

## KARAKTERISTIK GERUSAN PILAR SEGI EMPAT UJUNG BULAT PADA KONDISI TERJADI PENURUNAN DASAR SUNGAI DENGAN PROTEKSI TIRAI

Alifi Yunar\*

### Abstract

This research represented curtain and pier which are able to reduce local scouring, mean while over all degradation occurred. The discharge used at 4.5 ltr/s with 6.5 cm flow depth. Median diameter of moving bed material,  $d_{50} = 0.043$  cm in live bed scour condition. Pier models Rectangular with Circular Nose, 4 cm width, 12 cm length and 45 cm height. Curtain models have 0.3 cm in diameter, distance between two piles of curtain, 2.4 cm and 3.2 cm at columns, 1.2 cm and 1.6 cm at rows. Distance between curtain and pier, 12 cm and 16 cm, height variation of curtains are 1.2 cm, 3.6 cm, 4.8 cm, and 7.0 cm from bed level. More over, for each running will take 300 minutes on time.

From data analysis found, Rectangular with Circular Nose had maximum relative scour depth reaching by Pier-Courtain couple, T1R2A1 at 0.27 (68.46% reduction), in which over all relative degradation 0.01. Data analysis also found that, Rectangular with circular nose has an average relative scour depth 0.64.

**Keywords:** Maximum relative local scour depth, Rectangular with Circular Nose Pier

### Abstrak

Penelitian ini lebih ditekankan pada tirai dan pilar yang dapat mengurangi kedalaman gerusan lokal pada saat terjadi penurunan dasar. Debit yang digunakan adalah 4.5 lt/dt dengan kedalaman aliran dari permukaan dasar 6.5 cm. Material pasir yang digunakan mempunyai nilai  $d_{50} = 0.043$  cm dengan kondisi aliran live bed scour. Model pilar yang digunakan berbentuk pilar segi empat ujung bulat (PSUB) dengan lebar 4 cm, panjang 12 cm dan tinggi 45 cm. Tirai yang dipakai dalam penelitian ini berupa silinder dengan diameter 0.3 cm variasi jarak antar tirai 2.4x1.2 cm, 3.6x1.8 cm. Variasi jarak tirai dan pilar, 12 cm dan 16 cm, serta variasi tinggi tirai dari dasar permukaan rerata pasir 1.2 cm, 3.6 cm, 4.8 cm dan 7.0 cm atau di atas permukaan air. Untuk setiap kali running percobaan dilakukan selama 300 menit.

Dari analisis data diketahui bahwa, kedalaman relatif gerusan lokal maksimum terendah dicapai Pilar Segi Empat Ujung Bulat, kedalaman relatif gerusan lokal maksimum terendah dicapai pasangan tirai-pilar T1R2A1 dengan nilai 0.27 (nilai reduksi 68.64 %) pada saat terjadi penurunan dasar relatif 0.01. Dari hasil penelitian juga di peroleh bahwa Pilar Segi Empat Ujung bulat mempunyai nilai kedalaman relatif gerusan lokal maksimum rata-rata 0.64.

**Kata kunci:** Kedalaman relatif gerusan lokal maksimum, Pilar Segi Empat Ujung Bulat.

### 1. Pendahuluan

Aliran yang terjadi pada suatu sungai, biasanya disertai dengan terjadinya angkutan sedimen dan proses gerusan. Proses gerusan ini akan

terbentuk secara alamiah karena adanya pengaruh morfologi sungai atau karena adanya struktur yang menghalangi aliran sungai. Sedangkan angkutan sedimen terjadi karena aliran air di sungai mempunyai energi yang

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

cukup besar untuk membawa sejumlah material sedimen. Bila sedimen yang masuk lebih kecil daripada sedimen yang keluar pada suatu penggal sungai maka akan terjadi penurunan dasar sungai (*degradasi*) tetapi bila sebaliknya maka akan menyebabkan terjadinya kenaikan dasar sungai (*agradasi*)

Adanya pilar jembatan pada suatu ruas sungai dapat menyebabkan perubahan pola aliran yang menimbulkan gerusan lokal di sekitar pilar sehingga menyebabkan penurunan elevasi dasar di sekitar pilar. Sehubungan dengan adanya gerusan lokal yang dapat membahayakan bangunan sungai (pilar, abutment, krib dan sebagainya) berupa keruntuhan pada bangunan tersebut, sehingga di perlukan upaya pengendalian gerusan lokal maksimum dengan mengadakan penelitian di laboratorium pada pilar, berupa pemasangan tirai yang divariasikan untuk mengetahui kedalaman gerusan yang terjadi di sekitar pilar pada kondisi adanya angkutan sedimen (*live-bed scour*) dan mencari tirai yang paling baik untuk mengendalikan kedalaman gerusan.

## 2. Studi Pustaka

### 2.1 Gerusan

Gerusan adalah proses erosi dan deposisi yang terjadi karena perubahan aliran di sungai. Perubahan ini karena adanya halangan pada aliran sungai yang berupa bangunan sungai seperti pilar jembatan. Bangunan-bangunan ini dipandang dapat merubah geometri alur serta pola aliran, yang selanjutnya diikuti dengan timbulnya gerusan lokal di sekitar bangunan (Legono, 1990 dalam Safitri YE, 2005).

Hoffmans dan Verheij (1997) menyimpulkan bahwa gerusan lokal di sekitar pilar jembatan dapat dibagi menjadi beberapa fase : fase awal, fase pembentukan, fase stabilisasi dan fase equilibrium.

Beberapa studi tentang proteksi gerusan yang pernah diteliti disekitar pilar jembatan seperti Chabert dan Engeldinger (1956) dalam Breusers dan

Raudkivi (1991) meneliti tentang proteksi gerusan pada pilar dengan menggunakan tiang-tiang kecil (tirai) yang berada di depan pilar bagian hulu dalam bentuk segitiga pada kondisi *clear water scour*. Bonasoundas (1973) merekomendasikan tentang proteksi *riprap* untuk pilar silinder, Chiew (1992) meneliti tentang proteksi gerusan pada pilar jembatan dengan menggunakan *collar*, *caison* dan *slot*. Melville dan Hadfield (1999) dalam Safitri (2005) meneliti tentang proteksi gerusan pada pilar silinder dan persegi dengan menggunakan tiang-tiang kecil sebagai pengendali pada kondisi aliran *clear water* dan *live bed scour*. Hasil penelitian bahwa untuk pilar silinder pada kondisi *clear-water* dapat mereduksi gerusan 48%, sedangkan pada kondisi *live-bed* untuk pilar silinder dapat mereduksi 17.5%, dan untuk pilar persegi dapat mereduksi 26.5%.

Selain peneliti-peneliti tersebut ada beberapa peneliti dari UGM yang meneliti tentang pilar dan penanganannya diantaranya; Unggul (1998) meneliti pengaruh bendung karet terhadap gerusan lokal pada pilar jembatan, Nurrudin (2003) meneliti tentang pemakaian *ground sill* dengan hasil penelitian menunjukkan besar reduksi 7.48% dan plat pelindung dalam menanggulangi gerusan di pilar jembatan dengan besar reduksi 23.36%, Aisyah (2004) meneliti tentang pola gerusan di berbagai bentuk pilar karena adanya perubahan debit pada kondisi *clear-water scour*, Retno Mutiara (2003) meneliti efektifitas terhadap pemasangan tirai serta penanganan gerusan lokal di sekitar pilar dengan hasil reduksi 55.88%, Safitri YE (2005) meneliti karakteristik gerusan akibat pengaruh jarak dan tinggi tirai sebagai pelindung pilar dalam kondisi *live-bed scour*.

### 2.2 Perhitungan kedalaman gerusan

Persamaan untuk menghitung kedalaman gerusan di presentasikan Laursen dan Toch (1956), berdasar pada data hasil studi kasus angkutan sedimen. Berbagai faktor yang mempengaruhi

kedalaman gerusan lokal maksimum seperti, bentuk pilar, gradasi sedimen dan faktor sudut datang juga di perhitungkan.

Johnson (1992) memperhitungkan kedalaman *equilibrium* gerusan lokal dengan menggunakan persamaan:

$$y_{m,e} = 2.02 \cdot K_i h_0 Fr^{0.21} \sigma_d^{-0.24} (b/h_0)^{0.98} \dots\dots(1)$$

Dimana :

Fr = Bilangan Froude

$\sigma_d$  = Faktor gradasi sedimen ( $d_{84}/d_{50}$ )

Nilai  $K_i$  adalah faktor pengaruh dari berbagai factor yang mempengaruhi kedalaman gerusan lokal (Hoffmans, G.J.C.M. dan Verheij, H.J., 1997). Sehingga persamaannya menjadi :

$$K_i = K_s K_w K_g K_{gr} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$K_s$  = Koefisien faktor bentuk pilar

$K_w$  = Koefisien faktor sudut datang

$K_g$  = Koefisien faktor gradasi butiran dasar

$K_{gr}$  = Koefisien faktor grup pilar

Berdasarkan data penelitian Laursen dan Toch (1956), Breusers (1977) mendapatkan Persamaan untuk mendapatkan kedalaman *equilibrium* gerusan lokal:

$$y_{m,e} = 1.35 K_i b \tanh (h_0/b) \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

$y_{m,e}$  = Kedalaman *equilibrium* gerusan lokal maksimum di sekitar pilar (m)

$K_i$  = Faktor yang mempengaruhi kedalaman gerusan lokal

$b$  = ebar pilar (m)

$h_0$  = Kedalaman aliran (m)

Dalam penelitian ini digunakan bentuk pilar Silinder mempunyai koefisien faktor bentuk pilar 1 dan pilar Segi Empat Ujung Bulat mempunyai koefisien faktor bentuk pilar 0,92

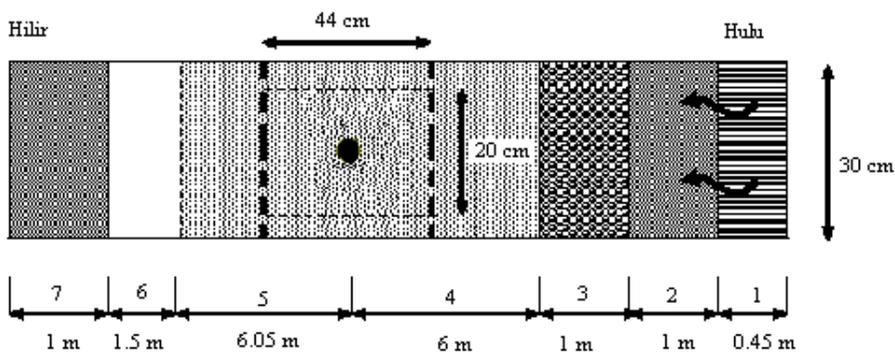
### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Alat dan model penelitian

Alat penelitian utama yang digunakan adalah *Standard Multipurpose Tilting Flume* yang terdapat pada Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi PS-IT UGM. Dimensi *flume* yang digunakan adalah 17 m panjang, tinggi 0.45 m dan lebar 0.30 m.

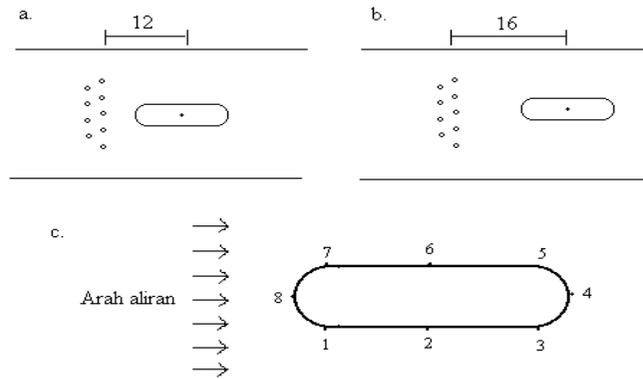
Model Tirai, model tirai dari bahan besi silinder berdiameter 0.3 cm dan tinggi dari permukaan dasar bervariasi dari 1.2 cm, 3.6, 4.8 dan 7.0 atau di atas permukaan air. Model tirai ini disusun zig-zag dengan variasi jarak tirai 1.2 x 2.4 dan 16 x 3.6 cm

Model pilar yang digunakan berbentuk segi empat dengan ujung bulat berdimensi panjang 12 cm lebar 4 cm dan tinggi 45 cm dengan ujung lengkung setengah lingkaran dari bahan multipleks.

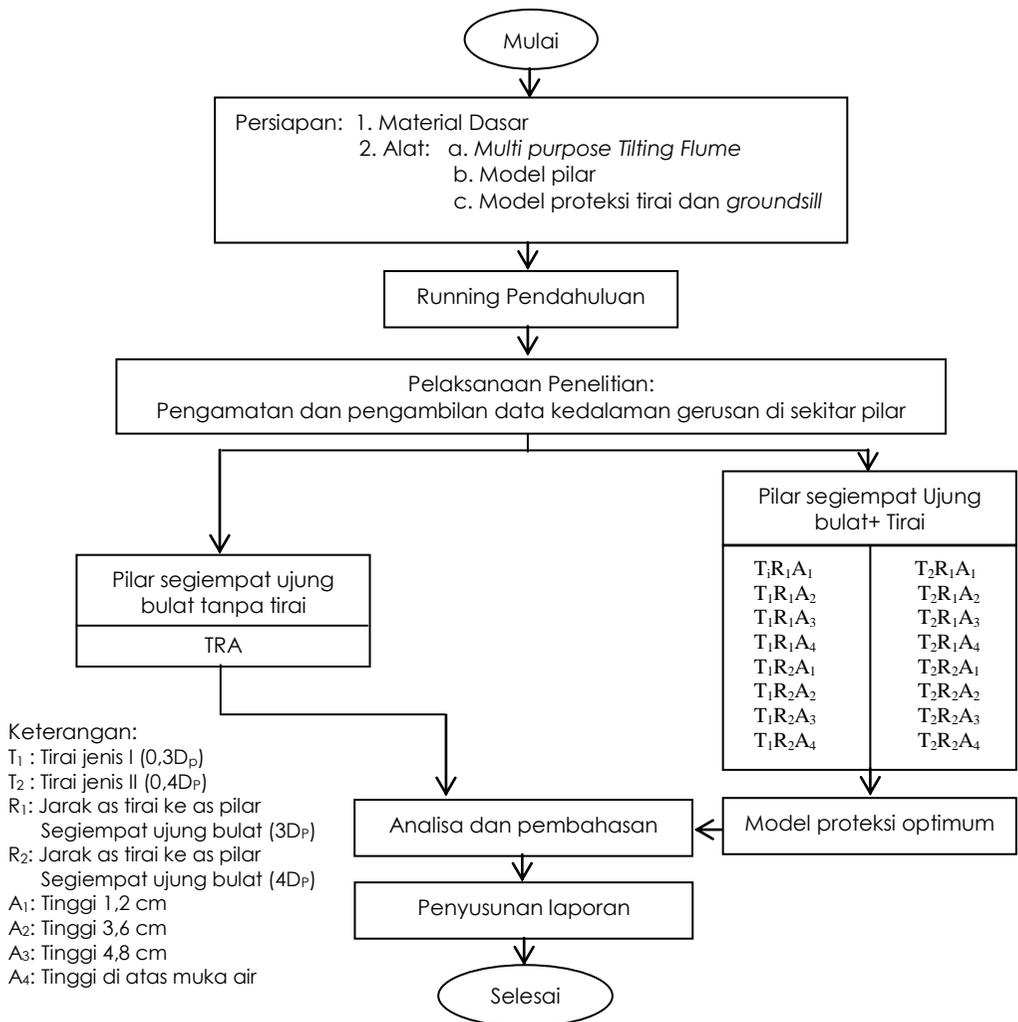


Gambar 1. Letak posisi model pilar di dalam *flume*

Karakteristik Gerusan Pilar Segi Empat Ujung Bulat Pada Kondisi Terjadi Penurunan Dasar Sungai dengan Proteksi Tirai (Alifi Yunar)



Gambar 2. Sketsa penempatan Tirai dan Pilar Segi Empat Ujung Bulat



Gambar 3. Bagan alir metode penelitian

Peralatan pendukung penelitian, terdiri dari peralatan tulis-menulis, *stop watch*, dan komputer untuk mengolah data.

3.2 *Running* pendahuluan

*Running* pendahuluan dilaksanakan untuk menentukan kedalaman batas antara aliran tanpa angkutan sedimen (*clear-water*) dan aliran dengan angkutan sedimen (*live-bed*). Air dialirkan dengan debit yang telah ditentukan kemudian dengan menggunakan *tail gate*, diatur kedalaman aliran hingga mencapai keadaan butiran dasar bergerak dan diperoleh kedalaman aliran dimana terlihat beberapa butiran sedimen bergerak pada kedalaman 6.5 cm. Pengamatan kedalaman gerusan di sekitar pilar pada titik pengamatan yang dibagi dalam empat tahap yaitu tahap pertama dimulai menit ke-0 , 0.5 dan menit ke-1, tahap kedua tiap 1 menit hingga menit ke-10, tahap ketiga tiap 5 menit hingga menit ke-40 dan

selebihnya tiap 10 menit hingga menit ke-300.

3.3 Pengambilan data kontur

Pada Pilar Segi Empat Ujung Bulat dilakukan dengan menggunakan *point gauge*. Pengukuran kedalaman tiap titik ini ditentukan sejumlah 20 titik melintang *flume* dengan jarak 1 cm dan 44 titik memanjang *flume* berjarak 1 cm.

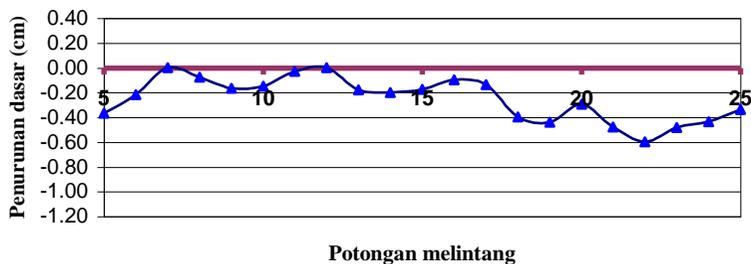
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data aliran dan butiran

Hasil keseluruhan menunjukkan bahwa gerusan lokal maksimum pada pilar Segi Empat Ujung Bulat semakin dalam seiring dengan bertambahnya waktu. Selama penelitian debit yang dipergunakan adalah ,  $Q = 4.5 \text{ lt/dt}$  atau  $0.0045 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Aliran dikondisikan dalam keadaan aliran seragam permanen dengan kecepatan  $0.23 \text{ m/dt}$ .

Tabel 1. Data aliran dan butiran

$\tau_0 \text{ (N/m)}$	$G_s$	$\rho_s \text{ (kg/cm}^3\text{)}$	$d_{50} \text{ (m)}$	$\tau_{cr} \text{ (N/m)}$	$\Delta$	$u^* \text{ (m/s)}$	$u^*_c \text{ (m/s)}$
0,0084	2,81	2810	0,00043	0,002432	1,81	0,0080	0,031
$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	$y_n \text{ (m)}$	$B \text{ (m)}$	$R \text{ (m)}$	$U_0 \text{ (m/s)}$	$U_{cr} \text{ (m/s)}$		
0,0045	0,065	0,30	0,045	0,231	0,062		
$l$	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$	$C \text{ (m}^{1/2}/\text{s)}$	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	$Fr$			
0,0001	9,81	45,078	1000	0,289			



—▲ I Penurunan permukaan dasar pada pilar segiempat ujung bulat

Gambar 4. Penurunan dasar Pilar Segi Empat Ujung Bulat Tanpa Menggunakan Tirai

#### 4.2 Kondisi awal gerak butiran

Untuk kondisi awal gerak (*initiation of motion*), aliran di dalam flum dengan ketinggian tertentu diturunkan secara perlahan hingga mencapai kedalaman aliran 7 cm tetapi belum ada pergerakan butiran sedimen. Kemudian pada kedalaman 6.5 cm terlihat pergerakan butiran dasar secara acak keadaan ini menunjukkan adanya pergerakan butiran awal (Garde Raju, 1977), keadaan ini merupakan batas antara kondisi aliran *Clear Water Scour* dan *Live-Bed Scour*.

#### 4.3 Pengamatan penurunan dasar

Penurunan dasar dihitung menggunakan data kontur hasil pengukuran dengan menggunakan point gauge sejumlah 20 titik tegak lurus arah aliran dan 44 titik sejajar arah aliran. Total titik pengukuran adalah 880 titik, penurunan dasar dihitung dengan mengambil sampel titik-titik terjauh.

Dari Tabel 2. dapat diketahui bahwa kedalaman gerusan lokal maksimum mempunyai nilai sama yaitu 3.7 cm dan terjadi pada bagian hulu pilar. Tetapi, pada titik pengamatan

yang lainnya tidak sama, keadaan ini menunjukkan adanya perbedaan dinding pilar yang dapat mempercepat atau memperlambat pergerakan butiran dasar di sekitarnya.

Dari peneliti terdahulu juga menuliskan bahwa Pilar Segi Empat Ujung Bulat mempunyai nilai Faktor bentuk 0.92 (Hoffman dan Verheij, 1991), sehingga bila ditinjau angka hasil pengamatan mempunyai nilai kedekatan kedalaman gerusan lokal maksimum.

#### 4.4 Pengamatan gerusan lokal maksimum

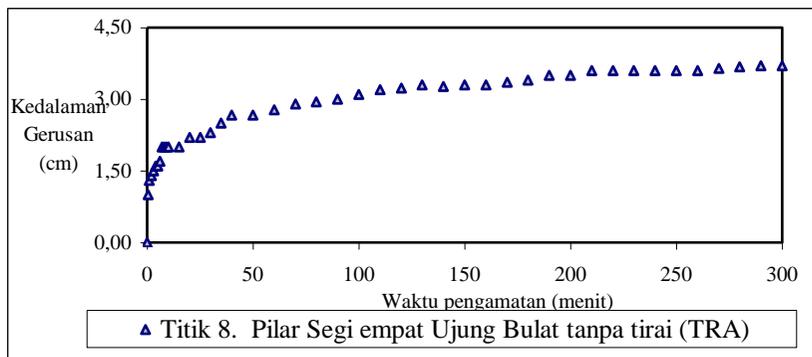
Pengamatan gerusan lokal maksimum dilakukan selama 300 menit dengan titik-titik pengamatan di sekeliling Pilar Segi Empat Ujung Bulat (tabel 2).

Dari Gambar 5. tampak penurunan permukaan dasar yang terjadi pada. Pilar Segi Empat Ujung Bulat. Keadaan ini disebabkan dinding Pilar Segi Empat Ujung Bulat yang lurus, mempercepat aliran sehingga butiran dasar yang bergerak ke arah hilir .

Tabel 2. Pengamatan kedalaman gerusan pilar Silinder dan Pilar Segi Empat Ujung Bulat

Kode	Titik Pengamatan Kedalaman Gerusan (cm)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
TRA	3.3	1.2	0.7	1.4	0.9	1.6	3.2	3.7

Keterangan : TRA ⇒ Pilar Segi Empat Ujung Bulat Tanpa tirai



Gambar 5. Perubahan gerusan lokal maksimum selama pengamatan 300 menit

4.5 Kedalaman gerusan relatif dan reduksi kedalaman gerusan relatif

Kedalaman gerusan relatif diperoleh dengan membagi kedalaman gerusan lokal maksimum dan rerata penurunan dasar dengan lebar pilar yaitu 4 cm. Gerusan lokal maksimum dihitung dengan asumsi bahwa gerusan lokal mulai terjadi pada saat permukaan air diturunkan hingga mencapai kedalaman aliran 6.5 cm, atau dapat dihitung penurunan gerusan lokal,  $d_s =$  tinggi permukaan dasar awal (15 cm.) - rerata penurunan dasar- pembacaan kedalaman gerusan lokal maksimum.

Hasil penelitian pada Tabel 3. dapat dilihat nilai reduksi gerusan lokal terbesar dicapai variasi tirai dan pilar T1R2A1, yaitu 68.64% dengan kedalaman gerusan lokal 3.39 cm atau kedalaman gerusan relatif 0.85, keadaan gerusan lokal tersebut dicapai pada saat terjadi penurunan dasar 0.04 cm atau penurunan dasar relatif 0.009.

Variasi T2R1A2, T2R1A4 dan T2R2A4 tidak mampu mereduksi gerusan lokal maksimum disebabkan penempatan tirai yang kurang tepat dan jarak antar tiang tirai yang tidak dapat mengurangi kecepatan aliran.

Selanjutnya pada Gambar 6 terlihat bahwa penurunan dasar pada pilar Segi Empat Ujung Bulat sedikit lebih dangkal pada tinggi tirai 3.6 cm dari permukaan dasar tetapi sedikit lebih dalam pada tinggi tirai 4.8 cm untuk pasangan Tirai-Pilar T1R2. Dengan pasangan yang sama pada tinggi tirai 3.6 cm gerusan lokal maksimum semakin dalam kemudian kembali mendekati sama pada kedalaman tirai 4.8 cm dan 7.0 cm.

Dari Gambar 6. terlihat pada pilar Segi Empat Ujung Bulat keadaan tersebut semakin bertambah kecuali pada pasangan tirai T2R1.

Tabel 3. Penurunan dasar dan gerusan lokal maksimum untuk Pilar Segi Empat Ujung Bulat

No	Variasi Tirai dan Pilar	Nilai Penurunan dasar (cm)	Nilai gerusan lokal maksimum (cm)	$\frac{d_{spd}}{D_p}$	$\frac{d_s}{D_p}$	Prosentase Reduksi Penurunan Dasar	Prosentase Reduksi Gerusan lokal
1	T R A	0.31	3.39	0.077	0.85		
2	T1R1A1	0.02	3.28	0.005	0.82	92.91%	3.32%
3	T1R2A1	0.04	1.06	0.009	0.27	88.15%	68.64%
4	T2R1A1	0.04	3.06	0.009	0.77	88.15%	9.65%
5	T2R2A1	0.03	2.97	0.007	0.74	90.46%	12.39%
6	T1R1A2	0.76	2.34	0.190	0.58	-145.91%	31.02%
7	T1R2A2	0.04	3.06	0.010	0.76	86.52%	9.80%
8	T2R1A2	0.05	3.45	0.013	0.86	83.54%	-1.73%
9	T2R2A2	0.71	1.39	0.176	0.35	-127.88%	58.86%
10	T1R1A3	0.90	1.20	0.224	0.30	-189.75%	64.51%
11	T1R2A3	0.64	3.36	0.161	0.84	-108.32%	1.04%
12	T2R1A3	0.47	2.83	0.117	0.71	-51.75%	16.52%
13	T2R2A3	0.92	1.58	0.230	0.40	-196.94%	53.37%
14	T1R1A4	0.03	1.61	0.008	0.40	90.00%	52.54%
15	T1R2A4	0.05	1.55	0.013	0.39	82.93%	54.37%
16	T2R1A4	0.03	3.66	0.008	0.91	90.18%	-7.94%
17	T2R2A4	0.19	3.50	0.049	0.87	37.28%	-3.11%
	Rerata	0.31	2.55	0.08	0.64	0.60%	26.45%

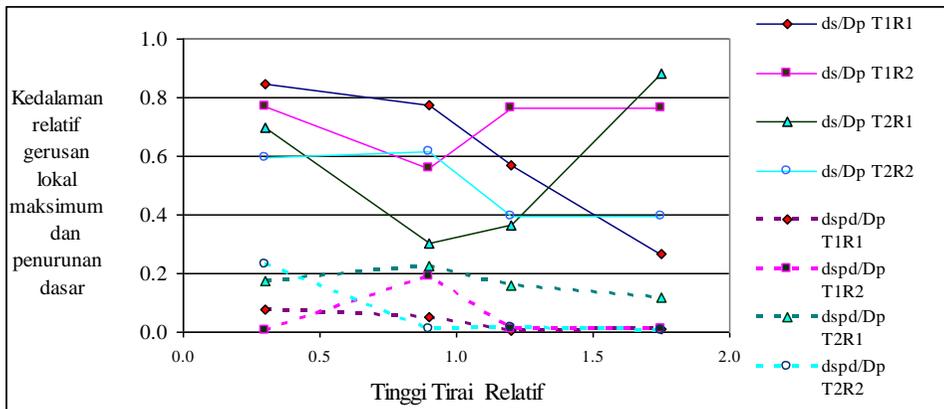
4.6 Perbandingan Hasil Penelitian di laboratorium dengan penelitian terdahulu

Perbandingan dilakukan dengan menghitung kedalaman gerusan lokal maksimum yang telah diteliti dengan jenis pilar tertentu dan penanggulangan gerusan tertentu. Dapat dilihat pada Gambar 7, hasil penelitian di laboratorium di bawah garis persamaan Breusers (1977) yang berarti bahwa hasil penelitian di laboratorium tersebut di bawah keadaan gerusan *equilibrium*.

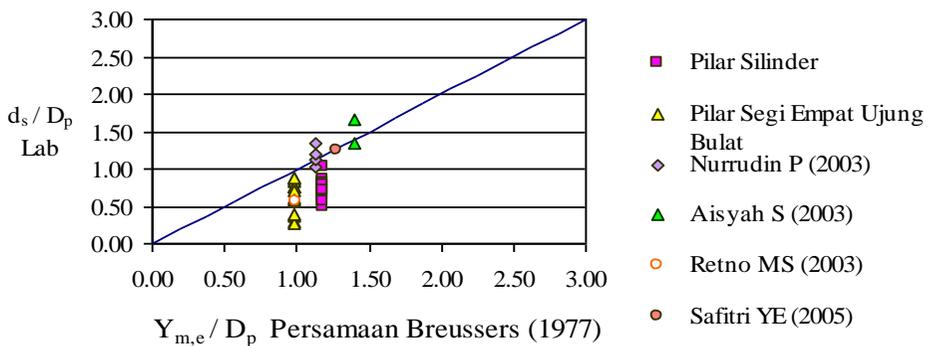
Pada Gambar 8 terlihat hampir sama dengan penggunaan persamaan Johnson (1992) tetapi jika diperhatikan lebih lanjut, terlihat sedikit perbedaan dimana pada tinggi tirai 1.2 cm terletak pada garis persamaan Johnson, yang

berarti bahwa hasil penelitian tersebut lebih mendekati keadaan gerusan lokal dengan kondisi *equilibrium*. Hasil penelitian di laboratorium rata-rata dibawah penelitian nilai gerusan lokal maksimum dari hasil penelitian terdahulu, yang berarti bahwa penelitian tersebut.

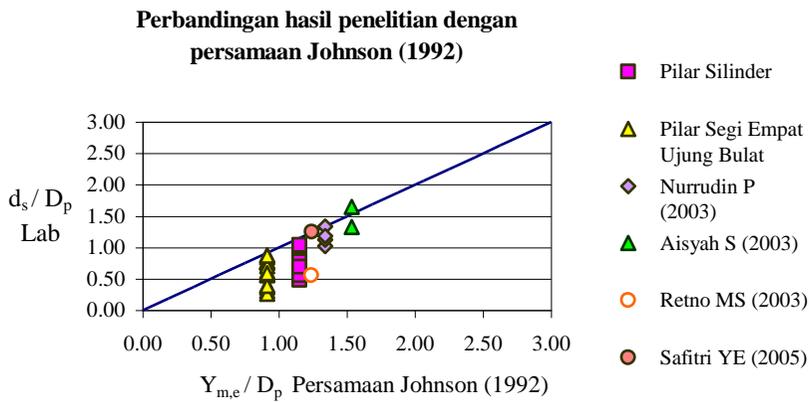
Penelitian yang dilakukan oleh Aisyah S.(2003) menunjukkan keadaan diatas kedalaman gerusan *equilibrium*, pada Safitri (2005) penelitian yang dilakukannya terletak pada kondisi gerusan *equilibrium* mempunyai kedalaman gerusan lokal maksimum rata-rata lebih dangkal dari hasil penelitian terdahulu.



Gambar 6. Grafik kedalaman relatif gerusan lokal maksimum dan pada saat terjadi penurunan dasar untuk pilar Segi Empat Ujung Bulat.



Gambar 7. Data hasil penelitian dibandingkan dengan Persamaan Breusers



Gambar 8. Data hasil penelitian dibandingkan dengan Persamaan Jhonson (1992)

Tabel 4. Perbandingan Hasil penelitian dengan penelitian terdahulu :

Peneliti	Aliran (Q) , Diameter Pilar (b) , Butiran dasar (d <sub>50</sub> )	Pilar dan Tipe Penanggulangan gerusan lokal	d <sub>s</sub> / b	Prosentase Reduksi
Aisyah, S (2004)	Q = 0.007 m <sup>3</sup> /s h <sub>0</sub> = 0.085 m b = 0.04 m d <sub>50</sub> = 0.0007 m G <sub>s</sub> = 2.83	Pilar Segi Empat Ujung Bulat tanpa tirai	1.65	-
Safitri, YE (2005)	Q = 0.012 m <sup>3</sup> /s h <sub>0</sub> = 0.075 m d <sub>50</sub> = 0.00043 m b = 0.04 m G <sub>s</sub> = 2.81	Pilar Segi Empat Ujung Bulat dan Tirai	1.25	23.07%
Hasil Penelitian di Laboratoriu m	Q = 0.0045 m <sup>3</sup> /s h <sub>0</sub> = 0.065 m d <sub>50</sub> = 0.00043 m b = 0.04 m G <sub>s</sub> = 2.81	Pilar Segi Empat Ujung Bulat Tanpa Tirai	0.85	-
		Pilar Segi Empat Ujung Bulat Dengan Tirai	0.27	68.64%

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

- 1) Nilai perubahan kedalaman dasar baik itu kedalaman gerusan lokal maksimum ataupun penurunan dasar yang terjadi adalah nilai relatif

terhadap lebar pilar yang digunakan.

- 2) Dari pengamatan kedalaman gerusan diketahui bahwa pasangan tirai dan Pilar Segi Empat ujung Bulat T1R1A4 mempunyai nilai kedalaman relatif gerusan lokal maksimum

paling kecil dari seluruh running Pilar Segi Empat Ujung Bulat yang menggunakan tirai yaitu sebesar 0.40, sedangkan nilai minimum penurunan dasar relatif dicapai TIRIA1 yaitu sebesar 0.01.

#### 5.2 Saran

- o Disarankan supaya peningkatan kuantitas penelitian pada gerusan lokal di sekeliling Pilar Jembatan dan usaha untuk mengurangi kedalaman gerusan lokal tersebut, sehingga akan diperoleh data yang lebih banyak lagi. Dengan demikian akan lebih bermanfaat di kemudian hari.
- o Penggunaan peralatan secara elektronik untuk pengukuran kedalaman gerusan lokal dan penurunan dasar juga dapat direkomendasikan untuk mendapatkan hasil data yang lebih baik.

#### 6. Daftar Pustaka

- Aisyah S, 2004, *Pola Gerusan Di Berbagai Bentuk Pilar, Akibat Adanya Variasi Debit*, Tugas Akhir, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Setyaningrum, R M, 2003, *Efektivitas Pemasangan Tirai Dan Penanganan Gerusan Lokal Di Sekitar Pilar Pada Kondisi Live Bed Scour*, Tugas Akhir, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- H.N.C Breussers and AJ Rudkivi , 1991, *Scouring*, A.A Balkema, Rotterdam
- Safitri YE, 2005, *Kajian Penggunaan Tirai Sebagai Upaya Pengendalian Gerusan Di Sekitar Pilar Jembatan Di Sungai*, Tesis, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Kironoto, B.A, 1977, *Diktat Kuliah Hidraulika Transpor Sedimen*, UGM Yogyakarta.