alat ukur debit Thompson untuk mengukur debit yang dibutuhkan.
- Alat ukur kecepatan LS300-A yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran.
- Kamera yang digunakan untuk dokumentasi selama percobaan



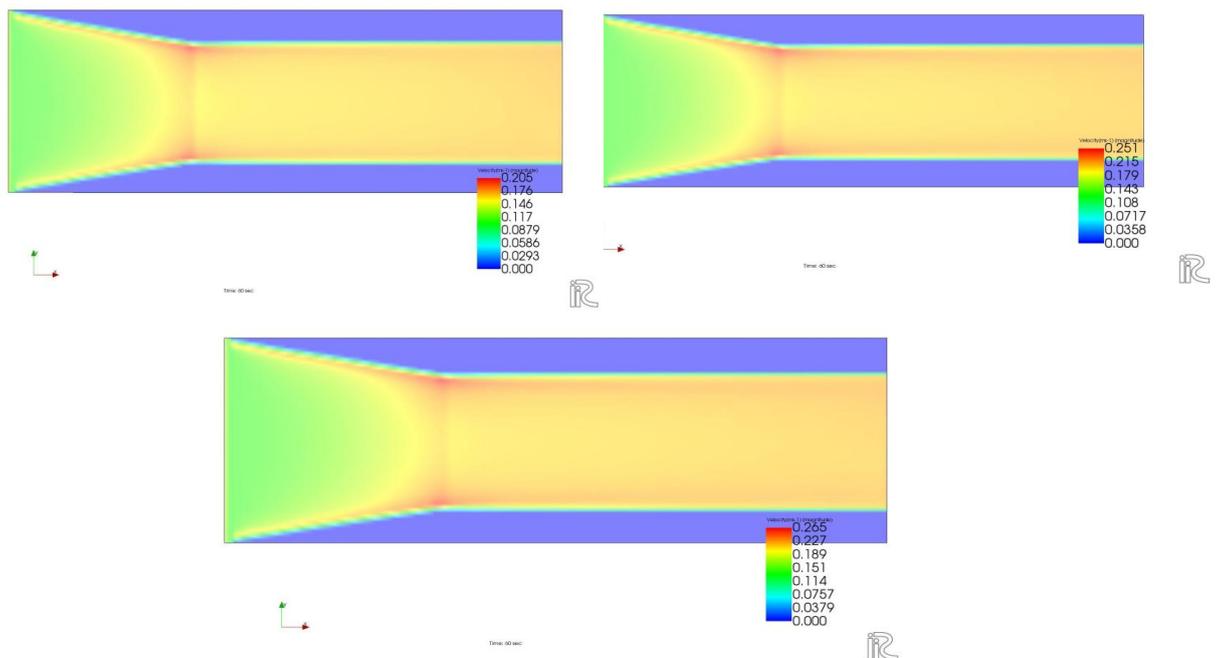
Gambar 5. Alat ukur

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan simulasi iRIC kecepatan aliran, pola aliran dan elevasi muka air dapat dimodelkan dengan melihat warna aliran, kecepatan aliran pada saluran peluncur sangat dipengaruhi oleh adanya saluran transisi. Dapat dilihat bahwa terjadi turbulensi di bagian awal saluran peluncur karena adanya perubahan bentuk penampang saluran dari saluran besar ke saluran kecil

Analisis kecepatan aliran

Kecepatan aliran memiliki karakteristik yang berbeda pada saat simulasi dilakukan, perubahan karakteristik aliran mengalami perubahan seiring dengan perubahan morfologi penampang saluran. Skala warna dapat menggambarkan kecepatan aliran pada setiap simulasi. Kecepatan aliran terendah yaitu 0,079 m/s digambarkan dengan skala warna biru, skala warna merah digambarkan dengan kecepatan tertinggi yaitu 0,256 m/s/.



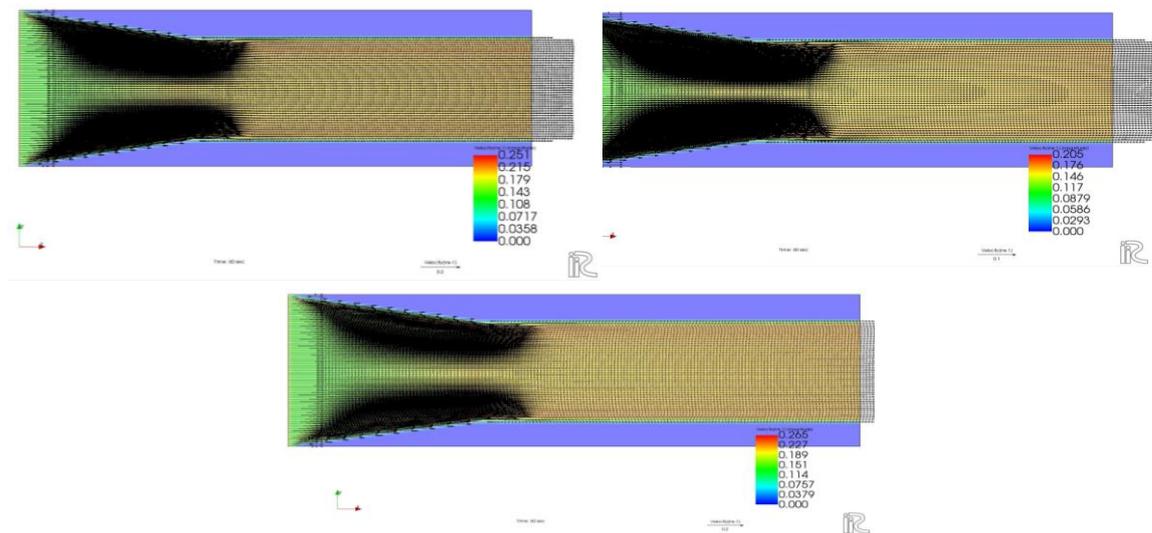
Gambar 6. Kecepatan Aliran Pada Q1, Q2 dan Q3

Dari gambar diatas dapat dinyatakan bahwa kecepatan aliran akibat perubahan penampang saluran menunjukkan kecepatan aliran mengalami perubahan setelah melewati saluran transisi menuju saluran peluncur dengan persebaran skala warna biru muda dengan kecepatan aliran rendah dan kecepatan aliran tertinggi ditunjukkan pada skala warna merah .Analisis pola aliran

Analisis pola aliran

Dalam kondisi normal, arah aliran pada saluran mengalir dari hulu ke hilir. Arah aliran dalam kondisi normal mengalir dari hulu saluran menuju ke hilir saluran. Air akan mengalir ke daerah yang memiliki tekanan air rendah ke daerah yang memiliki tekanan air tinggi sesuai dengan teori hidraulika. Namun arah aliran dapat berbelok jika menemui hambatan pada saluran seperti adanya perubahan penampang saluran, yang mengakibatkan perubahan arah aliran mengalami turbulensi yang mengakibatkan terjadinya perubahan pola aliran.

Pola aliran yang terjadi pada setiap simulasi digambarkan dengan skala warna. Warna biru digambarkan dengan kecepatan rendah yaitu 0,079 m/s dan kecepatan tertinggi digambarkan dengan skala warna merah yaitu 0,265 m/s.

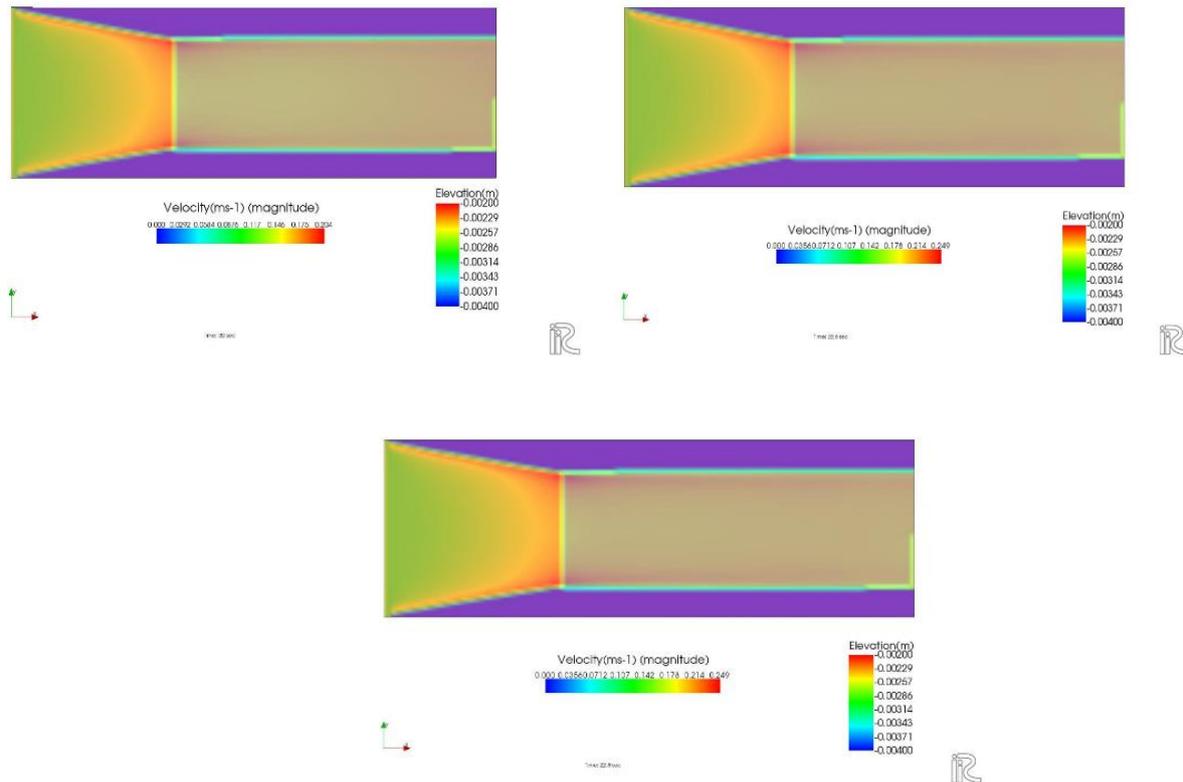


Gambar 7. Pola Aliran Pada Q1, Q2 dan Q3

Pada gambar diatas dapat dinyatakan bahwa arah aliran dipengaruhi oleh adanya perubahan penampang saluran. Dilihat dari pola saluran transisi terjadi turbulensi di sekitar bangunan transisi sampai pada awal saluran peluncur sejauh 22 meter dari peralihan saluran transisi ke saluran peluncur.

Analisis Elevasi Muka Air

Perubahan elevasi muka air di sekitar saluran peluncur terjadi akibat perubahan penampang saluran, disebabkan adanya gangguan pola aliran sehingga membentuk pusaran air (*vortex*) di sekitar saluran peluncur. Elevasi muka air pada saluran peluncur cukup seragam dan merata di setiap segmen, namun terdapat perubahan elevasi di bagian saluran transisi dan hulu saluran peluncur .Elevasi dasar saluran ditunjukkan dengan skala warna biru 0,004 m menunjukkan elevasi dasar tertinggi dan elevasi warna merah 0,004 m menunjukkan elevasi muka air rendah.



Gambar 8. elevasi muka air

Dari gambar diatas dapat dinyatakan bahwa pada setiap peralihan bentuk penampang saluran mengalami perubahan elevasi muka air pada saluran. Dimana elevasi muka air disalurkan transisi berwarna kuning sama dengan yang berada di saluran peluncur. Elevasi muka air mengalami perubahan disisi kanan dan kiri saluran peluncur mengalami penurunan elevasi muka air, kenaikan elevasi muka air ditandai dengan skala warna merah pada peralihan arah aliran dari saluran transisi ke saluran peluncur.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi komputasi iRIC perubahan parameter aliran seiring perubahan bentuk penampang saluran. Perubahan bentuk penampang saluran dari saluran transisi ke saluran peluncur yang mengalami penyempitan saluran menyebabkan terjadinya aliran turbulensi dan aliran silang atau vortex dengan aliran super kritis. Dari hasil perubahan parameter aliran yang terjadi pada peralihan saluran transisi ke saluran peluncur menyebabkan terjadinya aliran turbulensi membentuk aliran silang atau vortex dan menghasilkan aliran super kritis sejauh 22 m, maka bangunan peredam energi atau *baffle block* dapat diletakkan pada jarak 22 m dari hulu saluran peluncur.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Md S., Hasan. M., Haque, M. (2017). "TwoDimensional Simulation of Flow in an Open Channel with Groin-Like Structures by iRIC NAYS2DH. Math Probl Eng, P: 1- 10
- Bakri. B., Pallu, M.S., Lopa, R.T., Akbar. M., Ihsan. M., and Arai. Y. (2017). Flow velocity distribution analysis on free intake structure and its influence to intake capacity. The 4th International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD 2017)



- Djunur, L.H (2022). Dasar-Dasar Perencanaan konstruksi Bendungan. Dandelium Publisher, Bogor Jawa barat
- Farul, U. (2012), Analisis Pengaruh Aliran Turbulen Terhadap Karakteristik Lapisan Batas Pada Pelat Datar Panas. Institut Teknologi Sepuluh November
- Junaidi, F,F, (2014) Analisa Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Ruas Jembatan Ampera Sampai dengan Pulau Kemaro), Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 2 (3), Universitas Sriwijaya.
- Karamma. R., Pallu, M.S., Thaha, M.A., Hatta, M.P., Mustari, A.S., and Syukri, A.S., (2018), Analysis of longshore sediment transport at the estuaries of Jeneberang river and Tallo river caused by waves on coast of Makassar, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 797 (2020) 012010, doi:10.1088/1757-899X/797/1/012010
- Nanda, A, R., & Djunur, L.H (2022) Desain Hidraulik Bangunan Spillway. LPPM Unismuh Makassar
- Putro, H, Hadiharja, J. (2013). Variasi Koefisien Kekasaran Manning (n) pada Flume Akrilik pada Variasi Kemiringan Saluran dan Debit Aliran. Media Komunikasi Teknik Sipil 19 (2), 141-146, Universitas Diponegoro
- Pallu, M. S. (2022). Hidrolika Teknik Sipil. Prum Bukit Golp, Arcadia Housing. Bogor : Azkiyah Publishing.
- Shimizu, Y., & Takebayashi, H. (2014). "iRIC Software-Changing River Science, Nays2HDSolver Manual, 1-3