

## EFEKTIVITAS BENTUK ABUTMEN TERHADAP GERUSAN DI SEKITAR ABUTMEN JEMBATAN (*ABUTMENT SHAPE EFFECTIVITY ON BRIDGE ABUTMENT LOCAL SCOURING*)

**Sanidhya Nika Purnomo, Nasta'in, Wahyu Widiyanto, Loren Salsabilla**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Mayjen Sungkono KM 05 Purbalingga

Email : sanidhyanika\_purnomo@yahoo.com

**Abstract:** Bridge abutments are part of the bridge structure that quite susceptible to scours process. The process of local scouring at bridge abutments can cause structural failure on the bridge, and the bridge can not work properly. To determine the effectiveness of the shape of bridge abutments against scours, conducted simulations of the two bridge abutments models, vertical wall abutment and semi - end - circular abutment, that placed on sediment bed plane for 3 discharge variations, there are 0.45 lt / sec, 0.51 lt / sec, and 0.79 liters / sec in the flume, and then the changes of elevation around the bridge was measured using a digital measuring tools. The simulation results showed that the vertical wall abutment was giving deeper scouring for the largest simulation discharge when compared with the semi - end - circular abutment, and the scouring depth were -2.35 cm and -2.12 cm, respectively. For local scouring pattern, scouring that occurs on the vertical wall abutment model occurs only in the C direction, whereas the semi - end - circular abutment model occurs in A and C direction. Therefore, the semi - end - circular model does more to reduce the depth of scour, but produces more scouring pattern.

**Keyword:** hydraulic modelling, bridge abutment shape, local scouring

**Abstrak:** Abutmen jembatan merupakan bagian struktur jembatan yang cukup rawan terhadap proses gerusan lokal. Proses gerusan lokal pada abutmen jembatan dapat menyebabkan kegagalan struktur pada jembatan, dan mengakibatkan jembatan tidak dapat berfungsi kembali. Untuk mengetahui efektivitas bentuk abutmen jembatan terhadap gerusan lokal, dilakukan simulasi terhadap 2 buah model abutmen jembatan, *vertical wall abutment* dan *semi - end - circular abutment*, yang diletakkan di hamparan sedimen untuk 3 variasi debit sebesar 0,45 lt/det, 0,51 lt/det, dan 0,79 lt/det diflume, kemudian diukur perubahan elevasi di sekitar jembatan menggunakan alat ukur digital. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model *vertical wall abutment* memberikan kedalaman gerusan yang lebih dalam pada debit simulasi terbesar jika dibandingkan dengan model *semi - end - circular abutment*, dengan kedalaman gerusan berturut-turut sebesar -2,35 cm dan -2,12 cm. Untuk pola gerusan lokal, gerusan yang terjadi pada model *vertical wall abutment* hanya terjadi pada arah C, sedangkan pada model *semi - end - circular abutment* terjadi pada arah A dan C. Untuk itu, model *semi - end - circular* lebih efektif mengurangi kedalaman gerusan, namun menghasilkan pola gerusan yang lebih banyak.

**Kata kunci:** pemodelan hidraulika, bentuk abutmen jembatan, gerusan lokal

### PENDAHULUAN

Bangunan air yang dibangun di sungai akan mempengaruhi aliran air sungai dan dapat menyebabkan ketidakstabilan dasar sungai, terutama pada sungai alluvial. Jembatan merupakan salah satu bangunan yang digunakan untuk kepentingan publik dan dibangun dengan posisi melintang arah aliran sungai. Untuk itu, proses perancangan jembatan harus mempertimbangkan keberadaan aliran sungai, karena proses kegagalan struktur jembatan seringkali terjadi karena adanya

ketidakstabilan dasar sungai sehingga mengakibatkan gerusan lokal di pilar dan abutmen jembatan.

Abutmen jembatan, yang sering disebut sebagai kepala jembatan dan terletak di tiap pangkal jembatan, berfungsi untuk menerima beban yang bekerja pada jembatan. Mengingat letak abutmen yang berada pada aliran air sungai, maka dasar sungai di sekitar abutmen memiliki potensi mengalami gerusan lokal. Jika gerusan lokal di sekitar abutmen terjadi dalam jangka

waktu yang panjang, akan mengakibatkan kedalaman gerusan di sekitar abutmen semakin dalam, sehingga mengakibatkan kegagalan struktur jembatan dan mengakibatkan rusak atau robohnya konstruksi jembatan.

Gerusan lokal di sekitar abutmen jembatan dapat diminimalisir. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi gerusan di abutmen jembatan adalah dengan merancang bentuk abutmen jembatan sedemikian rupa, sehingga bentuk abutmen jembatan dapat memberikan bentuk aliran yang paling kecil pengaruhnya terhadap gerusan di abutmen jembatan.

Beberapa penelitian mengenai gerusan lokal di abutmen jembatan telah dilakukan oleh para peneliti. Melville (1992), telah meneliti mengenai efek panjang dan kedalaman abutmen,  $L/y$ , terhadap kedalaman gerusan lokal. Melville menyatakan bahwa gerusan lokal maksimum di laboratorium terjadi pada  $2L$  dan  $10y$ . Oliveto (2002) juga meneliti mengenai gerusan di pilar dan abutmen jembatan pada aliran jernih (*clear-water*) untuk enam tipe sedimen yang berbeda. Oliveto menyatakan bahwa evolusi gerusan temporal tergantung dari panjang referensi sebesar  $b^{2/3}h_0^{1/3}$  pada abutmen, campuran densimetrik angka Froude, waktu relatif yang melibatkan karakteristik geometrik, dan sedimen yang tergantung dari argumentasi similaritas.

Publiski dan penelitian mengenai gerusan di sekitar abutmen jembatan juga telah dilakukan dengan cara eksperimen yang dipadukan dengan analisis komputasi. Chrisoides, pada tahun 2003 telah mempublikasikan penelitiannya mengenai struktur koheren di aliran pada abutmen yang memiliki dasar mendatar dengan cara eksperimen dan komputasi. Mohamed (2016) telah melakukan penelitian secara eksperimental dan teoritis mengenai efek dari rasio kontraksi yang berbeda-beda dan sudut masuk abutmen jembatan pada kedalaman gerusan lokal, dimana naiknya rasio kontraksi akan menambah kedalaman gerusan lokal, begitu pula sebaliknya. Sementara itu sudut masuk yang tajam ( $90^0$ ) pada hulu abutmen akan mengakibatkan nilai kedalaman gerusan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sudut masuk yang lain. Cardoso (1999) yang telah

meneliti mengenai efek waktu dan geometri saluran pada gerusan di pilar jembatan menunjukkan kesesuaian saran Melville bahwa gerusan pada abutmen saat kondisi banjir dapat didekati dengan gerusan pada saluran persegi jika diasumsikan terdapat batas imajiner yang memisahkan aliran di sungai utama dari kondisi banjirnya.

Meski penelitian dan publikasi mengenai gerusan di abutmen jembatan cukup banyak, namun belum ada penelitian dan publikasi untuk mengetahui bentuk abutmen jembatan yang paling efektif sehingga mengakibatkan gerusan lokal terkecil.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Proses Transpor Sedimen

Transpor sedimen merupakan fenomena kompleks yang sering terjadi akibat terlepasnya partikel tanah dan kemudian terbawa aliran ke bagian hilir saluran. Jika ditinjau sebuah pias pada sebuah saluran alluvial, akan terjadi tiga buah kemungkinan kondisi dasar saluran akibat adanya proses transpor sedimen. Kondisi pertama adalah saat besaran debit sedimen masuk sama dengan debit sedimen keluar, kondisi kedua adalah ketika debit sedimen masuk lebih besar jika dibandingkan dengan debit sedimen keluar, dan kondisi ketiga adalah jika debit sedimen masuk lebih kecil daripada debit sedimen keluar.

Kondisi dasar saluran alluvial yang equilibrium merupakan kondisi akibat terjadinya kemungkinan yang pertama. Saat besaran debit sedimen masuk sama dengan debit sedimen keluar, maka kondisi dasar saluran alluvial akan stabil, dan kondisi ini disebut dengan kondisi equilibrium.

Pada kondisi yang kedua, dimana debit sedimen yang masuk lebih besar jika dibandingkan dengan debit sedimen yang keluar, maka akan terjadi kondisi aggradasi atau naiknya dasar saluran alluvial karena terjadinya penumpukan sedimen pada pias tersebut.

Pada kondisi yang ketiga, saat debit sedimen yang masuk lebih kecil daripada debit sedimen yang keluar, maka dasar saluran alluvial akan tergerus sehingga akan mengalami proses degradasi atau penurunan dasar saluran. Proses degradasi ini akan diperparah dengan adanya

hambatan (dalam hal ini adalah bangunan) yang diletakkan pada aliran air yang melewati saluran alluvial.

Melihat fenomena tersebut, dapat dipastikan bahwa proses gerusan di abutmen jembatan terjadi akibat adanya aliran air yang terhambat abutmen sehingga mengakibatkan terlepasnya partikel-partikel tanah, yang kemudian terangkut oleh aliran air, sehingga mengakibatkan proses degradasi dasar saluran.

### Awal Gerak Butiran

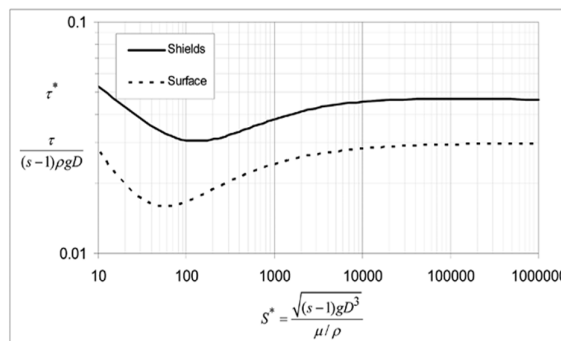
Awal gerak butiran sedimen sangat penting dalam kaitannya dengan studi tentang angkutan sedimen, degradasi dasar sungai / saluran, desain saluran stabil, gerusan lokal, dan lain-lain. Akibat adanya aliran air, timbul gaya-gaya aliran yang bekerja pada material sedimen. Gaya-gaya tersebut mempunyai kecenderungan untuk menggerakkan/ menyeret butiran material sedimen (Sanidhya, 2014)

Pada proses gerusan lokal, proses awal gerak butiran ini menunjukkan saat terjadinya awal gerakan sedimen yang meninggalkan abutmen jembatan atau bangunan air lainnya. Beberapa ahli menatakan bahwa awal gerak sedimen sangat dipengaruhi oleh tegangan gesek kritiknya ( $\tau_c$ ). Tegangan gesek kritis ini seringkali didefinisikan abstrak (tidak dapat diukur) yang menunjukkan mulainya gerakan sedimen (Wilcock, 1988). Pada saat terdapat aliran yang melewati saluran alluvial, apabila tegangan gesek sedimen lebih besar dari pada tegangan gesek kritiknya ( $\tau > \tau_c$ ), maka tidak akan ada proses angkutan sedimen. Namun jika tegangan gesek sedimen lebih kecil dari pada tegangan gesek kritiknya ( $\tau < \tau_c$ ), maka akan terjadi proses angkutan sedimen.

Penentuan tegangan gesek kritis ini diperkirakan dengan berdasarkan data dari aliran yang memiliki gerakan butiran (Wilcock, 1988). Analisa awal gerak sedimen untuk butiran seragam telah dilakukan oleh Shield sehingga menghasilkan grafik parameter Shields seperti yang tampak pada Gambar 1.

Besarnya nilai  $\tau^*$  yang terletak diatas Grafik Shields pada Gambar 1 menunjukkan bahwa tegangan gesek sedimen lebih besar dari pada tegangan gesek kritiknya.

Analisis dimensi untuk angkutan sedimen untuk butiran seragam memberikan hasil bahwa angkutan sedimen yang tak berdimensi tergantung dari empat buah variabel, yaitu Angka Shields,  $\tau^*$ , viskositas tak berdimensi,  $S^*$ , berat jenis relatif,  $s$ , dan kedalaman aliran relatif,  $D/h$ . Garis kecenderungan yang menggambarkan tegangan gesek kritis berdasarkan Shields ditunjukkan pada Persamaan 1, Brownlie (1981) dalam Wilcock (2009).



**Gambar 1.** Grafik Parameter Shields

(Wilcock, 2009).

$$\tau_c^* = 0,105(S^*)^{-0,3} + 0,045 \exp[-35(S^*)^{-0,59}] \quad (1)$$

Grafik "surface" pada Gambar 1 merupakan pengembangan dari Grafik Shields, namun dikalikan 0,5 oleh Parker yang diusulkan untuk mencocokkan penelitian Neill, bahwa  $\tau_c^* = 0,03$  pada  $S^*$  yang besar. Grafik "surface" dinilai lebih sesuai untuk memperkirakan  $\tau_c^*$  ketika jumlah kerikil digunakan untuk mengukur ukuran butiran dari dasar saluran, dan persamaan untuk grafik "surface" ditunjukkan pada Persamaan 2 (Parker (2008), Neill (1968), dalam (2009).

$$\tau_c^* = \frac{1}{2} [0,22(S^*)^{-0,6} + 0,0610^{-7,7(S^*)^{-0,6}}] \quad (2)$$

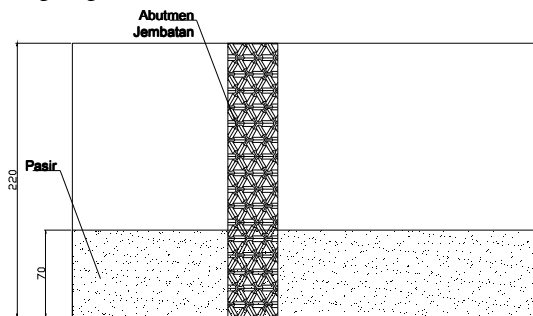
## METODE PENELITIAN

### Peralatan yang digunakan

Untuk mengetahui efektivitas bentuk abutmen terhadap gerusan di sekitar abutmen jembatan, dilakukan eksperimen di Laboratorium Keairan Jurusan Teknik Sipil Universitas Jenderal Soedirman menggunakan tiruan abutmen jembatan yang terbuat dari kayu yang dipasang pada talang kaca (*flume*) yang memiliki panjang 500 cm, lebar 12,8 cm, dan tinggi 22 cm.

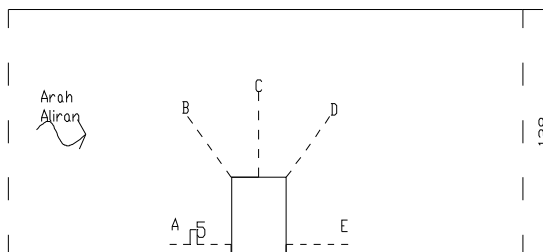
Eksperimen dilakukan dengan cara melakukan simulasi 3 besaran debit, yaitu sebesar 0,45

lt/det, 0,61 lt/det, dan 0,79 lt/det. Untuk menghasilkan debit yang diinginkan, debit diatur dengan menggunakan pompa yang memiliki kapasitas debit sebesar 2 – 4 lt/det, dan untuk memastikan besarnya debit simulasi, debit diukur dengan menggunakan alat ukur Thomson di bagian hulu *flume*. Sedimen yang digunakan pada eksperimen adalah *movable bed* yang berasal dari pasir yang lolos ayakan No. 20, dan tertahan pada ayakan 200, serta memiliki  $D_{30} = 0,26 \text{ mm}$ ,  $D_{50} = 0,38 \text{ mm}$ , dan  $D_{90} = 0,97 \text{ mm}$ . Sedimen dihamparkan sepanjang 2 m dengan ketebalan 7 cm, dan model abutmen diletakkan di tengah hamparan sedimen, seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampak Samping Model

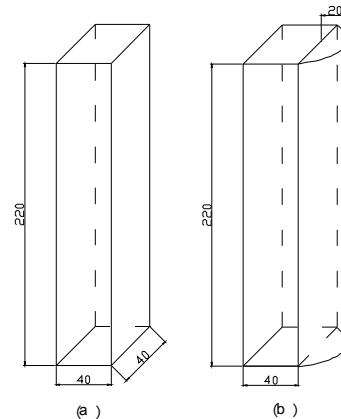
Simulasi pada eksperimen dilakukan pada aliran jernih (*clear-water condition*) dengan cara mengatur kran sesuai debit yang diinginkan selama beberapa saat hingga terjadi gerusan dan deposisi yang cukup stabil di sekitar abutmen jembatan. Setelah gerusan dan deposisi yang dihasilkan cukup stabil, kedalaman gerusan dan ketinggian deposisi diukur menggunakan meteran digital untuk jarak tiap 5 cm dengan sudut arah  $A = 0^\circ$ ,  $B = 45^\circ$ ,  $C = 90^\circ$ ,  $D = 135^\circ$ , dan  $E = 180^\circ$  searah jarum jam, dengan interval titik pengukuran sebesar 5 mm untuk menghasilkan kontur disekitar model abutmen jembatan, seperti yang tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampak Atas Layout Pengukuran Kontur Simulasi

### Variasi Model

Abutmen jembatan yang ditirukan berbentuk *vertical wall abutment* dan *semi-circular-end abutment*, berturut-turut seperti tampak pada Gambar 4 (a) dan (b).



Gambar 4. Model Abutmen Jembatan

### Prosedur Eksperimen

Simulasi di laboratorium didahului dengan melakukan instalasi *flume* pada kondisi yang tepat dan stabil. Setelah *flume* telah pada kondisi yang tepat dan stabil, langkah selanjutnya adalah penghamparan sedimen pada *flume*, dan meletakkan model abutmen jembatan pada lokasi yang telah ditentukan. Simulasi dilakukan untuk masing-masing model abutmen dengan 3 variasi debit sebesar 0,45 lt/det, 0,61 lt/det, dan 0,79 lt/det. Tiap model untuk tiap variabel debit disimulasikan selama 15 menit, hingga didapatkan gerusan maksimum dan stabil. Setelah dilakukan simulasi untuk tiap debit, kontur gerusan dan deposisi diukur dengan menggunakan alat ukur digital pada masing-masing arah A, B, C, D, dan E, dengan interval untuk tiap arah adalah sebesar 5 mm.

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### Perubahan Elevasi Dasar di Sekitar Abutmen

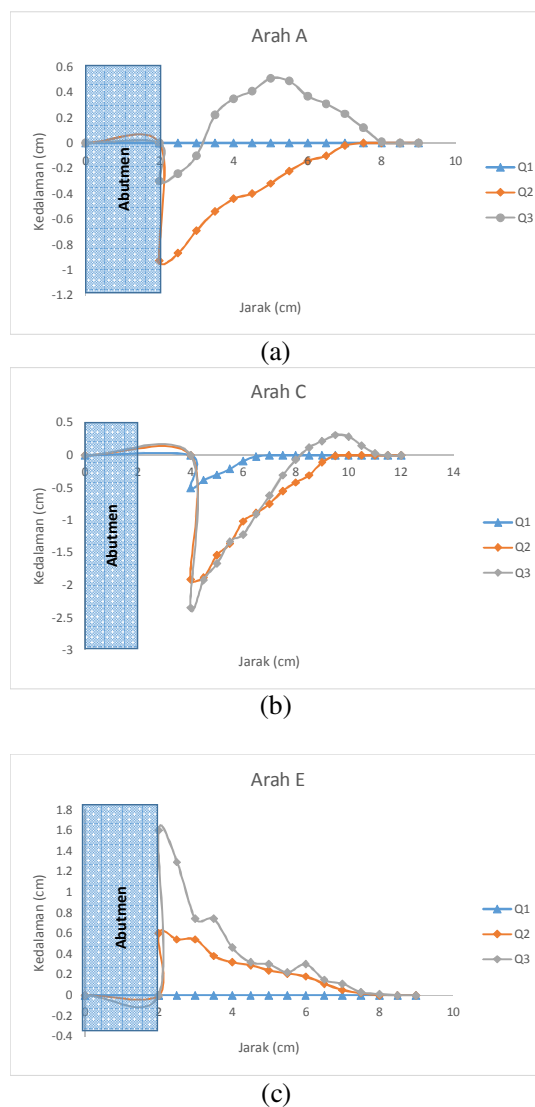
Untuk mengetahui proses gerusan dan deposisi di sekitar model abutmen jembatan, pada masing-masing model abutmen dilakukan simulasi dengan 3 variasi debit. Pada makalah ini hanya ditampilkan hasil pengukuran elevasi dasar untuk arah A, C, dan E, yang dianggap signifikan perubahan elevasinya.

### 1) Model Vertical Wall Abutment

Perubahan dasar pada model *vertical wall abutment* setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan 3 variasi debit ditunjukkan pada Gambar 5 (a), (b), dan (c). Pada Gambar 5 tampak bahwa pada model *vertical wall abutment* terjadi fenomena gerusan dan deposisi yang cukup unik. Pada Gambar 5 (a) tampak bahwa pada debit simulasi terkecil, belum tampak adanya perubahan gerusan maupun deposisi di sekitar abutmen, namun pada saat dilakukan simulasi untuk debit yang lebih besar, mulai terjadi gerusan yang cukup dalam, dengan kedalaman maksimum sebesar -0,93 cm. Ketika debit simulasi diperbesar lagi, ternyata bagian dasar *flume* yang dekat dengan abutmen terjadi gerusan maksimum sedalam -0,3 cm hingga sejauh 3 cm, setelah itu terjadi deposisi dengan ketinggian elevasi maksimum sebesar 0,51 hingga sejauh 8 cm.

Pada model *Vertical Wall Abutment* untuk arah C terjadi fenomena yang berbeda dengan arah A, seperti tampak pada Gambar 5 (b). Pada Arah C, saat dilakukan simulasi debit terkecil mulai terjadi gerusan dengan kedalaman maksimum sedalam -0,5 cm pada jarak 2 cm dari tepi abutmen. Pada debit 0,61 lt/det terjadi gerusan yang semakin signifikan dengan kedalaman terbesar sebesar -1,91 cm pada jarak yang sama. Namun pada debit 0,79 lt/det pada jarak yang sama, penurunan gerusannya tidak terlalu signifikan hingga kedalaman -2,35 cm, dan mulai terjadi deposisi dengan ketinggian elevasi terbesar setinggi 0,31 cm pada jarak 9,5 cm.

Untuk model *Vertical Wall Abutment*, pada arah E tidak mengalami gerusan, melainkan hanya mengalami proses deposisi. Pada debit 0,45 lt/det, hasil pengukuran menggunakan alat ukur digital menunjukkan proses equilibrium pada arah E. Hal ini kemungkinan terjadi karena dasar *flume* pada arah E terlindung badan abutmen sehingga dengan debit simulasi yang kecil, tidak terjadi proses gerusan maupun deposisi. Seiring dengan membesarnya debit simulasi, deposisi yang terjadi di sekitar abutmen pun semakin tinggi. Debit 0,61 lt/det menghasilkan ketinggian deposisi terbesar setinggi 0,6 cm tepat di hilir abutmen, dan pada debit simulasi sebesar 0,79 lt/det terjadi deposisi yang lebih tinggi, yaitu sebesar 1,6 cm.



**Gambar 5.** Perubahan Elevasi Dasar Pada Model Vertical Wall Abutment

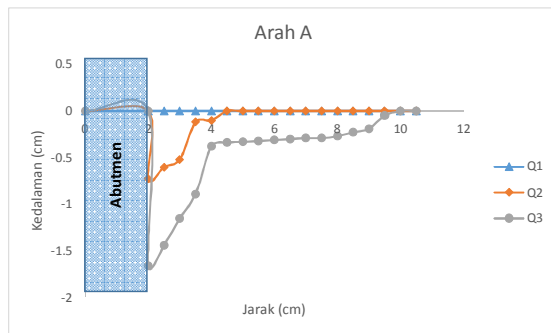
### 2) Model Semi – Circular – End Abutment

Pada model *Semi – Circular – End Abutment*, perubahan dasar *flume* yang terjadi di sekitar abutmen tampak pada Gambar 6 (a), (b), dan (c).

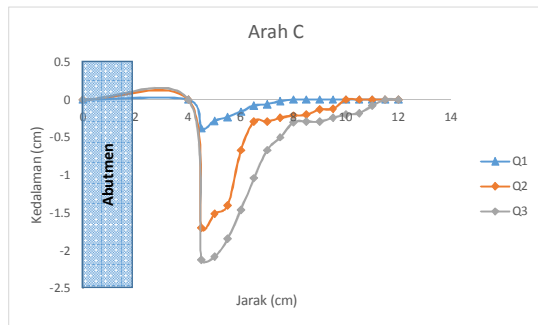
Berdasarkan Gambar 6 (a), (b), dan (c) tampak bahwa perubahan gerusan maupun deposisi di sekitar jembatan adalah membesar seiring dengan bertambahnya debit simulasi.

Pada arah A, dengan debit simulasi sebesar 0,45 lt/det terjadi kondisi equilibrium, sehingga dasar *flume* terlihat stabil. Namun, dengan membesarnya debit simulasi, sebesar 0,61 lt/det

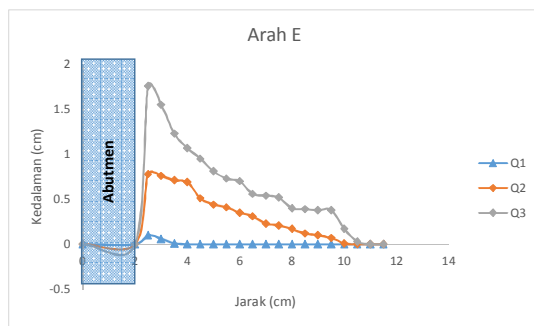
dan 0,79 lt/det, terjadi gerusan yang semakin dalam, maksimum berturut-turut sedalam -0,73 cm dan -1,66 cm tepat di hulu abutmen.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 6.** Perubahan Elevasi Dasar Flume Pada Model Semi – Circular – End Abutment

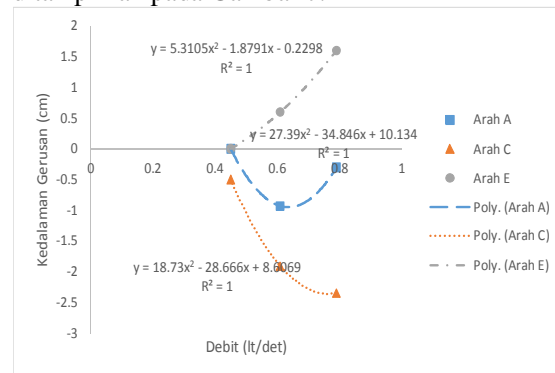
Fenomena yang hampir sama terjadi pada arah C. Pada arah C, dengan debit simulasi 0,45 lt/det mulai terjadi gerusan dengan gerusan terbesar sedalam -0,38 cm pada jarak 2 cm dari tepi abutmen. Semakin besar debit simulasi, gerusan yang terjadi pun juga semakin besar. Pada debit 0,61 lt/det dan 0,79 lt/det, terjadi gerusan yang lebih besar, dengan kedalaman maksimum untuk masing-masing debit berturut-turut sebesar 0,78 cm dan 1,76 cm pada lokasi yang sama.

Sementara itu, pada arah E terjadi proses deposisi yang cukup besar. Pada debit terkecil untuk arah E, telah mulai terbentuk deposisi sedalam 0,1 cm, dan seiring dengan bertambah besarnya debit simulasi, kenaikan elevasi akibat deposisi pun menjadi semakin besar, hingga mencapai 1,76 cm.

### Pengaruh Perubahan Debit Terhadap Proses Deposisi dan Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan

#### 3) Model Vertical Wall Abutment

Perubahan debit sangat berpengaruh terhadap proses deposisi dan gerusan di sekitar abutmen jembatan. Grafik pengaruh perubahan debit terhadap proses deposisi dan gerusan di sekitar model abutmen jembatan tipe *vertical wall* ditampilkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Pengaruh Perubahan Debit Terhadap Proses Deposisi dan Gerusan di Sekitar Model Vertical Wall Abutment

Berdasarkan Gambar 7 tampak bahwa pada model *vertical wall abutment*, perubahan proses deposisi dan gerusan pada arah A, C, dan E akibat perubahan debit memiliki pola yang berbeda-beda. Pada arah A, perubahan debit simulasi menghasilkan Persamaan (3), dimana x adalah debit (lt/det) dan y adalah kedalaman gerusan (cm).

$$y = 27,39x^2 - 34,85x + 10,134 \quad (3)$$

Persamaan (3) menunjukkan bahwa pada awal kenaikan debit simulasi, pada arah A mengalami gerusan di arah A, namun semakin besar kenaikan debit simulasi, justru terjadi anomali, dimana mulai terjadi deposisi di arah A. Hal yang berbeda terjadi pada arah C. Pada arah C, pola perubahan dasar saluran digambarkan pada Persamaan 4.

$$y = 18,73x^2 - 28,666x + 8,607 \quad (4)$$

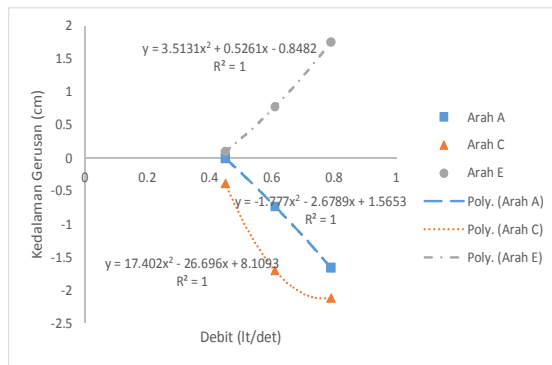
Dari Persamaan (4) tampak bahwa semakin besar debit simulasi aliran mengakibatkan kedalaman gerusan yang semakin dalam. Pada arah E, persamaan perubahan dasar akibat perubahan debit simulasi tampak pada Persamaan (5).

$$y = 5,310x^2 - 1,879x - 0,229 \quad (5)$$

Pada Persamaan (5) tampak bahwa untuk arah E, semakin besar debit simulasinya, akan menghasilkan deposisi yang semakin besar. Tampaknya sedimentasi yang tergerus pada arah C mengalami transport sedimen dan terbentuk gradasi di arah E.

4) Model Semi – Circular – End Abutment

Pada model semi – circular – end abutment, pengaruh perubahan debit terhadap proses deposisi dan gerusan untuk arah A, C, dan E tampak pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Pengaruh Perubahan Debit Terhadap Proses Deposisi dan Gerusan di Sekitar Model Semi – End – Circular Abutment

Untuk model semi – end – circular abutment, tampak bahwa pada arah A dan C terjadi pola yang hampir serupa, yaitu semakin besar debit simulasi, akan menyebabkan gerusan yang semakin dalam, dan berturut-turut tampak pada Persamaan (6) dan (7).

$$y = -1,777x^2 - 2,678x + 1,565 \quad (6)$$

$$y = 17,402x^2 - 26,696x + 8,109 \quad (7)$$

Untuk arah E, perubahan dasar yang terjadi memiliki pola yang serupa dengan model vertical wall abutment, dan dapat digambarkan menggunakan Persamaan (8).

$$y = 3,513x^2 + 0,526x - 0,848 \quad (8)$$

Menurut Persamaan (8) tampak bahwa semakin besar debit simulasi mengakibatkan semakin tinggi elevasi dasar di arah E. Hal ini

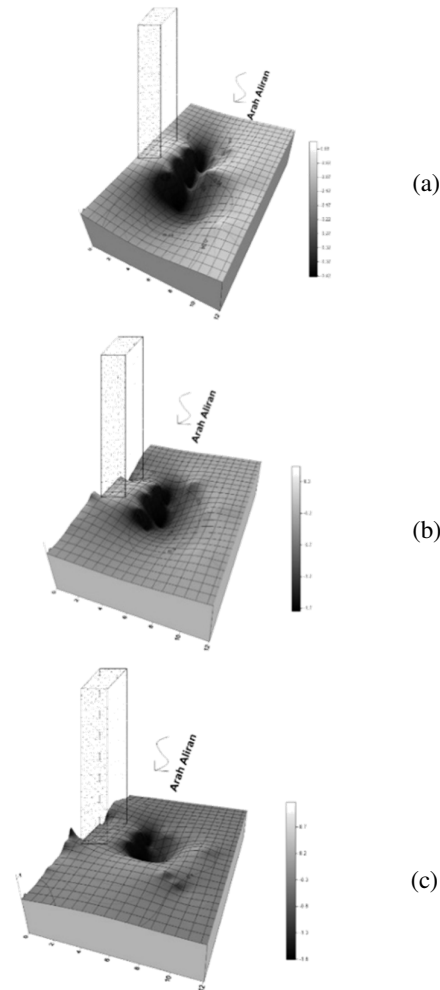
menunjukkan adanya proses angkutan sedimen dari arah C menuju arah E.

**Pola Gerusan dan Deposisi di Sekitar Abutmen Jembatan**

Untuk mengetahui pola gerusan dan deposisi di sekitar abutmen jembatan dilakukan untuk 3 variasi debit pada tiap variasi model abutmen jembatan.

5) Model Vertical Wall Abutment

Bentuk kontur berdasarkan hasil simulasi 3 buah variasi debit untuk model vertical wall abutment ditunjukkan pada Gambar 9 (a), (b), (c), berturut-turut untuk variasi debit 0,45 lt/det, 0,61 lt/det, dan 0,79 lt/det.



**Gambar 9.** Kontur Simulasi Model Vertical Wall Abutment.

Gambar 9 menunjukkan kontur berdasarkan hasil simulasi model *vertical wall abutment*, dimana tampak bahwa semakin besar debit yang digunakan dalam simulasi, akan memberikan kedalaman gerusan yang besar pula. Berdasarkan Gambar 9 juga terlihat bahwa pada saat debit simulasi kecil, gerusan yang terjadi di sekitar jembatan dangkal dan lebar, seiring dengan besarnya debit simulasi, menyebabkan kedalaman gerusan yang semakin dalam namun lebih bersifat menyempit jika dibandingkan dengan pada saat debit simulasi lebih kecil.

Pada Gambar 9 juga tampak bahwa semakin besar debit simulasi mengakibatkan adanya deposisi yang semakin besar di bagian hilir model abutmen, sehingga terlihat adanya proses angkutan sedimen di sekitar abutmen jembatan, namun proses deposisi ini hanya terjadi pada debit aliran yang cukup besar.

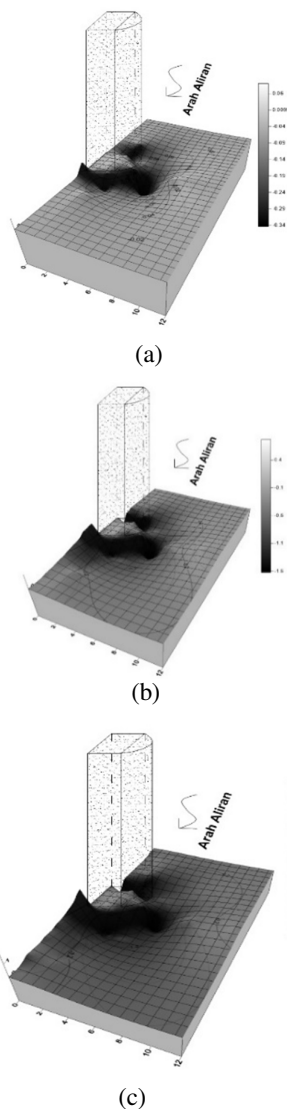
Model abutmen *vertical wall abutment* juga memberikan pola gerusan yang hanya terjadi disamping abutmen yang sejajar aliran air, yang dapat mengakibatkan kegagalan struktur abutmen ke arah samping.

#### 6) Model Semi – Circular – End Abutment

Pada model *semi – circular – end abutment*, kontur hasil simulasi dari 3 variasi debit 0,45 lt/det, 0,61 lt/det, dan 0,79 lt/det ditunjukkan pada Gambar 10 (a), (b), dan (c).

Pada Gambar 10 tampak bahwa semakin besar debit simulasi, juga mengakibatkan kedalaman gerusan di sekitar abutmen semakin dalam. Pola gerusan pada model *semi – circular – end abutment* tampak bahwa gerusan terjadi di tiga titik, yaitu di hulu, samping, dan hilir abutmen.

Dari kontur yang tampak pada Gambar 10 juga terlihat bahwa terjadi angkutan sedimen di sekitar abutmen jembatan, sehingga selain terjadi gerusan, juga terjadi deposisi tepat di hilir abutmen sejak debit simulasi terkecil, dan ketinggian deposisi pun semakin besar seiring dengan membesarnya debit simulasi.



**Gambar 10.** Kontur Simulasi Model *Semi – Circular – End Abutment*.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Hasil simulasi pada 2 buah model abutmen jembatan menunjukkan bahwa semakin besar debit simulasi, model *vertical wall abutment* memberikan kedalaman gerusan yang lebih dalam dibandingkan model *semi – end – circular abutment* yang terjadi pada arah C, dimana pada debit terbesar, masing-masing kedalaman gerusan yang terjadi adalah sebesar -2,35 cm dan -2,12 cm.



Untuk proses deposisi, model *semi – end – circular abutment* memberikan ketinggian deposisi yang lebih besar dibandingkan model *vertical wall abutment*, masing-masing sebesar 1,76 cm dan 1,6 cm. Hal ini menunjukkan bahwa model *semi – end – circular abutment* dinilai lebih efektif dalam meminimalkan proses gerusan di sekitar abutmen jembatan. Namun berdasarkan pola kontur di sekitar abutmen jembatan, tampak bahwa gerusan pada model *semi – end – circular abutment* terjadi pada arah A dan C, sedangkan pada model *vertical wall abutment* hanya terjadi pada arah C, sehingga jika akan diperkuat, maka pada model *semi – end – circular abutment* membutuhkan lebih banyak biaya jika dibandingkan dengan model *vertical wall abutment*.

#### Saran

Untuk menilai kelebihan model abutmen jembatan, dibutuhkan eksperimen yang lebih panjang untuk model *vertical wall abutment* dan *semi – end – circular abutment* serta mencoba alternatif model abutmen jembatan yang lain, sehingga nantinya dapat diketahui model abutmen jembatan yang paling efektif untuk digunakan di lapangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Cardoso, A.H., dan Betless, R., “Effect of Time and Channel Geometry on Scour at Bridge Abutments”, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 125, No.4, 1999, pp388–399.

- Chrisoides, A., Sotiropoulos, F., dan Sturm, T. W., “Coherent Structures in Flat-Bed Abutment Flow”, *Computational Fluid Dynamics Simulations and Experiments*, Vol. 129. No. 3, 2003, pp 177 – 186.
- Melville, B. W., “Local Scour at Bridge Abutments”, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 118, No. 4, 1992, pp 615 – 631.
- Mohamed, Y. A., Abdel-Aal, G. M., Nasr-Allah, T. H., Shawky, A. A., “Experimental and theoretical investigations of scour at bridge abutment”, *Journal of King Saud University Engineering Sciences*, Vol. 28, No. 1, 2016, pp 32 – 40.
- Oliveto, G., and Hager, Will H., “Temporal Evolution of Clear-Water Pier and Abutment Scour”, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol 128, No. 9, 2002, pp 811 – 820.
- Sanidhya, N. P., dan Wahyu Widiyanto, “Perencanaan Model Fisik Peristiwa Gerusan di Bahu Jalan Raya”, *Konferensi Nasional Teknik Sipil 8*, Bandung : Institut Teknologi Nasional, 2014.
- Wilcock, P. R., “Methods for Estimating the Critical Shear Stress of Individual Fractions in Mixed-Sized Sediment”, *Water Resource Research*, Vol. 24, No. 7, 1988, pp 1127 – 1135.
- Wilcock, P., Pitlick, J., Cui., Y., “Sediment Transport Primer Estimating Bed-Material Transport in Gravel-bed Rivers”, *General Technical Report RMRS-GTR-22*, United States Department of Agriculture, 2009.