

PEMBUATAN LAPISAN PELINDUNG (*ARMOURING*) SEBAGAI BAHAN PEMBENTUK STABILITAS DASAR PERMUKAAN SUNGAI

Cahyono Ikhsan

Fakultas Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta . Email: cahyono1970@yahoo.co.id

Abstract: Gradation of sediment grains moving at the bottom of the channel or river with a variety of material sizes lead to selective erosion processes during the flow process, which allows the basic layer structure changes. Formation of a layer of natural armor can maintain the shape of the basic configuration of the river, but how the process of forming a layer of armor, as well as changes in the structure of the constituent layers of the surface roughness to be something that is important to the achievement of this research. The research was conducted in the laboratory using the main Hydraulics of sediment-recirculating flume made of plexiglass dimensionless width of 0.60 m, 10.00 m long, 0.45 m high and the slope of which can be set to 3%. Flume is equipped with two pumps that discharge capacity up to 150 l / sec. The material used is mixed with a composition of 70% gravel, 30% sand. Running is done on a constant discharge, either at the time of discharge flow and low flow high flow, and for every ranning there are 3 phases which equilibrium, phase armor. Instruments used include digital currentmeter, point gauge meters, feeder sediment, sediment trap, and aided software surfer 8.0. These results we can describe the armouring process is based on the flow conditions and the behavior of moving sediment, which is expressed by a change in the structure of the base layer and the base surface topography changes. So it can be concluded that the presence of sediment moving layer structure resulted in the formation of armouring layers that affect the stability and safety of the base channel erosion and degradation.

Keywords: armouring, degradation, grain grading, flume experiments, the basic stability

Abstrak: Gradasi butir sedimen yang bergerak di dasar saluran atau sungai dengan berbagai variasi ukuran material menyebabkan terjadinya proses *selective erosion* selama proses aliran, yang memungkinkan terjadi perubahan struktur lapisan dasarnya. Terbentuknya lapisan *armour* secara alamiah dapat mempertahankan bentuk konfigurasi dasar sungai tersebut, namun bagaimana proses pembentukan lapisan *armour*, perubahan struktur lapisan penyusunnya serta kekasaran permukaannya menjadi sesuatu yang penting pada pencapaian tujuan penelitian ini. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Hidraulika menggunakan perangkat utama *sediment-recirculating flume* terbuat dari *plexiglass* berdimensi lebar 0,60 m, panjang 10,00 m, tinggi 0,45 m serta kemiringan dasar yang dapat diatur hingga 3%. *Flume* ini dilengkapi dua pompa yang berkapasitas debit sampai dengan 150 l/dt. Material yang dipakai dicampur dengan komposisi 70% gravel, 30% pasir. *Running* dilakukan pada debit konstan, baik pada saat debit aliran *low flow* maupun *high flow*, dan untuk setiap *ranning* terdapat 3 fase yaitu *fase equilibrium*, *fase armour*. Instrumen yang digunakan antara lain *digital currentmeter*, *point gauge meter*, *sediment feeder*, *sediment trap*, dan dibantu *software surfer 8.0*. Hasil penelitian tersebut dapat menggambarkan proses terjadinya *armouring* didasarkan pada kondisi aliran dan perilaku sedimen dasar bergerak, yang dinyatakan dengan adanya perubahan struktur lapisan dasar dan perubahan topografi permukaan dasar. Jadi dapat disimpulkan bahwa adanya sedimen dasar yang bergerak pada struktur lapisan mengakibatkan terbentuknya lapisan *armouring* yang berpengaruh pada stabilitas dasar saluran dan aman terhadap bahaya erosi dan degradasi.

Kata kunci : *armouring*, degradasi, gradasi butir, eksperimen flume, stabilitas dasar

PENDAHULUAN

Banyak para pakar yang sudah membahas fenomena angkutan sedimen bedload yang dicampur dengan butir halus pada flume (misalnya Parker, 1990; Wathen et al., 1995; Wilcock dan McArdell, 1993). Biasanya riset-riset mempelajari kondisi yang *equilibrium* dan

lebih sedikit memperhatikan faktor degradasinya. Dalam beberapa penelitian , yang menjadi dominan pada umum adalah tentang banyaknya sedimen yang terangkut, diutarakan oleh (Tait et al,1992; Proffitt dan Sutherland, 1983), serta dinamika pengkasaran sedimen yang terjadi pada dasar permukaan,

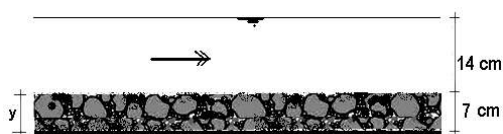
(Sutherland, 1987) menggunakan distribusi ukuran *bedload* untuk menggambarkan proses pembentukan *armouring*. Hassan dan Church (2000) menemukan bahwa pembentukan struktur *armouring* selama degradasi dipengaruhi secara langsung oleh gerakan *bedload* yang terangkut dan *grain size*.

Penelitian ini mengamati proses terjadinya *armouring* didasarkan pada kondisi aliran dan perilaku sedimen dasar yang bergerak, dimana sedimen yang terangkut akan mengalami proses pensortiran alami selama proses terjadinya degradasi.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Hidraulika dengan menggunakan perangkat utama *sediment-recirculating flume*, sedangkan sebagai bahan sedimen berdasarkan klasifikasi ukuran butiran menurut *American Geophysical Union (AGU)*. *Sediment-recirculating flume* merupakan bagian utama dari peralatan penelitian yang berdimensi lebar = 0,60 meter, panjang = 10,00 meter dan tinggi = 0,45 meter.

Pada setiap *running* terdiri 2 fase dalam satu debit konstan yaitu *fase equilibrium*, *fase armour*. Pada eksperimen flume ini dilakukan 2 *running* dengan kemiringan dasar 1% dan 1,5%. Namun untuk *running* ini disajikan pada kemiringan dasar 1,5%, kedalaman aliran 14 cm, tebal lapisan dasar 7 cm dan debit konstan 40 l/s, gambar 1. Data ini diambil dari analisis hitungan awal rumus MPM.



Gambar 1. Tebal lapisan dasar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian pendahuluan

Sebelum melakukan penelitian pendahuluan di *flume*, terlebih dahulu dilakukan analisis awal perhitungan tebal lapisan *armouring*. Beberapa rumus yang dipakai untuk menentukan ukuran diameter butir.

1. Schoklitsch
Schoklitsch merumuskan persamaan diameter butir material *armouring* yang akan terangkut :

$$S = \left[\left(\frac{0,00021 \cdot dm \cdot B}{Q} \right) \right]^{3/4} \text{ atau } dm = \frac{4762 \cdot S^{4/3} \cdot Q}{B} \quad (1)$$

2. MPM
Persamaan Meyer Peter Muler (MPM) untuk material yang terangkut pada kemiringan dasar tertentu dirumuskan :

$$S = \frac{0,19}{R} \left\{ \left(\frac{n}{d90^{1/6}} \right)^{1,5} \right\} dm \quad (2)$$

pada persamaan tersebut dapat dicari besarnya ukuran diameter butir yang akan terangkut;

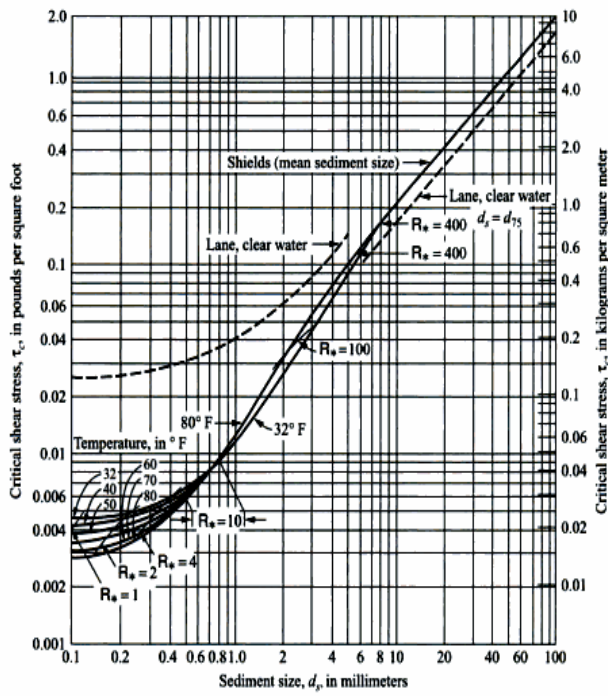
$$dm = \frac{5,26 \cdot S \cdot R}{\left(\frac{n}{d90^{1/6}} \right)^{1,5}} \quad (3)$$

3. Tegangan geser kritis
 $\tau = \rho g \cdot R \cdot S$ (4)

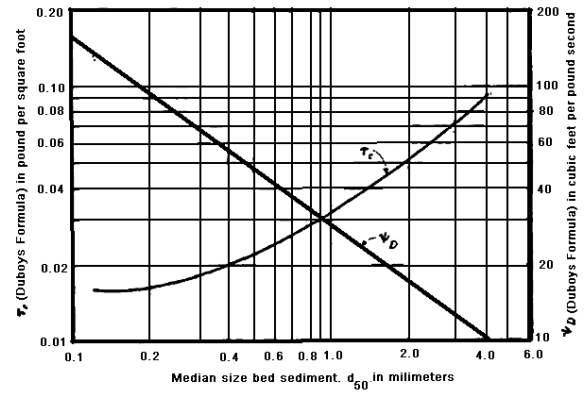
Hubungan tegangan geser kritis (τ) dengan diameter butir ditunjukkan pada grafik Shields gambar 2 dan grafik Du Boys gambar 3.

Pada Tabel 1 berikut menunjukkan perhitungan analisis awal diameter lapisan *armoring* pada *flume* untuk tegangan geser pada grafik Shields dengan kemiringan (S_0) 0,010.

Sedangkan hasil analisis hitungan awal diameter butir penyusun lapisan *armouring* secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar 4 yaitu grafik diameter kritis butir sedimen dengan berbagai variasi kemiringan dasar.



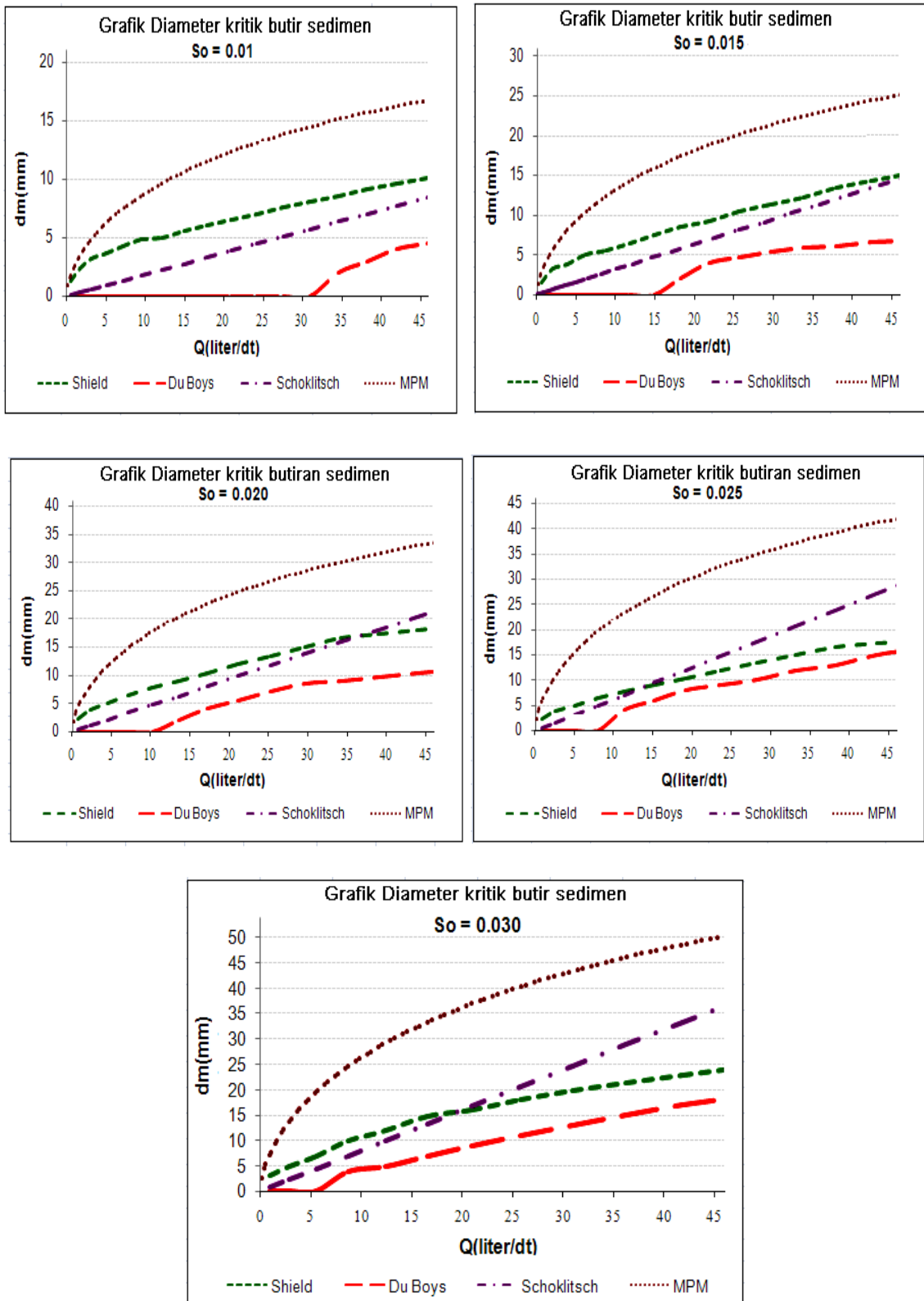
Gambar 2. Tegangan geser kritis grafik Shields



Gambar 3. Tegangan geser kritis grafik Du Boys

Tabel 1. Perhitungan analisis awal diameter lapisan (grafik shields)

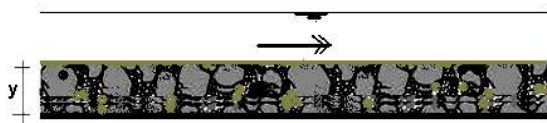
The content of this table is obscured by a large black redaction box.



Gambar 4. Grafik diameter butir lapisan *armouring* terhadap debit dengan variasi kemiringan dasar (So)

4. Tebal lapisan *armouring*

Tebal lapisan dasar ditunjukkan pada gambar 4 dan dirumuskan sebagai berikut



Gambar 5. Tebal lapisan dasar

$$Y_a = y \cdot (\text{del.P}) \quad (5)$$

dengan :

$[\text{del.P}]$ = prosentase material *armoring* lebih besar dari analisis saringan.

y_a = diameter pembentuk lapisan *armouring* (dikalikan 1 s/d 3)

y = tebal lapisan dasar

Dari pembacaan pada gambar 3, untuk debit konstan 40 l/s dengan variasi kemiringan, ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tebal lapisan *armouring*

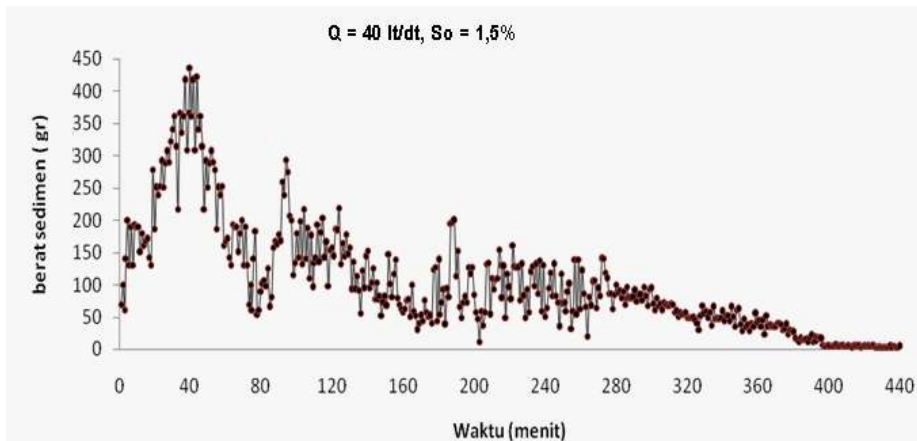
No	Kemiringan Dasar (%)	Formula	Diameter (mm)	y_a (mm)	del.P	y (mm)
1	1	Shields	9	18	0.68	26
		MPM	15	30	0.66	45
		Du Boys	4	8	0.71	11
		Schoklitsch	8	16	0.7	23
2	1,5	Shields	13	26	0.67	39
		MPM	22	44	0.63	70
		Du Boys	7	14	0.7	20
		Schoklitsch	14	28	0.67	42
3	2,0	Shields	17	34	0.65	52
		MPM	31	62	0.59	105
		Du Boys	10	20	0.68	29
		Schoklitsch	18	36	0.65	55
4	2,5	Shields	22	44	0.63	70
		MPM	39	78	0.55	142
		Du Boys	14	28	0.67	42
		Schoklitsch	25	50	0.6	83
5	3,0	Shields	25	50	0.6	83
		MPM	46	92	0.54	170
		Du Boys	25	50	0.6	83
		Schoklitsch	32	64	0.58	110

HASIL PENELITIAN

Hasil pengamatan dan analisis data eksperimen flume pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengamatan penelitian pendahuluan

Running	1		2	
Pengambilan data	9 Mei 2011		25 Juni 2011	
Total waktu (menit)	486		444	
Debit (Q) m ³ /dt	0.04	0.04	0.04	0.04
debit (q) m ² /dt	0.067		0.067	
Kemiringan dasar (So) %	0.01		0.015	
Inflow sedimen (Qs) g/mt	100		100	
Ts (inflow) menit	continue		continue	
Ws (sedimen output total) gr	42043.307		45658.91	
Fase	Equilibrium	Armor	Equilibrium	Armor
Ws(sedimen output) gr	37327.46	4715.847	39467.3	6191.61
h (tinggi air di atas bedload) m	0.14	0.14	0.14	0.14
R (jari-jari hidraulik) m	0.096	0.096	0.096	0.096
U (m/dt)	0.47	0.47	0.47	0.47
Fr	0.398	0.398	0.398	0.398
n (Manning)	0.045	0.045	0.055	0.055

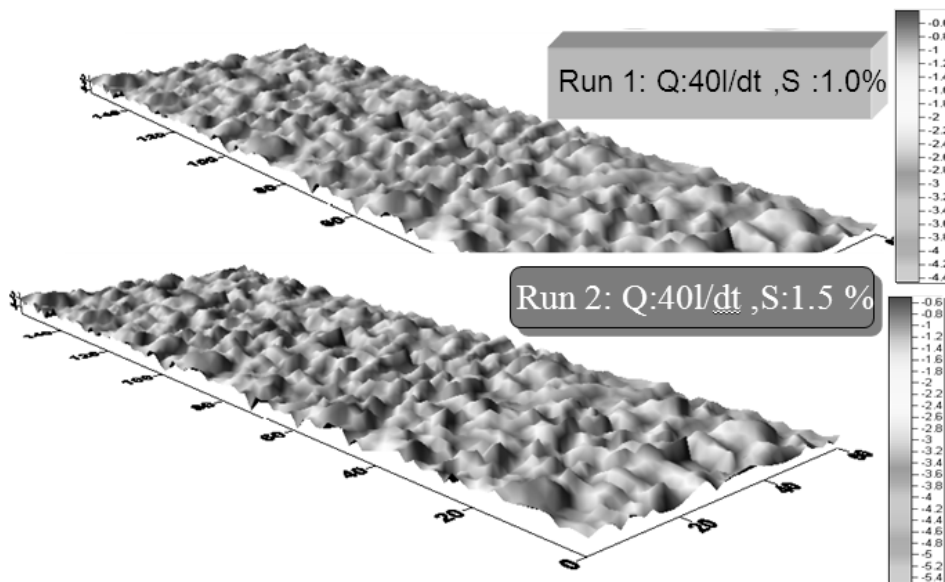


Gambar 6. Sedimen yang terangkut

Pada grafik tersebut kondisi *equilibrium* yaitu keseimbangan rata-rata antara jumlah sedimen yang terangkut (*outflow*) dengan sedimen yang dimasukkan (*inflow*), terjadi pada menit ke 220 sampai dengan menit 280. Selanjutnya *inflow* sedimen dihentikan, maka sedimen yang tertangkut semakin berkurang hingga mencapai 1% dari berat awal sedimen *inflow*. Pada kondisi tersebut, sedimen yang

tertinggal merupakan lapisan *armouring* dan tercapai pada menit ke 400 sampai dengan *running* dihentikan.

Pada pengamatan elevasi permukaan dasar dilakukan dengan membuat *grid* pada area 1 cm x 1 cm dengan alat *point gauge* dan selanjutnya dianalisis dengan *software sufer 8*, gambar 7.



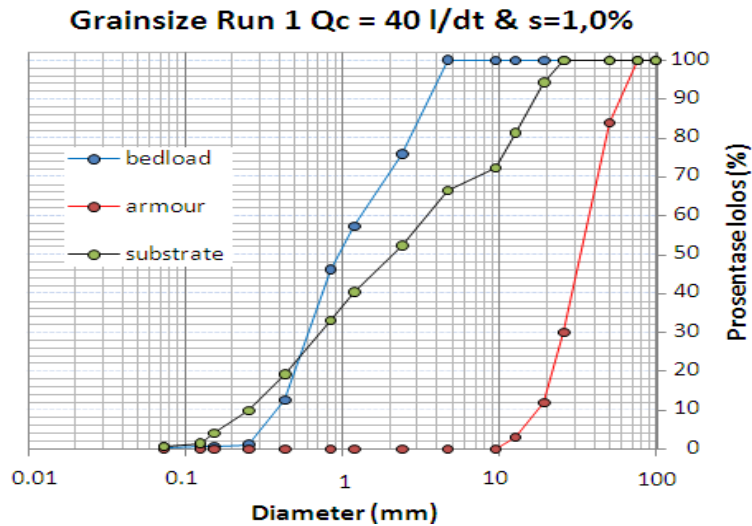
Gambar.7. Permukaan dasar (topografi S_o : 1% dan topografi S_o : 1,5%)

Pada eksperimen tersebut diperoleh tebal lapisan *armouring* berturut-turut 44 mm pada S_o 1% dan 54 mm pada S_o 1,5%.

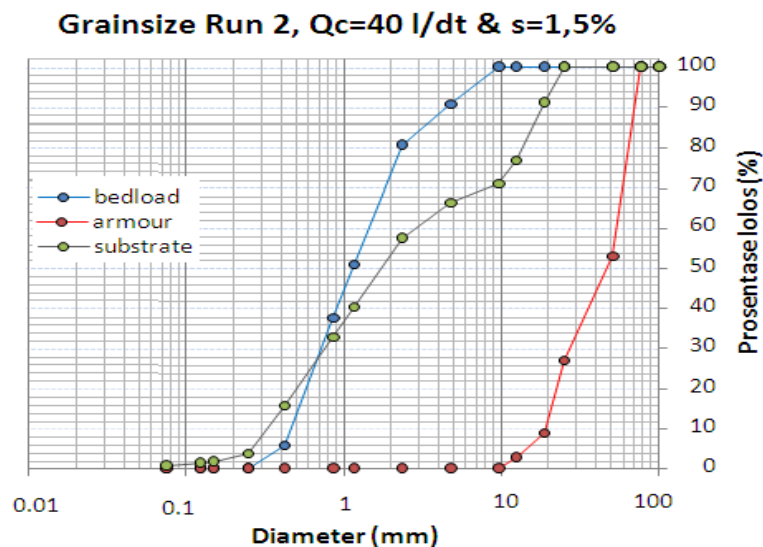
Sedangkan pada analisis perhitungan awal diperoleh besarnya degradasi dasar 30 mm pada S_o 1% dan 44 mm pada S_o 1,5%.

Sistim lapisan dasar yang terbentuk pada tiap-tiap kemiringan dasar (So) dapat diketahui dari distribusi *grain size* sampel yang diambil dari sedimen tertinggal di *flume* dan *bedload* yang tertangkap di hilir. Pada sistem lapisan dasar

tersebut dikelompokkan pada tiga bagian berbeda yaitu sedimen yang terangkut (*bedload*), *armour layer* dan *substrate layer*, gambar 8 dan 9.

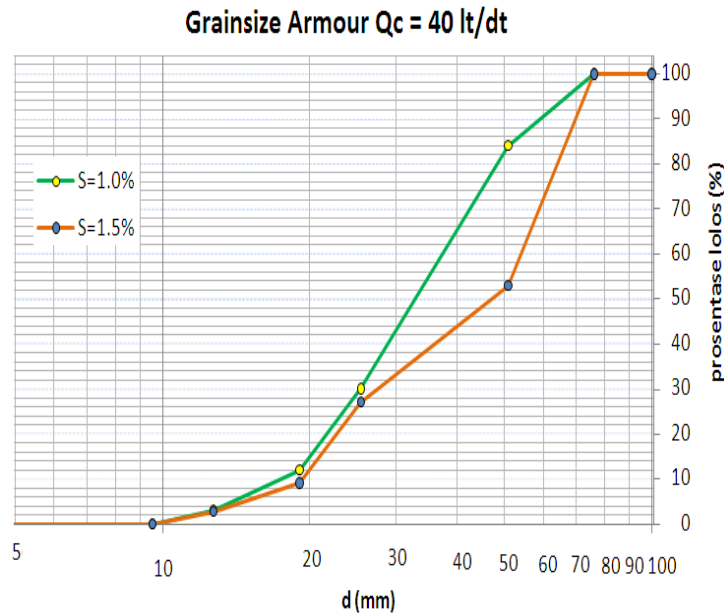


Gambar 8. Grain size sistim lapisan sedimen



Gambar 9. Grain size sistim lapisan sedimen

Lapisan *armouring* pada *running* 1 dan 2 dikelompokkan pada distribusi *grain size*, gambar 910.



Gambar 10. Grain size lapisan armouring

KESIMPULAN

Penelitian tersebut berhasil menggambarkan kondisi yang hampir sama antara analisis tebal lapisan armouring dengan hasil eksperimen di laboratorium dengan flume pada proses pembentukan lapisan *armouring*. Walaupun demikian, peristiwa secara detail tentang angkutan sedimen yang terjadi dan karakteristik pembentukan lapisan *armouring* menunjukkan perilaku yang berbeda karena dipengaruhi oleh kemiringan dasar saluran dan intensitas sebaran serta kekasaran dasarnya.

Adapun proses armouring adalah apabila suatu kapasitas transpor sedimen melampaui suplai sedimen dari hulu saluran, maka keseimbangan transpor sedimen akan terjadi dengan cara mengambil material dari saluran itu sendiri. Pada kondisi ini saluran akan mengalami degradasi. Karena ukuran sedimen tidak seragam, maka butir halus akan terangkut terlebih dahulu dari pada butir

yang kasar, sampai tidak ada lagi sedimen yang terangkut, dengan demikian dasar saluran menjadi lebih kasar. Proses pengkasaran dasar akan berlangsung terus-menerus maka permukaan yang kasar sehingga lapisan tersebut melindungi sedimen yang halus di bawahnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hassan, M.A. and Church, M. (2000) Experiments on surface structure and partial sediment transport on a gravel bed. *Water Resources Research*, 36(7).
- Parker, G. (1990). Surface-based bedload transport relation for gravel rivers. *Journal of Hydraulic Research*, 28, 417-436.
- Proffitt, G.T., and Sutherland, A.J. (1983). Transport of non-uniform sediment. *Journal of Hydraulic Research*, 21, 3343.
- Sutherland, A.J. (1987) Static armour layers by selective erosion. *Sediment Transport in Gravel-Bed Rivers*, C.R. Thorne et al., Wiley, Chichester, 243-60.

- Tait, S.J. and Willetts B.B (1991) Characterisation of armoured bed surfaces, *Proc. Int. Grain Sorting Seminar, Zurich*.
- Wathen, S.J., Ferguson, R.1., Hoey, T.B., and Werritty, A. (1995). Unequal mobility of gravel and sand in weakly bimodal river sediments. *Water Resources Research*, 31, 2087-2096.
- Wilcock, P.R. and SouTI-IxARn, J.B. (1989) Bed load transport of mixed size sediment: fractional transport rates, bed forms, and the development of a coarse bed surface layer. *Water Resources Research*, 25 (7), 1629 - 1641, July.
- Wilcock, P.R., and Mcardell, B.W. (1993). Surface based fractional rates: mobilization thresholds and partial transport of a sand-gravel sediment. *Water Resources Research*, 29, 1297-1312.

