

Model Pelimpah Samping Bendungan Bajulmati menggunakan *Lateral Structure* pada Program Hec-Ras

Bajulmati Dam Side Spillway Model uses Lateral Structure in the Hec-Ras Program

Lourina Evanale Orfa¹, Chairil Saleh²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil-Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Malang
Alamat korespondensi : Jalan Raya Tlogomas No. 246, Malang
email: lourinaorfa@umm.ac.id ; chairil@umm.ac.id

Abstract

Dams's Spillway serves to remove excess storage water during flood conditions. At Bajulmati Dam use side spillway. The Hec-Ras program is used to model a flow that is complemented by a model to resemble a structure in the flow section. In the Hec-Ras Program there is a Lateral Structure that can model the construction on the cross section of the channel. To model in accordance with the flow characteristics in the side spillway, the Lateral Structure will be used in the Hec-Ras Program. From the results of modeling shows that geometry modeling using Storage Area and Lateral Structure can be used to model the flow in the overflow. But it must be started first with making initial conditions to get the basic flow. Given that the Hec Race Program cannot be simulated for dry flow. Upstream boundary conditions use inflow discharge and downstream boundary conditions use water levels. The Lateral Structure used is weir because the spillway dam is Ogee Tipe.

Keywords: *Lateral Structure; Side Spillway; Hec-Ras Program*

Abstrak

Pelimpah bendungan berfungsi untuk membuang kelebihan air tampungan pada saat kondisi banjir. Pada Bendungan Bajulmati, pelimpah yang digunakan adalah pelimpah samping. Program Hec-Ras digunakan untuk memodelkan aliran yang dilengkapi oleh model untuk menyerupai struktur di bagian aliran. Pada Program Hec-Ras terdapat *Lateral Structure* yang dapat memodelkan konstruksi pada sisi penampang saluran. Untuk memodelkan sesuai dengan karakteristik aliran di pelimpah samping maka akan digunakan *Lateral Structure* yang ada di Program Hec-Ras. Dari hasil permodelan Bendungan Bajulmati menunjukkan bahwa permodelan geometri menggunakan *Storage Area* dan *Lateral Structure* dapat digunakan untuk memodelkan aliran di pelimpah. Tetapi harus diawali dulu dengan pembuatan initial condition untuk mendapatkan aliran dasar. Mengingat bahwa Program Hec Ras tidak bisa disimulasi untuk aliran kering. Boundary Condition hulu menggunakan debit inflow dan boundary condition hilir menggunakan muka air. *Lateral Structure* yang digunakan berupa weir karena pelimpah bendungan berupa pelimpah dengan tipe Ogee.

Kata kunci: *Lateral Structure; Pelimpah Samping; Program Hec-Ras*

PENDAHULUAN

Bendungan/Waduk Bajulmati terletak pada Sungai Bajulmati, Desa Watukebo, Kecamatan Wongsorejo, Kabupaten Banyuwangi Propinsi Jawa Timur. Lokasi proyek berjarak sekitar 38 km kearah utara dari kota Banyuwangi atau berjarak sekitar 250 km kearah timur dari kota Surabaya

Pembangunan Bendungan Bajulmati dimulai tahun 2006 dan telah selesai dilaksanakan pada akhir bulan Nopember 2015, mulai digenangi sejak 3 Desember 2015 dan melimpas pada 3 Januari 2017. Bendungan ini bermanfaat untuk penyediaan air irigasi, air baku dan tempat wisata/rekreasi. Penyediaan air irigasi teknis pada persawahan seluas 1.800 Ha di Kabupaten Banyuwangi bagian Utara.

Penyediaan air baku untuk air bersih sebesar 180 liter/detik terdiri dari untuk air baku bagi penduduk di sekitar Kecamatan Wongsorejo Kabupaten Banyuwangi sebesar 120 liter/detik dan penyediaan air baku untuk Pelabuhan Banyuwangi dan industri disekitarnya sebesar 60 liter/detik. Pembangkit tenaga listrik mikro hydro sebesar 340 kW. Pengembangan daerah wisata baru.

Pelimpah bendungan berfungsi untuk membuang kelebihan air tampungan pada saat kondisi banjir. Kelebihan air melimpas ke hilir.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh banjir yang melewati pelimpah terhadap kondisi sungai di hilir. Pengaruh banjir yang melewati pelimpah dapat dilihat melalui profil aliran di saluran dan pertemuan dengan sungai utama. Program Hec-Ras digunakan untuk mengetahui profil aliran yang terjadi mulai pelimpah sampai ke hilir. Akan dilakukan permodelan hidraulik untuk mensimulasi banjir yang mungkin terjadi. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah banjir yang melewati pelimpah. Dengan dilakukan simulasi diharapkan dapat mengetahui profil aliran di pelimpah.

Ismawati (2017) telah melakukan penelitian untuk permodelan hidraulik pada Bendungan Tugu. Bendungan Tugu menggunakan tipe pelimpah langsung. Permodelan aliran dilakukan dengan 2 cara. Cara ke-1 yaitu memodelkan bendungan (tampungan air) sebagai river station dan pelimpah sebagai inline structure. Cara ke-2 yaitu bendungan (tampungan air) sebagai *Storage Area* dan pelimpah sebagai inline structure. 2 cara permodelan tersebut dibandingkan dengan hasil perhitungan analitis. Hasil perbandingan menunjukkan tidak ada perbedaan yang terlalu jauh.

Anandhita (2015) melakukan penelitian dengan judul "Analisis Pengaruh Back Water (Air Balik) terhadap Banjir Sungai Rangkui Kota Pangkalpinang." Penelitian ini juga menggunakan Program Hec Ras dengan permodelan Unsteady Flow. Untuk kondisi

pasang surut membutuhkan batasan berupa data dengan perubahan pasang surut. Data pasang surut merupakan perubahan muka air tiap perubahan waktu.

Sathe, N.J dkk (2018) telah melakukan penelitian mengenai permodelan loncatan air di peredam energi menggunakan Program Hec-Ras. Penelitian ini memodelkan aliran berupa kondisi loncatan di hilir pelimpah dan di peredam energy untuk melihat kondisi peredam energy sesuai dengan rencana atau tidak.

Orfa, Lourina Evanale dkk (2018) telah melakukan penelitian dengan lokasi yang sama yaitu bendungan Bajulmati. Pada penelitian tersebut telah dilakukan permodelan hidraulik untuk pelimpah bendungan dimana bendungan (tampungan air) sebagai *Storage Area* dan pelimpah sebagai inline structure. Permodelan seperti ini paling ideal untuk mensimulasikan pelimpah yang mana aliran berasal dari hulu ke hilir. Akan tetapi, pada kenyataannya pelimpah pada Bendungan Bajulmati adalah pelimpah samping. Melihat kondisi geometrinya, *Lateral Structure* lebih dapat mewakili kondisi pelimpah samping.

Penelitian tersebut menjadi dasar dalam penelitian yang menghasilkan Permodelan untuk aliran di hilir pelimpah peredam energi. Untuk kondisi di Bendungan Bajulmati adalah tipe pelimpahnya yang berupa pelimpah samping. Berbeda dengan penelitian sebelumnya dimana pelimpah berupa pelimpah langsung. Program Hec-Ras digunakan untuk memodelkan aliran di sungai. Pada Program Hec-Ras terdapat *Lateral Structure* yang dapat memodelkan konstruksi pada sisi penampang saluran. Pada Bendungan Bajulmati, pelimpah yang digunakan adalah pelimpah samping. Untuk memodelkan sesuai dengan karakteristik aliran di pelimpah samping maka akan digunakan *Lateral Structure* yang ada di Program Hec-Ras. Dari penelitian ini diharapkan dapat menyajikan pola aliran yang sesuai dengan kondisi pelimpah samping pada bendungan.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan panduan dari Program Gec-Ras US Army Corps of Engineers. (2010a.) dan US Army Corps of Engineers. (2010b.), tahapan pertama adalah pembuatan geometri. Tahap pengolahan data dimulai dengan membuat geometri pelimpah mulai peredam energy sampai hilir. Kemudian diberi inputan data berupa batas hulu (Upstream Boundary Condition) dan batas hilir (Downstream Boundary Condition). Kondisi aliran tersebut menggunakan analisis aliran unsteady flow. Rencana Geometri yaitu bendungan (tampung air) sebagai *Storage Area* dan pelimpah sebagai *Lateral Structure*. Model yang digunakan disesuaikan dengan data perhitungan analitis. Pada analisa dan pembahasan ini akan menganalisa profil aliran mulai dari pelimpah sampai hilir pelimpah menggunakan Program Hec-Ras.

Permodelan yang dilakukan adalah geometri sungai di daerah genangan dimodelkan sebagai *Storage Area* dan outflow pelimpah sebagai lateral structure. Tahap pemodelan sama dengan layaknya memodelkan aliran disungai, yaitu dengan cara :

1. Memodelkan geometri (geometry data)
2. Memodelkan aliran (steady flow data)
3. Melakukan simulasi (perform steady flow analysis)
4. Menampilkan hasil simulasi

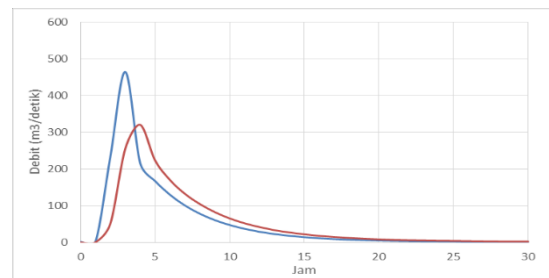
HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit Banjir rancangan

Data aliran merupakan data yang dimasukkan untuk pembuatan model hidrologi di dalam HEC-RAS. Data ini berupa data debit periode ulang tertentu dalam satuan m³/detik. Data debit dapat berasal dari pengukuran langsung di lapangan, maupun secara tidak langsung. Dalam kasus ini data debit berasal dari perhitungan konsultan perencana Bendungan Bajulmati, sehingga tidak perlu melakukan perhitungan debit banjir. Selama melakukan input data di dalam HEC-RAS harus dapat mewakili input aliran yang dapat

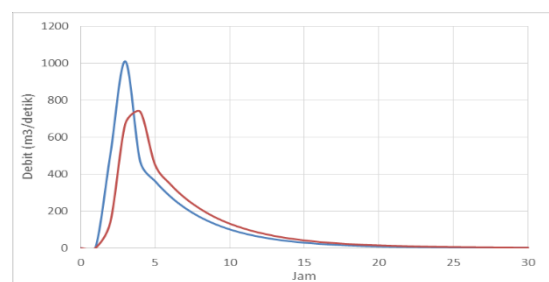
memberikan masukan kepada setiap sungai yang dianalisis.

Data aliran yang perlu dimasukkan ke dalam HEC-RAS adalah data debit banjir rancangan dengan periode ulang 100 tahun dan 1000 tahun. Data debit banjir yang digunakan berupa debit inflow dan debit outflow. Debit inflow digunakan ketika memodelkan aliran yang berada dalam waduk kemudian melimpah menuju spillway. Debit outflow dihitung menggunakan data curah hujan kemudian dilakukan penelusuran banjir. Debit outflow hasil penelusuran banjir digunakan ketika memodelkan profil air yang berada di spillway. Berikut merupakan hidrograf banjir (Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3) yang telah diperhitungkan sebelumnya.



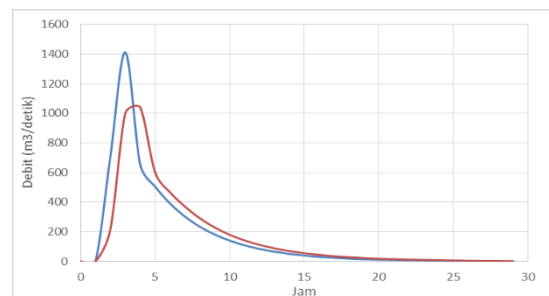
Inflow : 465 m³/dt ; Outflow : 321 m³/dt
EL. MAW : 89,00 ; Freeboard : 2,8 m

Gambar 1. Hidrograf Banjir Rancangan Q_{100th}



Inflow : 1011 m³/dt ; Outflow : 739 m³/dt
EL. MAW : 89,89 ; Freeboard : 1,91 m

Gambar 2. Hidrograf Banjir Rancangan Q_{1000th}



Inflow : 1411 m³/dt ; Outflow : 1041 m³/dt
 EL. MAW : 90,29 ; Freeboard : 1,51 m

Gambar 3. Hidrograf Banjir Rancangan Q_{PMF}

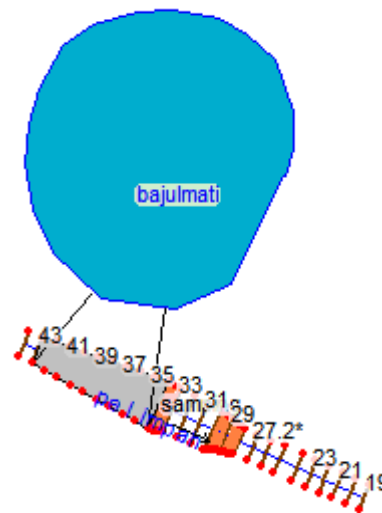
Geometri dan Karakteristik Sungai

Geometri sungai digunakan sebagai data dasar dalam simulasi Program Hec Ras. Penampang melintang sungai merupakan irisan yang memotong daerah yang dialiri oleh aliran sungai. Penampang melintang sungai diperlukan untuk memasukkan data geometri sungai pada HEC-RAS. Program Hec Ras membutuhkan data cross section dan long.

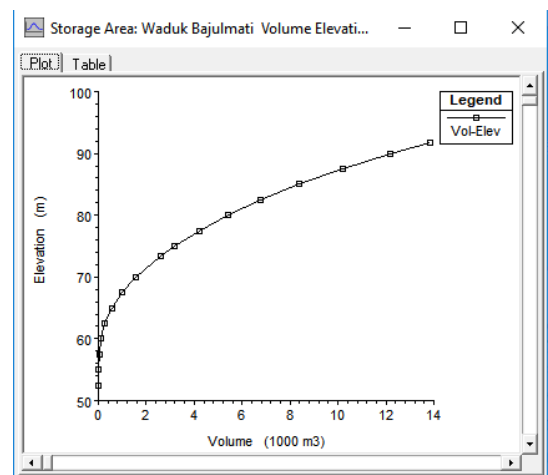
Permodelan Storage Area

Pemodelan dilakukan dengan daerah genangan dimodelkan sebagai *Storage Area* dan pelimpah samping sebagai *Lateral Structure*. Model Geometri untuk bendungan Bajulmati tersaji pada Gambar 4.

Data geometri waduk dapat dilakukan dengan mengklik *Storage Area* pada layar editor geometri data. Data yang perlu dimasukkan berupa data elevasi dan volume. Volume yang dimasukkan ke dalam pemodelan ini merupakan volume dari genangan Bendungan Bajulmati. Setelah tampilan layar editor dari *Storage Area* muncul maka langkah selanjutnya yaitu memilih *Elevation versus Volume Curve* memasukkan data elevasi dan volume. Mengklik *Plot Vol-Elev* untuk mengetahui hasil dari data yang telah dimasukkan tersebut (Gambar 5). Mengklik *OK* setelah semua data dimasukkan. Kemudian menyimpan geometri data dengan memilih *File | Save Geometry Data*.



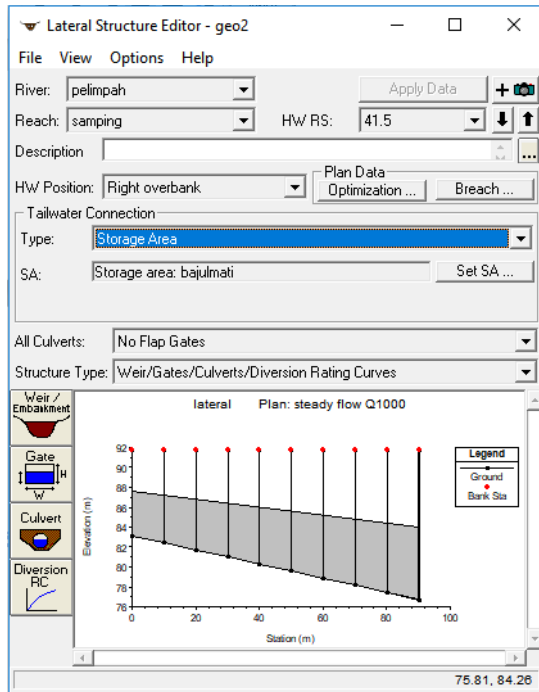
Gambar 4. Geometri Tampang dan Saluran Pelimpah



Gambar 5. Hubungan Elevasi, dan Volume Genangan

Permodelan Lateral Structure

Di dalam geometri Program Hec-Ras, terdapat *Lateral Structure* yang difungsikan untuk menyerupai struktur di samping kanan atau kiri saluran (sejajar dengan arah aliran). Pembuatan *Lateral Structure* dengan mengklik *structure* dan mengisi data sesuai rencana. Gambar 6 menjelaskan mengenai inputan data tersebut.



Gambar 6. Pembuatan *Lateral Structure*

Lateral Structure dibuat dengan tipe weir/embankment. Dipilih tipe ini karena pelimpah samping di tempat studi berupa pelimpah dengan tipe Ogee dan tidak berpintu. Sumber air yang akan melewati pelimpah berasal dari tampungan. Sehingga pada pengisian data *Lateral Structure* menggunakan tipe *Storage Area* sebagai *tailwater connection*.

Permodelan Aliran

Program HEC-RAS mengalami kesulitan melakukan simulasi apabila aliran kering. Kenyataannya, banjir datang memiliki kondisi awal aliran kering dan tidak ada air di saluran. Hal ini membuat simulasi pengisian air tidak dapat dilakukan dengan baik. Sehingga, dalam penelitian ini dilakukan simulasi untuk mencari kondisi awal terlebih dahulu. Kemudian, hasil simulasi dari mencari kondisi awal ini digunakan sebagai kondisi awal pada simulasi debit banjir.

Pendekatan yang dilakukan pada simulasi ini dengan menganggap sistem saluran ini adalah kolam besar yang terisi penuh air. Kemudian, muka air diturunkan sampai dengan batas muka air tambak yang diinginkan untuk melakukan simulasi

selanjutnya. Bersamaan pula dilakukan pemberian debit kecil sebagai inflow. Dengan debit kecil sebagai inflow, HEC-RAS akan melakukan perhitungan untuk mendapatkan parameter hidraulik di tiap penampang melintangnya. Selain itu, didapatkan muka air awal di sepanjang saluran yang dapat digunakan sebagai kondisi awal simulasi.

Unsteady Flow Data yang digunakan untuk membuat kondisi awal adalah:

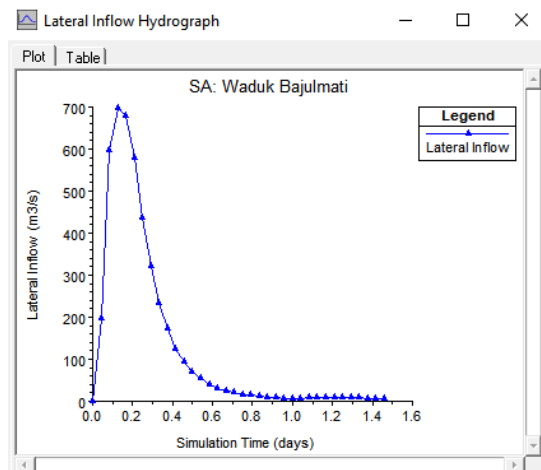
- Boundary Condition Upstream : Flow Hydrograph dengan debit kecil
- Boundary Condition Downstream : Stage Hydrograph (elevasi muka air awal ke elevasi muka air yang diinginkan)
- Initial Condition : debit kecil

Peniruan hidraulika pada pemodelan ini dilakukan dengan mengaktifkan layar editor data aliran tak permanen. Layar dapat diaktifkan dengan memilih menu Edit | Steady Flow Data. Untuk kondisi batas yang perlu dimasukkan adalah kondisi batas hilir dengan memilih Stage Hydrograph sebagai kondisi batasnya. Stage Hydrograph dipilih jika mengetahui rata-rata elevasi profil muka air pada bagian hilir. Pada pemodelan ini rata-rata profil muka air bagian hilir. Sementara untuk kondisi batas hulu dapat dilakukan percobaan dimana batas hulu pada *Storage Area* dapat dimasukkan ataupun tidak.

Jika batas hulu pada pemodelan ini (*Storage area*) dimasukkan maka langkah pertama untuk memasukkan data tersebut yaitu dengan memilih *Add Storage Area* pada layar Steady Flow Data. Setelah memilih *Add Storage Area* pada layar Unsteady Flow Data maka akan muncul layar pemilihan *Storage Area* mana yang nantinya akan dimasukkan ke dalam Boundary Condition. Memilih *Bajulmati* sebagai *Storage Area* untuk dimasukkan ke dalam Boundary Condition. Setelah itu Klik OK.

Langkah selanjutnya yaitu memasukkan Lateral Inflow Hydrograph sebagai kondisi batas pada *Storage Area*, kemudian layar pengisian debit jam-jaman akan muncul. Memasukkan debit inflow periode ulang 1000 tahun sebagai kondisi batas hulu.

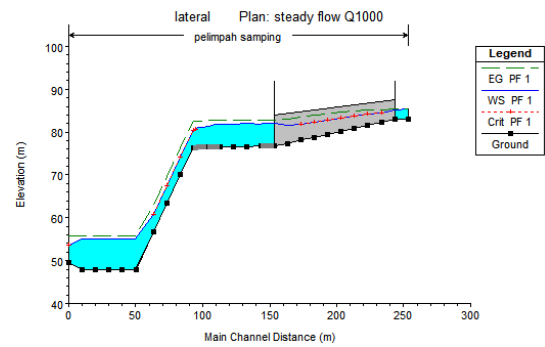
(Gambar 7). Perbedaan apabila kondisi batas pada *Storage Area* dimasukkan adalah terletak pada output yang dihasilkan berupa profil muka air pada bagian hilir dan pada stage and flow hydrograph. Initial Flow didapatkan dari simulasi sebelumnya untuk mendapatkan initial condition aliran sebelumnya. Setelah itu dilakukan simulasi aliran.



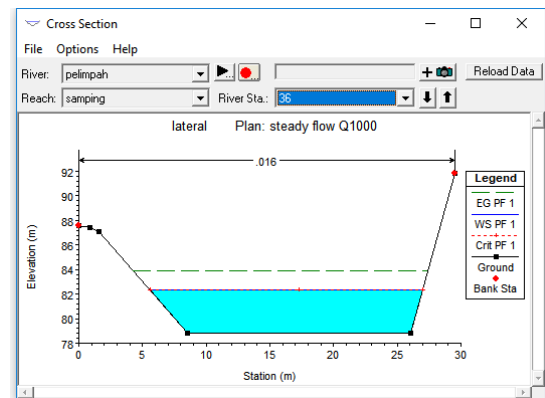
Gambar 7. Lateral Inflow Hidrograf

Hasil Simulasi dengan *Lateral Structure* pada Program Hec-Ras

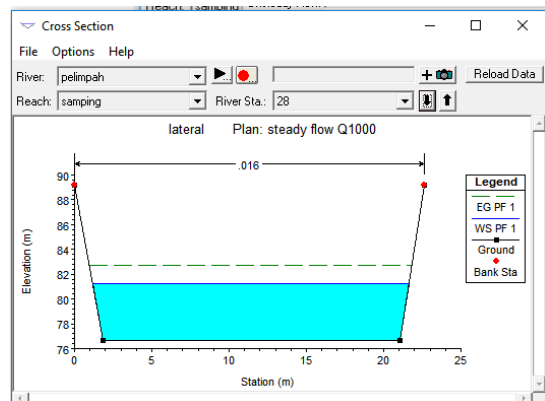
Setelah dilakukan simulasi, dapat dimunculkan hasil simulasi. Caranya menampilkan hasil simulasi pada pemodelan ini yaitu dengan mengklik tombol *view cross section, view profil, view general profil plot, view computed rating curve, view 3D multiple cross section plot*, dll. Hasil dari simulasi ditampilkan dalam bentuk gambar dan tabel seperti gambar dibawah ini. Hasil yang ditampilkan pada pemodelan ini adalah ketika pemodelan hidraulika menggunakan kondisi batas hulu *Storage Area (Lateral Hydrograph)*. Selain grafik potongan memanjang seperti yang tersaji sebelumnya, kita juga dapat melihat hasil simulasi yang tersaji pada Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11 dan Gambar 12.



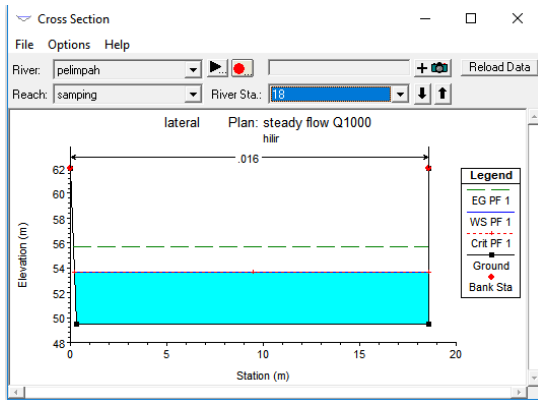
Gambar 8. Long Section Pelimpah Samping menggunakan *Lateral Structure*



Gambar 9. Cross Section Pelimpah Samping pada Sta. 36 (Pelimpah Samping)



Gambar 9. Cross Section Pelimpah Samping pada Sta. 28 (Saluran Transisi)



Gambar 9. Cross Section Pelimpah Samping pada Sta. 18 (Predam Energi)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)
samping	41	PF 1	106.99	82.42	84.39	84.39	85.30	0.002532
samping	40	PF 1	160.48	81.70	84.11	84.11	85.22	0.002440
samping	39	PF 1	213.97	80.99	83.75	83.75	85.01	0.002343
samping	38	PF 1	267.47	80.27	83.31	83.31	84.69	0.002281
samping	37	PF 1	320.96	79.56	82.83	82.83	84.31	0.002227
samping	36	PF 1	374.45	78.84	82.30	82.30	83.88	0.002191
samping	35	PF 1	427.95	78.13	81.76	81.76	83.43	0.002171
samping	34	PF 1	481.44	77.41	81.69		83.01	0.001425
samping	33	PF 1	481.44	76.70	82.14		82.81	0.000558
samping	32.8°	PF 1	481.44	76.70	82.09		82.81	0.000595
samping	32.6°	PF 1	481.44	76.70	82.05		82.80	0.000632
samping	32.4°	PF 1	481.44	76.70	82.01		82.80	0.000667
samping	32.2°	PF 1	481.44	76.70	81.98		82.79	0.000703
samping	32	PF 1	481.44	76.70	81.95		82.79	0.000738
samping	31	PF 1	481.44	76.69	81.96		82.77	0.000712
samping	30	PF 1	481.44	76.69	81.91		82.76	0.000749
samping	29	PF 1	481.44	76.69	81.90		82.76	0.000754
samping	28.8°	PF 1	481.44	76.69	81.82		82.75	0.000837
samping	28.6°	PF 1	481.44	76.69	81.73		82.74	0.000940
samping	28.4°	PF 1	481.44	76.68	81.61		82.72	0.001073
samping	28.2°	PF 1	481.44	76.68	81.46		82.71	0.001255
samping	28	PF 1	481.44	76.68	81.25		82.68	0.001540
samping	27.8°	PF 1	481.44	76.62	81.19		82.67	0.001606
samping	27.6°	PF 1	481.44	76.65	81.13		82.67	0.001683
samping	27.4°	PF 1	481.44	76.49	81.06		82.65	0.001770
samping	27.2°	PF 1	481.44	76.42	80.97	80.54	82.65	0.001888
samping	27	PF 1	481.44	76.36	80.52	80.52	82.60	0.002583
samping	26	PF 1	481.44	70.01	74.16	74.16	76.22	0.002542
samping	25	PF 1	481.44	63.35	67.50	67.50	69.56	0.002542
samping	24	PF 1	481.44	56.68	60.83	60.83	62.89	0.002543
samping	23	PF 1	481.44	48.00	55.16		55.86	0.000549
samping	22	PF 1	481.44	48.00	55.16		55.86	0.000550
samping	21	PF 1	481.44	48.00	55.15		55.85	0.000551
samping	20	PF 1	481.44	48.00	55.14		55.85	0.000553
samping	19	PF 1	481.44	48.00	55.15		55.83	0.000536
samping	18	PF 1	481.44	49.50	53.62	53.62	55.69	0.002565

Gambar 10. Profile Output Table

KESIMPULAN

Dari hasil permodelan Bendungan Bajulmati menunjukkan bahwa permodelan geometri menggunakan *Storage Area* dan *Lateral Structure* dapat digunakan untuk memodelkan aliran di pelimpah. Tetapi harus diawali dulu dengan pembuatan initial condition untuk mendapatkan aliran dasar. Mengingat bahwa Program Hec Ras tidak bisa disimulasi untuk aliran kering. Boundary Condition hulu menggunakan debit inflow dan boundary condition hilir menggunakan muka air. *Lateral Structure* yang digunakan

berupa weir karena pelimpah bendungan berupa pelimpah dengan tipe Ogee.

DAFTAR PUSTAKA

Chow, V.T. (2000). *Hidrolika Saluran terbuka (Terjemahan)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Ismawati, Sintya Maghfiro. (2017). *Permodelan Aliran 1D pada Bendungan Tugu menggunakan Software Her Ras*. Skripsi Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh November: Tidak diterbitkan.

Mawardi, Erman. dan Moch Memed. (2002). *Desain Hidraulik Bendung Tetap untuk Irigasi Teknis*. Bandung: Penerbit Alfabeta.

Mawardi, Erman. (2007). *Desain Hidraulik Bangunan Irigasi*. Bandung: Penerbit Alfabeta.

Novak, dkk. (1990). *Hydraulic Structures*. London : Unwin Hyman.

Orfa, Lourina Evanale dkk. (2018). *Permodelan Aliran di Pelimpah Bendungan menggunakan Program Her-Ras. Seminar Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan (SEMSINA) 2018 "Infrastruktur Berkelanjutan"*. Hal 137. Malang.

Prastumi, Aniek Masrevaniah. (2008). *Bangunan Air*. Surabaya : Srikandi.

Ramadhani, Elvira Eka dkk. (2016). *Studi Pengendalian Banjir Sungai Cimanuk dengan menggunakan Retarding Basin pada Hilir Bendungan Jatigede di Provinsi Jawa Barat*. Skripsi Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya: Tidak diterbitkan.

Sathe, N.J . (2018). *Study of End Weir using Hec-Ras of Gunjwani Dam Spilway. International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology (IJERT) 5(6) 51-56*.

Sosrodarsono, S. dan Kazuto Nakazawa. (2000). *Bendungan Tipe Urugan*. Jakarta: Pradnya Paramita.

Soedibyo, Ir. (2003). *Teknik Bendungan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

US Army Corps of Engineers. (2010a.) *HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual*. Hydrologic Engineering Center.

US Army Corps of Engineers. (2010b). *HEC-RAS River Analysis System: User's Manual*. Hydrologic Engineering Center.