

PERENCANAAN DIMENSI HIDROLIS BANGUNAN PENGENDALI *Groundsill* PADA SUNGAI ULU GADUT, SUMATERA BARAT

Ika Sari Damayanthi Sebayang^{1*}, Tiara Rosa Andina²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknis, Universitas Mercu Buana

*Email: ikasari.damayanthi@mercubuana.ac.id

Abstrak

Groundsill adalah bangunan yang dibangun melintang sungai yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan arus dan meningkatkan laju pengendapan sedimen di bagian hulu *groundsill*. Perencanaan *groundsill* pada Sungai Ulu Gadut Kecamatan Pauh - Desa Limau Manis Selatan bertujuan untuk menstabilkan dasar sungai dan mencegah bangunan Bendung PDAM pada hilir *groundsill* dari kehancuran. *Groundsill* ini direncanakan dengan debit banjir periode ulang 50 tahun. Perhitungan curah hujan rencana dengan luas catchment 13.41 km² menggunakan hujan 15 tahun dari dua stasiun hujan menggunakan Metode Poligon Thiessen. Pemilihan jenis sebaran menggunakan metode distribusi Normal, Log normal, Gumbel, dan Log pearson tipe III dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50, dan 100 tahun. Analisis Q₅₀ dihitung menggunakan tiga metode yaitu metode Rasional, Weduwen, dan HSS Nakayasu. Hasil perhitungan Q₅₀ metode Weduwen sebesar 173.657 m³/det digunakan untuk perhitungan hidrolis *groundsill*. Hasil analisis hidrolis diperoleh tipe mercu ogee serta tipe kolam olak bak tenggelam dengan tebal lantai 1.30 m dan lebar efektif *groundsill* 19.5 m, tinggi *groundsill* diambil 1.5 m yang dianggap dapat mengamankan bendung PDAM yang berada ± 129 m di bagian hulu. Berdasarkan analisis stabilitas, *groundsill* stabil dan aman terhaap bahaya guling, geser dan daya dukung tanah.

Kata kunci: Degradasi, *Groundsill*, Mercu Ogee, Stabilitas *Groundsill*, Sungai Ulu Gadut

Abstract

Groundsill is a construction built across a river to reduce the flow velocity and increase the rate of sediment deposition at the upstream part of *groundsill*. *Groundsill* at Ulu Gadut, River Pauh Subdistrict - South Limau Manis Village is designed to stabilize the riverbed and prevent the PDAM's weir in downstream of it from destruction. It is designed for 50 years return period flood discharge. Design rainfall is calculated by Polygon Thiessen method using 15 years of rainfall datas from two rain stasions with catchment area 13.41 km². Four probability distributions, namely Normal, Log normal, Gumbel and Log Pearson type III were selected for frequency analysis of the precipitation data using return periods of 2, 5, 10, 25, 50, and 100 years respectively. Discharge analysis is calculated using Rasional, Weduwen, and HSS Nakayasu methods. Based on it, Q₅₀ uses Weduwen method that is 173.657 m³/sec for calculating the dimensions of hydraulic *groundsill*. The *groundsill* is designed using ogee spillway and type of stilling basin "bak tenggelam", the crest of *groundsill* is taken 1.5 m that best to secure the PDAM's weir as far as ± 129 m upstream *groundsill*. Based on stability analysis, the construction are stable and safe from overturning, sliding, and bearing capacity of soil.

Keywords: Degradation, *Groundsill*, Ogee Spillway, Stability of *Groundsill*, Ulu Gadut River

1. PENDAHULUAN

Sungai adalah suatu aliran drainase yang terbentuk secara alamiah, akan tetapi di samping fungsinya tersebut dengan adanya air yang mengalir didalamnya, sungai menggerus tanah dasarnya secara terus menerus sepanjang waktu (Suhardjo, 2008).

Menurut Faruque dan Hanna (2014) dalam Hughes (2004), gerusan adalah fenomena alam yang disebabkan oleh aliran air yang biasanya terjadi pada dasar sungai yang terdiri dari material alluvial namun terkadang dapat juga terjadi pada dasar sungai yang keras. Pengalaman menunjukkan bahwa gerusan dapat menyebabkan terkikisnya tanah di sekitar fondasi dari sebuah bangunan pada aliran air (Ariyanto, 2010). Gerusan biasanya terjadi sebagai bagian dari perubahan morfologi dari sungai dan perubahan akibat bangunan buatan manusia Faruque dan Hanna (2014) dalam Hughes (2004). Menurut Chabert dan Engeldinger (1956) dalam Breuser dan

Reudkivi (1991:61), proses gerusan dimulai pada saat partikel yang terbawa bergerak mengikuti pola aliran dari bagian hulu ke bagian hilir saluran.

Adanya bangunan air menyebabkan perubahan karakteristik aliran seperti kecepatan dan turbulensi sehingga menimbulkan perubahan transport sedimen dan terjadinya gerusan (Barokah dan Purwanto, 2014), (Massoudi, 1981). Degradasi dasar sungai umumnya merupakan akibat adanya erosi (gerusan) (Mugade dan Sapkale, 2015) dan sebagai perantara utama adalah air yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran. (Suhardjo, 2008)

Degradasi dasar sungai merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada bangunan sungai. Degradasi ini terjadi karena perubahan kecepatan, debit, waktu serta angkutan sedimen pada sungai. Makin lama terjadinya limpasan air dan makin besar debit aliran, maka makin besar degradasi yang terjadi. Degradasi menimbulkan berbagai masalah termasuk bahaya terhadap stabilitas berbagai pekerjaan yang dibangun di dasar sungai (Sayre dan Kennedy, 1978). Degradasi yang besar pada bangunan sungai dan penampang sungai dapat mengakibatkan banjir atau runtuhnya bangunan, serta menjadi salah satu faktor yang sangat menentukan terjadinya kerusakan pada bangunan sungai seperti jembatan, bangunan pengambilan, dll (Patanduk, Hatta, dan Mardiana, 2014).

DAS Batang Arau mengalir di sepanjang Kota Padang, Sumatera Barat yang sungai utamanya langsung bermuara ke Samudera Hindia. DAS Batang Arau memiliki luas ± 17.713 hektar yang tersebar di beberapa kecamatan di Kota Padang. Kondisi topografi DAS Batang Arau bervariasi, mulai dari 0 m dpl di bagian hilir sampai di atas 1.845 m dpl di bagian hulu DAS, dengan curah hujan yang tinggi pada hulu DAS yang mengindikasikan potensi run-off yang mungkin terjadi cukup besar dan terjadinya kerusakan hutan yang mengakibatkan tingginya laju erosi serta degradasi pada dasar sungai (PT. Mitraplan Enviratama, 2014).

Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan suatu penanganan berupa bangunan pengendali sebagai usaha untuk mencegah dan mengurangi kerugian yang diakibatkan oleh adanya proses degradasi yang membahayakan bangunan infrastruktur di sepanjang sungai. Penulis mengambil lokasi penelitian pada DAS Batang Arau Hulu, Sungai Ulu Gadut tepatnya di Kecamatan Pauh - Desa Limau Manis Selatan, di mana pada lokasi tersebut terdapat bangunan Bendung PDAM yang rentan terhadap bahaya degradasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengumpulan Data

Sebagian besar data sekunder didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Sumatera V selaku owner dari proyek. Data – data sekunder yang digunakan dalam perencanaan ini adalah peta topografi dengan skala 1 : 250.000 dan data curah hujan 15 tahun (tahun 2002 sampai tahun 2016) yang berasal dari Stasiun yaitu Stasiun Ladang Padi dan Stasiun Batu Busuk. berasal dari Stasiun yaitu Stasiun Ladang Padi dan Stasiun Batu Busuk.

2.2 Analisis Dan Perhitungan

2.2.1 Curah Hujan Rencana

Pada analisa ini, diperoleh dengan menghitung data curah hujan 15 tahun dari 2 stasiun dengan menggunakan Metode *Poligon Thiessen* dengan persamaan :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + A_3 R_3 + \dots + A_N R_N}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_N} \quad (1)$$

Keterangan :

- \bar{R} = Curah hujan maksimum rata – rata (mm)
- R_1, R_2, \dots, R_N = Besarnya curah hujan pada masing – masing stasiun (mm)
- A_1, A_2, \dots, A_N = Luas areal poligon (Km²)

2.2.2 Analisis Frekuensi

Dilakukan dengan beberapa metode yaitu distribusi normal, log normal, gumbel, dan log pearson tipe III dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun.

2.2.3 Analisis Debit Banjir Rencana

Untuk perhitungan debit banjir rencana dilakukan dengan 3 metode yaitu metode Rasional, Weduwen, dan HSS Nakayasu. Berdasarkan kriteria pemilihan kala ulang banjir rancangan, maka dipilih Q_{50} metode Weduwen.

Tabel 1 Kriteria pemilihan kala ulang banjir rancangan

No	Jenis Bangunan Air	Kala Ulang Banjir T (tahun)
1.	Bendung urugan tanah/batu	1000
2.	Bendung beton/batu kali	500-1000
3.	Bendung	50-100
4.	Saluran pengelak banjir	20-50
5.	Tanggul sungai	10-20
6.	Drainase saluran di sawah/pemukiman	5-10

2.2.4 Analisis Hidrolis *Groundsill*

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Untuk perencanaan dimensi *groundsill*, dipakai KP-02 sebagai acuan dalam perencanaan.

2.2.5 Analisis Stabilitas *Groundsill*

Analisis tersebut bertujuan untuk meninjau stabilitas *groundsill* terhadap gaya-gaya yang bekerja pada bangunan saat sungai kondisi air normal dan air banjir apakah stabil dan aman terhadap bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap analisis dibagi menjadi 4 tahap, yaitu tahap analisis hidrologi untuk mencari besarnya debit, tahap analisis hidrolis *groundsill* untuk dimensi penampang, analisis stabilitas *groundsill* dan kontrol stabilitas *groundsill*. Tahap analisis hidrologi bertujuan untuk mendapatkan debit banjir rencana, analisis hidrolis sungai untuk mendapatkan dimensi penampang yang sesuai dengan kondisi sungai serta analisis stabilitas dan kontrol stabilitas untuk meninjau stabilitas *groundsill* terhadap gaya-gaya yang bekerja pada bangunan saat sungai kondisi air normal dan air banjir apakah stabil dan aman terhadap bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah.

3.1 Analisis Hidrologi

Analisa hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perencanaan bangunan-bangunan hidraulik. Analisa hidrologi merupakan bagian yang penting karena akan sangat mempengaruhi analisa - analisa selanjutnya. Analisis hidrologi terdiri dari curah hujan rata - rata DAS, perhitungan intensitas curah hujan, analisis debit banjir rencana (Putra, Prabowo, Wahyuni, dan Falah, 2015).

Penelitian ini menggunakan metode Poligon Thiessen untuk mendapatkan curah hujan rencana dengan menggunakan data hujan 15 tahun (2002-2016) dari dua stasiun hujan yang berpengaruh yaitu stasiun Ladang Padi dan stasiun Batu Busuk. Berikut adalah hasil perhitungan metoda Poligon Thiessen :

Tabel 2 Hasil perhitungan hujan wilayah rerata metode Poligon Thiessen

Tahun	Curah Hujan Tahunan Maksimum		Hujan x Luas		Hujan Kawasan Rerata (mm)
	Ladang Padi	Batu Busuk	Ladang Padi	Batu Busuk	
2002	110	145	1461.68	17.69	110.32
2003	105	155	1395.24	18.91	105.45
2004	95	155	1262.36	18.91	95.55
2005	96	193	1275.648	23.55	96.88
2006	155	155	2059.64	18.91	155.00
2007	75	175	996.60	21.35	75.91
2008	80	155	1063.04	18.91	80.68
2009	145	87	1926.76	10.61	144.47
2010	109	56	1448.39	6.83	108.52
2011	118	115	1567.98	14.03	117.97
2012	117	145	1554.70	17.69	117.25
2013	125	169	1661.00	20.62	125.40
2014	125	133	1661.00	16.23	125.07
2015	76	191	1009.89	23.30	77.05
2016	118	199	1567.98	24.28	118.74

Tahapan selanjutnya yaitu melakukan perhitungan analisis frekuensi dengan menggunakan beberapa metode yaitu metode distribusi Normal, Gumbel, Log normal, dan Log pearson tipe III dengan periode ulang 2, 5, 10, 25, 50 atau 100 tahun. Dari hasil analisis frekuensi dilakukan uji distribusi probabilitas menggunakan metode Chi Kuadrat dan metode Smirnov Kolmogorov untuk menentukan metode yang tepat dalam perhitungan analisis debit rencana. Hasil dari uji distribusi probabilitas didapatkan metode Gumbel dapat mewakili untuk perhitungan debit banjir rencana. Hasil uji distribusi masing – masing metode perhitungan hujan rencana terlampir pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi hasil uji distribusi probabilitas

No.	Periode Ulang (Tahun)	Hujan Rancangan (mm)			
		Metode Distribusi Probabilitas			
		Normal	Gumbel	Log pearson tipe III	Log normal
1	2	110.28	108.02	106.99	109.18
2	5	129.57	129.16	132.48	129.52
3	10	139.67	141.84	149.36	140.78
4	25	149.46	155.29	170.68	153.23
5	50	157.35	167.09	186.50	161.49
6	100	163.78	177.34	202.20	169.02
UJI CHI-KUADRAT					
Chi–Kuadrat Hitung (χ^2)		2.00	2.00	2.00	11.33
Chi–Kuadrat Kritis (χ^2_{cr})		5.991	5.991	5.991	5.991
HIPOTESA		OK	OK	OK	NOT OK
SMIRNOV – KOLMOGOROV					

No.	Periode Ulang (Tahun)	Hujan Rancangan (mm)			
		Metode Distribusi Probabilitas			
		Normal	Gumbel	Log pearson tipe III	Log normal
Smirnov-Hitung (Δp mak)		0.39	0.10	0.08	0.09
Smirnov – Kritis (Δp kritis)		0.34	0.34	0.34	0.34
HIPOTESA		NOT OK	OK	OK	OK

Perhitungan debit banjir rencana dihitung dengan menggunakan metode Rasional, Weduwen, dan HSS Nakayasu. Berdasarkan kriteria pemilihan kala ulang pada Tabel 1 maka dipilih metode Weduwen periode ulang 50 = 173.657 m³/dt untuk perhitungan analisis hidrolis *groundsill*. Perhitungan debit banjir menggunakan metode – metode tersebut, terlampir seperti Tabel 4.

Tabel 4 Hasil hitungan debit banjir rencana dari ketiga metode (m³/dt)

Metode	Periode Ulang					
	2	5	10	25	50	100
Rasional	53.200	65.874	74.264	84.867	92.732	100.539
Weduwen	52.435	77.911	102.475	141.362	173.657	208.095
Nakayasu	77.913	96.474	108.763	124.290	135.809	147.243

3.2 Analisis Hidrolis *Groundsill*

Analisis ini terbagi menjadi 3 tahapan yaitu perhitungan dimensi hidrolis *groundsill*, analisis stabilitas *groundsill*, dan kontrol stabilitas *groundsill*. Perhitungan dimensi hidrolis *groundsill* menggunakan acuan perhitungan sesuai dengan KP 02. Hasil perhitungan dimensi *groundsill* terlampir pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil perencanaan dimensi hidrolis *groundsill*

Hasil Dimensi Hidrolis	
Elevasi dasar sungai	336.58 m
Q50	173.657 m/dt ³
Be	19.5 m
Tinggi mercu (P)	1.5 m
Jenis mercu	Mercu Ogee
H1 (Tinggi energi di atas mercu)	2.5 m
Hd (Tinggi air di atas mercu)	1.857 m
Tinggi muka hulu banjir	339.937 m
Tinggi muka air hilir banjir	339.318 m
Tipe peredam energi	Bak Tenggelam

Tebal kolam olak	1.3 m
Panjang lantai muka	12 m
Tebal <i>Rip rap</i>	1.2 m
Panjang <i>Rip rap</i>	3.2 m
<i>Back Water</i>	70.77 m

3.3 Analisis Stabilitas

Analisis tersebut bertujuan untuk meninjau stabilitas *groundsill* pada saat sungai kondisi air normal dan air banjir rencana. Analisisnya meliputi :

- a. Analisis gaya-gaya vertikal, meliputi :
 - Akibat berat bangunan *groundsill*.
 - Gaya angkat (*uplift pressure*).
- b. Analisis gaya-gaya horizontal, meliputi :
 - Tekanan hidrostatik (normal dan banjir).
 - Tekanan tanah aktif dan pasif.
 - Gaya akibat tekanan lumpur.
 - Gaya akibat gempa.

Tabel 6 Rekapitulasi gaya pada *groundsill* kondisi air normal

Faktor Gaya	Gaya		Momen	
	H (ton)	V (ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
Berat Konstruksi	-	-59.687	-	-327.583
Gaya Gempa	16.116	-	39.664	-
Gaya Hidrostatik	1.125	-0.758	5.119	-6.893
Gaya Uplift	2.981	27.478	5.087	131.633
Tekanan Tanah	-12.968	-	-12.884	-
Tekanan Lumpur	0.594	-0.682	2.703	-6.205
Jumlah	$\Sigma RH = 7.848$	$\Sigma RV = -33.649$	$\Sigma MH = 39.688$	$\Sigma MV = -209.048$

Tabel 7 Rekapitulasi gaya pada *groundsill* kondisi air banjir

Faktor Gaya	Gaya		Momen	
	H (ton)	V (ton)	Guling (Tm)	Tahan (Tm)
Berat Konstruksi	-	-59.687	-	-327.583
Gaya Gempa	16.116	-	39.664	-
Gaya Hidrostatik	1.125	-30.585	5.119	-123.027
Gaya Uplift	-0.594	32.025	2.339	157.771
Tekanan Tanah	-12.968	-	-12.884	-
Tekanan Lumpur	0.594	-0.682	2.703	-6.205
Jumlah	$\Sigma RH = 4.272$	$\Sigma RV = -58.930$	$\Sigma MH = 36.940$	$\Sigma MV = -299.043$

3.4 Kontrol Stabilitas *Groundsill*

- Kontrol stabilitas pada kondisi air normal

a. Stabil terhadap guling

Menghitung stabil terhadap guling dengan persamaan:

Diterima 12/04/2019, Direvisi 24/04/2019, Disetujui untuk publikasi 07/05/2019.

Diterbitkan oleh Program Studi Teknik Sipil, UTA⁴⁵ Jakarta, ISSN: 2502-8456 (media *online*)

$$SF = f \cdot \frac{\sum MV}{\sum MH} \geq 1.50 \tag{2}$$

$$SF = 0.5 \cdot \frac{209.048}{39.688} \geq 1.50$$

$$SF = 2.63 \geq 1.50 \text{aman}$$

b. Stabil terhadap geser

Menghitung stabil terhadap geser dengan persamaan:

$$SF = f \cdot \frac{\sum RV}{\sum RH} \geq 1.50 \tag{3}$$

$$SF = 0.5 \cdot \frac{33.649}{7.848} \geq 1.50$$

$$SF = 2.14 \geq 1.50 \text{aman}$$

c. Stabil terhadap daya dukung tanah

- **Eksentrisitas**

Panjang mercu sampai kolam olak = B = L = 8.1 m, dengan menggunakan persamaan:

$$e = \frac{8.1}{2} - \left(\frac{209.048 - 39.688}{33.649} \right) = -0.98 \text{ m}$$

$$\text{Syarat : } e < 1/6 \cdot L = e < 1/6 \cdot 8.1 = 1.35 \text{ ...OK}$$

- **Tekanan tanah**

Perhitungan tekanan tanah menggunakan persamaan :

$$\sigma_{\min} = \frac{33.649}{8.1} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot (-0.98)}{8.1} \right) = 1.13 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ OK}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{33.649}{8.1} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot (-0.98)}{8.1} \right) = 1.13 \text{ t/m}^2 < 20 \text{ t/m}^2 \text{ OK}$$

• **Kontrol stabilitas pada kondisi air banjir**

a. Stabil terhadap guling

Menghitung stabil terhadap guling dengan persamaan :

$$SF = f \cdot \frac{\sum MV}{\sum MH} \geq 1.25 \tag{4}$$

$$SF = 0.5 \cdot \frac{299.043}{36.940} \geq 1.25$$

$$SF = 4.05 \geq 1.25 \text{aman}$$

b. Stabil Terhadap Geser

Menghitung stabil terhadap geser dengan persamaan :

$$SF = f \cdot \frac{\sum RV}{\sum RH} \geq 1.25 \quad (5)$$

$$SF = 0.5 \cdot \frac{58.930}{4.272} \geq 1.25$$

$$SF = 6.90 \geq 1.25 \text{aman}$$

c. Stabil Terhadap Daya Dukung Tanah

- Eksentrisitas

B = L = 8.1 m, dengan menggunakan persamaan :

$$e = \frac{8.1}{2} - \left(\frac{299.043 - 36.940}{58.930} \right) = -0.40 \text{ m}$$

Syarat : $e < 1/6 \cdot L = e < 1/6 \cdot 8.1 = 1.35 \text{ ..OK}$

- Tekanan tanah

Perhitungan tekanan tanah menggunakan persamaan :

$$\sigma_{\min} = \frac{58.930}{8.1} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot (-0.40)}{8.1} \right) = 5.13 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ OK}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{58.930}{8.1} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot (-0.40)}{8.1} \right) = 9.42 \text{ t/m}^2 < 20 \text{ t/m}^2 \text{ OK}$$

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan analisis, maka dapat disimpulkan bahwa faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan bangunan pengendali *groundsill*, yaitu lokasi *groundsill*, kemiringan sungai, pemilihan tipe bangunan, kestabilan bangunan terhadap bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah.

Proses perhitungan dimensi *groundsill* dimulai dari pengumpulan data seperti data curah hujan harian minimal 10 tahun dan peta topografi dengan skala 1 : 250.000. Selanjutnya menghitung analisis hidrologi untuk mendapatkan debit banjir periode ulang yang digunakan untuk perhitungan analisis dimensi hidrolis *groundsill*. Terakhir dilakukan perhitungan analisis stabilitas *groundsill* apakah *groundsill* stabil dan aman terhadap bahaya guling, bahaya geser, dan daya dukung tanah dasar.

Berdasarkan hasil analisis hidrologi, diambil debit maksimum periode ulang 50 tahun metode Weduwen sebagai debit banjir rencana sebesar 173.657 m³/det.

Perencanaan *groundsill* Sungai Ulu Gadut direncanakan menggunakan mercu ogee dan peredam energi bak tenggelam karena tipe tersebut dipandang cocok digunakan pada *groundsill* Sungai Ulu Gadut untuk menghindari kerusakan pada lantai kolam olak akibat bongkahan batu yang terbawa pada saat terjadi banjir ataupun sedimen-sedimen yang ada.

Tinggi muka air banjir maksimum di atas mercu *groundsill* adalah 1.857 m, tinggi energi di atas mercu adalah 2.50 m, dan lebar efektif *groundsill* (Be) adalah 1.95 m. Tebal lantai kolam olak didapatkan 1.30 m dan panjang lantai muka rencana *groundsill* 12 m serta dampak adanya *groundsill* ini menimbulkan *back water* sepanjang 70.77 m.

Dari hasil analisis stabilitas dengan pertimbangan beban – beban yang bekerja, dapat diketahui bahwa konstruksi *groundsill* aman terhadap bahaya guling, geser, dan daya dukung tanah.

4.2 Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lagi menggunakan desain model kombinasi lainnya karena untuk perencanaan *ground sill* sendiri belum terdapat acuan perencanaan. Dengan demikian nantinya didapat perencanaan yang lebih ekonomis dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, A. 2010. Analisis Bentuk Pilar Jembatan Terhadap Potensi Gerusan Lokal. *Jurnal Analisis Bentuk Pilar Jembatan*. 2(1): 41-51.
- Barokah, I. dan D. Purwanto. 2014. Pengaruh Variasi Debit Aliran terhadap Gerusan Maksimal di Bangunan Jembatan dengan Menggunakan Program HEC-RAS. *Jurnal Inersia*. 10(2): 175-184.
- Breusers, H.N.C., and Raudkivi, A.J. 1991. Scouring. *IAHR Hydraulic Structure Design Manual*. Rotterdam: A.A. Balkema.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2004. *Perencanaan teknis bendung pengendali dasar sungai*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 02*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum Jakarta. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan 06*. Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum Jakarta. Jakarta.
- Faruque, M. A. A. dan F. Hanna. 2014. Scour Caused by Three-Dimensional Submerged Square Wall Jet: Sand Deposition in Scour Hole and Ridge. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 4(1): 1-6.
- Hughes, S. A. 2004. *Design of Maritime Structures, Scour and scour protection*. US Army Corps of Engineers. US Army Engineer Research and Development Center. Mississippi.
- J.Patanduk., M.P.Hatta., Mardiana. 2014. Studi Eksperimen degradasi Dasaar Sungai pda Hilir Bangunan. *Jurnal Teknik Sipil Fakultas tteknik Universita Hasanuddin*. <http://repository.unhas.ac.id/handle/123456789/969>. 27 September 2018 (18.46).
- Kamiana, I. M. 2011. *Teknik Perhitungan Debit rencana Bangunan Air*. Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Massoudi, H. 1981. Hydraulics of river bed degradation, Willow Creek, Iowa. *Disertasi*. Water Resources Sanitary Engineering Iowa State University. Ames, Iowa.
- Mugade, U. R. dan J. B. Sapkale. 2015. Influence of Aggradation and Degradation on River Channels : A Review. *International Journal of Engineering and Technical Research*. 3(6) : 209-212.
- PT. Mitraplan Enviratama. 2014. *Studi Komprehensif Aliran Sungai Batang Arau*. Halaman 2-1 – 2-14. Bandung.
- Putra, I. R., I. A. Prabowo., S. E. Wahyuni., A. Falah. 2015. Perencanaan *Groundsill* di Sungai Senjoyo Kabupaten Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 4(4): 293-303.
- Sayre, W.W. dan J. F. Kennedy. 1978. Degradation and Aggradation of The Missouri River. *Iowa Conservation Commission*. 23-25 January: 1-61.
- Standar Nasional Indonesia 3. 2008. *Tata cara perhitungan tinggi muka air sungai dengan cara pias berdasarkan rumus Manning*. Badan Standarisasi Nasional.
- Suhardjo, Imam. 2008. Degradasi Dasar Sungai. *Journal Teodolita*. 9(1).