

Tinjauan Perencanaan Terowongan Pengelak Bendungan Karalloe di Kabupaten Gowa

Selyn Angelyca Simatupang^{*1} Benyamin Tanan ^{*2} Melly Lukman ^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
Selynangelyca@gmail.com

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
mellylukman@yahoo.com dan nyamintan2002@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang tinjauan perencanaan dan desain Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) pada Bendungan Karalloe. Perhitungan analisa curah hujan rancangan menggunakan tiga metode yaitu Metode Gumbel, Metode Log Pearson Type III, dan Log Normal. Debit banjir dianalisis dengan Metode Hidrograf Satuan Sintesis Nakayasu. Perencanaan Terowongan Pengelak Bendungan Karalloe didesain menggunakan bentuk tapal kuda, dengan panjang terowongan 583 m, diameter terowongan 6 m dengan tinggi kehilangan energi didalam terowongan sebesar 27 m. Hasil penelitian menunjukkan penelusuran banjir dengan debit banjir kala ulang 25 tahun sebesar 492,333 m/detik dengan menggunakan desain terowongan berbentuk lingkaran didapatkan diameter terowongan sebesar 6,25 m, dengan tinggi kehilangan energi 25,741 m, dan direncanakan tinggi mercu *cofferdam* +205,241 m.

Kata Kunci : Terowongan Pengelak, Bendungan Pengelak, Penelusuran Banjir

ABSTRACT

This study aims to review the planning and design of the Diversion Tunnel at the Karalloe Dam. Calculation of design rainfall analysis uses three methods namely the Gumbel Method, the Pearson Type III Log Method, and the Normal Log. The flood discharge was analyzed by the Nakayasu Synthesis Unit Hydrograph Method. Planning the Karalloe Dam Circular Tunnel is designed using a horseshoe shape, with a tunnel length of 583 m, tunnel diameter of 6 m with a height of energy loss in the tunnel of 27 m. The results showed that flood tracking with a 25 year return flood of 492,333 m / sec using a circular tunnel design obtained a tunnel diameter of 6.25 m, with a height of energy loss of 25.741 m, and a planned height of the cofferdam lighthouse +205,241 m

Keywords: Diversion Tunnel, Drainage Dam, Flood Search

PENDAHULUAN

Pembangunan bendungan adalah salah satu wujud dari usaha memenuhi kebutuhan air dengan membendung air. Bendungan merupakan sebuah konstruksi yang didesain agar kuat untuk menahan dan menyimpan air, sehingga air dapat digunakan sesuai dengan keperluan. Pembangunan bendungan juga merupakan upaya untuk mengatasi masalah banjir. Banjir dapat terjadi karena luapan air sungai, waduk, danau, laut, atau badan air lainnya yang menggenangi dataran rendah dan cekungan yang awalnya tidak tergenang. Selain itu banjir juga dapat terjadi apabila air hujan terperangkap dalam suatu cekungan dan menjadi genangan. Banjir dapat

terjadi pada setiap kejadian hujan, musim hujan, atau beberapa kali musim hujan.

Pada proses pembangunan Bendungan Karalloe terdapat pekerjaan Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*). Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) merupakan salah satu konstruksi yang dibangun sebagai saluran pengelak selama pekerjaan berlangsung atau selama pelaksanaan konstruksi. Terowongan Pengelak sangat penting dan wajib dibangun untuk mendukung pelaksanaan konstruksi bendungan agar berjalan dengan lancar.

Pada Bendungan Karalloe telah dibangun sistem pengelak yang terdiri dari dua bangunan utama, yaitu saluran atau Terowongan Pengelak (*Diversion*

Tunnel), dan Bendungan Pengelak (*Cofferdam*). Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) pada perencanaan bendungan berfungsi sebagai penyalur debit banjir dan untuk mengalihkan aliran sungai dari hulu bendungan ke hilir bendungan selama periode pelaksanaan konstruksi tubuh bendungan, sedangkan Bendungan Pengelak (*Cofferdam*) berfungsi sebagai penghalang sementara yang kedap air sehingga daerah pada pekerjaan konstruksi bendungan menjadi kering.

Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) dan Bendungan Pengelak (*Cofferdam*) merupakan dua komponen terpenting dalam sistem pengelak banjir periode pelaksanaan konstruksi suatu bendungan, oleh karena itu keduanya mempunyai hubungan yang sangat erat antara terowongan dengan bendungan pengelak. Apabila bendungan pengelak (*Cofferdam*) dipertinggi, berarti tinggi tekanan pada Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) akan meningkat juga.

Pada musim lalu terjadi banjir pada saat konstruksi berlangsung dibendungan Karalloe, yang mengakibatkan jebolnya Bendungan Pengelak (*Cofferdam*). Hal ini terjadi karena banjir yang terjadi lebih besar dari banjir yang direncanakan. Hujan yang digunakan merupakan hujan beberapa tahun sebelumnya sehingga perlu ditinjau kembali dan dibandingkan dengan perencanaan sebelumnya

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung debit rancangan pada Terowongan Pengelak di Bendungan Karalloe dan mengetahui desain perencanaan Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) pada Bendungan Karalloe.

Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) adalah sebuah tembusan di bawah permukaan tanah atau bukit yang berfungsi sebagai pengalihan aliran sungai selama pelaksanaan pekerjaan bendungan. Pada pelaksanaan konstruksi bendungan selalu diperlukan suatu saluran pengelak, untuk menampung aliran sungai yang dialihkan dari alur yang asli, serta bendungan pengelak untuk melindungi pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan pada pondasi serta pekerjaan penimbunan tubuh bendungan tersebut terhadap gangguan aliran sungai yang bersangkutan. (Sosrodarsono, 1989).

Saluran pengelak dan bendungan pengelak merupakan dua komponen terpenting dalam sistem pengelak banjir periode pelaksanaan konstruksi suatu bendungan, maka keduanya mempunyai hubungan timbal balik yang sangat erat (Sosrodarsono, 1989). Apabila bendungan pengelak dipertinggi, berarti tinggi tekanan pada saluran pengelak akan meningkat pula, sehingga ukuran saluran pengelak dapat diperkecil, dengan demikian biaya pembuatannya akan menjadi rendah (Sosrodarsono, 1989).

Terowongan Pengelak berfungsi sebagai penyalur banjir dan sering pula dimanfaatkan sebagai bangunan-bangunan pelengkap permanen bendungan seperti bangunan penyadap, fasilitas penggelontoran lumpur, bangunan pelimpah banjir dan lain-lain (Sosrodarsono, 1989). Sistem pengelak banjir dengan komponen utama berupa saluran pengelak dan bendungan pengelak direncanakan sedemikian rupa, sehingga dapat mengalirkan debit banjir yang mungkin terjadi dalam periode pelaksanaan konstruksi suatu bendungan dan agar dapat dihindarkan kemungkinan-kemungkinan terjadinya limpasan-limpasan di atas mercu bendungan pengelak yang dapat menyebabkan genangan-genangan pada daerah calon tubuh bendungan yang sedang dikerjakan (Sosrodarsono, 1989).

Faktor-faktor terpenting yang akan menentukan karakteristik hidrolika suatu saluran pengelak yaitu, kemiringan dasar saluran pengelak, ukuran saluran pengelak, panjang saluran pengelak, kekasaran dinding saluran pengelak. Untuk merencanakan Terowongan Pengelak dapat dilakukan dengan perhitungan yang didasarkan pada tiga faktor terpenting, yaitu debit banjir rencana, kemiringan dasar terowongan dan koefisien kekasaran. (Sosrodarsono, 1989).

Pada perencanaan konstruksi Terowongan Pengelak di bendungan Karalloe didesain dengan bentuk tapal kuda. Adapun kelebihan dari Terowongan Pengelak berbentuk tapal kuda adalah terowongan tapal kuda memiliki atap semi bulat dengan dinding dan dasar agak melengkung. Bentuk ini memberi keuntungan dasar yang lebih datar dan lebih lebar untuk memudahkan dalam pelaksanaan terowongan tanpa mengorbankan efisiensi hidrolik yang tetap sama seperti luas potongan melintang bentuk bulat dan juga Terowongan Pengelak cocok digunakan pada kondisi batuan yang keras.

Hidrologi pada dasarnya merupakan suatu ilmu yang bersifat menafsirkan. Melakukan percobaan dibatasi oleh ukuran kejadian di alam, yang diteliti secara sederhana dengan akibat yang bersifat khusus. Persyaratan mendasarnya berupa data yang diamati dan diukur mengenai semua segi pencurahan, pelimpasan, penelusuran, pengaliran sungai, penguapan, dan seterusnya (Wilson, 1969).

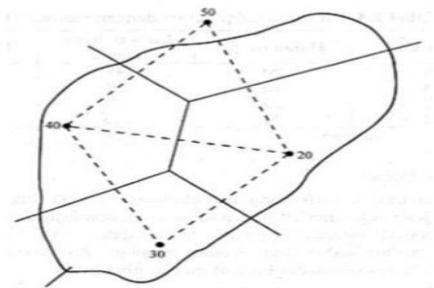
Secara umum analisis hidrologi merupakan satu bagian analisis awal dalam perancangan bangunan-bangunan hidraulik. Analisis hidrologi digunakan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana pada suatu perencanaan bangunan air. Data untuk penentuan debit banjir rencana pada studi ini adalah data curah hujan, dimana curah hujan merupakan salah satu dari beberapa data yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya debit banjir rencana.

Menurut Soemarto (1987), dalam ilmu statistik dikenal beberapa macam distribusi frekuensi dan 4 (empat) jenis distribusi yang umum digunakan dalam bidang hidrologi, yaitu Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel dan Distribusi Log Pearson Type III.

1. Curah Hujan Rata-Rata

Data curah hujan dan debit merupakan data yang sangat penting dalam perencanaan bendungan. Analisis data hujan dimaksudkan untuk mendapatkan besaran curah hujan. Perlunya menghitung curah hujan rata-rata wilayah adalah untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir (Sosrodarsono & Takeda, 1977).

Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) ada tiga metode, yaitu metode Rata-rata Aritmatik (aljabar), metode Poligon Thiessen dan metode Isohyet (Loebis, 1987).



Gambar 1. Gambar Poligon Thiessen

2. Curah Hujan maksimum

Dalam studi ini setelah didapatkan hasil curah hujan rata-rata kemudian ditentukan curah hujan maksimum untuk setiap tahun.

3. Curah Hujan Rancangan

Setelah curah hujan harian rata-rata maksimum diperoleh, maka diolah menjadi curah hujan rancangan. Tujuan penghitungan curah hujan rancangan adalah untuk mendapatkan curah hujan periode ulang tertentu yang akan digunakan untuk mencari debit banjir rancangan. Untuk menghitung curah hujan rancangan menggunakan parameter pemilihan distribusi curah hujan. Sebelumnya data curah hujan yang digunakan harus dilakukan pemilihan jenis distribusi yang sesuai dengan data. Maka harus dilakukan beberapa perhitungan parameter statistik.

Pengujian Kesesuaian Distribusi Frekuensi Uji kesesuaian ini dimaksud untuk mengetahui kebenaran suatu hipotesa distribusi frekuensi.

Dengan pemeriksaan ini akan diperoleh kebenaran antara hasil pengamatan dengan metode distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis, serta kebenaran hipotesa diterima atau ditolak untuk digunakan pada perhitungan selanjutnya.

Ada 2 cara untuk menghitung uji kesesuaian distribusi yaitu Chi Kuadrat dan Uji Smirnov-Kolmogorov.

Analisis Banjir Rancangan

1. Pengertian Banjir Rancangan

Debit banjir rencana adalah debit maksimum di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang (rata-rata) yang sudah ditentukan yang dapat dialirkan tanpa membahayakan proyek irigasi dan stabilitas bangunan bangunannya.

Debit banjir rencana ditetapkan dengan cara menganalisis debit puncak, dan biasanya dihitung berdasarkan hasil pengamatan harian tinggi muka air. Melalui periode ulang, dapat ditentukan nilai debit rencana.

Perhitungan debit banjir dalam studi ini dimaksud untuk menghitung debit banjir pada lokasi Bendungan Karalloe.

2. Analisa Banjir Rancangan

Banjir Rancangan dengan menggunakan data hujan akan dihitung dengan menggunakan metode perhitungan debit banjir yaitu metode Hidrograf Nakayasu. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dikembangkan di Jepang (Soemarto, 1987). Perhitungan debit banjir rancangan untuk suatu bangunan air di Indonesia umumnya menggunakan metode Nakayasu. Perhitungan debit banjir menggunakan metode HSS lebih tepat digunakan untuk perencanaan bangunan air karena diagram HSS Nakayasu memberikan gambaran mengenai debit ketika awal hujan, saat banjir dan pada saat banjir berakhir.

Beberapa penelitian sejenis yaitu Analisa pembangunan terowongan air sebagai bangunan pengelak Waduk Jati Gede dengan menggunakan rumusan empiris hidrolika, dimana tahapan konstruksi terowongan pengelak yaitu drilling, charging, blasting, pemasangan penyangga temporer lawal, dan konstruksi penyangga permanen. Adapun tipe penampang terowongan untuk bagian dalam berupa circular, dan bagian luar berbentuk tapal kuda, lapisan beton bertulang, dan panjang terowongan yaitu 546,221 meter [1].

Analisis struktur bendungan Embung Gamang dengan hasil analisis rembesan pada Badan Embung dan pelimpah pada saat kondisi banjir dan gempa baik hitungan manual dan hitungan Geostudio menyatakan tidak aman dari bahaya piping, dengan masing-masing nilai angka

keamanan sebesar 0.6485 dan 1.31 dengan syarat angka Lane > 1.8 untuk hitungan manual, serta 2.29 dan 0.94 dengan syarat angka keamanan > 4 untuk hitungan Geostudio[2].

Studi perencanaan terowongan pengelak Bendungan Lubuk Ambacang dengan menggunakan metode banjir dengan debit 5 tahun diperoleh diameter 9 m, Momen Maksimum bagian atas sebesar 2.16 KNm, Momen Maksimum bagian bawah sebesar 3.56 KNm, dan Momen Maksimum bagian samping sebesar 3.56 KNm dari hasil perhitungan menggunakan STAADPRO [3].

Perencanaan terowongan pengelak pada Bendungan Gonggang menggunakan Metode Elemen Hingga dengan hasil perencanaan bentuk lingkaran dengan diameter 3,2 m dapat menampung debit banjir Q_{20} 92 m³/det [4].

METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini merupakan studi tinjauan perencanaan Terowongan Pengelak (*Diversion Tunnel*) yang secara geografis lokasi Bendungan Karalloe terletak pada 5°30'47,6" Lintang Selatan dan 119°48'10,44"

Bujur Timur. Bendungan Karalloe merupakan bendungan yang terletak di Desa Garing, Kecamatan Toppobulu dan Desa Taring, Kecamatan Biringbulu, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 2. Lokasi Proyek

2. Metode Analisa Data

a. Data Curah Hujan

Untuk menganalisis kondisi hidrologi curah hujan di daerah Karalloe terdapat 3 stasiun hujan yang mempengaruhi daerah tersebut. Data yang diperoleh dari 3 stasiun hujan merupakan data dari tahun 1992 - 2018. Tabel stasiun hujan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Stasiun hujan

No.	Stasiun	LS	BT	Jenis	Serial Data
1	Malakaji	05°25'45"	119°50'31"	Manual	1992 s/d 2018
2	Sonrobone	05°31'21"	119°49'00"	Manual	1992 s/d 2018
3	Palladingan	05°27'40.9"	119°49'31"	Manual	1992 s/d 2018

Berikut perhitungan curah hujan rata-rata daerah Contoh perhitungan berdasarkan data hujan tanggal 5 Januari 1994, curah hujan pada tanggal tersebut dipilih karena memiliki data yang lengkap.

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{A} R_i = \frac{A_1}{A} R_1 + \frac{A_2}{A} R_2 + \dots + \frac{A_n}{A} R_n$$

$$R = \left(\frac{157,81}{288,230} \times 16 \right) + \left(\frac{96,15}{288,230} \times 40 \right) + \left(\frac{34,27}{288,230} \times 10 \right)$$

b. Peta Topografi

Batas dan luas daerah tangkapan hujan (*Catchment Area*) ditentukan dengan menggunakan aplikasi AutoCAD dan aplikasi *Global Mapper*.

c. Data Tata Guna Lahan

Data tata guna lahan didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan Jeneberang. Data tata guna lahan untuk mengetahui jenis-jenis penggunaan lahan yang berada dalam daerah tangkapan hujan (*Catchment Area*) dan yang berada di sekitar lokasi bendungan karalloe. Data ini diperlukan untuk menentukan koefisien limpasan yang digunakan dalam perhitungan debit rancangan.

d. Analisis Debit Banjir Rancangan

Dalam penelitian ini, perhitungan banjir rancangan dihitung menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dengan periode ulang (T) 25 tahun.

e. Perencanaan Terowongan Pengelak

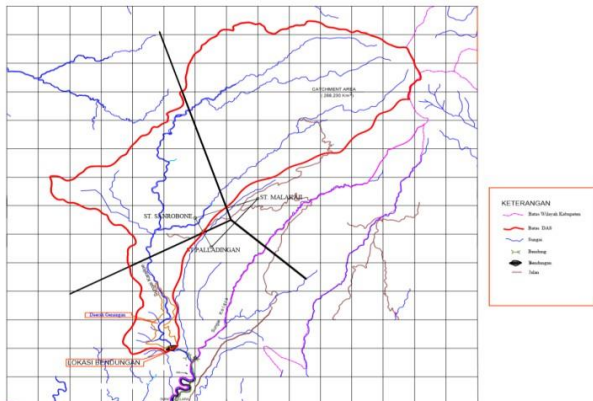
Dalam penelitian ini direncanakan Terowongan Pengelak dengan dimensi dan elevasi muka air yang sama dengan perencanaan sebelumnya, dan akan dicoba dengan menggunakan bentuk dan diameter terowongan yang berbeda.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Hidrologi

Curah hujan rata-rata dihitung dengan menggunakan Metode Poligon Thiessen. Dengan

membuat tiga stasiun hujan yang berada disekitar bendungan didapatkan gambar poligon Thiessen. Dari gambar poligon Thiessen dihitung luas masing-masing daerahnya. Area tangkapan dan Poligon Thiesen disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Catchment Area dan Poligon Thiessen

Berdasarkan hasil pengukuran dengan AutoCAD, luas pengaruh dari tiap stasiun ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan luas Poligon Thiessen

Stasiun	Luas (km ²)	Ai/A (5)
Malakaji	157.81	54.751
Sanrobone	96.15	33.359
Paladingan	34.27	11.89
Jumlah	288.23	100

Berikut perhitungan curah hujan rata-rata daerah. Contoh perhitungan berdasarkan data hujan tanggal 5 Januari 1994, curah hujan pada tanggal tersebut dipilih karena memiliki data yang lengkap. Curah hujan rancangan dihitung untuk periode ulang (T) 25 tahun yang dihitung untuk menentukan debit rencana untuk Terowongan Pengelak. Berdasarkan hasil perhitungan curah hujan rata-rata daerah, ditentukan curah hujan harian maksimum setiap tahun.

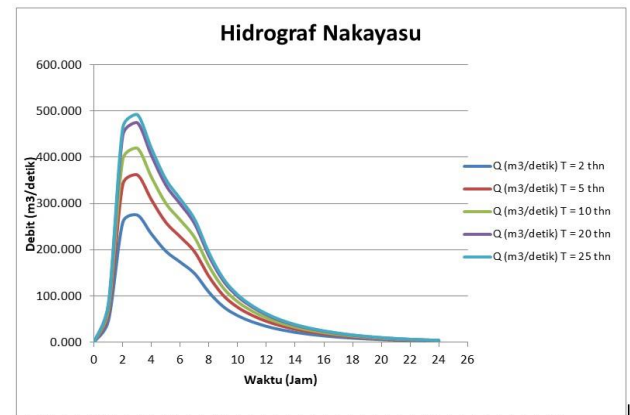
2. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Untuk menghitung debit banjir rancangan pada tinjauan perencanaan terowongan pengelak maka dipilih metode Hidrograf nakayasu.

Berdasarkan hasil rekapitulasi Debit Banjir Rancangan Metode Hidrograf Nakayasu didapatkan debit banjir rancangan yang menjadi puncak banjir dengan periode ulang (T) 25 tahun sebesar 492,333 m³/det yang terjadi pada jam ke-3.

Untuk menghitung debit banjir rancangan, dihitung intensitas curah hujan jam-jaman metode Mononobe.

Dipilih waktu konsentrasi hujan untuk wilayah Indonesia yakni 6 jam. Lalu ditentukan distribusi hujan jam-jaman dan hujan netto jam-jaman. Berdasarkan hasil perhitungan hujan netto jam-jaman dan perhitungan ordinat hidrograf, berikut hasil rekapitulasi debit banjir.



Gambar 4. Hidrograf Debit Banjir Rancangan Terowongan Pengelak Periode Ulang (T)

3. Perencanaan Terowongan Pengelak

Tipe bangunan pengelak dalam perencanaan ini adalah terowongan dengan bentuk lingkaran berbeda dengan perencanaan sebelumnya yang berbentuk tapal kuda.

Debit maksimum yang masuk ke Terowongan Pengelak Berdasarkan perhitungan debit banjir rancangan diketahui bahwa debit rencana periode ulang (T) 25 tahun pada perencanaan ini lebih besar daripada debit rencana periode ulang (T) 25 dari perencanaan sebelumnya. Didapatkan besar debit pada perencanaan ini adalah 492,333 m³/detik, sedangkan pada perencanaan sebelumnya adalah 485 m³/detik. Dicoba menggunakan diameter terowongan pengelak yang berbeda dari perencanaan sebelumnya. Berdasarkan perhitungan perencanaan Terowongan Pengelak, dilakukan evaluasi perencanaan dengan mengecek tinggi kehilangan energi dan debit di terowongan. Menghitung luas penampang terowongan Taksir diameter yang direncanakan, $D = 6,25$ m diperoleh keliling basah 19,635, jari-jari 1,563 m, $V = 16,048$ m/detik, kehilangan energi akibat gesekan 1,419, K_b inlet 13,126, K_b outlet 4,594, K_b sudut 33,6563, total hm 24,322 m, $\Delta H = 25,741$ m.

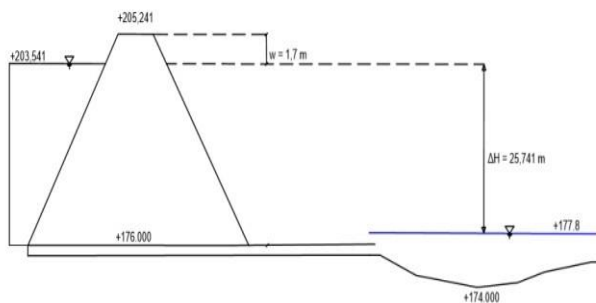
Data curah hujan yang digunakan berasal dari 3 stasiun hujan yang berbeda. Pada perencanaan sebelumnya menggunakan stasiun Malino, Malakaji dan Bendung Kelara. Sedangkan pada perencanaan ini menggunakan stasiun Malakaji, Sonrobone dan Palladingan. Penggunaan stasiun yang berbeda pada penelitian ini disebabkan karena pada saat

penggambaran metode poligon Theissen stasiun yang terdekat dengan lokasi penelitian adalah Malakaji, Sanrobone dan Palladingan.

Luas *Catchment* yang diperoleh lebih besar 288,230 km² dibanding pada luas *catchment area* perencanaan sebelumnya sebesar 287 km². Ini berbeda pada bentuk dan pada saat penggambaran dengan menggunakan AutoCAD.

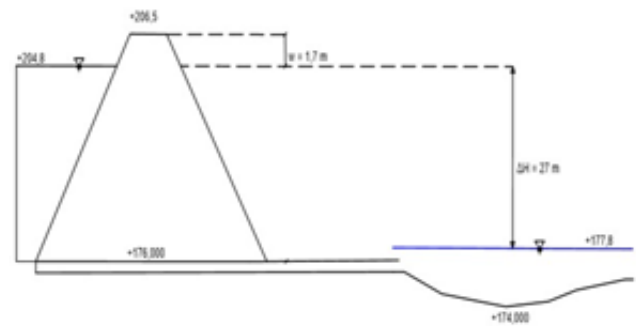
Metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan yaitu Metode Gumbel Tipe I, Log Pearson III, dan Log Normal. Berdasarkan uji kesesuaian distribusi Chi Square dan Smirnov-Kolmogorof, yang memenuhi adalah metode Gumbel Tipe I. Sedangkan pada perencanaan sebelumnya yang memenuhi adalah metode Gumbel dan log Pearson III. Keduanya memenuhi uji kesesuaian distribusi. Berdasarkan uji kesesuaian distribusi Chi Square dan Smirnov-Kolmogorof, yang memenuhi adalah metode Gumbel Tipe I. Sedangkan pada perencanaan sebelumnya yang memenuhi adalah metode Gumbel dan log Pearson III. Keduanya memenuhi uji kesesuaian distribusi.

Pada penelitian ini didapatkan total kehilangan energi untuk diameter 6 m sebesar 30,603 m yang berarti total kehilangan energi ini lebih besar dari pada perencanaan sebelumnya. Diketahui bahwa elevasi muka air di *outlet* pada perencanaan sebelumnya adalah +177,8 dan tinggi jagaan sebesar 1,7 m sehingga elevasi mercu *Cofferdam* pada perencanaan sebelumnya adalah +206,5.



Gambar 5. Sketsa tinggi kehilangan energi di terowongan pengelak pada perencanaan sebelumnya

Elevasi dasar sungai di terowongan pengelak adalah +174,000, dan elevasi muka air di *outlet* adalah +177,8. Tinggi kehilangan energi akibat gesekan dan peralihan yang diperoleh pada penelitian ini sebesar 25,741 m. Elevasi dasar sungai di *Cofferdam* adalah +176,000. Elevasi tinggi muka air di *Cofferdam* adalah +203,541 Elevasi mercu di *Cofferdam* diperoleh dari penjumlahan antara tinggi muka air di hulu dan tinggi jagaan sebesar 1,7 m sehingga di peroleh tinggi mercu +205,241.



Gambar 6. Sketsa tinggi kehilangan energi di terowongan pengelak pada perencanaan sebelumnya

Pembahasan

Debit banjir maksimum pada Terowongan Pengelak yang diperoleh sebesar 492,548 m³/det berbeda dengan perencanaan sebelumnya sebesar 485 m³/det. Perbedaan disebabkan oleh data curah hujan dan luas tangkapan hujan yang berbeda. Panjang terowongan yang dipilih sama dengan panjang terowongan sebelumnya yaitu 583 m. Bentuk terowongan pada perencanaan sebelumnya menggunakan tipe tapal kuda, sedangkan pada penelitian ini dipilih terowongan dengan bentuk lingkaran. Pada perencanaan sebelumnya diameter Terowongan Pengelak yang digunakan adalah 6 m, dengan total kehilangan energi didalam terowongan adalah sebesar 27 m. Dari hasil perhitungan pada penelitian ini untuk total kehilangan energi yang lebih kecil dari total kehilangan energi pada perencanaan sebelumnya adalah diameter Terowongan Pengelak dengan ukuran 6,25 m.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan debit banjir rancangan dengan priode ulang 25 tahun dengan menggunakan metode Hidrograf Nakayasu diperoleh hasil yang berbeda dengan perencanaan sebelumnya. Diperoleh debit banjir rancangan (Q₂₅) pada Terowongan Pengelak sebesar 492,333 m³/detik, sedangkan pada perencanaan sebelumnya besar debit banjir rancangan adalah 485 m³/det.

Diameter Terowongan Pengelak yang memenuhi kehilangan energi sesuai dengan *Cofferdam* yang ada pada perencanaan sebelumnya dan *outlet* Terowongan Pengelak adalah diameter dengan ukuran 6,25 m dengan total kehilangan energi 25,741 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Wulan dan B. Prastiwi, 2011, "Analisa Pembangunan Terowongan Air Sebagai Bangunan Pengelak Waduk Jatigede

- Sumedang Jawa Barat" in Prosiding PESAT vol.4,p.57-62.
- [2] R. Setiyanto, N. Djarwanti, and A. P. Rahmadi, 2014, "Analisis Struktur Bendungan (Studi Kasus Konstruksi Embung Gamang)," J. Matriks Teknik Sipil, vol.2, no.4. p.654-667. 2014.
- [3] C. Y. Wicaksana, 2018, "Studi Perencanaan Terowongan Pengelak Bendungan Lubuk Ambacang Kecamatan Hulu Kuantan:", J. Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan. vol. 2. no.1, p.1-7.
- [4] A. Mujib, Pudyono, dan T, Hidayat, 2018, "Perencanaan Terowongan Pengelak Pada Bendungan Gonggang Menggunakan Metode Elemen Hingga" J. Civitas Akademik, 2018.