

STUDY OF BRIDGE PILLAR SHAPES ON THE POTENTIAL OF LOCAL SCOUR IN EXPERIMENTAL LEARNING FOR BUILDING ENGINEERING EDUCATION STUDENTS

STUDI BENTUK PILAR JEMBATAN TERHADAP POTENSI GERUSAN LOKAL DALAM PEMBELAJARAN EKSPERIMENTAL BAGI MAHASISWA PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN

Topan Eka Putra¹, Lola Cassiophea², Revianti Coenraad³, Samuel Layang⁴, Wiratno Y Sigin⁵, Petrisly Perkasa⁶,
Whendy Trissan⁷, Nika Safitri⁸, Welrenot Sinaga⁹

¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾ Dosen Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, FKIP UPR
⁸⁾⁹⁾ Mahasiswa S1 Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Jurusan Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, FKIP UPR

Email: topanekaputra@ptb.upr.ac.id

ABSTRACT

The elective subject in the Building Engineering Education Study Program FKIP Palangka Raya University is Bridge Structure with the subject of Bridge Pillars. Pillars are part of the bridge's lower structure. The existence of pillars in river flows causes changes in river flow patterns. Changes in flow patterns will result in local scouring around the pillars. This research aims to determine the effect of pillar shape on the potential for local scour that occurs around the pillar. The type of research used is experimental research. The research location was carried out at the Building Engineering Education Laboratory, FKIP UPR with glass channel media with dimensions of 200 cm long, 15 cm wide and 20 cm high. In the test with flow discharge $Q_1= 40.08 \text{ cm}^3/\text{sec}$, the maximum scour in the middle of the pillar that occurred was $(d_s)= 0.2 \text{ cm}$ and the average at the edge was $(d_s)= 0.3 \text{ cm}$ for pillars with the shape rectangular, while for triangular and cylindrical pillars experiencing sedimentation, $Q_2= 100.20 \text{ cm}^3/\text{sec}$. The maximum scour at the center of the pillar that occurs is $(d_s)= 1.3 \text{ cm}$ and the average at the edges is $(d_s) = 1.4 \text{ cm}$ for rectangular pillars, while for triangular and cylindrical pillars experiencing sedimentation, $Q_3= 107.04 \text{ cm}^3/\text{sec}$. The maximum scour in the center of the pillar that occurs is $(d_s)= 1.5 \text{ cm}$ and is flat -average at the edge is $(d_s)= 1.5 \text{ cm}$ for pillars with a rectangular shape, while for pillars with a rectangular shape and cylinders experience sedimentation. The results obtained from this series of research are that the greater the discharge flowing in a channel cross-section, the deeper the local scour around the pillars will be and the best shape in this study is a cylindrical shape because it has the potential for the smallest scour depth.

Key words: *Pillar Shape, Discharge Variations, Local Scour*

ABSTRAK

Mata Kuliah Pilihan pada Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP Universitas Palangka Raya yakni Struktur Jembatan dengan pokok bahasan Pilar Jembatan. Pilar merupakan bagian dari struktur bawah jembatan. Keberadaan pilar pada aliran sungai menyebabkan perubahan pola aliran sungai. Perubahan pola aliran tersebut akan mengakibatkan terjadinya gerusan lokal di sekitar pilar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bentuk pilar terhadap potensi gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar tersebut. Penelitian dilakukan pada kondisi aliran seragam permanen (*steady uniform flow*) dengan 3 variasi debit. Model fisik pilar yang digunakan adalah bentuk pilar segi empat, bentuk pilar silinder dan bentuk pilar segi tiga. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental di Laboratorium Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UPR dengan media saluran kaca dimensi panjang 200 cm, lebar 15 cm dan tinggi 20 cm. Pada pengujian dengan debit aliran $Q_1= 40,08 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ gerusan maksimum pada bagian tengah pilar yang terjadi sebesar $(d_s)= 0,2 \text{ cm}$ dan rata-rata pada bagian pinggir sebesar $(d_s)= 0,3 \text{ cm}$ untuk pilar dengan bentuk segi empat, sedangkan untuk pilar bentuk segi tiga dan silinder mengalami sedimentasi, $Q_2= 100,20 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ gerusan maksimum pada bagian tengah pilar yang terjadi sebesar $(d_s)= 1,3 \text{ cm}$ dan rata-rata pada bagian pinggir sebesar $(d_s)= 1,4 \text{ cm}$ untuk pilar dengan bentuk segi empat, sedangkan untuk pilar bentuk segi tiga dan silinder mengalami sedimentasi, $Q_3= 107,04 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ gerusan maksimum pada bagian tengah pilar yang terjadi sebesar $(d_s)= 1,5 \text{ cm}$ dan rata-rata pada bagian pinggir sebesar $(d_s)= 1,5 \text{ cm}$ untuk pilar dengan bentuk segi empat, sedangkan untuk pilar bentuk segi tiga dan silinder mengalami sedimentasi. Hasil yang didapat dari rangkaian penelitian ini adalah semakin besar debit yang mengalir pada suatu penampang saluran maka gerusan lokal di sekitar pilar juga akan semakin dalam dan bentuk yang terbaik pada penelitian ini adalah bentuk silinder karena mempunyai potensi kedalaman gerusan yang terkecil.

Kata Kunci : *Bentuk Pilar, Variasi Debit, Gerusan Lokal*

PENDAHULUAN

Peranan sungai sebagai penunjang kebutuhan manusia pada saat ini sungguh tidak bisa di pungkiri. Hal ini menyebabkan fungsi sungai bukan sekedar sarana mengalirkan air, akan tetapi mampu memberi nilai ekonomis dalam berbagai bidang, mulai dari pembangkit listrik, penyediaan air baku, sarana transportasi, pertanian dan sebagainya (Hery Presetyo, 2006).

Sungai atau saluran terbuka menurut Bambang Triatmojo (1993) dalam Afdal, M & Haq, Emil (2020) 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. Menurut Triatmojo (1996) dalam Sanjaya (2017) Saluran terbuka adalah saluran air mengalir dengan muka air bebas. Sungai merupakan suatu saluran terbuka atau saluran drainase yang terbentuk secara alami di permukaan bumi dengan ukuran geometrik yaitu profil melintang, profil memanjang dan kemiringan saluran yang berubah seiring waktu tergantung pada debit, material dasar dan lereng sungai. Namun berbagai aktivitas yang terjadi di dalam sungai secara terus menerus dalam waktu yang lama akan memberi dampak terhadap bangunan air di sekitar aliran.

Salah satu komponen prasarana dasar jaringan transportasi jalan adalah jalan dan jembatan. Jembatan dibutuhkan jika jalur jalan melintasi suatu alur sungai. Struktur jembatan umumnya terdiri dari dua bagian penting yaitu struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah berupa pilar dan abutmen jembatan. Gerusan merupakan proses alam yang dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan di daerah aliran air. Penambahan gerusan akan terjadi dimana ada perubahan setempat dari geometri sungai seperti karakteristik tanah dasar setempat dan adanya halangan pada alir sungai berupa bangunan sungai. Adanya halangan pada alur sungai akan menyebabkan perubahan pola aliran. Perubahan pola aliran tersebut menyebabkan gerusan lokal di sekitar bangunan tersebut. Bangunan bagian bawah jembatan (pangkal dan pilar jembatan) sebagai suatu struktur bangunan tidak lepas pula dari pengaruh gerusan lokal tersebut (Jazaul Ikhsan dan Wahyudi Hidayat, 2006). Pilar merupakan bagian dari struktur bawah jembatan. Keberadaan pilar pada aliran sungai menyebabkan perubahan pola aliran sungai. Perubahan pola aliran tersebut akan mengakibatkan terjadinya gerusan lokal di sekitar pilar.

Penelitian mengenai gerusan lokal di sekitar pilar jembatan telah banyak dilakukan, yang lebih menitikberatkan pada cara penanggulangan masalah gerusan lokal dengan menggunakan satu bentuk pilar pada kondisi live-bed scour (gerusan air dengan pergerakan sedimen dasar), sedangkan penelitian ini menekankan pengaruh bentuk pilar jembatan terhadap

potensi gerusan lokal pada kondisi clear water scour. Penelitian ini dititikberatkan pada membandingkan berbagai bentuk pilar jembatan untuk mendapatkan nilai potensi gerusan lokal yang terkecil.

Menurut Soewarno (1991: 20) dalam Munadi (2002:7) mengemukakan bahwa sungai adalah torehan permukaan bumi yang merupakan penampung dan penyalur alamiah aliran air dan material yang dibawanya dari bagian hulu ke hilir, atau dari tempat tinggi ke tempat yang rendah kemudian bermuara ke laut. Sedangkan menurut Triatmojo (1996:103) saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Akibat tekanan atmosfer, tekanan pada permukaan air adalah sama. Pada saluran terbuka (saluran alam) variabel aliran tidak teratur baik terhadap ruang, maupun waktu. Variabel itu adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran, dan sebagainya.

Tipe aliran saluran terbuka menurut Triatmojo (1996:104) adalah turbulen karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding yang besar. Aliran saluran terbuka disebut seragam (uniform) apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan, dan debit pada setiap tampang pada setiap aliran adalah konstan terhadap waktu. Aliran disebut tidak seragam atau berubah (non uniform atau varied flow), apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan di sepanjang saluran tidak konstan terhadap waktu.

Dasar sungai yang tersusun dari endapan material sungai adalah akibat dari suatu proses erosi dan deposisi yang dihasilkan oleh perubahan pola aliran pada sungai alluvial. Berubahnya pola aliran dapat terjadi karena terdapat halangan/ rintangan pada sungai, berupa pilar jembatan, krib sungai, spur dikes, abutmen jembatan, dan sebagainya. Bangunan semacam ini dipandang dapat mengubah geometri alur serta pola aliran, yang selanjutnya diikuti dengan terjadi gerusan lokal di dekat bangunan tersebut (Legono 1990) dalam Rinaldi (2002:5).

Perbedaan tipe gerusan yang diberikan oleh Raudkivi dan Ettema (1982) dalam Sucipto (2004:34) adalah sebagai berikut:

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

Gerusan dari jenis (2) dan (3) selanjutnya dapat dibedakan menjadi gerusan dengan air bersih (clear water scour) maupun gerusan dengan air bersedimen (live bed scour). Gerusan dengan air bersih berkaitan dengan suatu keadaan dimana dasar sungai di sebelah hulu bangunan dalam keadaan diam (tidak ada material

yang terangkut) atau secara teoritik $\tau < \tau_c$. Sedangkan gerusan dengan air bersedimen terjadi ketika kondisi aliran dalam saluran menyebabkan material dasar bergerak. Peristiwa ini menunjukkan bahwa tegangan geser pada saluran lebih besar dari nilai kritiknya atau secara teoritik $\tau > \tau_c$. Yuwono Sosrodarsono dan Kazuno Nakazawa (1981) dalam Indra (2000:6) mengemukakan bahwa kerusakan pada pilar jembatan akibat banjir sebagian besar disebabkan oleh arus sehingga terjadi pengurangan luas penampang sungai dengan adanya sejumlah tiang-tiang (terutama pada jembatan kayu) pada aliran sungai dan hampir semua kerusakan pada jembatan disebabkan oleh perubahan dasar sungai atau penggerusan lokal (local scouring). Menurut Laursen (1952) dalam Sucipto (2004:34), sifat alami gerusan mempunyai fenomena sebagai berikut :

1. Besar gerusan akan sama selisihnya antara jumlah material yang ditranspor keluar daerah gerusan dengan jumlah material yang ditranspor masuk ke dalam daerah gerusan.
2. Besar gerusan akan berkurang apabila penampang basah di daerah gerusan bertambah (misal karena erosi).
3. Untuk kondisi aliran akan terjadi suatu keadaan gerusan yang disebut gerusan batas, besarnya akan asimtotik terhadap waktu.

Gerusan Lokal (local scouring) dipengaruhi langsung dari akibat bentuk/pola aliran. Penggerusan lokal (Garde dan Raju, 1977) terjadi akibat adanya turbulensi air yang disebabkan oleh terganggunya aliran, baik besar maupun arahnya, sehingga menyebabkan hanyutnya material-material dasar atau tebing sungai. Turbulensi disebabkan oleh berubahnya kecepatan terhadap tempat, waktu dan keduanya. penggerusan lokal pada material dasar dapat terjadi secara langsung oleh kecepatan aliran sedemikian rupa sehingga daya tahan material terlampaui. Secara teoristik tegangan geser yang terjadi lebih besar dari pada tegangan geser kritis dari butiran dasar.

Gerusan lokal umumnya terjadi pada alur sungai yang terhalang pilar jembatan akibatnya menyebabkan adanya pusaran. Pusaran tersebut terjadi pada bagian hulu pilar. Isnugroho (1992) dalam Aisyah (2004:5) menyatakan bahwa adanya pilar akan mengganggu kestabilan butiran dasar. Bila perubahan air hulu tertahan akan terjadi gangguan pada elevasi muka air di sekitar pilar. Selanjutnya aliran akan berubah secara cepat. Karena adanya percepatan aliran maka elevasi muka air akan turun. Pola aliran disekitar pilar pada aliran saluran terbuka cukup kompleks. Bertambahnya complexity disertai semakin luasnya lubang gerusan. Suatu studi mengenai bentuk/pola aliran yang telah dilanjutkan oleh Melville dalam Indra (2000:8) agar

lebih mengerti mekanisme dan peran penting pola aliran hingga terbentuknya lubang gerusan. Kedalaman gerusan pada pilar, intensitasnya tergantung aliran, sedimen dasar, dan gangguan geometris pilar jembatan. Gerusan disekitar pilar mulai terjadi pada saat material dasar mulai berpindah. Partikel mengalami erosi mengikuti arah aliran dimulai dari bagian hulu ke hilir pilar. Material dasar akan terus tergerus, dan jika kecepatan aliran bertambah maka ukuran dan kedalaman gerusan juga bertambah. penting pola aliran hingga terbentuknya lubang gerusan.

Kondisi aliran pada saluran terbuka berdasarkan pada kedudukan permukaan bebas cenderung berubah sesuai dengan waktu dan ruang. Di samping itu ada hubungan ketergantungan antara kedalaman aliran, debit air, kemiringan, dasar saluran dan permukaan bebas. Pola aliran di sekitar pilar sangat kompleks dan sulit untuk ditaksir perilaku hidrodinamiknya, terutama pada pola aliran diujung depan pilar. Kompleksitas pola aliran ini akan berkembang sejalan dengan perkembangan lubang gerusan itu sendiri. Hasil-hasil penelitian (Shen:1971 dan Roudkivi:1991) dalam Munadi (2002:17) menunjukkan bahwa komponen yang kompleks pada pola aliran, menghasilkan bentuk seperti lingkaran pada penggerusan. Pola aliran pada pilar menurut Graf (1998) dalam Rinaldi (2002:11), yaitu terjadi aliran arah vertikal kebawah yang membentuk vortek, dan aktif mengakibatkan gerusan. Besarnya pilar sangat menentukan besarnya vortek, yang berdampak pada besarnya gerusan. Akan tetapi pengaruh besarnya pilar juga menjadikan penyempitan tampang saluran (constriction) Medan aliran disekitar pilar umumnya mempunyai ciri-ciri yaitu percepatan aliran di hulu pilar, kemudian melemah didekat pilar, atau terjadi perlambatan aliran, selanjutnya aliran dipisahkan oleh sistem vortek. Pada jarak yang cukup jauh dari pilar, aliran uniform akan terbentuk kembali.

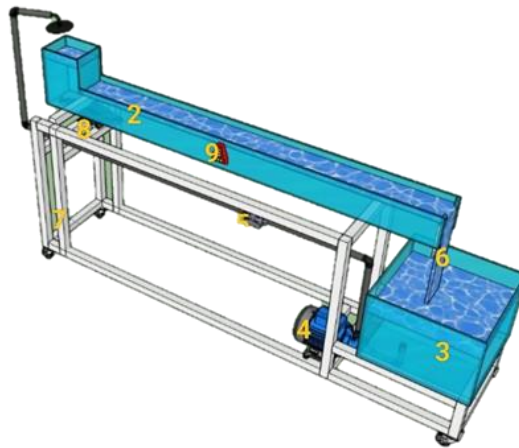
METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Teknik Bangunan FKIP Universitas Palangka Raya. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh bentuk pilar terhadap potensi gerusan lokal yang terjadi di sekitar pilar jembatan. Penelitian ini terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut :

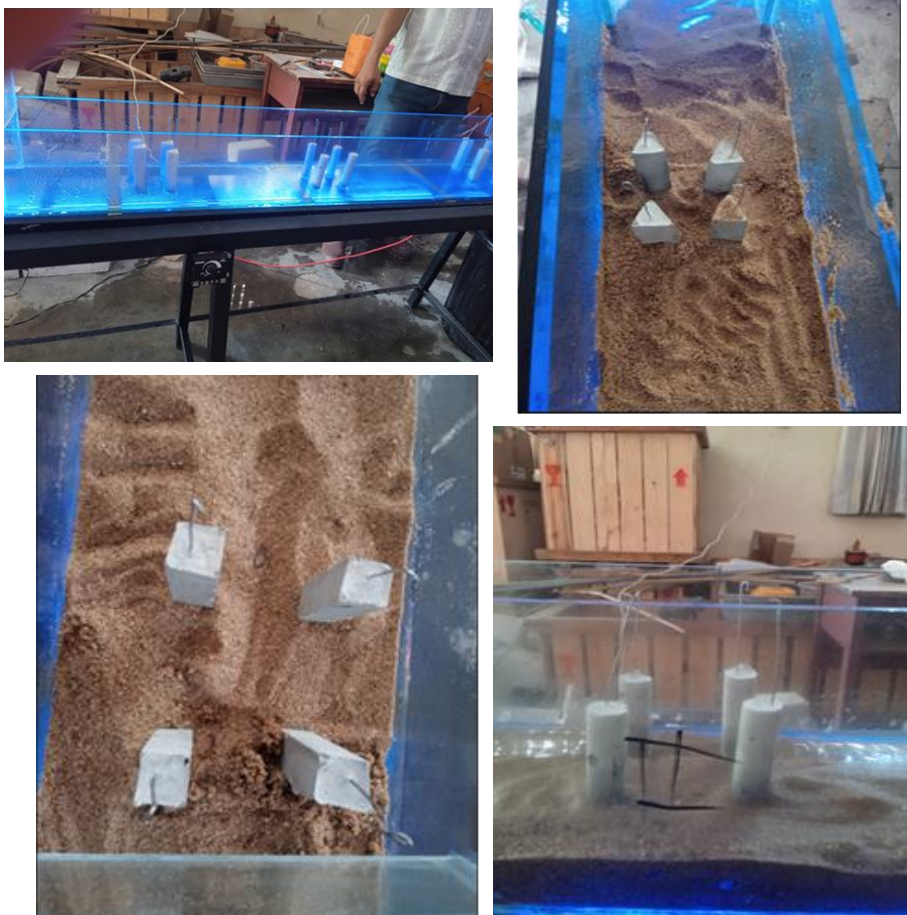
1. Pembuatan saluran kaca dimensi
2. Pemilihan gradasi butiran bahan dengan analisis butiran
3. Pembuatan model pilar jembatan
4. Pengamatan aliran dan pengaruh bentuk pilar
5. Analisis data

Keterangan:

1. Rainfall simulator
2. Saluran kaca
3. Bak penampung air
4. Pompa air
5. Sensor alat ukur debit
6. Pintu air
7. Meja kerja
8. Dongkrak elevasi
9. waterpas

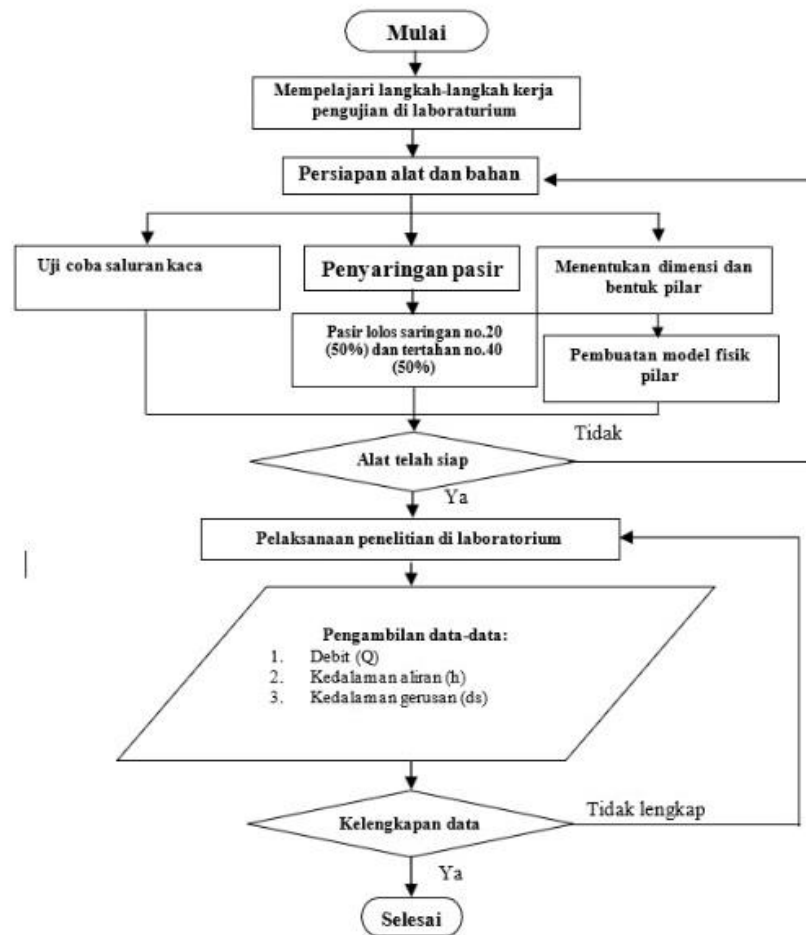


Gambar 1 Saluran Kaca



Gambar 2 Penempatan pilar jembatan

Bagan alir penelitian dilakukan dengan mengikuti tahapan yang ditunjukkan dengan Gambar 3 di bawah ini



Gambar 3. Bagan alir tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilaksanakan menggunakan saluran kaca. Pada bagian dalam saluran kaca tersebut dilengkapi model pilar yaitu pilar silinder, pilar segi tiga, dan pilar segi empat. Masing-masing pilar diletakkan pada bagian tengah antara pembatas pasir dibagian hulu dan pembatas pasir bagian hilir. Model pilar juga dilengkapi dengan alat bantu pembacaan berupa milimeter blok yang telah direkatkan pada model pilar tersebut. Material dasar yang digunakan berupa pasir alam yang lolos saringan No. 20 (50%) dan tertahan No. 40 (50%). Data yang diambil dalam penelitian ini diperoleh dari pengamatan dan pengukuran yang meliputi besar aliran dan kedalaman gerusan. Fenomena dalamnya gerusan dibedakan berdasarkan jarak antara dua pilar pada saluran kaca. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Laboratorium Pendidikan Teknik Bangunan FKIP Universitas Palangka Raya selama 30 menit dengan 3 variasi debit.

Penelitian ini kondisi aliran dibuat dalam keadaan seragam permanen (*steady uniform flow*), di mana berbagai variabel aliran seperti kedalaman tampang basah (h), kecepatan aliran (v) dan debit pada setiap tampang basah (Q) di sepanjang aliaran konstan tidak berubah terhadap waktu. Pada aliran ini garis energi, garis muka air dan dasar saluran saling sejajar. Kondisi kemiringan saluran yang digunakan pada penelitian ini mempunyai kemiringan ($Is = 5\%$) dan kekasaran saluran tidak diperhitungkan. Pengukuran kedalaman gerusan lokal di sekitar pilar dilakukan dengan tiga variasi debit yaitu $Q_1 = 40,08 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman aliran sepanjang aliaran (h_1) = 0,5 cm, $Q_2 = 100,20 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman aliran sepanjang aliaran (h_2) = 0,76 cm dan $Q_3 = 107,04 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ dengan kedalaman aliran sepanjang aliaran (h_3) = 0,81 cm. Tinggi tanah taburan di atas saluran kaca 2,5 cm Berikut hasil percobaan disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5 berikut ini:

Tabel 1. Besaran debit pada tiap percobaan

No	h (cm)	debit (cm ³ /dtk)	Percobaan
1.	0,5	40,08	I
2.	0,76	100,20	II
3.	0,81	107,04	III

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Tabel 2. Tinggi elevasi sedimen pada bagian tengah pilar

percobaan	Elevasi sedimen (cm)		
	silinder	segi tiga	segi empat
I	2,57	2,6	2,3
II	2,62	2,63	1,2
III	2,71	2,7	1,0

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Tabel 3. Tinggi elevasi sedimen rata-rata pada pinggir pilar

percobaan	Elevasi sedimen(cm)		
	silinder	segi tiga	segi empat
I	2,6	2,56	2,2
II	2,62	2,61	1,1
III	2,69	2,58	1,0

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Tabel 4. Kedalaman gerusan/sedimentasi pada bagian tengah pilar

percobaan	kedalaman gerusan/sedimentasi (cm)		
	silinder	segi tiga	segi empat
I	+0,07	+0,1	-0,2
II	+0,12	+0,13	-1,3
III	+0,2	+0,21	-1,5

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Tabel 5. Kedalaman gerusan/sedimentasi rata-rata pada pinggir pilar

percobaan	kedalaman gerusan/sedimentasi (cm)		
	silinder	segi tiga	segi empat
I	+0,06	+0,1	-0,3
II	+0,11	+0,12	-1,4
III	+0,08	+0,19	-1,5

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Dari tabel-tabel di atas berdasarkan eksperimen laboratorium didapatkan pilar segi empat mengalami gerusan, sedangkan pada pilar silinder dan pilar segi tiga mengalami sedimentasi. Pilar segi tiga mempunyai karakter lain dengan pilar bentuk silinder dan bentuk segi empat, karena pilar segi tiga membentuk sudut terhadap arah aliran yang datang, sehingga proses gerusan yang terjadi berbeda dengan proses gerusan pada pilar silinder dan segi empat. Bentuk pilar silinder dan pilar segi empat proses kedalaman maksimum terjadi pada depan pilar karena letak posisi pilar sejajar

dengan arah aliran yang datang. Pilar segi tiga yang membentuk sudut terhadap arah aliran, kedalaman gerusan maksimum terjadi pada sisi pilar. Semakin besar bentuk sudut yang terjadi terhadap arah aliran, maka semakin besar kedalaman gerusan yang terjadi di sisi pilar. Pilar yang posisinya tidak sejajar dengan arah aliran yang datang maka titik gerusan maksimum berpindah dari depan pilar ke sisi samping pilar, gerusan bagian samping pilar menjadi lebih besar dibandingkan bagian depan pilar. Pilar jembatan dengan bentuk yang berbeda dapat memiliki pengaruh

yang signifikan terhadap stabilitas dan kekuatan struktur keseluruhan. Berikut pengaruh dari pilar berbentuk segi tiga, silinder, dan segi empat:

a. Pengaruh Pilar Segi Tiga:

- **Kelebihan:**
 1. **Bobot yang Lebih Ringan:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa pilar segi tiga cenderung memiliki bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan pilar silinder atau segi empat. Ini dapat menjadi kelebihan signifikan terutama dalam situasi di mana penurunan beban pada struktur adalah pertimbangan utama.
 2. **Kestabilan Geometris:** Sifat-sifat geometris pilar segi tiga memberikan kontribusi positif terhadap kestabilan struktur. Bentuk segi tiga dapat merespon baik terhadap tekanan lateral, yang mungkin membuatnya lebih stabil dalam kondisi tertentu.
- **Keterbatasan:**

Distribusi Beban yang Tidak Merata: Meskipun memiliki kelebihan bobot yang ringan, pilar segi tiga dapat mengalami kesulitan dalam mendistribusikan beban dengan merata. Terutama pada bentuk yang lebih runcing, hal ini dapat berdampak pada distribusi beban pada fondasi, yang mungkin memerlukan perhatian khusus dalam desain struktural.

b. Pengaruh Pilar Silinder:

- **Kelebihan:**
 1. **Kemampuan Menahan Beban:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa pilar silinder memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban. Distribusi beban yang merata sepanjang tinggi pilar membuatnya efektif untuk mendukung beban vertikal dan lateral. Hal ini membuatnya sering digunakan karena kekuatan dan kemudahan perhitungan struktural.
 2. **Distribusi Beban yang Merata:** Distribusi beban yang merata di sepanjang tinggi pilar silinder memberikan keuntungan dalam hal kestabilan dan distribusi beban pada fondasi.
- **Keterbatasan:**
 1. **Berat yang Lebih Besar:** Meskipun efektif, pilar silinder cenderung memiliki berat yang lebih besar dibandingkan dengan pilar segi tiga. Hal ini dapat memengaruhi desain struktural keseluruhan, terutama jika pertimbangan berat merupakan faktor penting.
 2. **Kurang Estetis:** Dalam beberapa kasus, bentuk silinder mungkin dianggap kurang

estetis, terutama jika estetika merupakan pertimbangan utama dalam desain.

c. Pengaruh Pilar Segi Empat:

- **Kelebihan:**
 1. **Kestabilan yang Baik:** Pilar segi empat, menurut penelitian, dapat memberikan kestabilan yang baik. Bentuk ini memungkinkan distribusi beban yang lebih teratur, terutama pada fondasi. Hal ini memberikan kelebihan dalam mendukung struktur jembatan secara keseluruhan.
 2. **Kemudahan Konstruksi dan Desain:** Pilar segi empat terbukti lebih mudah dalam hal konstruksi dan desain. Bentuknya yang sederhana memfasilitasi proses pembangunan dan integrasi dengan elemen-elemen struktural lainnya.
- **Keterbatasan:**
 1. **Distribusi Beban yang Kompleks:** Meskipun memberikan kelebihan kestabilan, distribusi beban pada pilar segi empat dapat menjadi kompleks terutama jika tidak didesain dengan baik. Ini memerlukan perhatian ekstra dalam perencanaan dan analisis struktural.
 2. **Kemungkinan Penggunaan Bahan yang Lebih Banyak:** Pilar segi empat mungkin memerlukan lebih banyak bahan daripada pilar segi tiga, meskipun mungkin lebih efisien dibandingkan dengan pilar silinder.

Pemilihan bentuk pilar harus mempertimbangkan berbagai faktor termasuk beban yang akan ditanggung, kondisi lingkungan, dan pertimbangan estetika. Dengan memahami karakteristik masing-masing bentuk pilar, insinyur dan designer dapat membuat keputusan yang informasional dan kontekstual dalam merancang struktur jembatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Dari pengujian yang dilakukan, perubahan debit aliran (Q), sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan.
- b. Semakin besar debit yang digunakan, maka kedalaman gerusan yang terjadi juga akan semakin besar pula, pada pengujian dengan debit aliran $Q_1 = 40,08 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ gerusan maksimum pada bagian tengah pilar yang terjadi sebesar (d_s) = 0,2 cm dan rata-rata pada bagian pinggir sebesar (d_s) = 0,3 cm untuk pilar dengan bentuk segi empat, sedangkan untuk pilar bentuk segi tiga dan silinder mengalami sedimentasi, $Q_2 = 100,20 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ gerusan maksimum pada bagian tengah pilar yang terjadi sebesar (d_s) = 1,3 cm dan rata-rata pada bagian pinggir sebesar (d_s) = 1,4 cm untuk pilar dengan bentuk segi empat, sedangkan

untuk pilar bentuk segi tiga dan silinder mengalami sedimentasi, $Q_3 = 107,04 \text{ cm}^3/\text{dk}$ gerusan maksimum pada bagian tengah pilar yang terjadi sebesar (d_s)= 1,5 cm dan rata-rata pada bagian pinggir sebesar (d_s)= 1,5 cm untuk pilar dengan bentuk segi empat, sedangkan untuk pilar bentuk segi tiga dan silinder mengalami sedimentasi.

- c. Pilar yang paling baik digunakan untuk pilar jembatan adalah pilar dengan bentuk silinder, jika dibandingkan dengan pilar dengan bentuk segi empat dan segi tiga.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S. 2004. Pola Gerusan Lokal di Berbagai Bentuk Pilar Akibat Adanya Variasi Debit. Tugas Akhir. Yogyakarta : UGM
- Bruesers H.N.C and Raudkivi, A.J . 1991. Scouring. AA Balkema: Rotterdam.
- Chow, V.T. 1992. Hidrolika Saluran Terbuka. Erlangga: Jakarta.
- Garde, R.J and Raju K.G.R. 1997. Mechanics Of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problem. New Delhi : Willy Limited
- Istiarto, 2002, Diktat Kuliah Geometri dan Kapasitas Tampang Sungai, Perumka FT UGM, Yogyakarta
- Legono, D. 1991. Gerusan pada Bangunan Sungai. Pusat Antar Universitas Ilmu-ilmu Teknik: Yogyakarta.
- Miller Jr, W. 2003. Model For The Time Rate Of Local Sediment Scour At A Cylindrical Structure Dissertation of University of Florida <http://www.dot.state.fl.us/rddesign/dr/research/time/pdf>. Florida
- Munadi, H. 2002. Studi Pengaruh Bentuk Pilar Jembatan terhadap Pola Gerusan Lokal. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Rinaldi. 2001. Model Fisik Pengendalian Gerusan di Sekitar Abutmen Jembatan. Tesis Jurusan Teknik Sipil Fakultas Pascasarjana Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
- Sucipto. 2003. Analisis Gerusan Lokal di Hilir Bed Protection. Tesis Jurusan Teknik Sipil Fakultas Pascasarjana Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
- Sucipto dan Nur Qudus. 2004. Analisis Gerusan Lokal di Hilir Bed Protection. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan Nomor 1 Volume 6. Januari 2004. Semarang : UNNES
- Triatmodjo, B., 1995, Hidraulika I. Jilid ke 3, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2003. Hidroulika II. Beta Offset: Yogyakarta
- Yulistyanto, N., 2003, Efektivitas Groundsill dan Pelat Pelindung Dalam Menanggulangi Gerusan di Sekitar Pilar Jembatan, Skripsi, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.