

Analisis Gerusan Lokal Menggunakan Metode Empiris Pada Pilar Jembatan Kuala Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara

Ahmad Arsy Pradana¹, Daru Purbaningtyas², M. Ridwan³

^{1,2,3} Program Studi Rekayasa Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Samarinda

Artikel Informasi

Riwayat Artikel

Diterima, 12 April 2022

Direvisi, 24 April 2022

Disetujui, 15 Mei 2022

Kata Kunci:

Gerusan Lokal
Pilar Jembatan
Metode Empiris
Kuala Samboja

Keywords:

Local Scour
Bridge Pillars
Empirical Method
Kuala Samboja

ABSTRAK

Penelitian mengenai Analisis Gerusan Lokal Menggunakan Metode Empiris Pada Pilar Jembatan Kuala Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara dilakukan untuk mengetahui besarnya kedalaman gerusan lokal yang terjadi pada pilar Jembatan Kuala Samboja yang telah dibangun sejak tahun 1992 menggunakan beberapa metode perhitungan yang telah ditentukan. Kedalaman gerusan diketahui melalui dua tahapan yaitu, pengukuran langsung dan perhitungan menggunakan metode empiris, dalam tahapan pengukuran langsung digunakan alat Sonar. Metode penelitian meliputi, analisa hujan rencana dan hidrograf banjir, pengukuran batimetri, kecepatan aliran dan pembuatan rating curve, pengambilan sampel sedimen serta analisa butiran sedimen di laboratorium. Perhitungan kedalaman gerusan menggunakan metode empiris menggunakan metode HEC-18, Froehlich, Laursen & Toch dan Salim & Jone. Bentuk pilar yang dianalisis adalah pilar kumpulan silinder dengan jarak antar pilar 1,2 m dengan diameter 0,5 m. Debit yang digunakan adalah debit dominan ($Q_{dominan}$) sebesar 377.944 m³/detik. Berdasarkan hasil pengukuran langsung dan perhitungan menggunakan metode empiris dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan kedalaman gerusan lokal menggunakan beberapa metode empiris memiliki hasil yang berbeda antara satu sama lain. Perbedaan hasil perhitungan antar metode terjadi karena tiap metode memiliki parameter yang berbeda dalam menentukan kedalaman gerusan sehingga memberikan hasil kedalaman yang berbeda.

ABSTRACT

Research on Local Scour Analysis Using Empirical Methods on the Kuala Samboja Bridge Pillars, Kutai Kartanegara Regency was carried out to determine the magnitude of the local scour depth that occurred on the Kuala Samboja Bridge pillars which were built since 1992 using several predetermined calculation methods. The depth of scour is known through two stages, namely direct measurement and calculation using empirical methods, at the direct measurement stage using sonar equipment. Research methods include planning rainfall analysis and flood hydrographs, measuring bathymetry, flow velocity and making rating curves, taking sediment samples, and analyzing sediment grains in the laboratory. The calculation of scour depth uses empirical methods using the HEC-18, Froehlich, Laursen & Toch and Salim & Jone methods. The shape of the pillars being analyzed is a collection of cylindrical pillars with a distance between pillars of 1.2 m and a diameter of 0.5 m. The debit used is the dominant discharge ($Q_{dominan}$) of 377.944 m³/second. Based on the results of measurements and direct calculations using empirical methods, it can be concluded that the results of calculating local scour depths using several empirical methods have different results. Differences in calculation results between methods occur because each method has different parameters in determining the scour depth so that it gives different depth results.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Penulis Korespondensi:

Ahmad Arsy Pradana

Program Studi Rekayasa Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Samarinda

Email: ahmadarsip@gmail.com

PENDAHULUAN

Jalan Poros Balikpapan-Handil II terletak di Kecamatan Samboja, jalan ini merupakan salah satu jalan provinsi yang menghubungkan antara Kota Balikpapan dengan Kelurahan Handil, Jembatan Kuala Samboja merupakan jembatan yang terletak di Jalan Poros Balikpapan-Handil II, jembatan ini merupakan penghubung antara pengendara dari arah Balikpapan menuju Handil (Kuala Samboja) maupun arah sebaliknya. Dibangun pada tahun 1992, jembatan ini menjadi satu-satunya penghubung antara Jalan Poros Balikpapan dengan Kuala Samboja. Mengingat letak pilar yang berada pada aliran air sungai, maka dasar sungai di sekitar pilar memiliki potensi mengalami gerusan lokal. Jika gerusan lokal di sekitar pilar terjadi dalam jangka waktu yang panjang, maka kedalaman gerusan di sekitar pilar semakin dalam, sehingga dapat mengakibatkan rusak atau robohnya konstruksi jembatan. Gerusan di sungai sangat kompleks dan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti aliran tegangan geser, kecepatan aliran, kecepatan penjarangan gelombang dan turbulensi. Gerusan lokal di sekitar pilar jembatan disebabkan oleh adanya perubahan pola aliran. Perubahan ini terjadi akibat adanya bagian aliran yang ditahan oleh pilar. Mengingat pentingnya peran Jembatan Kuala Samboja pada Jalan Poros Balikpapan-Handil II, oleh karena itu perlu dilakukan analisis gerusan lokal pada pilar jembatan menggunakan metode empiris untuk mengetahui seberapa besar potensi bahaya yang ditimbulkan akibat adanya gerusan lokal pada pilar jembatan tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Gerusan merupakan fenomena alam yang terjadi akibat erosi terhadap aliran air pada dasar dan terbing saluran aluvial. Juga merupakan proses menurunnya atau semakin dalamnya dasar sungai di bawah elevasi permukaan alami (datum) karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai. Gerusan yang terjadi di sekitar pilar adalah akibat sistem pusaran (*vortex system*) yang timbul karena aliran dirintangi pilar tersebut. Aliran mendekati pilar dan tekanan stagnasi akan menurun dan menyebabkan aliran ke bawah (*down flow*) yaitu aliran dari kecepatan tinggi menjadi kecepatan rendah. Kekuatan *down flow* akan mencapai maksimum ketika berada tepat pada dasar saluran (Rahmadani, 2014).

Menurut Inglis (1947) dalam Modul Hidrologi dan Hidrolika Sungai Pelatihan Pengendalian Banjir (2017), debit dominan adalah debit dan gradien (kemiringan) dominan yang mana saluran kembali setiap tahun. Pada kondisi ini keseimbangan terjadi dengan kecenderungan berubah relatif sangat kecil. Kondisi ini dapat dipandang sebagai efek yang integral dari semua kondisi yang bermacam-macam dalam tempo yang relatif panjang.

Fenomena bentuk dasar (*bedforms*) pada sungai alluvial sering dijumpai dalam morfologi sungai. Bentuk dasar ini terjadi disebabkan oleh aliran (*flow induced*) dan pengaruh kekasaran dasar (*roughness*). Bentuk dasar dari sungai alluvial dikategorikan oleh Simon et. al (1961) dalam Halim (2013) menjadi *Ripple, Dunes with ripples superimposed, Dunes, Washed-out dunes, Plane bed, Antidune standing waves, Lower flow regime, Transition, dan Upper flow regime*.

Penelitian ini menggunakan beberapa metode empiris dalam menghitung kedalaman gerusan lokal, yaitu:

Metode Froehlich

Persamaan yang dikembangkan oleh Froehlich (1988) dalam Achmadi (2001) mengatakan bahwa kedalaman gerusan sebagai fungsi nilai froude, lebar pilar, sudut aliran, jenis pilar dan ukuran butiran. Namun terdapat kekurangan dalam metode ini yaitu penerapannya yang hanya diterapkan ketika kondisi pilar di jembatan hanya pilar tunggal.

$$d_s = 0,32 \cdot b \cdot K \cdot \left(\frac{b'}{b}\right)^{0,62} \cdot \left(\frac{y}{b}\right)^{0,46} \cdot fr^{0,2} \cdot \left(\frac{b}{D_{50}}\right)^{0,08} + b$$

Dimana:

- d_s : Kedalaman gerusan (m)
- b : Lebar pilar (m)
- fr : Nilai froude
- K : Koefisien jenis pilar
- b' : $b \cos \theta + l \sin \theta$
- l : Panjang pilar (m)
- θ : Sudut aliran ($^\circ$)
- D_{50} : Ukuran butiran 50% lolos ayakan (mm)

Metode HEC-18

Persamaan HEC-18 adalah persamaan yang paling sering digunakan di Amerika Serikat. Namun terdapat kekurangan dalam metode ini yang dimana penyusunan metode ini dilakukan berdasarkan kondisi sungai di Amerika Serikat.

$$y_s = 2,0 \cdot y \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot \left(\frac{b}{y}\right)^{0,65} \cdot fr^{0,43}$$

Dimana:

- y_s : Kedalaman gerusan (m)
- y : Kedalaman aliran (m)
- b : Lebar pilar jembatan (m)
- fr : Nilai froude
- K_1 : Koefisien koreksi terhadap bentuk pilar
- K_2 : Koefisien koreksi terhadap sudut aliran
- K_3 : Koefisien koreksi terhadap kondisi dasar saluran
- K_4 : Koefisien koreksi terhadap ukuran butiran dasar
($K_4 = 1$ untuk $d_{50} < 2$ mm atau $d_{95} < 20$ mm)

Tabel 1 Koefisien koreksi terhadap bentuk pilar (K_1)

Bentuk Ujung Pilar	K_1
Persegi	1,1
Bulat	1,0
Lingkaran Silinder	1,0
Kumpulan Silinder	1,0
Tajam	0,9

Sumber: Hosseini, 2015

Tabel 2 Koefisien koreksi terhadap sudut aliran (K_2)

Sudut Aliran	$l/b = 4$	$l/b = 8$	$l/b = 12$
0	1,0	1,0	1,0
15	1,0	2,0	2,5
30	2,0	2,5	3,5
45	2,3	3,3	4,3
90	2,5	3,9	5,0

Sumber: Hosseini, 2015

Tabel 3 Koefisien koreksi terhadap kondisi dasar saluran (K_3)

Kondisi Saluran	Ukuran	K_3
Clear water scour	-	1,1
Dasar rata	-	1,1
Gundukan kecil	0,6-3,0 m	1,1
Gundukan sedang	3,0-9,1 m	1,1-1,2
Gundukan besar	>9,1 m	1,3

Sumber: Hosseini, 2015

Metode Laursen & Toch

Laursen & Toch (1956) dalam Achmadi (2001) mengembangkan persamaan gerusan yang terjadi pada pilar jembatan sebagai fungsi lebar pilar dan kedalaman aliran. Namun fungsi tersebut jugalah yang menjadi kekurangan dalam menggunakan metode ini karena hanya mempertimbangkan hubungan antara lebar pilar dan kedalaman aliran.

$$d_s = 1,35 \cdot b^{0,7} \cdot y^{0,2}$$

Dimana:

- d_s : Kedalaman gerusan (m)
- b : Lebar pilar (m)
- y : Kedalaman aliran (m)

Metode Salim & Jone

Metode ini merupakan modifikasi dari Metode HEC-18 untuk menghitung kedalaman gerusan lokal pada kumpulan pilar menggunakan persamaan yang diberikan sebelumnya. Untuk menggunakan metode ini, disarankan untuk mengganti diameter kumpulan pilar menjadi pilar tunggal dengan dimensi yang sama ketika seluruh pilar digabung menjadi satu kemudian mengalikan hasil perhitungan dengan salah satu faktor koreksi di bawah ini.

$$K_s = 0,57 \left[1 - e^{\left(1 - \frac{S}{D}\right)} + e^{0,5\left(1 - \frac{S}{D}\right)} \right]$$

$$K_s = 0,47 \left[1 - e^{\left(1 - \frac{S}{D}\right)} + e^{0,5\left(1 - \frac{S}{D}\right)} \right]$$

Dimana:

- K_s : Koefisien koreksi
- S : Jarak antar pilar (m)
- D : Diameter pilar (m)

Dalam menentukan bentuk dasar sungai dilakukan juga pendekatan menggunakan metode empiris, dalam penelitian ini digunakan metode pendekatan Simon dan Richardson.

Pendekatan Simon dan Richardson

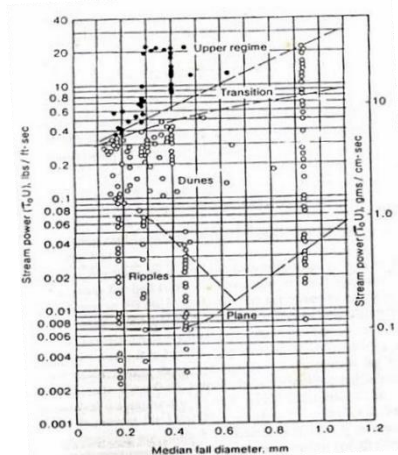
Simon dan Richardson (1961) dalam Halim (2013) mengembangkan sebuah peramalan bedform yang ditunjukkan pada gambar 1, di atas daerah dunes, garis pemisahan dunes dari peralihan (transition) diwakili oleh persamaan berikut:

$$\text{Log } \tau_0 U = -0,60 + 1,05d \text{ (untuk } d < 0,25 \text{ mm)}$$

Dimana:

$\tau_0 U$: Daya aliran (*stream power*) (lbs/ft-sec)

d : Diameter jatuh median (*median fall diameter*) (mm)



Gambar 1 Hubungan antara *bedforms*, daya aliran per unit luas dan diameter jatuh median (Simon dan Richardson, 1961) (Sumber: Chang, 1987 dalam Halim, 2013)

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis pengumpulan data yaitu pengumpulan data sekunder dan data primer, untuk data primer didapat dari pengukuran di lapangan yaitu berupa data kecepatan aliran, penampang basah serta pengambilan sampel sedimen, sedangkan data sekunder berupa data curah hujan harian yang didapat dari Balai Wilayah Sungai Wilayah IV Kalimantan Timur.

Selain pengumpulan data, dilakukan juga pengujian di laboratorium untuk dilakukan pengujian komposisi ukuran butiran sedimen. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah sebagai berikut

a) Analisa Saringan

Langkah kerja sesuai dengan SNI 3423:2008

b) Pengujian Berat Jenis (Gs)

Langkah kerja sesuai dengan SNI 1964:2008

c) Analisa Hidrometer

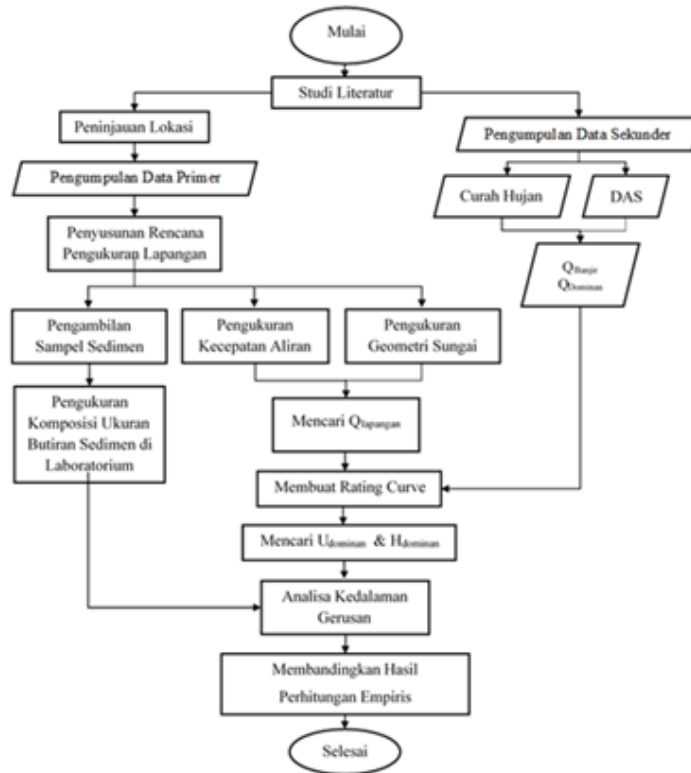
Langkah kerja sesuai dengan SNI 3423:2008

d) Analisa Batas Plastis dan Indeks Plastisitas

Langkah kerja sesuai dengan SNI 1966:2008

Setelah dilakukan pengumpulan data serta pengujian laboratorium, kemudian dilakukan analisa kedalaman gerusan menggunakan metode empiris yang telah ditentukan sebelumnya. Dari hasil perhitungan kemudian dilakukan perbandingan hasil perhitungan satu sama lain dengan hasil pengukuran yang telah didapat, hal ini dilakukan bertujuan untuk membuktikan apakah hasil perhitungan yang dilakukan dapat diaplikasikan pada daerah penelitian.

Bagan alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Laboratorium

Dari sampel sedimen yang diambil, dilakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui komposisi butiran serta jenis tanah dari sedimen yang diambil, hasil pengujian laboratorium adalah sebagai berikut.

a) Pengujian Berat Jenis

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besaran berat jenis dari sampel yang diambil. Hasil pengujian berat jenis dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Berat Jenis

No	Uraian	Satuan	Sampel		
			2/A	12/R	-
1	Berat Picno (W ₁)	Gram	46.95	43.96	40.07
2	Berat Picno + air (W ₂)	Gram	147.59	146.32	139.82
3	Berat Picno + air + tanah (W ₃)	Gram	169.81	173.50	157.00
4	Berat Picno + tanah (W ₄)	Gram	83.62	88.94	68.35

No	Uraian	Satuan	Sampel		
			2/A	12/R	-
5	Berat tanah ($W_5 = (W_4 - W_1)$)	Gram	36.67	44.98	28.28
6	$W_6 = W_2 + W_5$	Gram	184.26	191.30	168.10
7	Berat Isi Tanah ($W_7 = (W_6 - W_3)$)	Gram	14.45	17.80	11.10
8	Berat Jenis ($G_s = W_5 / W_7$)		2.54	2.53	2.55
9	Berat Jenis (G_s) rata-rata			2.54	

b) Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persebaran butiran dari sampel yang diambil. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Analisa Saringan

No.	No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	%Tertahan	%Tertahan Kumulatif	%Lolos Kumulatif
1	4	4,75	0,58	0,12	0,00	100,00
2	10	2	12,51	2,50	2,50	97,50
3	20	0,85	25,92	5,18	7,69	92,31
4	40	0,425	76,02	15,20	22,89	77,11
5	60	0,25	98,85	19,77	42,66	57,34
6	100	0,15	99,45	19,89	62,55	37,45
7	140	0,106	65,44	13,09	75,64	24,36
8	200	0,075	69,63	13,93	89,57	10,43
8	Pan	0	51,58	10,32	99,88	
	Jumlah		499,98			

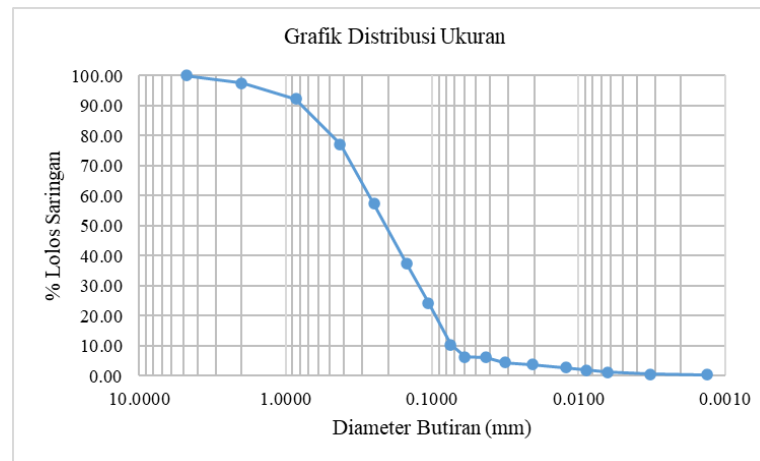
c) Pengujian Hidrometer

Dari hasil analisa saringan dilakukan pengujian hidrometer, hasil pengujian hidrometer dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Hidrometer

Waktu	Suhu	Reading		R'(gr/cm³)	L (cm)	K	D (mm)	k	R (R1-R2)	P(%) (kxR)
		R1	R2							
0,5	30	31	1	30,0	11,4	0,0126	0,0600	2,0320	30,00	60,96
1	30	30	1	29,0	11,5	0,0126	0,0426	2,0320	29,00	57,93
2	30	22,5	1	21,5	12,9	0,0126	0,0319	2,0320	21,50	43,69
5	30	19	1	18,0	13,3	0,0126	0,0205	2,0320	18,00	36,58
15	30	14	1	13,0	14,2	0,0126	0,0122	2,0320	13,00	26,42
30	30	10,5	1	9,5	14,8	0,0126	0,0088	2,0320	9,50	19,30
60	30	7	1	6,0	15,3	0,0126	0,0063	2,0320	6,00	12,19
240	30	4	1	3,0	15,8	0,0126	0,0032	2,0320	3,00	6,10
1440	30	3	1	2,0	16,0	0,0126	0,0013	2,0320	2,00	4,06

Dari hasil pengujian hidrometer dapat diketahui grafik distribusi ukuran dari sampel yang diambil. Grafik distribusi ukuran dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Grafik Distribusi Ukuran

d) Pengujian Batas Plastis

Pengujian batas plastis dilakukan untuk mendapatkan indeks plastisitas (PI), dari indeks plastisitas kemudian dapat ditentukan jenis tanah dari sampel tanah yang sudah diambil. Setelah dilakukan pengujian didapat kesimpulan bahwa sampel tanah termasuk ke dalam tanah Non Plasits (NP), hal ini dikarenakan pada saat pengujian plastic limit tanah tidak dapat menyebar membentuk cacing dan pada saat pengujian liquid limit sampel tanah tidak mencapai batas 25 kali pukulan menggunakan alat cassagrande (maksimal hanya 14 kali).

Dengan menggunakan sistem klasifikasi tamah menurut AASHTO, didapat bahwa jenis sampel yang diambil termasuk dalam klasifikasi kelompok A-3 dengan material dominan pasir halus.

Hasil Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh baik sekunder maupun primer kemudian diolah untuk mendapatkan debit aliran.

a) Pengolahan Data Sekunder

Dari hasil pengolahan data curah hujan harian, dapat diketahui besaran debit dominan. Dalam penelitian ini digunakan metode analisa frekuensi curah hujan metode Log Pearson Tipe III dan metode Gumbell, untuk mendapatkan curah hujan rencana kala ulang 2 tahunan.

Tabel 7. Analisa Frekuensi Curah Hujan Metode Log Pearson Tipe III

No	Tahun	Curah Hujan (x)	Log X	Log X - Log X	(Log X - Log X) ²	(Log X - Log X) ³
A	B	C	D	E	F	G
1	2010	85.500	1.9320	-0.3282	0.10769	-0.0353
2	2011	67.500	1.8293	-0.4308	0.1856	-0.0800
3	2012	180.00	2.2553	-0.0048	0.0000	0.0000
4	2013	146.700	2.1664	-0.0937	0.0088	-0.0008
5	2014	184.000	2.2648	0.0047	0.0000	0.0000
6	2015	1102.000	3.0422	0.7821	0.6116	0.4783
7	2016	132.300	2.1216	-0,1386	0.0192	-0.0027
8	2017	230.200	2.3621	0.1020	0.0104	0.0011
9	2018	181.000	2.2577	-0.0024	0.0000	0.0000

No	Tahun	Curah Hujan (x)	Log X	Log X - Log X	(Log X - Log X) ²	(Log X - Log X) ³
10	2019	237.000	2.3747	0.1146	0.0131	0.0015
11	2020	180.000	2.2553	-0.0048	0.0000	0.0000
	Σ	2726.20	24.8613	0.0000	0.9565	0.3621

Tabel 8. Analisa Frekuensi Curah Hujan Metode Gumbell

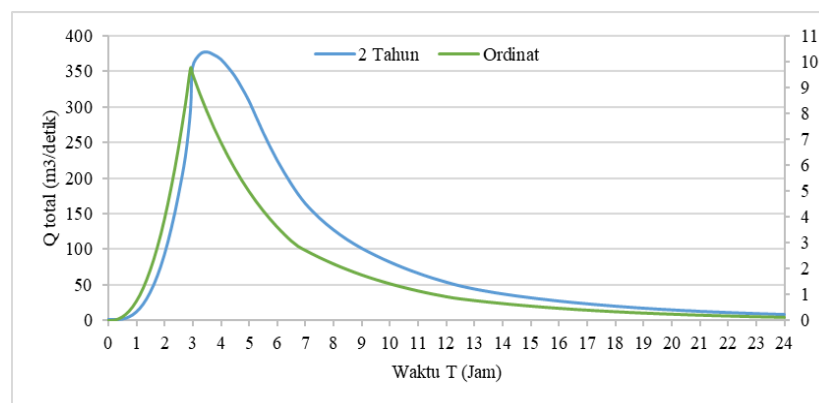
No	Tahun	X (mm)	(X-X)	(X-X) ²	(X-X) ³	(X-X) ⁴
1	2010	85.500	-162.34	26353.09	-4278065.61	694485613.90
2	2011	67.500	-180.34	32521.20	-5864755.68	1057628712.83
3	2012	180.00	-67.84	4601.77	-312167.49	21176307.67
4	2013	146.700	-101.14	10228.56	-1034479.77	104623522.52
5	2014	184.000	-63.84	4075.08	-260138.37	16606287.78
6	2015	1102.000	854.16	729595.52	623193960.46	532309619427.43
7	2016	132.300	-115.54	13348.65	-1542254.63	178186492.12
8	2017	230.200	-17.64	311.04	-5485.64	96746.70
9	2018	181.000	-66.84	4467.10	-298564.69	19954977.98
10	2019	237.000	-10.84	117.43	-1272.48	13789.05
11	2020	180.000	-67.84	4601.77	-312167.49	21176307.67
	S	2726.2		830221.23	609284608.60	534423568185.66

Dari kedua perhitungan di atas didapat rekapitulasi perhitungan curah hujan rencana yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. Rekapitulasi Perhitungan Curah Hujan Rencana

No	Periode Ulang	Debit Banjir Rencana (Xr) Log Pearson III	Gumbell
1	2 Tahun	153.49	353.44

Dari tabel di atas digunakan curah hujan kala ulang 2 tahun metode Log Pearson III. Kemudian dilakukan perhitungan debit banjir periode ulang 2 tahun menggunakan metode HSS Nakayasu. Dari perhitungan didapat grafik hidrograf debit banjir sebagai berikut.



Gambar 4. Grafik Gabungan Hidrograf Ordinat dan Periode Ulang 2 Tahun

Dari gambar di atas didapat QMaks pada kala ulang 2 tahun sebesar 377,944 m³/detik. Debit ini lah yang akan dianggap sebagai debit dominan dalam penelitian ini.

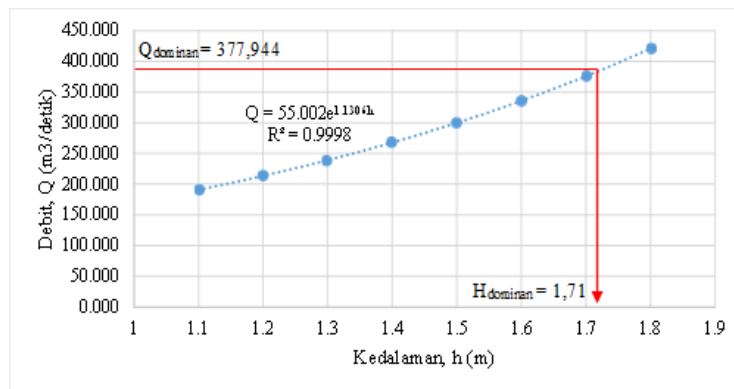
b) Pengolahan Data Primer

Data primer yang didapat berupa data pengukuran kecepatan menggunakan alat ukur pelampung. Perhitungan serta pengukuran kecepatan aliran mengikuti langkah kerja SNI 8066:2015. Hasil pengukuran kecepatan aliran adalah sebagai berikut.

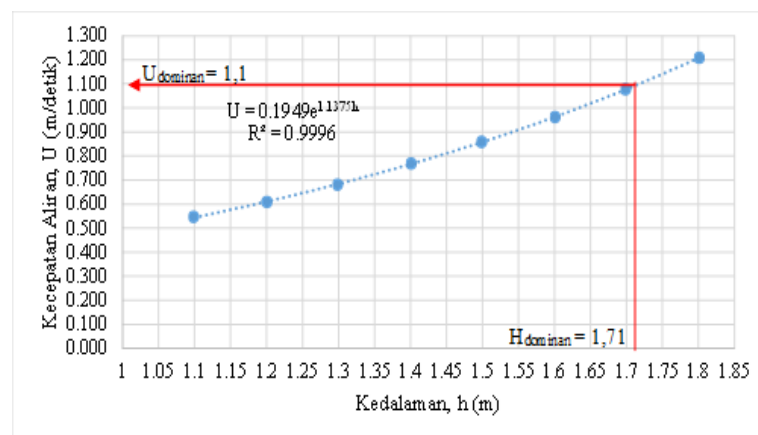
Tabel 10. Hubungan Antara Kedalaman Aliran, Debit dan Kecepatan Aliran

Kedalaman, h (m)	Kecepatan, U (m/detik)	Debit, Q (m ³ /detik)
1,1	0,683	190,845
1,2	0,761	213,962
1,3	0,851	238,062
1,4	0,961	268,341
1,5	1,074	299,921
1,6	1.203	335.737
1,7	1.348	375.925
1,8	1,510	420,923

Dari tabel di atas didapat grafik hubungan antara kedalaman (h) dengan debit (Q) serta grafik hubungan antara kedalaman (h) dengan kecepatan aliran (U).



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Kedalaman (h) dengan Debit (Q)



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Kedalaman (h) dengan Kecepatan Aliran (U)

Dari grafik di atas didapat kedalaman dominan ($H_{dominan}$) sebesar 1,71 meter dan kecepatan dominan ($U_{dominan}$) sebesar 1,1 m/detik.

c) Menentukan Jenis Bentuk Dasar Sungai

Sebelum memulai perhitungan gerusan lokal, terlebih dahulu perlu diketahui jenis bentuk dasar sungai. Penentuan jenis bentuk dasar sungai dilakukan dengan menggunakan pendekatan Simon dan Richardson.

Diketahui:

$d : 0,2 \text{ mm}$

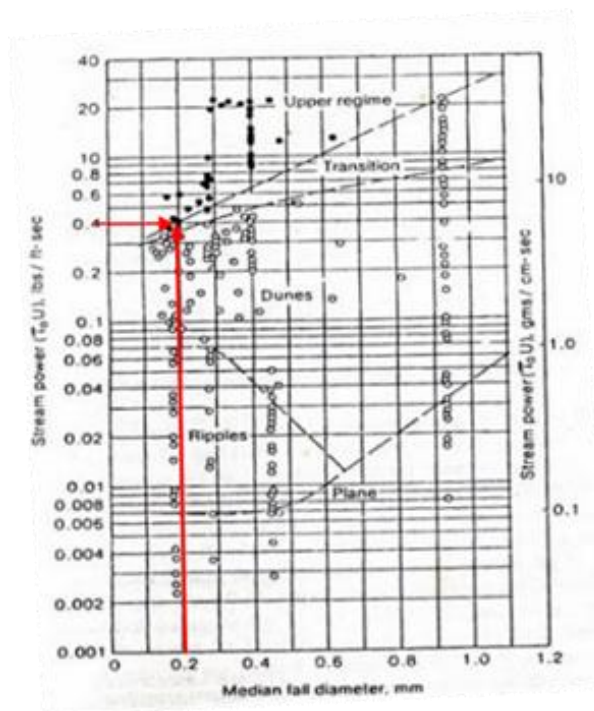
Perhitungan:

$\text{Log } \tau_o U = -0,60 + 1,05d$

$\text{Log } \tau_o U = -0,60 + 1,05 \cdot 0,2$

$\text{Log } \tau_o U = -0,39$

$\tau_o U = 0,4$



Gambar 7. Hubungan median fall diameter dengan stream power.

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa bentuk dasar sungai adalah termasuk jenis transition.

d) Perhitungan Kedalaman Gerusan Lokal

1) Perhitungan Metode Froehlich

Diketahui:

Kedalaman : 1,71 m

$U : 1,10 \text{ m/detik}$

Angka Froude : 0,27

$b : 0,5$

Sudut Aliran : 0°

$D_{50} : 0,2 \text{ mm}$

$b' : 0,5$

Perhitungan:

Sesuai rumus yg terdapat pada tinjauan pustaka didapat kedalaman gerusan sebesar.
 $d_s = 0,733$ m.

2) Perhitungan Metode HEC-18

Diketahui:

Kedalaman : 1,71 m
U : 1,10 m/detik
Fr : 0,27
Lebar pilar : 0,5 m
K₁ : 1,0
K₂ : 1,0
K₃ : 1,1
K₄ : 1,0

Perhitungan:

Sesuai rumus yg terdapat pada tinjauan pustaka didapat kedalaman gerusan sebesar.
 $y_s = 0,696$ m.

3) Perhitungan Metode Laursen & Toch

Diketahui:

b : 0,5 m
y : 1,71 m

Perhitungan:

Sesuai rumus yg terdapat pada tinjauan pustaka didapat kedalaman gerusan sebesar.
 $d_s = 0,925$ m.

4) Perhitungan Metode Salim & Jone

Diketahui:

Kedalaman : 1,71 m
Diameter pilar : 6 m
S : 1,2 m
D : 0,5 m
U : 1,10 m/detik
Fr : 0,27
K₁ : 1,0
K₂ : 1,0
K₃ : 1,1
K₄ : 1,0

Perhitungan:

Dalam melakukan perhitungan menggunakan Metode Salim & Jone, terlebih dahulu harus dilakukan perhitungan menggunakan Metode HEC-18 karena pada dasarnya Metode Salim & Jone adalah pengembangan dari hasil perhitungan Metode HEC-18. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan Metode HEC-18 didapat kedalaman gerusan sebesar.

$y_s = 3,499$ m.

Setelah didapat hasil kedalaman gerusan, kemudian dilanjutkan dengan menghitung koefisien gerusan (Ks), didapat Ks sebesar.

$K_s = 0,15$ (untuk envelop curve)

$K_s = 0,12$ (untuk best fit curve)

Hasil perhitungan K_s kemudian dikalikan dengan hasil kedalaman gerusan agar bisa didapat kedalaman gerusan terkoreksi.

$$y_s = 0,512 \text{ m (untuk envelop curve)}$$

$$y_s = 0,422 \text{ m (untuk best fit curve)}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan kedalaman gerusan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 11. Rekapitulasi Perhitungan Kedalaman Gerusan Menggunakan Metode Empiris

Metode	Kedalaman Gerusan
Froehlich	0,733 m
HEC-18	0,696 m
Laursen & Toch	0,925 m
Salim & Jone	0,512 m (<i>envelop curve</i>)
	0,422 m (<i>best fit curve</i>)

Dari perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan cukup signifikan antara hasil pengukuran eksisting dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan. Hal ini terjadi karena pada saat pengukuran eksisting, kedalaman gerusan umum tidak diketahui, yang mana hal ini sangat mempengaruhi kedalaman gerusan lokal karena untuk mencari kedalaman gerusan lokal adalah hasil pengukuran di lapangan dikurang dengan besaran gerusan umum, oleh sebab itu kedalaman gerusan lokal tidak dapat diketahui secara akurat.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan kedalaman gerusan lokal menggunakan beberapa metode empiris memiliki hasil yang berbeda antara satu sama lain. Perbedaan hasil perhitungan antar metode terjadi karena tiap metode memiliki parameter yang berbeda dalam menentukan kedalaman gerusan sehingga memberikan hasil kedalaman yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, T. 2001. Model Hidraulik Gerusan pada Pilar Jembatan. Tesis. Universitas Diponegoro Semarang.
- Daties, Y. 2012. Kajian Perubahan Pola Gerusan Pada Tikungan Sungai Akibat Penambahan Debit. Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Hosseini, R. 2015. Scour Depth Estimation Methods Around Pile Groups. KSCE Journal of Civil Engineering.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. 2017. Modul 5 Hidrologi dan Hidrolika Sungai.
- Rahmadani. 2014. Gerusan yang Terjadi di Sekitar Pilar Sungai. Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta.
- SNI 1964:2008. Tata Cara Pengujian Berat Jenis Tanah.
- SNI 1966:2008. Batas Plastis dan Indeks Plastisitas
- SNI 3423:2008. Tata Cara Pengujian Analisis Ukuran Butir Tanah.

SNI 8066:2015. Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung