

Pengaruh Bukaannya Pintu Terhadap Karakteristik Gerusan Sekitar Pintu Sorong pada Saluran Terbuka

Afifah Masruniwati^{1*}, Farouk Maricar², Mukhsan Putra Hatta²

¹Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

²Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: radinka236@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112020.08

Abstrak

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 sehingga menyebabkan material di dasar saluran tergerus. Penelitian dilakukan untuk mempelajari bagaimana karakteristik gerusan yang terjadi disekitar pintu sorong pada saluran terbuka dengan variasi debit. Penelitian berbentuk eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penelitian dilakukan dengan 3 variasi debit yaitu 1.382,837 cm³/detik; 1.462,746 cm³/detik; dan 2.013,328 cm³/detik. Sedangkan bukaan pintu sorong menggunakan tiga variasi yaitu 0,5 cm; 1,0 cm; dan 1,5 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola gerusan yang terjadi disekitar pintu sorong pada saluran terbuka sangat dipengaruhi oleh variasi debit aliran dan besaran bukaan pintu sorong, dan akibat dari adanya frame pada pintu sorong maka konsentrasi aliran cenderung mengarah ketengah dan ke pinggir sebelah kanan saluran sehingga terjadi dominasi gerusan di tengah dan sebelah kanan saluran. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil bukaan pintu maka gerusan yang terjadi semakin besar. Hubungan karakteristik antara kedalaman gerusan disekitar pintu sorong pada saluran terbuka yaitu semakin kecil bukaan pintu dan semakin besar debit yang melewati bawah pintu maka semakin besar gerusan yang terjadi.

Abstract

The Effect of Door Openings on the Characteristics of the Scour around the Sliding Door in the Open Channel. When the door is operated, there will be a flow pattern in the sluice gate opening area, where the flow will interact with the materials around it causing local scouring at the bottom of the channel. The Research was conducted to study the characteristics of the scour around the sluice gate in an open channel with variations in discharge. It was conducted in the form of an experimental study at the Hydraulics Laboratory of the Faculty of Engineering, Hasanuddin University. The Research was conducted with 3 discharge variations, namely 1382.837 cm³/second; 1462.746 cm³/second; and 2013.328 cm³/second. The sliding door opening uses three variations, namely 0.5 cm; 1.0 cm; and 1.5 cm. The results show that the scouring pattern that occurs around the sliding door in the open channel is strongly influenced by variations in the flow rate and the size of the sliding door opening, and due to the presence of a frame on the sliding door, the concentration of the flow tends to lead to the middle and the right edge of the channel, so that the scouring dominates in the middle and right of the channel. This shows that the smaller the door opening, the greater the scouring. The characteristic relationship between the depth of the scour around the sliding door in the open channel is that the smaller the opening of the door and the greater the discharge that passes under the door, the larger the opening of the door.

Kata Kunci: Debit aliran, karakteristik gerusan, pintu sorong, tinggi bukaan

1. Pendahuluan

Sungai atau saluran adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya [1].

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 [2]. 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.

Akibat adanya gerusan ini akan secara berangsur merusak dasar dari saluran yang akhirnya akan membahayakan stabilitas pintu itu sendiri. Gerusan didefinisikan sebagai pembesaran dari suatu aliran yang disertai



pemindahan material melalui aksi gerakan fluida [3]. Gerusan lokal (*local scouring*) terjadi pada suatu kecepatan aliran dimana sedimen ditranspor lebih besar dari sedimen yang disuplai. Transpor sedimen bertambah dengan meningkatnya tegangan geser sedimen, gerusan terjadi ketika perubahan kondisi aliran menyebabkan peningkatan tegangan geser dasar. Oleh karena adanya fenomena seperti ini maka perlu ada suatu upaya untuk mengkaji pola gerusan pada dasar pintu tersebut yang nantinya dapat dipakai sebagai dasar untuk mengatasi permasalahan tersebut. Cara untuk mengatasi hal tersebut tentunya tidak terlepas dari karakter kekuatan gerusan yang timbul dan material yang membentuk dasar salurannya.

Pada saat terjadi bukaan pintu, arus aliran yang terjadi kecepatannya lebih besar dibanding arus aliran sebelum dan sesudah pintu. Bahkan kecuali kecepatan aliran yang lebih besar akan terjadi juga pusaran air [4]. Dari kejadian ini sangat mungkin bahwa tenaga yang ditimbulkan akan merusak material di sekelilingnya, terutama pada dasar saluran. Oleh karena itu disini akan dikaji bagaimana pola gerusan lokal yang terjadi di dasar saluran tersebut dengan mengamati gerusan lokal yang terjadi akibat aliran air yang keluar lewat bukaan pintu sorong.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mempelajari gerusan lokal yang terjadi disekitar bangunan air dalam hal ini pintu sorong pada saluran terbuka akibat variasi debit.

2. Landasan Teori

2.1. Gerusan Lokal

Gerusan lokal (*Local Scouring*) adalah akibat yang biasa terjadi apabila dalam suatu saluran ditempatkan suatu penghalang atau penghambat laju aliran sampai terjadi perubahan yang mendadak pada arah alirannya [5]. Penghambat aliran ini dapat berupa bangunan-bangunan air yang sengaja dibuat untuk akumulasi sampah maupun sedimen yang menumpuk pada alur aliran. Gerusan lokal dimaksudkan sebagai pengikisan dasar saluran atau sungai yang terjadi pada cakupan luasan yang kecil di sekitar pijakan bangunan air. Gerusan lokal dapat terjadi pada titik-titik di mana terdapat perubahan arah aliran secara mendadak, misalnya pada kaki lereng sungai yang bermeander, sisi hulu (*nose*) dan hilir pilar jembatan, sekeliling fondasi dinding

pengelak aliran, di hilir bangunan bendung, di hilir pintu pengatur debit, dan lain-lain [6].

Gerusan lokal biasanya terjadi bersamaan dengan gerusan di dasar saluran yang meliputi luasan yang lebih besar. Kedua macam gerusan secara akumulatif disebut sebagai degradasi dasar saluran, yang merupakan kebalikan dari peristiwa aggradasi, yaitu pendangkalan dasar saluran akibat pengendapan

Dari segi kesetimbangan volume bahan sedimen yang tergerus, gerusan lokal dapat dibagi ke dalam tiga jenis [7] :

- Gerusan stabil, artinya volume sedimen yang masuk dan keluar lubang gerusan sama
- Gerusan jernih, artinya gerusan terjadi berkesinambungan tanpa ada bahan sedimen yang masuk mengisi kembali lubang gerusan. Dalam kasus ini gerusan akan bertambah dalam sampai batas keseimbangan tertentu.
- Gerusan dengan masukan sedimen bervariasi, artinya suplai sedimen yang masuk ke lubang gerusan berubah-ubah volumenya, dapat lebih besar atau lebih kecil daripada volume sedimen yang terangkut keluar dari lubang. Kedalaman gerusan dengan sendirinya juga berubah-ubah sesuai neraca sedimen yang keluar dan masuk.

2.2. Mekanisme Gerusan

Penyebab gerusan lokal adalah fluktuasi gaya-gaya yang bekerja pada dasar saluran, misalnya gaya tekanan (*pressure*), gaya angkat (*lift force*), dan gaya geser (*shear force*). Urbonas (1968) dalam [8] yang melakukan eksperimen dengan bahan dasar berupa butiran batuan, menyatakan bahwa partikel pada dasar saluran yang mengalami gerusan lokal akan mulai bergerak dan lepas bila aliran mencapai kondisi-kondisi berikut:

- Gaya angkat pada partikel jauh melampaui gaya seret (*drag force*). Namun hasil ini bertentangan dengan pengukuran yang dilakukan oleh White (1940) pada aliran seragam yang menyatakan bahwa gaya angkat adalah nol.
- Tekanan pada titik terendah pada partikel mendekati tekanan hidrostatis, yaitu tekanan oleh kolom air setinggi kedalaman air pada titik tersebut.
- Fluktuasi tekanan pada permukaan partikel berkaitan dengan gaya angkat rata-rata dan gaya angkat berfluktuasi.



d. Fluktuasi tertinggi tekanan kebanyakan terjadi dekat puncak partikel dan mendekati nol pada titik terendah partikel. Dapat dianggap bahwa setengah bagian bawah partikel mengalami tekanan hidrostatik yang relatif konstan.

2.3. Bilangan Froude

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 [9].

Tipe aliran dapat juga dibedakan dengan bilangan Froude, yaitu :

- a) Aliran kritis, jika bilangan Froude sama dengan satu ($Fr=1$) dan gangguan permukaan misal, akibat riak yang terjadi akibat batu yang dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.
- b) Aliran subkritis, jika bilangan Froude lebih kecil dari satu ($Fr<1$). Untuk aliran subkritis, kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).
- c) Aliran superkritis, jika bilangan Froude lebih besar dari satu ($Fr>1$). Untuk aliran superkritis, kedalaman aliran relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi (segala riak yang ditimbulkan dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus).

Persamaan untuk menghitung bilangan Froude yaitu :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \times Y}} \quad (1)$$

dimana

Fr = bilangan Froude

V = kecepatan aliran (m/dtk)

g = gaya gravitasi (m/dtk²)

Y = kedalaman aliran (m)

2.4. Bilangan Reynolds

Tipe aliran dapat dibedakan menggunakan bilangan Reynolds. Menurut Reynolds tipe aliran dibedakan sebagai berikut [1] :

- a) Aliran laminar adalah suatu tipe aliran yang ditunjukkan oleh gerak partikel-partikel menurut garis-garis arusnya yang halus dan sejajar. Dengan nilai Reynolds lebih kecil lima ratus ($Re<500$).
- b) Aliran turbulen mempunyai nilai bilangan Reynolds lebih besar dari seribu ($Re>1000$), aliran ini tidak mempunyai garis-garis arus yang halus dan sejajar sama sekali.
- c) Aliran transisi biasanya paling sulit diamati dan nilai bilangan Reynolds antara lima ratus sampai seribu ($500 \leq Re \leq 1000$).

Persamaan untuk menghitung bilangan Reynolds yaitu :

$$Re = \frac{V \cdot R}{\nu} \quad (2)$$

dimana

Re = bilangan Reynolds

V = kecepatan aliran (m/dtk)

R = Jari-jari Hidroulik (meter)

ν = Kekentalan kinematik (m²/dtk)

3. Metode Penelitian

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

3.2. Pengambilan Data

Untuk pencatatan data pada dasarnya dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu sebelum dan selama percobaan (running) dijalankan.

Data-data yang dicatat sebelum percobaan, meliputi :

- a) Besarnya debit yang akan dialirkan.
- b) Tinggi bukaan pintu untuk satu aliran sesuai debit yang direncanakan.

Data-data yang dicatat selama percobaan berlangsung, antara lain :

- a) Ketinggian air di hulu pintu sorong dan jarak dari pintu sorong.
- b) Ketinggian air di hulu pintu sorong dan jarak dari pintu sorong.
- c) Kedalaman gerusan terhadap elevasi dasar normal (sebelum tergerus) dan jaraknya terhadap pintu percobaan dari titik-titik yang berada pada garis gerusan yang terjadi.
- d) Waktu saat pintu diturunkan dan posisi bukaan penuh.



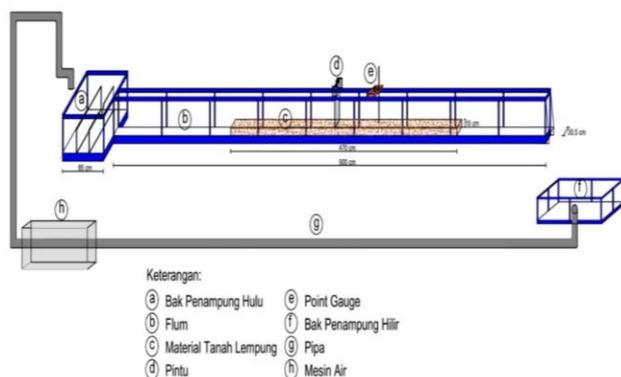
e) Waktu kejadian terbentuknya garis gerusan dihitung dari awal percobaan (saat pintu diturunkan).

Pengambilan gambar video dilaksanakan pada momen penting, pada waktu proses gerusan lokal terjadi. Demikian juga pemotretan dilakukan untuk mengabadikan momen penting yang dapat dimasukkan pada laporan.

3.3. Variabel Penelitian

Untuk bisa menuliskan dimensi dari variable yang terdapat pada bidang teknik hidrolika biasanya menggunakan system M.L.T yaitu penulisan dimensi dengan menggunakan tiga elemen pokok dimensi yaitu Massa (M), Panjang (L), dan Waktu (T) [10]. Dalam Kajian hasil penelitian ini melibatkan beberapa variable dan parameter. Variabel terkait dalam kajian ini dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- 1) Variabel yang diatur
 - a. Tinggi bukaan pintu sorong (a)
 - b. Debit di hulu pintu (Q)
- 2) Variabel yang tergantung yaitu :
 - a. Kedalaman air di hulu pintu (Y0)
 - b. Kedalaman di hilir pintu sorong sebelum loncat hidraulik (Y1)
 - c. Kedalaman di hilir pintu sorong setelah loncat hidraulik (Y2)
 - d. Kedalaman gerusan (Ds)



Gambar 1. Multi purpose teaching flume

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengukuran Gerusan

Pengukuran kedalaman gerusan dilakukan sama halnya dengan pengukuran aliran. Pengukuran kedalaman gerusan dilakukan dengan menggunakan *Point Gauge* untuk mengetahui elevasi gerusan.

Dari hasil pengukuran di laboratorium diperoleh data pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi data gerusan

	Debit (cm ³ /s)	Bukaan Pintu (cm)	Elevasi Terukur Z (cm)	Kedalaman Gerusan Ds (cm)
Q1	1382.837	0.5	5.67	4.33
		1.0	8.20	1.80
		1.5	8.40	1.60
Q2	1462.746	0.5	4.47	5.53
		1.0	7.09	2.91
		1.5	7.81	2.19
Q3	2013.328	0.5	0.97	9.03
		1.0	6.01	3.99
		1.5	6.77	3.23

Selanjutnya dilakukan perbandingan keadaan di bagian hilir pintu dengan kedalaman gerusan. Variabel di bagian hulu pintu sorong yang akan diperbandingkan dengan kedalaman gerusan adalah debit aliran, bukaan pintu, kecepatan aliran (V), bilangan Froude (Fr), dan bilangan Reynolds (Re).

4.2. Hubungan Debit Aliran dan Kedalaman Gerusan

Tabel 2. Hubungan debit aliran dan kedalaman gerusan

Bukaan Pintu (cm)	Debit (cm ³ /s)	Kedalaman Gerusan Ds (cm)	Elevasi Terukur Z (cm)
0.5	1382.837	4.33	5.67
0.5	1462.746	5.53	4.47
0.5	2013.328	9.03	0.97
1.0	1382.837	1.80	8.20
1.0	1462.746	2.91	7.09
1.0	2013.328	3.99	6.01
1.5	1382.837	1.60	8.40
1.5	1462.746	2.19	7.81
1.5	2013.328	3.23	6.77

Pada Tabel 2 terlihat bahwa dengan bukaan pintu yang semakin besar maka tinggi muka air akan naik sehingga debit yang terjadi akan semakin besar dan mempengaruhi kedalaman gerusan, jadi semakin besar debit aliran maka kedalaman gerusan semakin besar pula.



4.3. Hubungan Bukaannya Pintu dengan kedalaman Gerusan

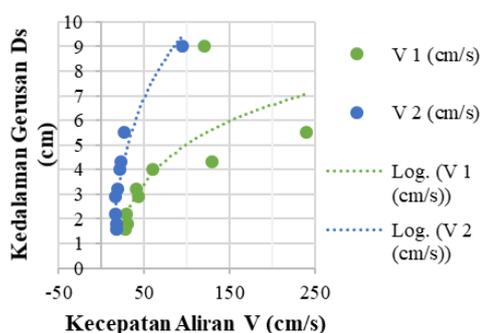
Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi bukaan pintu maka tekanan aliran yang terjadi di sekitar pintu akan semakin kecil dan mengakibatkan kecepatan aliran menjadi kecil sehingga kedalaman gerusan juga semakin kecil.

Tabel 3. Hubungan bukaan pintu dengan kedalaman gerusan

	Debit (cm ³ /s)	Bukaan Pintu (cm)	Elevasi Terukur Z (cm)	Kedalaman Gerusan Ds (cm)
Q1	1382,837	0,5	5,67	4,33
		1,0	8,2	1,80
		1,5	8,4	1,60
Q2	1462,746	0,5	4,47	5,53
		1,0	7,09	2,91
		1,5	7,81	2,19
Q3	2013,328	0,5	0,97	9,03
		1,0	6,01	3,99
		1,5	6,77	3,23

4.4. Hubungan Kecepatan Aliran pada Hilir Pintu Sorong (V) dengan Kedalaman Gerusan (Ds)

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa kecepatan aliran sebelum dan setelah loncat hidraulik (V1 dan V2) berbanding lurus dengan kedalaman gerusan. Semakin besar kecepatan aliran maka gerusan akan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh luasan bukaan pintu yang kecil menciptakan semburan aliran kecepatan tinggi yang bersifat menggerus. Selain itu dapat dilihat bahwa garis linear kecepatan aliran setelah loncat hidraulik (V2) berada di sebelah kiri garis linear kecepatan aliran sebelum loncat hidraulik (V1). Hal ini menjelaskan bahwa terjadi perubahan kecepatan setelah terjadi loncat hidraulik.



Gambar 2. Hubungan V1 dan V2 dengan Ds

Tabel 4. Hubungan hubungan kecepatan aliran sebelum loncat hidraulik (V1) dan kecepatan aliran setelah loncat hidraulik (V2) dengan kedalaman gerusan (Ds)

	Debit (cm ³ /s)	Bukaan Pintu (cm)	V 1 (cm/s)	V 2 (cm/s)	Kedalaman Gerusan Ds (cm)
Q1	1382.837	0.5	129.54	23.25	4.33
		1.0	30.23	17.44	1.80
		1.5	27.48	18.14	1.60
Q2	1462.746	0.5	239.79	26.64	5.53
		1.0	43.60	15.99	2.91
		1.5	29.97	16.83	2.19
Q3	2013.328	0.5	120.02	94.30	9.03
		1.0	60.01	21.29	3.99
		1.5	41.26	19.13	3.23

4.5. Hubungan Bilangan Froude pada Hilir Pintu Sorong (Fr) dengan Kedalaman Gerusan (Ds)

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa bilangan Froude sebelum dan setelah loncatan (Fr 1 dan Fr 2) berbanding lurus dengan kedalaman gerusan yang disebabkan. Apabila nilai bilangan Froude semakin besar dari satu ($Fr > 1$) dalam artian jenis aliran super-kritis, maka gerusan yang terjadi semakin besar. Selain itu dapat dilihat garis linear bilangan Froude setelah loncat

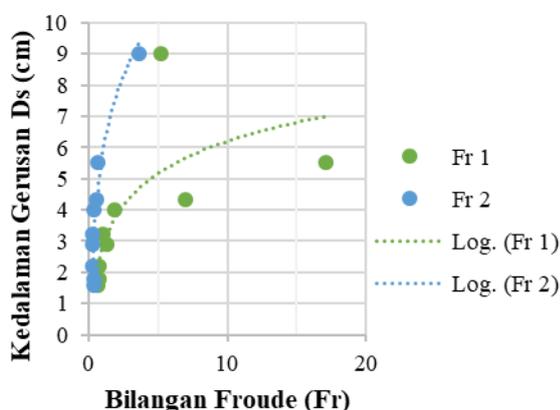
hidraulik (Fr_2) berada di sebelah kiri garis linear bilangan Froude sebelum loncat hidraulik (Fr_1). Hal ini menjelaskan bahwa terjadi perubahan sifat aliran setelah loncatan.

Sebelum terjadi loncatan aliran bersifat super-kritis ($Fr > 1$) kemudian setelah loncatan terjadi perubahan menjadi sub-kritis ($Fr < 1$). Setelah terjadi loncatan aliran menjadi semakin dalam dan melambat maka terjadilah olakan. Olakan di hilir pintu sorong ini yang menyebabkan terjadi gerusan.



Tabel 5. Hubungan bilangan froude sebelum loncat hidraulik (Fr 1) dan bilangan froude setelah loncat hidraulik (Fr 2) dengan kedalaman gerusan (Ds)

	Debit (cm ³ /s)	Bukaan Pintu (cm)	Fr 1	Fr 2	Kedalaman Gerusan Ds (cm)
Q1	1382.837	0.5	6.99	0.53	4.33
		1.0	0.79	0.35	1.80
		1.5	0.68	0.37	1.60
Q2	1462.746	0.5	17.12	0.63	5.53
		1.0	1.33	0.29	2.91
		1.5	0.76	0.32	2.19
Q3	2013.328	0.5	5.17	3.60	9.03
		1.0	1.83	0.39	3.99
		1.5	1.04	0.33	3.23



Gambar 3. Hubungan bilangan froude sebelum loncat hidraulik (Fr 1) dan bilangan froude setelah loncat hidraulik (Fr 2) dengan kedalaman gerusan (Ds)

4.6. Hubungan Bilangan Reynold pada Hilir Pintu Sorong (Re) dengan Kedalaman Gerusan (Ds)

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa bilangan Reynold sebelum dan setelah loncatan (Re 1 dan Re 2) berbanding lurus dengan kedalaman gerusan. Hubungan Bilangan Reynold (Re) dengan Kecepatan Aliran (V) berbanding lurus. Sehingga semakin besar kecepatan (V) maka semakin besar bilangan Reynold (Re) sehingga Gerusan (Ds) yang terjadi juga semakin besar. Selain itu dapat dilihat garis hidrolik (Re2) berada disebelah kiri garis linear bilangan Reynold sebelum loncat hidraulik (Re 1).

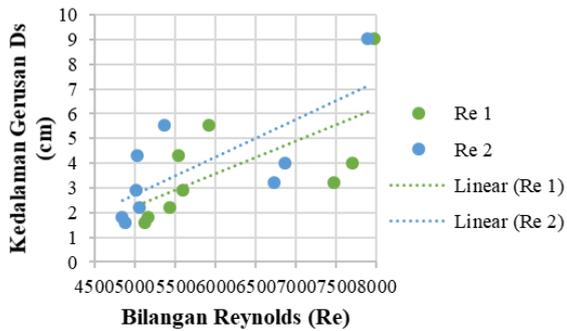
Tabel 6. Hubungan bilangan reynolds sebelum loncat hidraulik (Re 1) dan bilangan reynold setelah loncat hidraulik (Re 2) dengan kedalaman gerusan (Ds)

	Debit (cm ³ /s)	Bukaan Pintu (cm)	Fr 1	Fr 2	Kedalaman Gerusan Ds (cm)
Q1	1382.837	0.5	5540	5025	4.33
		1.0	5160	4842	1.80
		1.5	5114	4869	1.60
Q2	1462.746	0.5	5917	5362	5.53
		1.0	5592	5009	2.91
		1.5	5426	5051	2.19
Q3	2013.328	0.5	7964	7889	9.03
		1.0	7696	6857	3.99
		1.5	7468	6729	3.23

Hal ini menjelaskan bahwa terjadi penurunan nilai bilangan Reynold setelah loncatan. Meskipun terjadi perubahan nilai

bilangan reynold sifat aliran tetap Turbulen karena nilai bilangan Reynold masih tetap lebih besar dari 1000 (Re > 1000).

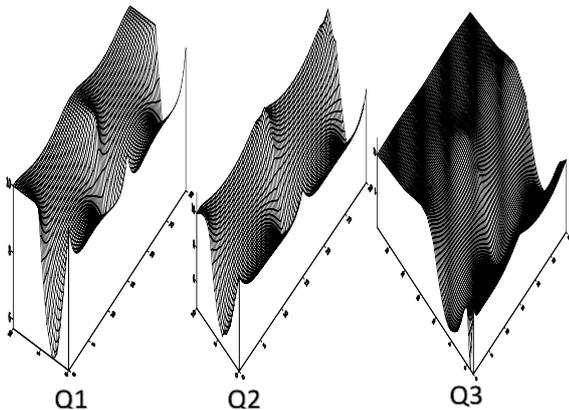




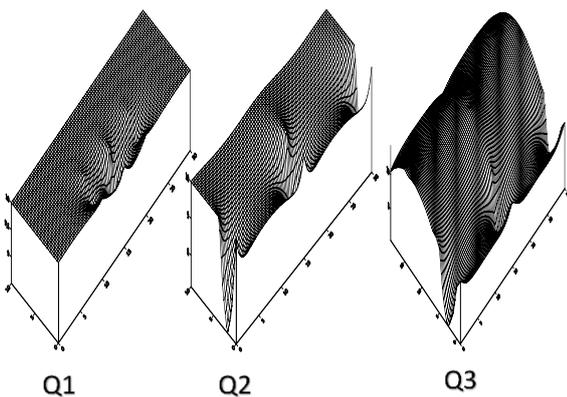
Gambar 4. Hubungan bilangan reynolds sebelum loncat hidraulik (Re 1) dan bilangan reynold setelah loncat hidraulik (Re 2) dengan kedalaman gerusan (Ds)

4.7. Pola Gerusan

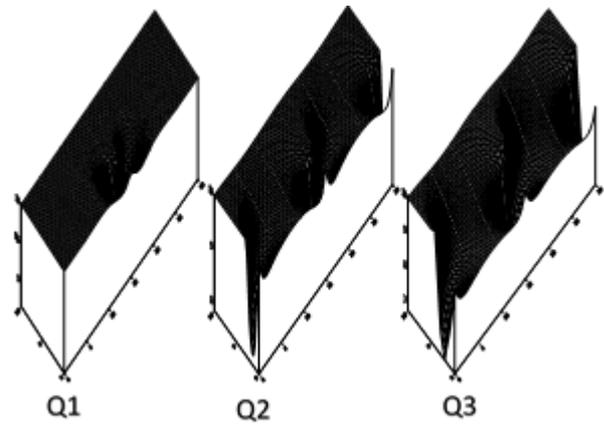
Pola kedalaman gerusan di pengaruhi oleh debit aliran, bukaan pintu kecepatan aliran dan karakteristik aliran berdasar pada angka Froude (superkritis, kritis, sub kritis).



Gambar 5. Pola gerusan tiap variasi debit Q1, Q2, Q3 dengan variasi bukaan pintu sorong 0,5 cm



Gambar 6. Pola Gerusan Tiap Variasi Debit Q1, Q2, Q3 dengan variasi bukaan pintu sorong 1cm



Gambar 7. Pola gerusan tiap variasi debit Q1, Q2, Q3 dengan variasi bukaan pintu sorong 1,5 cm

Dari Gambar 5-7, pola gerusan tersebut dapat kita lihat bahwa gerusan yang terjadi cenderung berada di tengah saluran. Hal ini dapat disebabkan oleh frame pintu sorong yang membuat konsentrasi aliran cenderung ke tengah saluran. Selain itu dapat juga diperhatikan bahwa semakin besar debit dan semakin kecil bukaan pintu maka kecepatan aliran akan semakin besar, sehingga kedalaman gerusan yang terjadi pun semakin besar.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa variable yang mempengaruhi besarnya kedalaman gerusan, yaitu :

1) Debit Aliran (Q)

Jika debit yang dialirkan semakin besar maka kedalaman gerusan yang terjadi akan bertambah besar, begitupun sebaliknya.

2) Bukaan Pintu

Semakin kecil bukaan pintu maka tekanan aliran yang terjadi di sekitar pintu akan semakin besar dan mengakibatkan kecepatan aliran menjadi besar sehingga menyebabkan kedalaman gerusan yang terjadi semakin dalam, begitupun sebaliknya semakin besar bukaan pintu semakin dangkal.

3) Kecepatan Aliran

Dikarenakan bukaan pintu yang kecil menyebabkan semakin besar kecepatan aliran maka gerusan yang terjadi semakin besar. Hal ini disebabkan oleh luasan bukaan pintu yang kecil menciptakan semburan aliran dengan kecepatan tinggi yang bersifat menggerus.

4) Bilangan Froude

Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi bukaan pintu maka bilangan Froude yang di hasilkan semakin kecil.

5) Bilangan Reynolds

Nilai Reynolds di pengaruhi oleh kecepatan.

5. Validasi Hasil

5.1. Validasi kecepatan hasil pengukuran terhadap Persamaan Manning dan Chezy-Kutter

Metode yang dapat digunakan untuk memvalidasi hasil penelitian atau sebelumnya adalah dengan menggunakan Persamaan Manning dan Chezy-Kutter. Dalam praktek, faktor penting dalam studi hidraulika adalah kecepatan aliran V atau debit aliran Q . Dalam hitungan praktis, rumus yang banyak digunakan adalah persamaan kontinuitas, $Q = AV$, dengan A adalah tampang aliran.

Persamaan Manning mempunyai bentuk rumus:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \tag{3}$$

dimana

- V = Kecepatan aliran (m/dt)
- n = Koefisien Manning
- R = Jari-jari hidrolis (m)
- = A/P (luas penampang/keliling basah),
- S = Kemiringan dasar saluran

Persamaan Chezy-Kutter mempunyai bentuk rumus:

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \left[23 + \frac{0.00155}{S} \right] \frac{n}{\sqrt{R}}} \tag{4}$$

dimana

- C = Chezy
- S = kemiringan dasar saluran
- n = koefisien chezy
- R = jari-jari hidrolis (m)

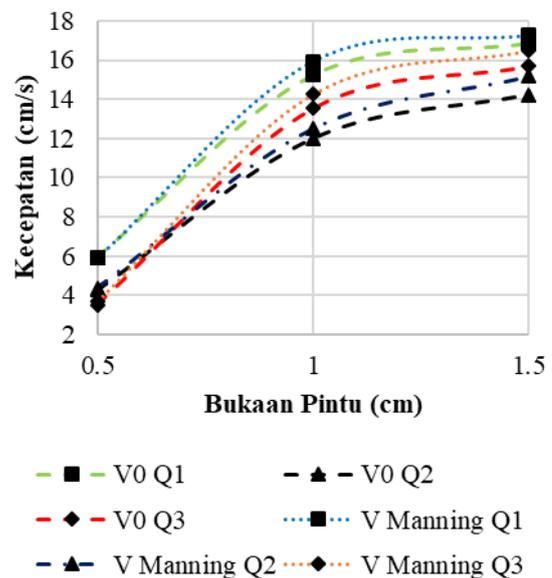
Sehingga persamaan kecepatannya yaitu:

$$V = C\sqrt{RS} \tag{5}$$

dimana

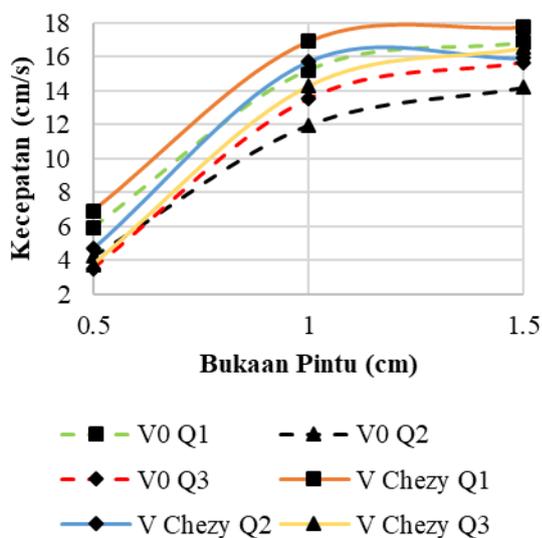
- V = kecepatan (m/dt)
- C = variable chezy
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = kemiringan dasar saluran

Berdasarkan Gambar 8 dan 9 dapat dilihat bahwa nilai kecepatan hasil pengukuran langsung (data) mengikuti pola nilai kecepatan analitis dalam hal ini menggunakan Persamaan Manning dan Chezy-Kutter, memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh. Salah satu hal yang menyebabkan adanya perbedaan nilai kecepatan antara analitis dengan pengukuran langsung adalah karena koefisien kekasaran Manning yang digunakan dalam metode analitis adalah koefisien untuk material dalam keadaan biasa sementara material yang digunakan sebenarnya pada pengukuran langsung adalah terbuat dari tanah lempung. Sehingga untuk penelitian selanjutnya sangat disarankan untuk melakukan kajian atau analisa tentang koefisien Manning dengan tanah lempung



Gambar 8. Perbandingan kecepatan aliran antara pengukuran langsung dengan Metode Analitis (Manning)





Gambar 9. Perbandingan kecepatan aliran antara pengukuran langsung dengan Metode Analitis Chezy-Kutter

5.2. Validasi Hasil Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa variable yang mempengaruhi besarnya kedalaman gerusan, yaitu :

1) Debit Aliran (Q)

Jika debit yang dialirkan semakin besar maka kedalaman gerusan yang terjadi akan bertambah besar, begitupun sebaliknya. Hal sejalan dengan penelitian Syarvina [11] dengan judul penelitian yaitu mekanisme gerusan lokal pada pilar silinder tunggal dengan variasi debit.

2) Bukaan Pintu

Semakin kecil bukaan pintu maka tekanan aliran yang terjadi di sekitar pintu akan semakin besar dan mengakibatkan kecepatan aliran menjadi besar sehingga menyebabkan kedalaman gerusan yang terjadi semakin dalam, begitupun sebaliknya semakin besar bukaan pintu semakin dangkal. Hal ini sejalan dengan penelitian Aprilia Nurhayati [12] dengan judul penelitian Uji Model Fisik Gerusan Lokal di Hilir Bukaan Pintu pada Dasar Saluran Pasir Bertanah Liat (Loamy Sand).

3) Kecepatan Aliran

Dikarenakan bukaan pintu yang kecil menyebabkan semakin besar kecepatan aliran maka gerusan yang terjadi semakin besar. Hal ini disebabkan oleh luasan bukaan pintu yang kecil menciptakan semburan aliran dengan kecepatan tinggi yang bersifat menggerus.

4) Bilangan Froude

Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi bukaan pintu maka bilangan Froude yang di hasilkan semakin kecil $Fr < 1$ aliran Sub-kritis. Hal ini sejalan dengan penelitian Musa, dkk. [13] dengan judul penelitian pengaruh tinggi bukaan pintu air terhadap karakteristik aliran.

5) Bilangan Reynolds

Nilai Reynolds di pengaruhi oleh kecepatan, didapatkan nilai Reynolds yaitu diatas 1000 atau $Re > 1000$ sehingga tipe alirannya yaitu aliran turbulen. Hal ini sejalan dengan penelitian Sarwono [14] dengan judul penelitian studi karakteristik gerusan lokal pada beberapa tipe pilar jembatan.

6. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan yang dilaksanakan melalui percobaan pada model gerusan lokal dasar saluran di sekitar pintu sorong dengan beberapa variasi debit aliran dan beberapa posisi bukaan pintu sorong dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pola kedalaman gerusan dipengaruhi oleh debit aliran, kecepatan aliran dan karakteristik aliran berdasar pada angka Froude (superkritis, kritis, sub kritis). Semakin besar debit yang melewati pintu sorong, maka pola gerusan yang terbentuk semakin besar, kedalaman gerusan di sekitar *pintu sorong* semakin dalam dan jarak atau panjang gerusan semakin jauh ke arah hilir. Sebaliknya semakin kecil debit aliran yang melewati pintu sorong maka pola gerusan yang terbentuk semakin kecil, kedalamannya semakin kecil dengan jarak atau panjang gerusan ke arah hilir semakin pendek.
- 2) Kedalaman Gerusan maksimum terjadi pada variasi bukaan 0,5 pada debit Q3 = 2.013,328 cm³/dtk. Pengendapan terjadi pada bagian belakang hilir atau setelah pintu sorong. Bilangan Froude terdapat antara $FR < 1$ dan $FR > 1$ (sub-kritis dan super-kritis).

Referensi

- [1] B. Triatmodjo, *Hidraulika II*, 10th ed. Yogyakarta: Beta, 2014.
- [2] J. Yen, L. C.H, and C. Tsai, "Hydraulic Characteristic and Discharge Control of Sluice



- Gate,” *J. Chinese Inst. Eng.*, vol. 24, no. 3, pp. 301–310, 2001.
- [3] Sucipto and N. Qudus, “Analisis Gerusan Lokal di Hilir Bed Protection,” *J. Tek. Sipil dan Perenc.*, vol. 6, no. 1, 2004.
- [4] V. Te Chow, *Aliran Melalui Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga, 1992.
- [5] Senturk and Simon, *Sedimen Transport Technology*. Water Resources Publication, 1976.
- [6] S. Aisyah, “Pola Gerusan Lokal di Berbagai Bentuk Pilar Akibat Adanya Variasi Debit,” Universitas Gadjah Mada, 2004.
- [7] H. N. C. Breuser and A. J. Raudkivi, “Scouring,” Rotterdam: A.A. Balkema, 1991.
- [8] O. M. Wibowo, “Pengaruh Arah Aliran Terhadap Gerusan Local Di Sekitar Pilar Jembatan,” Universitas Negeri Semarang, 2007.
- [9] J. Albas and S. Permana, “Kajian Pengaruh Tinggi
- Bukaan Pintu Air Tegak (Sluiceway) Terhadap Bilangan Froude,” *J. Konstr.*, vol. 14, no. 1, pp. 35–45, 2016.
- [10] Y. Nur, “Perencanaan Model Hidraulik (Hydraulic Modelling),” Yogyakarta, 1996.
- [11] Syarvina, “Mekanisme Gerusan Lokal Pada Pilar Silinder Tunggal Dengan Variasi Debit,” Universitas Sumatra Utara, 2013.
- [12] A. Nurhayati, “Uji Model Fisik Gerusan Lokal Di Hilir Bukaan Pintu Pada Dasar Saluran Pasir Bertanah Liat (Loamy Sand),” Universitas Brawijaya, 2020.
- [13] R. Musa, H. Ashad, and R. I. S. Djaka, “Pengaruh Tinggi Bukaan Pintu Air terhadap Karakteristik Aliran,” *OSF Prepr.*, pp. 129–138, 2020.
- [14] Sarwono, “Studi Karakteristik Gerusan Lokal pada Beberapa Tipe Pilar Jembatan,” *J. Sumber Daya Air*, vol. 12, no. 1, pp. 89–104, 2016.

