

PENGARUH TINGGI BUKAAN PINTU AIR TERHADAP BILANGAN FROUDE DENGAN DASAR TANAH LEMPUNG PADA SALURAN TERBUKA

A. Amin Latif^{1*}, Muhammad Saleh Pallu², Farouk Maricar³, Mukhsan Putra Hatta⁴

¹Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

^{2,3,4}Dosen Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

Jalan Poros Malino KM. 14,5, Gowa, Sulawesi Selatan

*Email: aminlatif1970@gmail.com

Abstrak

Pintu sorong (sluice gate) merupakan salah satu konstruksi bangunan air yang dikenal dengan bangunan ukur yang berfungsi untuk membagi air sesuai debit yang direncanakan dengan cara mengatur tinggi muka air. Dalam mengoptimalkan peranan bangunan pintu air sebagai pengatur debit dan pengatur tinggi muka air dihilir bangunan pintu air, sering dihadapkan pada masalah gerusan lokal (local scouring) di sebelah hilir bangunan pintu air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tinggi bukaan pintu air terhadap bilangan Froude (Fr) dengan dasar tanah lempung pada saluran terbuka. Penelitian ini berbentuk eksperimental di laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penelitian ini dilakukan dengan 3 tinggi bukaan pintu sorong terhadap dasar saluran (Y_g) yaitu 0,5 cm, 1,0 cm dan 1,5 cm sedangkan debit pada 1382,837 cm³/detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa $Y_g = 0,5$ cm; $Y_1 = 0,35$ cm; $Fr = 6,99$; $D_s = 4,2$ cm, $Y_g = 1,0$; $Y_1 = 1,5$ cm; $Fr = 0,79$; $D_s = 1,95$ cm dan $Y_g = 1,5$; $Y_1 = 1,65$ cm; $Fr = 0,68$; $D_s = 1,6$ cm. Dengan demikian, semakin tinggi bukaan pintu air maka semakin kecil bilangan Froude yang dihasilkan dan semakin kecil bilangan Froude maka semakin kecil kedalaman gerusan yang timbul.

Kata kunci: *pintu air, tinggi bukaan, bilangan Froude, kedalaman gerusan*

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok manusia. Pemanfaatannya untuk menunjang kehidupan manusia dirasa makin hari makin berkembang. Mulai dari makan minum dan sanitasi sampai pada produksi barang industri, penerangan dan irigasi, banyak mengandalkan potensi sumber air, diantaranya air sungai, air tanah, dan sebagainya.

Sehubungan dengan pemanfaatan air untuk irigasi dan kebutuhan yang lain, seringkali dibuatlah bangunan air seperti waduk, saluran, pintu air, terjunan, bendung dan lain sebagainya guna mengatur dan mengendalikan air tersebut. Untuk menyalurkan air ke berbagai tempat guna keperluan irigasi, drainase, air bersih dan sebagainya sering dibuat saluran dengan menggunakan saluran terbuka. Pada pengoperasiannya untuk membagi air, mengatur debit dan sebagainya kadang-kadang diperlukan suatu alat yang disebut pintu air. Banyak macam dan jenis pintu air dan salah satu diantaranya adalah pintu sorong (sluice gate). Sewaktu pintu dioperasikan akan terjadi pola aliran di daerah bukaan pintu yang, mana arus aliran tersebut akan berinteraksi dengan material-material yang ada di sekelilingnya. Interaksi arus aliran dengan dasar saluran akan menyebabkan material di dasar saluran tergerus. Apabila di dasar saluran tersebut bermaterial lunak atau material lepas maka akan terjadi pola gerusan tertentu yang mencerminkan pola gerusan akibat aliran tersebut. Fenomena tersebut dapat menyebabkan erosi dan degradasi di sekitar bangunan air. Degradasi ini berlangsung secara terus menerus hingga tercapainya keseimbangan antara suplai dengan angkutan sedimen yang saling memperbaiki.

Adanya perubahan pola aliran maka terjadi ketidak seimbangan antara jumlah angkutan sedimen yang lebih besar dari suplai sedimennya. Hal ini menyebabkan semakin dalamnya lubang gerusan (*scour hole*).

Banyak kasus-kasus tentang runtuhnya Bangunan Air bukan hanya disebabkan oleh factor konstruksi, namun persoalan gerusan di sekitar Bangunan Air juga bisa menjadi penyebab lain, hal ini ditunjukkan karena proses gerusan yang terjadi secara terus menerus sehingga terjadi penurunan ketahanan pada bangunan tersebut. Dampak dari gerusan local harus diwaspadai karena dapat berpengaruh pada penurunan stabilitas keamanan Bangunan Air. Mengingat kompleks dan

pentingnya permasalahan di atas, perlu dilakukan kajian tentang gerusan local (local scouring) di sekitar Bangunan Air yang terdapat pada sungai akibat adanya pengaruh gerusan.

Berbagai penanganan masalah seperti gerusan lokal (*local scouring*) pada sebelah hilir bangunan pintu air telah dilakukan, diantaranya dengan pembuatan landasan kolam olak atau dikombinasikan dengan pemasangan peredam energi (*End Sill*). Bilangan Froude adalah sebuah parameter non dimensional yang menunjukkan efek relatif dari efek inersia terhadap efek gravitasi (Albas J. & Permana S., 2016).

Kedalaman aliran merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi besarnya gerusan lokal yang terjadi. Kedalaman aliran akan sangat berpengaruh terhadap kecepatan aliran yang terjadi. Semakin dalam aliran yang terjadi maka kecepatan semakin berkurang, apabila kedalaman aliran berkurang maka kecepatan akan bertambah, sehingga besarnya gerusan yang diakibatkan adanya pengaruh kedalaman aliran akan berbeda pula (Affandi, 2007). Oleh karena itu, perlu adanya penelitian tentang pengaruh tinggi bukaan pintu air terhadap bilangan Froude (Fr) dengan dasar tanah lempung pada saluran terbuka akibat parameter aliran sungai seperti debit dan kedalaman aliran yang dapat mempengaruhi besarnya gerusan yang terjadi di sekitar bangunan pintu air.

TINJAUAN PUSTAKA

Gerusan

Proses erosi dan deposisi umumnya terjadi karena perubahan pola aliran terutama pada sungai alluvial. Perubahan pola aliran terjadi karena adanya halangan pada aliran sungai tersebut, berupa bangunan sungai seperti pilar jembatan dan abutmen. Bangunan semacam ini dipandang dapat merubah geometri alur dan pola aliran yang selanjutnya diikuti gerusan lokal di sekitar bangunan (Legono (1990) dalam Abdurrosyid dan Fatchan (2007)).

Legono (1990) dalam Abdurrosyid dan Fatchan (2009) membedakan tipe gerusan adalah :

1. Gerusan umum di alur sungai, tidak berkaitan sama sekali dengan ada atau tidak adanya bangunan sungai.
2. Gerusan di lokalisir di alur sungai, terjadi karena penyempitan aliran sungai menjadi terpusat.
3. Gerusan lokal di sekitar bangunan, terjadi karena pola aliran lokal di sekitar bangunan sungai.

Mekanisme Gerusan

Dalam Chatterje dkk (1994) dikatakan tentang mekanisme gerusan di belakang pintu air. Debit yang mengalir melalui pintu air membentuk suatu semburan (*jet*) di atas dasar erodibel. Kecepatan jet yang tinggi menimbulkan tegangan gesek yang besar melebihi tegangan gesek kritis butiran yang merupakan batas awal gerak butiran dan hal ini menyebabkan terbentuknya gerusan lokal di hilir apron. Lubang gerusan yang terbentuk menyebabkan peningkatan kedalaman aliran lokal (pada lubang gerusan tersebut) dan berakibat tegangan gesek di atas dasar menjadi kurang dan lebih kecil dibandingkan tegangan gesek kritis material dasar sehingga terjadi penurunan material yang ternagkut dan akhirnya tercapai tahap keseimbangan dimana gerusan tidak bertambah lagi. Perkembangan gerusan sangat tergantung waktu. Awalnya gerusan berkembang dengan cepat kemudian berkurang sampai tercapai tahap keseimbangan.

Teori Hidrolika dan Aliran Air

Aliran air dalam suatu aliran dapat berupa aliran saluran terbuka (*open channel flow*) maupun aliran pipa (*pipe flow*). Keduanya jenis aliran tersebut sama dalam banyak hal, namun berbeda dalam satu hal yang penting. Aliran saluran terbuka harus memiliki permukaan bebas (*free surface*) sehingga dipengaruhi oleh tekanan udara bebas (*atmospheric pressure*), sedangkan aliran pipa tidak demikian, karena air harus mengisi seluruh saluran. Aliran pipa, yang terkurung dalam saluran tertutup, tidak terpengaruh langsung oleh tekanan udara, kecuali oleh tekanan hidrolis.

Aliran dalam saluran terbuka harus memiliki permukaan bebas (*free surface*) yang akan dipengaruhi oleh tekanan udara. Aliran saluran terbuka dapat digolongkan menjadi berbagai jenis yaitu aliran tetap (*steady flow*), aliran tidak seragam (*non uniform flow*) dan aliran berubah lambat laun (*gradually varied flow*).

Bilangan Froude

Aliran melalui saluran terbuka dibedakan menjadi tipe aliran sub-kritis (mengalir) dan super kritis (meluncur). Aliran sub-kritis bergantung pada kondisi hilir yang nantinya mempengaruhi keadaan hulu. Keadaan aliran super kritis ini memungkinkan kondisi hulu akan mempengaruhi aliran di sebelah hilir. Penentuan tipe aliran sub-kritis maupun super kritis didasarkan pada nilai Froude (Triadmodjo, 2010). Adapun persamaannya yaitu :

$$Fr^2 = \frac{v^2}{g.Y} \quad (1)$$

Debit Air

Debit air adalah banyaknya volume zat cair yang mengalir pada tiap satu satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam satuan liter/detik atau dalam satuan meter kubik (m^3) per detik. Rumus menghitung debit air yaitu :

$$\text{Debit} = \frac{v}{t} = m^3/s \quad (2)$$

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penelitian ini dilaksanakan selama 2 bulan yaitu Desember 2018 – Januari 2019.

Ringkasan Metodologi Penelitian

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh masukan (input) dari buku-buku, hasil pengamatan, maupun kajian dari literatur yang sangat bermanfaat bagi penulis untuk memperoleh dan memperkaya pengetahuan dalam menganalisa dan menuangkan laporan hasil peneliti berkaitan dengan Hidrolika Saluran Terbuka dan Standar Perencanaan Irigasi.

Data yang diambil merupakan data primer dan sekunder. Data kemudian ditabulasi sesuai dengan kebutuhan analisis yang akan dilakukan, dilanjutkan dengan analisis secara deskriptif guna menjelaskan masalah yang diteliti. Pengukuran pola aliran dilakukan pada 3 titik pada saluran terbuka yaitu kiri, tengah dan kanan sedangkan jarak pengukuran yaitu 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm dan 100 cm ke arah hilir pintu sorong dan letak terjadinya loncatan air yaitu sebelum loncatan dan setelah loncatan. Pengukuran pola gerusan menggunakan point gauge pada daerah yang terjadi gerusan sehingga memperoleh kedalaman gerusan.

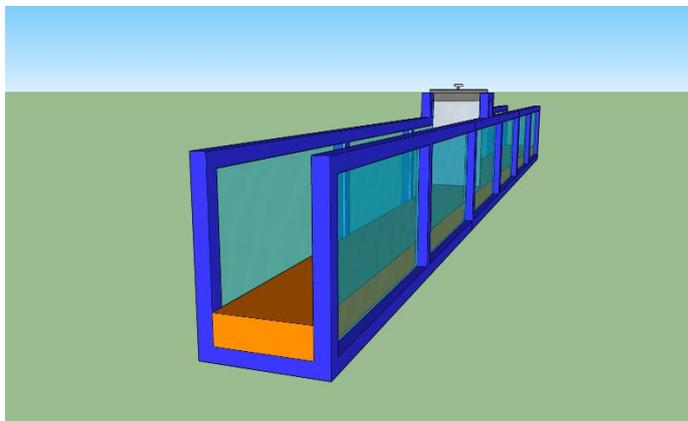
Variabel Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 3 tinggi bukaan pintu sorong terhadap dasar saluran (Y_g) yaitu 0,5 cm, 1,0 cm dan 1,5 cm sedangkan debit pada $1382,837 \text{ cm}^3/\text{detik}$. Gambar 1 dan Gambar 2 masing-masing memperlihatkan seperangkat model saluran terbuka dan model fisik saluran berbahan tanah lempung. Gambar 3 memperlihatkan saluran terbuka untuk percobaan pintu sorong. Tahap Persiapan yang dilakukan yaitu :

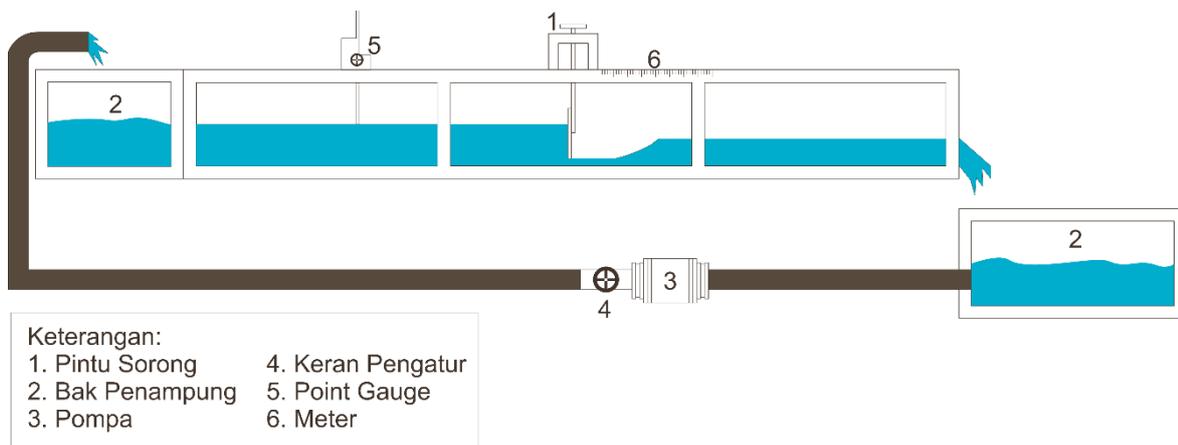
- Menyiapkan model saluran dengan penampang persegi panjang dengan panjang 9 m, lebar 30,5 cm dan tinggi 45 cm.
- Memasang model pintu sorong yang sesuai dengan saluran yaitu dengan lebar 30,5 cm.
- Menyiapkan material dasar (tanah lempung) yang lolos saringan no. 20 (diameter lubang ayakan 0,85 mm) dan tertahan saringan no. 40 (diameter lubang ayakan 0,425 mm).
- Memasang material dasar pada model saluran dengan tebal 10 cm.
- Melakukan pengecekan terhadap peralatan yang digunakan dalam penelitian, apakah kondisi alat dalam keadaan baik dan layak untuk digunakan.
- Pengecekan debit agar didapat data debit aliran yang digunakan lebih akurat.



Gambar 1. Seperangkat model saluran terbuka



Gambar 2. Model fisik saluran dengan tanah lempung



Gambar 3. Saluran terbuka untuk percobaan pintu sorong

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 memperlihatkan data hasil perhitungan bilangan Froude (Fr) pada hilir pintu sorong dengan variasi dengan 3 variasi tinggi bukaan (Yg) yaitu 0,5 cm, 1,0 cm dan 1,5 cm dengan debit 1382,837 cm³/detik.

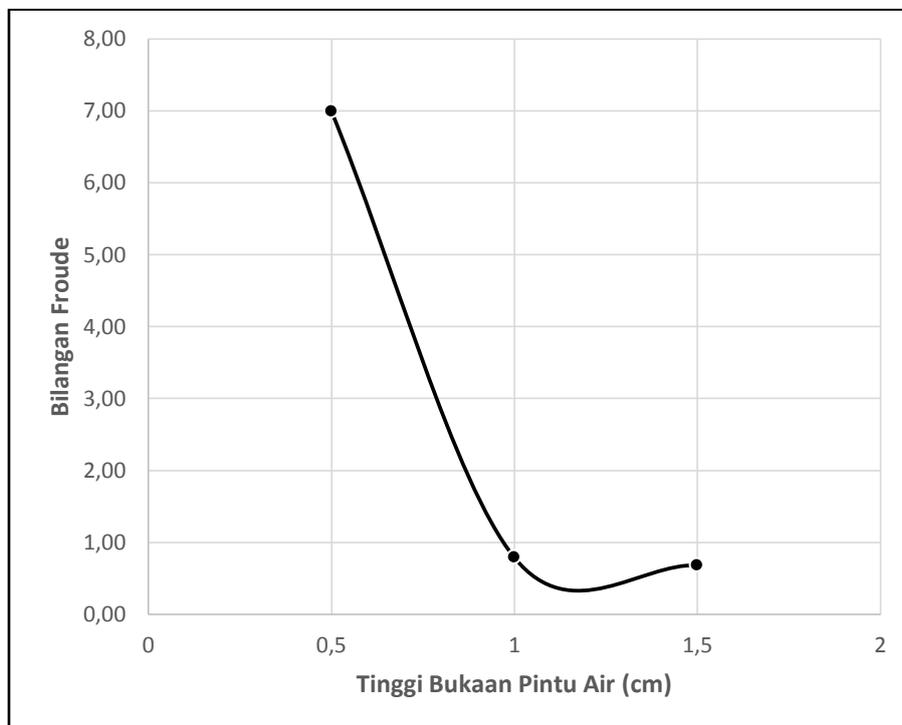
Tabel 1. Data Hasil Perhitungan Bilangan Froude (Fr)

Yg (cm)	Debit (cm ³ /s)	Y1 (cm)	A (cm ²)	V (cm/s)	Fr	Ds (cm)	Keterangan
0.5	1382.837	0.35	10.68	129.54	6.99	4.2	Super Kritis
1	1382.837	1.5	45.75	30.23	0.79	1.95	Sub Kritis
1.5	1382.837	1.65	50.33	27.48	0.68	1.6	Sub Kritis

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa tinggi bukaan pintu air (Yg) sangat mempengaruhi bilangan Froude (Fr) dimana semakin tinggi bukaan pintu air maka bilangan Froude di hilir pintu semakin kecil. Terlihat bahwa nilai bilangan Froude di hilir pintu air pada tinggi bukaan pintu air 0,50 m, 1,00 m dan 1,50 m adalah masing-masing sebesar 6,99, 0,79 dan 0,65. Kriteria untuk menentukan kondisi aliran berdasarkan bilangan Froude adalah :

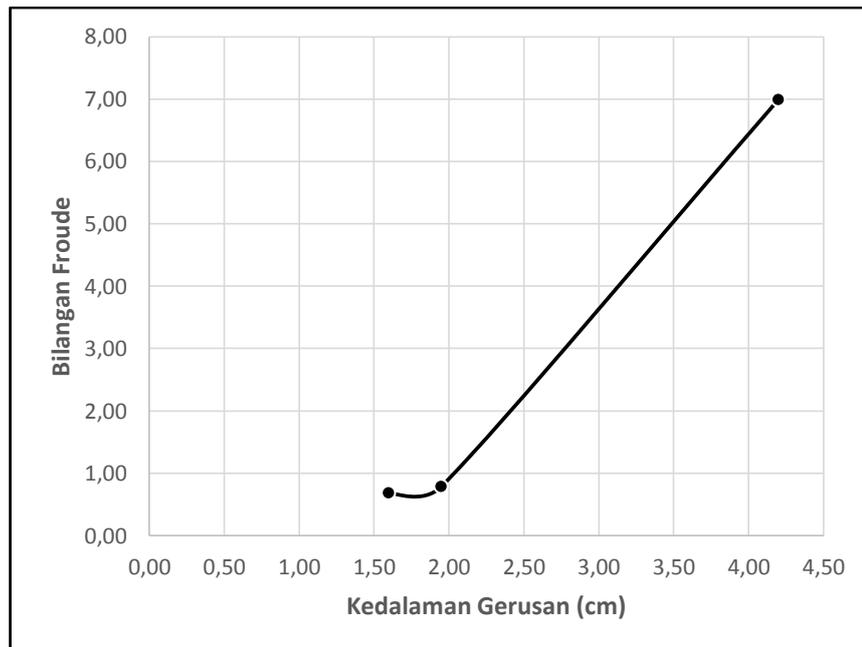
- F = 1 → aliran kritis
- F > 1 → aliran super kritis
- F < 1 → aliran sub kritis

Gambar 4 memperlihatkan grafik hubungan antara tinggi bukaan pintu air dengan bilangan Froude (Fr).



Gambar 4. Grafik Hubungan Tinggi Bukaan Pintu Air (Yg) dengan Bilangan Froude (Fr)

Berdasarkan hasil perhitungan bilangan Froude (Fr) dan hasil pengukuran kedalaman gerusan di hilir pintu sorong (Ds) dapat dilihat bahwa kedalaman gerusan yang terjadi berbanding lurus dengan nilai bilangan Froude (Fr).Tabel 2 menunjukkan saat bilangan Froud 6,99; 0,79; dan 0,68 terjadi kedalaman gerusan masing – masing 4,2 cm; 1,95 cm; dan 1,6 cm.Gambar 7 memperlihatkan hubungan antara bilangan froude (Fr) dengan kedalaman gerusan yang terjadi.



Gambar 5. Grafik Hubungan Kedalaman Gerusan (D_s) dengan Bilangan Froude (Fr)

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Besarnya bilangan Froude (Fr) berbanding terbalik dengan bukaan pintu sorong (Y_g) dimana nilai bilangan Froude di hilir pintu air pada tinggi bukaan pintu air 0,50 cm; 1,00 cm; dan 1,50 cm adalah masing-masing sebesar 6,99, 0,79 dan 0,65.
2. Besarnya bilangan Froude (Fr) berbanding lurus dengan kedalaman gerusan (D_s) dimana saat bilangan Froud 6,99; 0,79; dan 0,68 terjadi kedalaman gerusan masing – masing 4,2 cm; 1,95 cm; dan 1,6 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrosyid, J. & Fatchan, A. K. 2007. Gerusan di sekitar abutmen dan pengendaliannya pada kondisi ada angkutan sedimen untuk saluran berbentuk majemuk. *Dinamika TEKNIK SIPIL*, Volume 7, Nomor 1, Januari 2007 : 20-29. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Abdurrosyid, J. & Fatchan, A. K. 2009. Scour near spill-through type abutment on clear-water scour for multi-section channels. *Journal of civil engineering*, Volume 29 No. 1, May 2009. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Affandi, M. R. 2007. Pengaruh kedalaman aliran terhadap perilaku gerusan local di sekitar abutmen jembatan. Universitas Negeri Semarang.
- Albas J., & Permana S. 2016. Kajian pengaruh tinggi bukaan pintu air tegak (Sluicgate) terhadap bilangan Froude. *Jurnal STT Garut*.
- Asdak. C 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Jakarta : Erlangga.
- Chatterjee, M., Chatterjee, S.S. dan Ghosh, S'N., 1994, Local Scour Due To Submerged Horizontal let, *Journal of Hydraulic Engineering* Vol. 120 No. 8 page 973-991. Hoffmans, G.}.C.M. dan Verheii, H].
- Chow, V. T. 120997.128. 1959. Hidrolika Saluran Terbuka. Jakarta : Erlangga.
- Soewarno. 1991. Hidrologi: Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Bandung : Nova.