

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Banjir

Banjir merupakan kejadian alam yang sering terjadi dan dihadapi hampir di seluruh negara di dunia, termasuk Indonesia. Banjir adalah meluapnya aliran sungai akibat air melebihi kapasitas tampungan sungai sehingga meluap dan menggenangi dataran atau daerah yang lebih rendah di sekitarnya. Karena sesuai kodratnya, air akan mengalir dan mencari tempat-tempat yang lebih rendah. Menurut KBBI, kata banjir berarti berair banyak dan deras, kadang-kadang meluap (tentang kali dan sebagainya).

Daerah hulu dan tengah sungai adalah sebagai penyuplai banjir dan daerah hilir sebagai penampung. Terjadinya palung sungai merupakan petunjuk bahwa bagian hulu dan tengah tampang sungai masih terbentuk oleh fluktuasi aliran, sedangkan bagian hilir tidak jelas, karena telah berfungsi sebagai penampung banjir dalam waktu yang lama.

B. Analisis Hidrologi

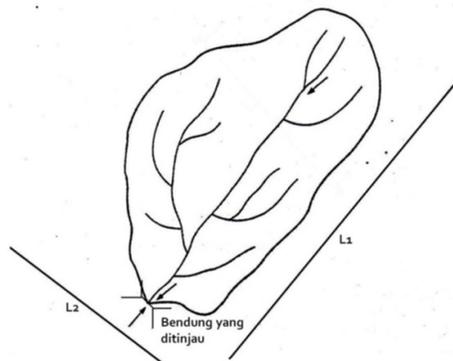
Hidrologi adalah sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer melalui kondensasi, presipitasi, evaporasi, dan transpirasi. Secara umum dapat dikatakan bahwa hidrologi adalah ilmu yang menyangkut masalah kualitas dan kuantitas air di bumi.

Analisis hidrologi merupakan salah satu bagian dari keseluruhan rangkaian dalam perencanaan bangunan air seperti sistem drainase, gorong-gorong, bendung, tanggul penahan banjir, dan sebagainya. Perhitungan

analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu perencanaan bangunan air. Analisis hidrologi merupakan suatu penyelesaian matematis dan sistematis tentang semua yang berhubungan dengan siklus air dan fakta mengenai fenomena hidrologi.

1. DAS (Daerah Aliran Sungai)

Daerah aliran sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung gunung atau pegunungan dimana air hujan yang jatuh di daerah tersebut akan mengalir menuju sungai pada suatu titik/stasiun tertentu (Triatmojo, 2008). DAS ditentukan dengan menggunakan peta topografi yang dilengkapi garis-garis kontur. Data hujan dapat diambil melalui rekaman data dari stasiun curah hujan yang ada di sekitar sungai atau DAS yang dikaji.



Gambar 1. Luas DAS
(Supriyaningsih, 2012)

2. Debit Banjir Rencana

Menurut Hadisusanto (2010: 151), untuk menentukan besarnya debit sungai berdasarkan hujan perlu meninjau kembali hubungan antara hujan dan aliran sungai. Besarnya aliran sungai sangat ditentukan oleh

besarnya hujan, intensitas hujan, luas daerah pengaliran sungai, lamanya waktu hujan dan karakteristik daerah pengaliran itu.

Untuk mendapatkan debit banjir perhitungan dilakukan menggunakan hidrograf satuan. Hidrograf satuan sintetis merupakan suatu cara untuk memperkirakan penggunaan konsep hidrograf satuan dalam suatu perencanaan yang tidak tersedia pengukuran-pengukuran langsung mengenai hidrograf banjir. (Limantara, 2010)

a. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Gama I

Persamaan untuk menentukan HSS Gama I adalah:

$$Qp = 0,1836A^{0,1457} \times TR^{-0,4008} \times JN^{0,2381}$$

Dimana:

Qp = Debit puncak (m³/detik)

JN = Jumlah pertemuan sungai

TR = Waktu naik (jam)

$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100sf} \right)^3 + 1,0665SIM + 1,2775$$

Dimana :

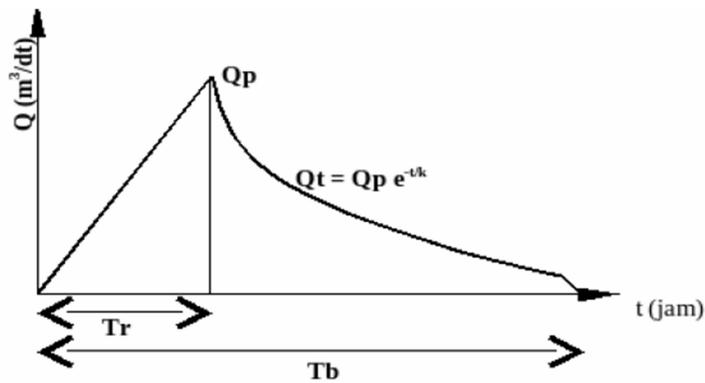
TR = Waktu naik

L = Panjang sungai

SF = Faktor sumber yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat I dengan jumlah panjang sungai semua tingkat

SIM = Faktor simetri ditetapkan sebagai hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DAS sebelah hulu (RUA)

WF = Faktor lebar adalah perbandingan antara lebar DPS yang diukur dari titik di sungai yang berjarak 3/4 L dan lebar DPS yang diukur dari titik yang berjarak 1/4 L dari tempat pengukuran.



Gambar 2. Skematisasi Unit Hidrograf Gama I (Triatmojo, 2008)

b. Hidrograf Nakayasu

Hidrograf Nakayasu sudah banyak digunakan di Jawa Timur yaitu pada DTA Sungai Brantas. Persamaan untuk HSS Nakayasu adalah sebagai berikut (Lutjito, 2018):

$$Qp = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \cdot Ro}{0,3T_p + T_{0,3}} \right)$$

$$T_p = tg + 0,8t_r$$

$$T_g = 0,4 + 0,058L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$tg = 0,21 \cdot L^{0,7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$T_{0,3} = \alpha \cdot t_g \quad \alpha = 2$$

$$t_r = 0,5 t_g \text{ sampai } t_g$$

Dimana:

Q_p : Debit puncak banjir

A : Luas DAS (km^2)

R_o : Hujan satuan (mm)

T_p : Waktu dari permulaan banjir sampai puncak hidrograf
(jam)

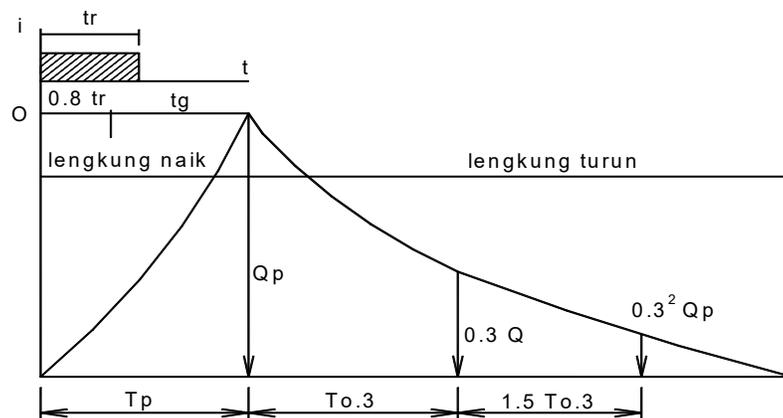
T_{03} : Waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak
(jam)

T_g : Waktu konsentrasi (jam)

T_r : Satuan waktu dari curah hujan (jam)

α : Koefisien karakteristik DAS biasanya diambil 2

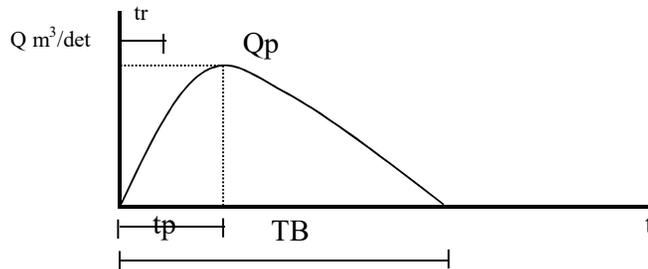
L : Panjang sungai utama



Gambar 3. Skematisasi Unit Hidrograf Nakayasu
(Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen SDA Satker Balai Besar
Wilayah Sungai Serayu Opak. 2014)

c. Hidrograf Snyder

Hidrograf Satuan Sintetik Snyder ditentukan secara cukup baik dengan tinggi $d = 1$ cm dan dengan tiga unsur yang lain, yaitu Q_p ($m^3/detik$), T_b serta t_r (jam).



Gambar 4. Skematisasi Unit Hidrograf Snyder
(Kementerian Pekerjaan Umum Dirjen SDA Satker Balai Besar
Wilayah Sungai Serayu Opak. 2014)

Dengan unsur-unsur hidrograf tersebut di atas Snyder membuat rumus-rumusnya sebagai berikut :

$$t_p = C_t \cdot (L \cdot L_c)^{0.3}$$

$$t_r = t_p / 5.5$$

$$Q_p = 2.78 C_p \cdot A / t_p$$

$$T_b = 72 + 3 t_p$$

Koefisien-koefisien C_t dan C_p harus ditentukan secara empiris, karena besarnya berubah-ubah antara daerah yang satu dengan yang lain.

Besarnya $C_t = 0.75 - 3.00$, sedangkan besarnya $C_p = 0.90 - 1.40$

C. Bendung

Menurut Standar Tata Cara Perencanaan Bendung, yang diartikan dengan bendung adalah bangunan air yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat untuk meninggikan elevasi muka air untuk mendapatkan tinggi terjun, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke daerah yang membutuhkan.

Bendung sebagai pengatur muka air dapat dibedakan menjadi bendung pelimpah dan bendung gerak. Untuk Bendung Kamijoro sendiri adalah jenis bendung pelimpah. Bendung pelimpah yang dibangun melintang di sungai, akan memberikan tinggi air minimum kepada bangunan *intake* untuk keperluan irigasi. Selain itu bendung pelimpah dapat berfungsi sebagai penghalang selama terjadi banjir dan dapat menyebabkan genangan di udik bendung.

Ada dua cara untuk mengklasifikasikan bendung, yaitu klasifikasi bendung berdasarkan fungsinya dan klasifikasi bendung berdasarkan konstruksinya.

1. Klasifikasi Bendung Berdasarkan Fungsi

Berdasarkan fungsinya bendung dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

a. Bendung Pengendali Banjir

Bendung jenis ini dibangun di percabangan sungai untuk mengatur muka air sungai, sehingga terjadi pemisahan antara debit banjir dan debit rendah sesuai dengan kapasitasnya. Bendung ini

dilengkapi dengan pintu air, sehingga debit air yang akan dialirkan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

b. Bendung Penyadap

Tipe bendung ini digunakan untuk mengatur muka air guna memudahkan penyadapan air untuk berbagai keperluan seperti untuk irigasi, keperluan air minum perkotaan, dan pembangkit listrik tenaga air. Biasanya bendung bertipe penyadap adalah bendung tetap yang dibangun khusus untuk meninggikan elevasi muka air, sehingga dapat mengalirkan air melalui *intake* yang telah dibangun. Dari *intake* tersebut air dapat dibagi sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

c. Bendung Penahan Pasang

Bendung ini dibangun di bagian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut. Bendung penahan pasang dibangun untuk mencegah masuknya air asin. Oleh sebab itu dijamin aliran air sungai senantiasa dalam keadaan normal.

2. Klasifikasi Bendung Berdasarkan Konstruksi

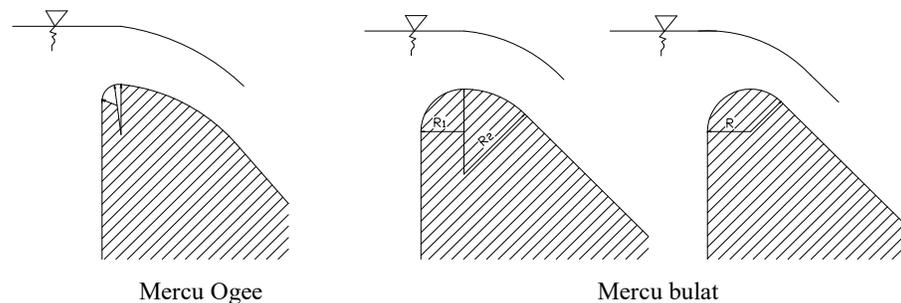
a. Bendung Tetap

Bendung tetap adalah bendung yang terdiri dari ambang tetap sehingga tinggi rendah muka air sungai dan debit air sungai tidak dapat diatur elevasinya. Bendung ini dibangun dengan material pasangan batu maupun beton bertulang. Bendung jenis ini umumnya terdapat di sungai-sungai ruas hulu dan tengah.

b. Bendung Gerak

Bendung ini dipergunakan untuk mengatur tinggi rendah debit air sungai dengan pembukaan pintu-pintu yang terdapat pada bendung tersebut. Yang dimaksud bendung gerak adalah bendung yang dilengkapi pintu air yang dapat dibuka maupun ditutup sesuai dengan kebutuhan debit air yang akan dialirkan, biasanya pembukaan dan penutupan pintu ini sudah menggunakan teknologi komputer.

Mercu bendung adalah bagian teratas dari tubuh bendung. Fungsi dari mercu bendung adalah sebagai penentu tinggi muka air minimum di sungai bagian hulu bendung, sebagai pengempang sungai dan sebagai pelimpah aliran air. Klasifikasi mercu bendung berdasarkan bentuknya, yaitu mercu Ogee dan mercu bulat.



Gambar 5. Bentuk-bentuk Mercu
(Dirjen Pengairan, DPU; 1986)

D. Mercu Ogee

Mercu Ogee berbentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam serasi. Oleh karena itu mercu ini tidak akan memberikan tekanan subatmosfir

pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit yang lebih rendah, air akan memberikan tekanan ke bawah pada mercu.

Untuk merencanakan permukaan mercu Ogee bagian hilir, *U.S. Army Corps of Engineers* telah mengembangkan persamaan berikut:

$$\frac{Y}{hd} = \frac{1}{K} \left[\frac{X}{hd} \right]^n$$

di mana X dan Y adalah koordinat-koordinat permukaan hilir (lihat Gambar 6) dan hd adalah tinggi energi rencana di atas mercu. Harga-harga K dan n adalah parameter. Harga-harga ini bergantung kepada kecepatan dan kemiringan permukaan belakang. Tabel 1 menyajikan harga-harga K dan n untuk berbagai kemiringan hilir dan kecepatan pendekatan yang rendah.

Tabel 1. Harga-harga K dan n

Kemiringan Permukaan Hilir	K	n
vertikal	2,000	1,850
3 : 1	1,936	1,836
3 : 2	1,939	1,810
1 : 1	1,873	1,776

(Dirjen Pengairan, DPU; 1986)

Bagian hulu mercu bervariasi sesuai dengan kemiringan permukaan hilir (lihat Gambar 6). Persamaan antara tinggi energi dan debit untuk bendung mercu Ogee adalah:

$$Q = C_d 2/3 \sqrt{2/3 gb} H_1^{1.5}$$

di mana:

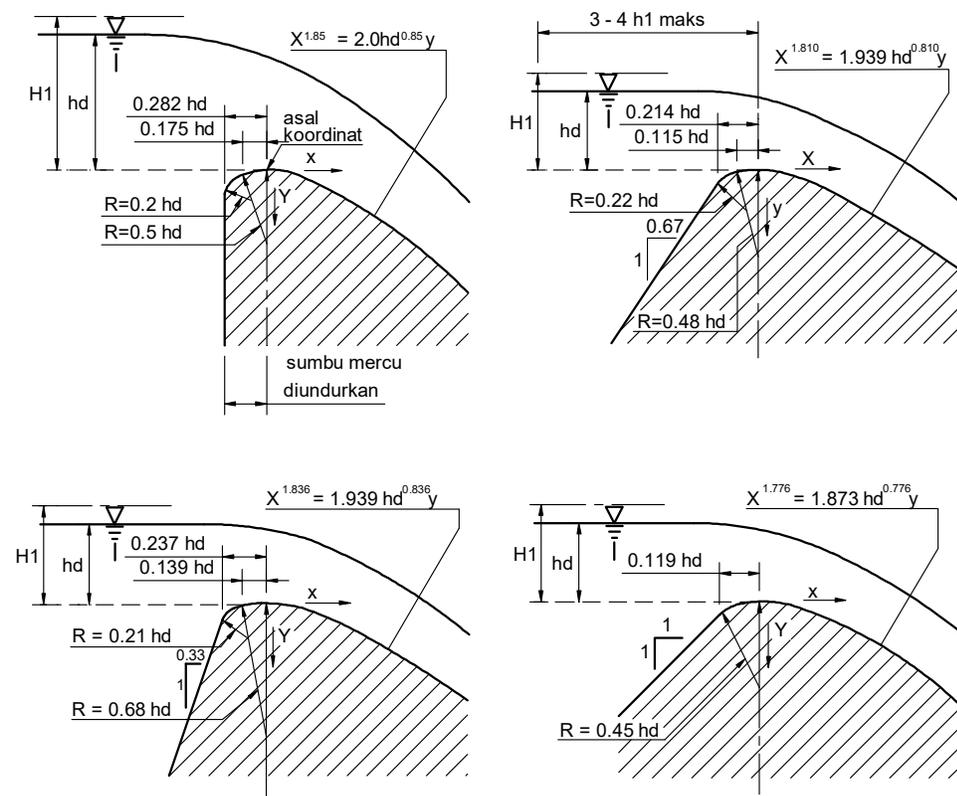
Q = debit, m³/dt

Cd = koefisien debit (Cd = C0.C1.C2)

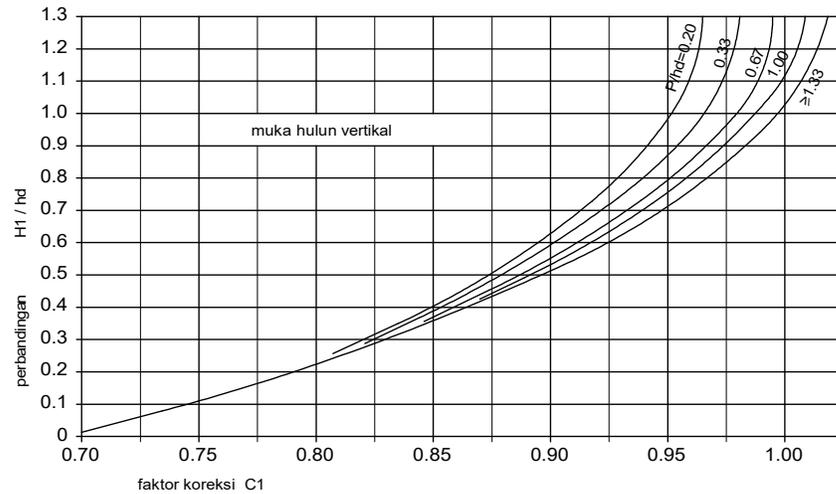
G = percepatan gravitasi, m/dt² (± 9,8)

b = lebar mercu, m

H1 = tinggi enegi di atas ambang, m.



Gambar 6. Bentuk-bentuk Bendung Mercu Ogee (Dirjen Pengairan, DPU; 1986)

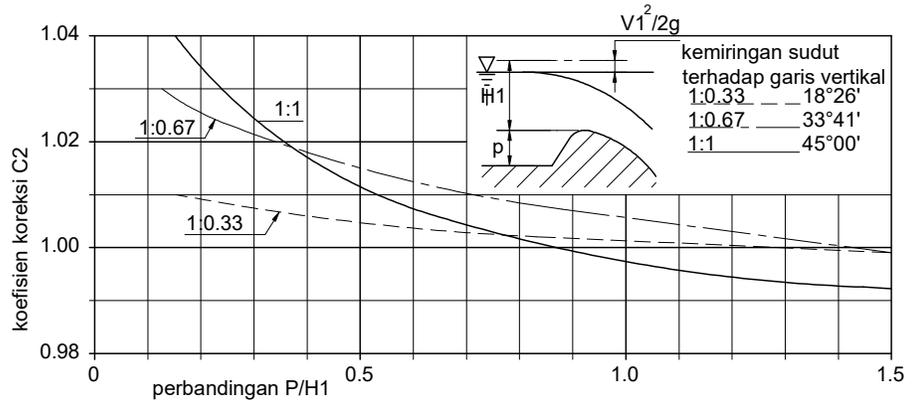


Gambar 7. Faktor Koreksi untuk Selain Tinggi Rencana pada Bendung Mercu Ogee (Dirjen Pengairan, DPU; 1986)

Koefisien debit efektif C_e adalah hasil C_0 , C_1 dan C_2 ($C_e = C_0.C_1.C_2$).

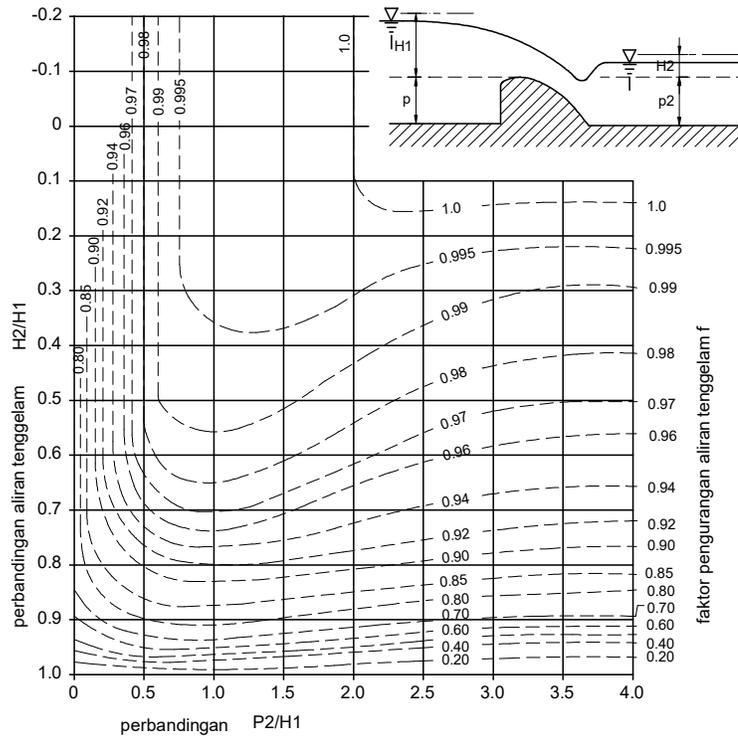
- C_0 adalah konstanta (= 1,30)
- C_1 adalah fungsi p/hd dan H_1/hd' dan
- C_2 adalah faktor koreksi untuk permukaan hulu.

Faktor koreksi C_1 disajikan pada Gambar 7 dan sebaiknya dipakai untuk berbagai tinggi bendung di atas dasar sungai. Harga-harga C_1 pada Gambar 7 berlaku untuk bendung mercu Ogee dengan permukaan hulu vertikal. Apabila permukaan bendung bagian hulu miring, koefisien koreksi tanpa dimensi C_2 harus dipakai; ini adalah fungsi baik kemiringan permukaan bendung maupun perbandingan p/H_1 . Harga-harga C_2 dapat diperoleh dari Gambar 8.



Gambar 8. Harga-harga Koefisien C2 untuk Bendung Mercu Tipe Ogee dengan Muka Hulu Melengkung (Dirjen Pengairan, DPU; 1986)

Gambar 9 menyajikan faktor pengurangan aliran tenggelam f untuk dua perbandingan-perbandingan aliran tenggelam $H2/H1$ dan $P2/H1$.



Gambar 9. Faktor Koreksi untuk Selain Tinggi Energi Rencana pada Bendung Mercu Ogee (Dirjen Pengairan, DPU; 1986)

Bendung dengan mercu Ogee memiliki kelebihan yaitu pada saat debit yang lebih rendah, air akan memberikan tekanan ke bawah pada mercu sehingga mercu akan lebih baik dalam menahan resiko terguling. Penggunaan mercu Ogee pada bendung juga memiliki kekurangan, yaitu aliran menuju hilir yang lebih deras mengharuskan tanah di sepanjang kolam olak harus dalam keadaan baik, dan kolam olak harus dibuat lebih kuat untuk menahan penggerusan, sehingga membutuhkan lebih banyak biaya.

E. Permodelan HEC-RAS

HEC-RAS merupakan perangkat lunak untuk memodelkan aliran di sungai. Sistem HEC-RAS memuat dua komponen analisis hidrolika satu dimensi untuk (Istiarto, 2014):

1. Perhitungan profil muka air aliran seragam atau *steady flow*,
2. Simulasi aliran seragam

Kedua komponen tersebut akan menggunakan representasi data geomteri serta perhitungan hidrolika dan geometri seperti pada umumnya. Langkah-langkah yang diperlukan dalam memodelkan penelusuran banjir adalah sebagai berikut:

1. Data sungai secara detail, lengkap dengan pengukuran memanjang dan melintang sungai. Semakin detail data yang dimiliki, semakin baik hasil keluaran program HEC-RAS.
2. Data debit yang diperoleh dari hasil hitungan debit banjir metode Gama I, Nakayasu, dan Snyder.

3. Proses penelusuran banjir terdiri dari permodelan DAS dan karakteristiknya serta *me-running* program HEC-RAS dengan urutan sebagai berikut:
 - a. Memodelkan karakteristik sungai tersebut pada program HEC-RAS
 - b. Memasukkan data hidrologi pada model berdasarkan data debit banjir yang telah dihitung.
 - c. Memasukkan data pasang surut air laut dibagian muara pada model
 - d. Menentukan jenis aliran tetap pada program HEC-RAS
4. Mengelola *out-put* data, hasil proses *running* berupa data keluaran penelusuran banjir yang antara lain terdiri dari:
 - a. Tinggi profil muka air pada masing-masing titik kontrol yang dilengkapi dengan besarnya debit pada setiap titik di grafik tersebut.
 - b. Data gambar pada masing-masing titik kontrol maupun keseluruhan sungai.

F. Bendung Kamijoro

Bendung Kamijoro terletak di Sungai Progo di Kabupaten Bantul. Berdasarkan administrasi, bangunan ini terletak di Desa Sendangsari, Kecamatan Pajangan, Kabupaten Bantul. Bangunan ini berfungsi sebagai pengambilan air irigasi dari Sungai Progo ke Daerah Irigasi Pijenan. Dimensi Bendung Kamijoro memiliki lebar bendung efektif sepanjang 153 m dengan debit rencana menggunakan Gama 1 pada kala ulang 100 tahun sebesar $1994.40 \text{ m}^3/\text{det}$, pada kala ulang 200 tahun sebesar $2123.50 \text{ m}^3/\text{det}$, dan kala ulang 1000 tahun sebesar $2439 \text{ m}^3/\text{det}$.

G. Kajian Penelitian yang Relevan

Salah satu penelitian yang relevan dengan Proyek Akhir ini adalah Tugas Akhir yang ditulis oleh Putri. M. P dengan judul “Simulasi Profil Muka Air pada Bendung Kamijoro dengan HEC-RAS 5.0.5”. Hasil penelitian menunjukkan hasil perhitungan profil muka air banjir pada Bendung Kamijoro adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Profil Muka Air Banjir Bendung Kamijoro

Kala Ulang (Tahun)	Tinggi Muka Air Banjir pada Mercu Bendung (m)				
	Rasional	Rasional Mononobe	Hasper	Weduwen	Gama 1
100	1.88	1.79	1.93	1.14	2.49
200	1.97	1.87	2.02	1.2	2.6
1000	2.19	2.08	2.25	1.33	2.85

(Putri. M. P, 2019)

Persamaan penelitian terdahulu dengan yang penulis teliti adalah terletak pada metode perhitungan muka air banjir dengan menggunakan program HEC-RAS. Sedangkan perbedaannya yaitu penelitian yang dilakukan sebelumnya dilakukan pada Bendung Kamijoro dengan mercu bulat, sedangkan penelitian yang dilakukan penulis dilakukan pada Bendung Kamijoro dengan mercu bendung Ogee. Perbedaan juga terletak pada metode yang digunakan untuk mendapatkan debit banjir.