

PENYELIDIKAN POLA ALIRAN
EMBUNG SAMIRAN DENGAN UJI MODEL HIDROLIK FISIK

Dyah Ari Wulandari *), K i r n o **)

Abstract

Samiran Dam is located in Grawah river, Boyolali Regency, Central Java Province. The aim of Samiran Dam is for service water supply. The hydraulic model test are conducted for clarifying the appropriateness of hydraulic design, to perfect and optimize the hydraulic design of the spillway. One of the main objective is to study the flow pattern approaching spillway, at spillway, stilling bazin and river in the downstream of the stilling bazin.

The detail model is made as three dimensional model, covering the part of reservoir, spillway, stilling bazin and river in the downstream of spillway. The hydraulic model test was carried out in The Hydraulic Laboratory of Experimental Station for River in Surakarta.

Base on the study result then there are necessary to modified design of the stilling bazin and to add ground sill construction at the river in the downstream of the stilling bazin.

Key word : Model Hidrolik Fisik, Pola Aliran

Pendahuluan

Embung Samiran terletak di sungai Grawah, Dukuh Tretes Desa Samiran Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali. Tujuan pembangunan embung ini adalah untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat dan mensuplai Instalasi Pengolahan Air (IPA) di Wonopedut. Dengan dibangunnya Embung Samiran ini diharapkan akan bisa menampung air selama musim hujan dan air tanah di sekitarnya akan dapat terjaga sehingga hutan - hutan dapat dikembangkan lagi, yang pada akhirnya hutan - hutan tersebut dapat ikut berperan dalam melestarikan sumber - sumber air yang ada. Selain itu fungsi Embung Samiran adalah untuk meningkatkan pendapatan penduduk dengan cara budidaya perikanan pada areal genangan Embung dan dapat juga digunakan sebagai pengembangan areal pariwisata di daerah Desa Samiran Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali.

Untuk memberikan saran teknis demi kesempurnaan desain dipandang dari segi hidrolis baik untuk bangunan pelimpah maupun bangunan lainnya maka dilaksanakanlah pekerjaan uji model hidrolis fisik Embung Samiran. Sedang maksud uji model hidrolis fisik Embung Samiran adalah:

1. Menyelidiki kapasitas pelimpah (membuat lengkung debit)
2. Mengetahui pola aliran, mulai dari bagian hulu embung, aliran masuk ke pelimpah, pada pelimpah, saluran luncur (*chuteway*), kolam peredam energi dan pada sungai di hilirnya kolam olakan.
3. Mengamati tinggi muka air, kecepatan aliran pada tempat-tempat yang dianggap perlu.
4. Mengamati tekanan positif/negatif pada pelimpah bagian hilir.
5. Menyelidiki kapasitas debit *intake*
6. Mengetahui daya bilas kantong lumpur
7. Mengetahui gerusan lokal pada sungai di hilir embung

Dalam tulisan ini hanya membahas pola aliran yang terjadi.

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil FT Undip

**) Peneliti Puslitbang SDA, Balitbang PU

Untuk keperluan uji model hidrolis fisik (UMHF) Embung Samiran dibuat model tiga dimensi tanpa distorsi (*undistorted model*), yaitu model dengan skala vertikal dan horisontal sama (1:25). Model dibuat di laboratorium lapangan Balai Sungai Surakarta. Bangunan yang dimodelkan meliputi sebagian reservoir, spillway, kolam olakan dan sebagian sungai di hilir kolam olakan.

Data Teknis Embung Samiran

- Luas DAS mulai dari embung ke hulu : 3,33 km²
- Debit aliran sbb:

Tabel 1. Data debit untuk aliran uji model hidrolis - fisik

Periode ulang (tahun)	Debit banjir (m ³ /dt)	Debit rencana (m ³ /dt)
2	26,01	30,00
5	29,41	30,00
10	37,00	40,00
25	40,12	45,00
50	43,62	45,00
100	45,96	50,00
200	50,00	50,00
1000	52,51	55,00

- Lebar pelimpah embung (B) = 10,00 m, terdiri dari 2 lubang, tiap lubang lebarnya 5,00 m dan 1 pilar dengan tebal 1,00 m
- Tinggi bendung (P) = 15,00 m
- Panjang lantai depan (apron) = 22,50 m
- Panjang lantai kolam olakan = 12,00 m
- Type mercu bendung Ogee
- Kemiringan bendung bagian hulu 1:0,33
- Kemiringan bendung bagian hilir 1:1
- Diameter pipa pengambilan 0,40 m
- Lebar pintu pengambilan 0,40 m dan tinggi bukaan pintu pengambilan 0,40 m
- Panjang pipa pengambilan 88,53 m
- Elevasi mercu pelimpah embung + 1.460,50 m
- Elevasi dasar sungai +1.445,50 m
- Elevasi dasar pintu +1.446,50 m

- Rencana elevasi air di hulu bendung (Q100th) + 1.462,20 m
- Free board 1,00 m
- Elevasi atas abutment 1.463,20
- Lebar jembatan 3,00 m
- Tebal tiang jembatan 1,00 m
- Jumlah tiang jembatan 1 buah

Studi Pustaka

Yang dimaksud pengamatan pola aliran adalah mengamati bentuk dan arah aliran yang terjadi untuk setiap aliran debit. Pola aliran ini memberikan prediksi pada tempat/lokasi di mana terjadi arus primer /sekunder, sehingga secara dini dapat direncanakan untuk melindunginya.

Pada pengamatan pola aliran diperlukan peralatan dan bahan yang terdiri dari :

1. Benda apung, dengan $\pm 1/3$ bagian berada di atas permukaan air, biasanya bentuk bundar, untuk mengimbangi aliran. Benda apung tidak mudah menyerap air dan tidak mudah rusak, dilengkapi dengan pemberat sesuai kebutuhan.
2. Meteran dengan panjang minimum selebar penampang melintang.
3. Zat pewarna dan alat untuk menuangkan zat pewarna. Zat pewarna harus mudah larut dalam air secara homogen dengan warna kontras, contoh : thodamine, cat tembok.
4. Alat hitung data dan alat gambar.

Tahap pelaksanaan pengukuran pola aliran berdasarkan SNI, 1994 adalah sebagai berikut :

1. Persiapan pengukuran, dengan meletakkan papan bantu atau jembatan kecil untuk melepaskan benda apung atau zat pewarna pada setiap penampang melintang yang akan diamati dan diukur. Meteran direntangkan pada tiap penampang melintang sehingga angka-angka pada meteran mudah dibaca, dengan titik nol meteran pada patok penampang melintang sebelah kiri arah aliran. Sementara itu zat pewarna dilarutkan dengan air pada ember atau sejenisnya.
2. Pengukuran aliran permukaan dengan benda apung. Terlebih dahulu ditentukan titik-titik pada penampang melintang awal, minimum 3 titik. Benda apung pada titik yang telah ditentukan perlahan-lahan dilepaskan, kemudian baca dan catat jarak benda apung dari patok kiri pada penampang melintang berikutnya. Pada penampang melintang yang terjadi pengumpulan arah aliran, ditambah titik-titik pengukurannya. Pengukuran dan pengamatan dilakukan hingga batas akhir model.
3. Pengukuran aliran utama dengan zat pewarna. Zat pewarna dituangkan selebar penampang melintang dengan waktu yang sama dan tidak menimbulkan gelombang yang mempengaruhi aliran. Baca dan catat posisi warna tercepat pada setiap penampang melintang. Ulangi penuangan zat pewarna pada tempat yang sudah tidak dapat diamati. Pengukuran diulangi dan dilakukan

dengan cara yang sama hingga batas-batas yang ditentukan pada model.

4. Pengukuran aliran putar dan sejenisnya dengan zat pewarna. Tempat tempat di mana terdapat aliran putar dan sejenisnya dilihat dan dituangkan zat pewarna pada awal terjadinya arus. Ukur panjang aliran putar searah dengan aliran mulai awal berputarnya hingga akhir putaran. Ukur lebar aliran putar, searah dengan penampang melintang, dari tepi air hingga batas terjadinya putaran. Pengukuran dilakukan pada semua tempat yang terdapat arus yang dimaksud.

Hasil Dan Pembahasan

Model Seri I (tes desain)

Model seri I adalah semua kondisi bangunan Embung Samiran dan bangunan penunjang lainnya dibuat sesuai dengan dimensi desain yang telah disajikan oleh PT. Virama Karya cabang Semarang April 2009.

Tujuannya adalah untuk menguji hidrolis secara vertikal maupun horisontal Embung Samiran akibat adanya aliran debit yang direncanakan (dari debit 10 – 55 m³/det), sehingga dari hasil pengaliran ini dapat diketahui kekurangan atau kelebihan dari desain Embung Samiran. Apabila terjadi kekurangan maka perlu diadakan modifikasi bentuk/dimensi bangunan untuk penyempurnaan desain

Kondisi model fisik, semua dimensi bangunan sesuai dengan gambar desain Embung Samiran dibagi skala model yang telah ditentukan baik vertikal maupun horisontal. Pada model seri I ini, model dibuat dengan dasar tetap (*fixed bed model*) dan pengujian pola aliran dilakukan dengan menggunakan zat pewarna.

Pada uji model seri I ini pola aliran dapat dibagi menjadi tiga zona, yaitu di hulu mercu, pada kolam olakan dan pada sungai asli di hilir kolam olakan.

1. zona di hulu mercu, dari pengaliran debit kecil sampai besar, cenderung aliran lambat dan tidak membahayakan tebing. (lihat Gambar 1)



Gambar 1. Bentuk pola aliran di hulu mercu embung

2. Pada kolam olakan: untuk setiap perubahan debit aliran mempunyai bentuk aliran yang berbeda, terutama panjang loncatan dan keseragaman arah aliran. Bila aliran debit lebih kecil $30 \text{ m}^3/\text{det}$, pada bagian kiri di kolam olakan terjadi aliran putar, terutama tepat di hilir *out flow* saluran bilas. Loncatan air tidak seragam, bagian kanan lebih panjang. Untuk aliran debit lebih besar $30 \text{ m}^3/\text{det}$: selebar kolam olakan aliran seragam, hanya tinggi dan panjang loncatan tidak sama, bagian kanan lebih besar. (lihat Gambar 2 sampai dengan Gambar 8)



Gambar 2 Bentuk pola aliran di kolam olakan pada debit $55 \text{ m}^3/\text{det}$, Seri I (Tes desain)



Gambar 3 Bentuk pola aliran di kolam olakan pada debit $50 \text{ m}^3/\text{det}$, Seri I (Tes desain)



Gambar 4 Bentuk pola aliran di kolam olakan pada debit $45 \text{ m}^3/\text{det}$, Seri I (Tes desain)



Gambar 5 Bentuk pola aliran di kolam olakan pada debit $40 \text{ m}^3/\text{det}$, Seri I (Tes desain)



Gambar 6 Bentuk pola aliran di kolam olakan pada debit $30 \text{ m}^3/\text{det}$, Seri I (Tes desain)



Gambar 7 Bentuk pola aliran di kolam olakan pada debit $20 \text{ m}^3/\text{det}$, Seri I (Tes desain)



Gambar 8 Bentuk pola aliran di kolam olakan pada debit $10 \text{ m}^3/\text{det}$, Seri I (Tes desain)

Secara khusus dan detail panjang dan tinggi loncatan air pada kolam olakan diamati dan ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 2..Panjang dan tinggi loncatan air pada UMHF seri I

DEBIT (m ³ /det)	Panjang loncatan (LJ) (m)			Tinggi loncatan		
	Kiri	tengah	kanan	kiri	tengah	kanan
10	0,00	0,00	0,00	1444,97	1445,22	1445,17
20	4,50	5,50	6,00	1446,09	1446,42	1446,64
30	6,25	9,75	10,75	1446,59	1446,98	1446,86
40	9,75	10,25	11,50	1447,15	1447,50	1447,40
45	10,00	10,75	11,75	1447,70	1447,85	1447,93
50	10,75	11,75	12,00	1447,88	1448,31	1448,30
55	11,75	14,00	15,00	1448,49	1449,53	1449,54

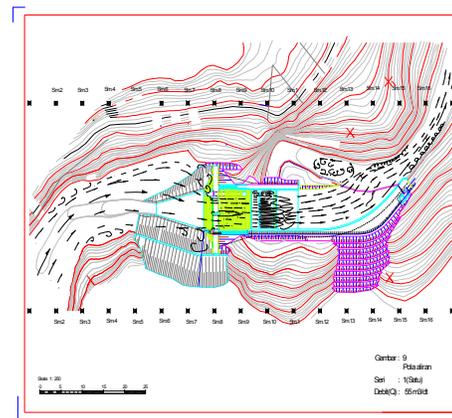
Dalam pengamatan ini panjang loncatan air bervariasi sesuai debit aliran. Dari pengamatan uji model fisik didapatkan bahwa panjang loncatan untuk debit 55 m³/dt lebih panjang dari dimensi panjang kolam olakan desain (panjang kolam olakan menurut desain 10,50 m) maka perlu adanya modifikasi panjang kolam olakan. Selain itu panjang dan tinggi loncatan (peredaman enersi di kolam olak) ini juga akan berpengaruh pada pola aliran di bagian hilir kolam olak.

1. Pola aliran pada sungai di hilir kolam olakan; untuk setiap debit aliran terjadi aliran spiral dengan kecepatan tinggi, hal ini sangat berbahaya terhadap tebing maupun dasar sungai. Di bagian hilir kolam olakan diperlukan bangunan perlindungan tebing maupun dasar sungai. (lihat Gambar 9)



Gambar 9. Bentuk pola aliran di hilir kolam olakan (sungai asli)

Dari hasil pengamatan pola aliran dapat digambarkan pola aliran dari hulu mercu embung sampai hilir kolam olak dengan berbagai variasi nilai debit, sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 10 berikut :

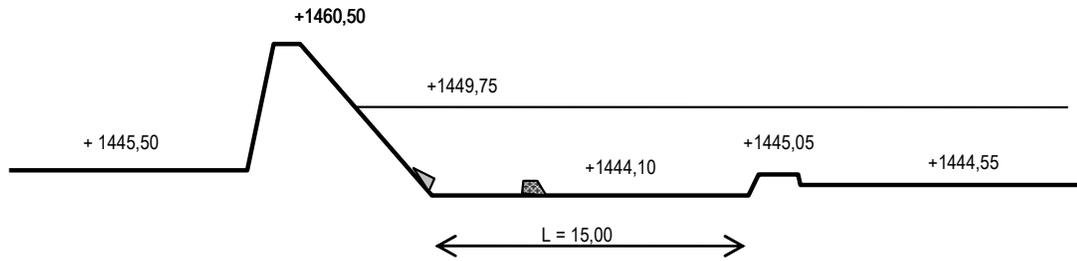


Gambar 10 Bentuk pola aliran dari hulu mercu embung sampai hilir kolam olak pada debit 55 m³/det, Seri I

2. Model Seri II
Model Seri II adalah modifikasi desain berdasarkan hasil uji model hidrolis fisik (UMHF) seri I. Berdasarkan hasil uji model seri I, jatuhnya loncatan air berada di hilir *endsill*, sehingga dimensi kolam olakan perlu dimodifikasi, diperpanjang sehingga diharapkan jatuhnya loncatan air berada di kolam olakan. Modifikasi seri II adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Modifikasi Seri II

Nama bangunan	Desain (seri I)	Modifikasi Seri II
Panjang kolam olakan (m)	10,50	15,00
Elevasi <i>endsill</i>	+1444,55	+ 1445,05
Elevasi lantai hilir <i>endsill</i>	+1444,55	+1444,55



Gambar 11. Modifikasi desain kolam olakan pada Model Seri II

Tujuan model seri II adalah harapan jatuhnya loncatan air untuk segala debit aliran berada di kolam olakan sehingga bisa meredam enersi aliran. Kondisi model dibuat *fix bed*.

Pada uji model seri II, penyelidikan pola aliran serta panjang dan tinggi loncatan pada kolam olakan dilakukan dengan debit aliran 30 m³/det, 40 m³/det, 45 m³/det, 50 m³/det, dan 55 m³/det.

Dari uji model hidrolis fisik didapatkan bahwa dengan dinaikannya elevasi *endsill* 0,50 m (dari +1444,55 menjadi +1445,05), bentuk pola aliran di kolam olakan untuk debit lebih kecil 45 m³/det terjadi aliran balik terutama di kolam olakan bagian kiri (Gambar 12 dan 13)



Gambar 12. Pola aliran di kolam olakan pada UMHF seri II, debit

45 m³/det



Gambar 13. Pola aliran di kolam olakan pada UMHF seri II, debit 50 m³/det

Hasil pengamatan panjang dan tinggi loncatan air pada UMHF seri II dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Panjang dan tinggi loncatan air pada UMHF seri II

DEBIT (m ³ /det)	Panjang loncatan (LJ)			Tinggi loncatan		
	Kiri	tengah	kanan	kiri	tengah	kanan
10	0,00	0,00	0,00	1445,86	1446,01	1446,01
20	5,25	6,00	6,25	1446,01	1446,02	1446,08
30	5,25	6,50	7,75	1446,11	1446,31	1446,75
40	5,25	8,00	9,75	1446,18	1446,81	1447,66
45	7,50	11,00	11,25	1446,46	1447,99	1448,06
50	9,50	12,00	13,25	1447,93	1448,23	1448,63
55	13,00	15,00	15,00	1448,52	1449,21	1449,58

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa panjang dan tinggi loncatan air bervariasi, loncatan air untuk debit yang paling besar (55 m³/det) jatuh tepat di akhir kolam olak (panjang loncatan air 15 m).

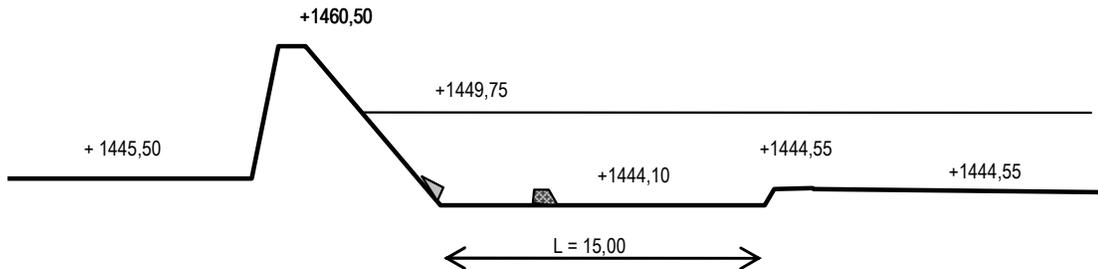
3. Model Seri II A

Model Seri II A adalah modifikasi desain kolam olakan, berdasarkan UMHF Seri II pola aliran di kolam olakan untuk debit < 45 m³/det pada bagian kiri terjadi aliran balik, untuk menghilangkan aliran balik elevasi *endsill* dicoba

diturunkan menjadi + 1444,55 m. Modifikasi seri II A adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Modifikasi Seri II A

Nama bangunan	Desain (Seri I)	Modifikasi Seri II A
Panjang kolan olakan	10,50 m	15,00 m
Elevasi <i>endsill</i>	+1444,55	+1444,55
Elevasi lantai hilir <i>endsill</i>	+1444,55	+1444,55
Elevasi kolam olakan	+1444,10	+1444,10



Gambar 14. Modifikasi desain kolam olakan pada Model Seri II A

Tujuan model seri II A adalah, menyeragamkan pola aliran dan menghilangkan aliran balik pada kolam olakan terutama pada bagian kiri. Kondisi model dibuat *fix bed*,

Pada uji model seri II A, penyelidikan pola aliran serta panjang dan tinggi loncatan pada kolam olakan dilakukan dengan debit aliran 10 m³/det, 20 m³/det, 30 m³/det, 40 m³/det, 45 m³/det, 50 m³/det, dan 55 m³/det.

Dengan dikembalikan elevasi *endsill* pada elevasi +1444,55, dari uji model hidrolis fisik didapatkan bentuk pola aliran di kolam olakan untuk debit lebih kecil 30 m³/det terjadi aliran balik terutama di kolam olakan bagian kiri (Gambar 15), dan untuk debit aliran > 40 m³/det pola aliran sudah tidak terjadi aliran balik tetapi lapisan air yang berada di kolam olakan dianggap kurang tebal (lapisan air sebagai bantalan jatuhnya air terjun akibat loncatan air). (lihat Gambar 16 sampai 18)



Gambar 15. Pola aliran di kolam olakan pada UMHF seri II A, debit 30 m³/det



Gambar 16. Pola aliran di kolam olakan pada UMHF seri II A, debit 45 m³/det



Gambar 17. Pola aliran di kolam olakan pada UMHF seri II B, debit 40 m³/det



Gambar 18. Pola aliran di kolam olakan pada UMHF seri II B, debit 20 m³/det

Hasil pengamatan panjang dan tinggi loncatan air pada UMHF seri II A dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Panjang dan tinggi loncatan seri IIA

DEBIT (m ³ /det)	Panjang loncatan (LJ)			Tinggi loncatan		
	Kiri	tengah	kanan	kiri	Tengah	kanan
10	0,00	0,00	0.00	1444,98	1445,21	1445,21
20	5,25	6,50	7.00	1445,86	1446,50	1446,03
30	7,25	8,25	10.50	1446,33	1446,91	1446,79
40	8,75	10,50	11.50	1447,38	1447,78	1448,16
45	9,75	12,50	13.50	1447,71	1447,80	1447,86
50	12,25	13,00	14.75	1448,04	1448,53	1449,12
55	11,50	14,75	15.00	1448,33	1448,94	1449,41

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa panjang dan tinggi loncatan air bervariasi, loncatan air untuk debit yang paling besar (55 m³/det) jatuh tepat di akhir kolam olak (panjang loncatan air 15 m).

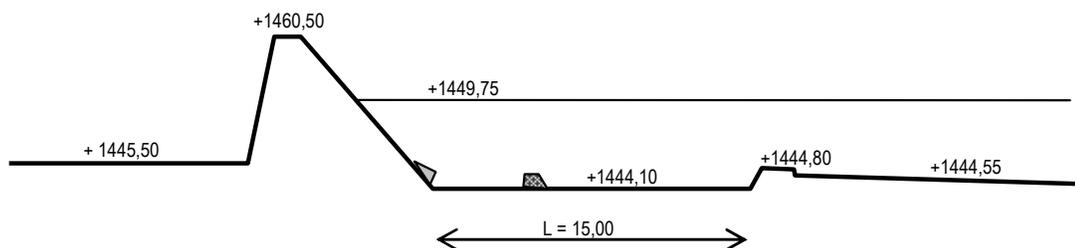
di kolam olakan untuk debit < 30 m³/det pada bagian kiri terjadi aliran balik, untuk menghilangkan aliran balik elevasi *endsill* dicoba dinaikan menjadi + 1444,80 m. Modifikasi seri II B adalah sbb:

4. Model Seri II B

Model Seri II B adalah modifikasi desain kolam olakan, berdasarkan UMHF Seri II A pola aliran

Tabel 7. Modifikasi Seri II B

Nama bangunan	Desain (Seri I)	Modifikasi Seri II B
Panjang kolam olakan	10,50 m	15,00 m
Elevasi <i>endsill</i>	+1444,55	+1444,80
Elevasi lantai hilir <i>endsill</i>	+1444,55	+1444,55
Elevasi kolam olakan	+1444,10	+1444,10



Gambar 19. Modifikasi desain kolam olakan pada Model Seri II B

Tujuan model seri II B adalah untuk menyeragamkan pola aliran dan menghilangkan aliran balik pada kolam olakan terutama pada bagian kiri. Kondisi model dibuat *fix bed*,

Pada uji model seri II B, penyelidikan pola aliran serta panjang dan tinggi loncatan pada kolam olakan dilakukan dengan debit aliran 10 m³/det, 20 m³/det, 30 m³/det, 40 m³/det, 45 m³/det, 50 m³/det, dan 55 m³/det.

Dengan dinaikannya elevasi *endsill* pada elevasi +1444,80, bentuk pola aliran di kolam olakan sudah tidak terjadi aliran balik.

Hasil pengamatan panjang dan tinggi loncatan air pada UMHF seri II B dapat dilihat pada tabel berikut.

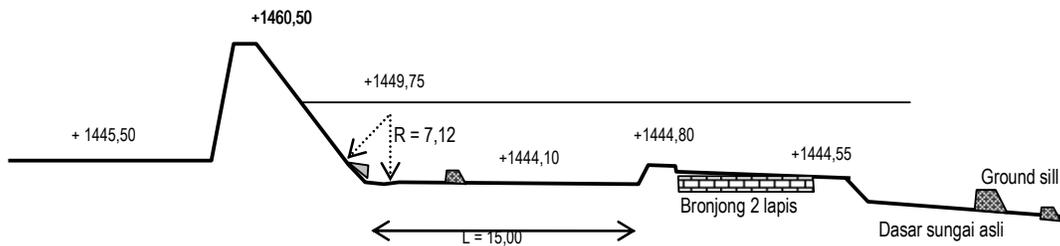
Tabel 8. Panjang dan tinggi loncatan seri II B

DEBIT (m ³ /det)	Panjang loncatan (LJ)			Tinggi loncatan		
	Kiri	tengah	Kanan	kiri	tengah	kanan
10	0,00	0,00	0,00	1444,94	1445,23	1445,26
20	5,25	6,75	7,50	1445,75	1445,80	1446,01
30	7,75	8,25	10,50	1446,33	1446,91	1446,79
40	9,50	10,50	12,75	1447,08	1447,66	1447,72
45	10,25	11,50	13,50	1447,71	1447,80	1447,86
50	12,25	13,00	14,25	1448,02	1449,21	1449,58
55	11,50	15,00	15,00	1448,34	1448,94	1449,39

5. Model Seri IV

Berdasarkan UMHF seri I pola aliran pada sungai di hilir kolam olakan untuk setiap debit

aliran terjadi aliran spiral dengan kecepatan tinggi untuk mengatasi hal ini dibuat bangunan pengendali dasar sungai (*Groundsill*).



Gambar 20. Modifikasi desain groundsill pada model Seri IV

Pada Model Seri IV direncanakan mengalirkan debit 30, 40, 45, 50, 55 m³/det. Setelah dipasang *Groundsill*

pola aliran pada sungai di hilir kolam olakan menjadi tenang (tidak terjadi aliran spiral) (lihat Gambar 21)



Gambar 21. Pola aliran di bagian hilir kolam olakan

Hasil pengamatan panjang dan tinggi loncatan air pada UMHF seri IV dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. Panjang dan tinggi loncatan seri IV

Debit (m ³ /det)	Panjang loncatan (LJ)			Tinggi loncatan		
	Kiri	tengah	kanan	kiri	tengah	kanan
20	9,00	10,00	7,25	1446,50	1446,64	1447,69
30	7,50	9,50	10,00	1446,17	1446,92	1446,62
40	9,75	10,50	11,50	1446,74	1446,89	1447,07
45	10,00	12,75	13,25	1446,89	1448,07	1449,16
50	10,00	14,25	15,00	1447,04	1449,02	1449,62

55	12,00	14,75	15,00	1447,04	1449,63	1450,56
----	-------	-------	-------	---------	---------	---------

Panjang loncatan dan tinggi loncat air pada kolam olakan seri IV tidak seragam, bagian kanan lebih panjang jika dibanding bagian kiri. Loncatan air terpanjang mencapai 15,00 dari awal kolam olakan, dengan tinggi loncatan tertinggi mencapai + 1450,50 m, tetapi jatuhnya air masih dalam kolam olakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penyelidikan pola aliran Embung Samiran dengan model fisik tiga dimensi dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Di bagian hulu mercu, dari pengaliran debit kecil sampai besar, cenderung aliran lambat dan tidak membahayakan tebing.
2. Pada kolam olakan, untuk setiap perubahan debit aliran mempunyai bentuk aliran yang berbeda , terutama panjang loncatan dan keseragaman arah aliran. Untuk mengatasi hal ini perlu adanya modifikasi desain kolam olakan, berdasarkan hasil uji coba didapatkan dimensi kolam olak sebagai berikut : panjang kolam olakan 15,00 m, elevasi *endsill* +1444,80, elevasi kolam olakan + 1444,10, dan elevasi lantai di hilir *endsill* +1444,55
3. Pola aliran pada sungai di hilir kolam olakan untuk setiap debit aliran terjadi aliran spiral dengan kecepatan tinggi, hal ini sangat berbahaya terhadap tebing maupun dasar sungai sehingga diperlukan adanya bangunan *Groundsill*. Berdasarkan uji coba setelah dipasang *Groundsill* pola aliran pada sungai di hilir kolam olakan menjadi tenang (tidak terjadi aliran spiral)

Daftar Pustaka

1. Badan Standardisasi Nasional, SNI : *Metode pengukuran pola aliran pada model fisik*, BSN, 1994
2. Badan Standardisasi Nasional, SNI : *Metode pembuatan model fisik sungai dengan dasar tetap*, BSN, 1994
3. Balai Sungai Pusat SDA “*Draft Laporan Akhir Uji Model Hidrolik Fisik Embung Samiran*”, 2009
4. PT. Virama Karya “ *Nota Desain dan Penyusunan UKL/UPL. Embung Samiran di Wilayah Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali*” April 2009
5. PT. Virama Karya “ *Detail Desain dan Penyusunan UKL/UPL. Embung Samiran di Wilayah Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali*” April 2009