
BAB V

RENCANA PELAKSANAAN

BENDUNG GERAK TULIS

5.1 TINJAUAN UMUM

Penentuan rencana pelaksanaan suatu konstruksi bangunan air akan memegang peranan penting dalam mencapai parameter atau ukuran penilaian keberhasilan suatu pekerjaan konstruksi yaitu efisien, tepat waktu, aman dan ekonomis. Dalam suatu konstruksi untuk jenis bangunan air yang sama belum tentu mempunyai rencana tahap pelaksanaan yang sama pula. Hal ini dimungkinkan karena adanya perbedaan kondisi real di lapangan yang berpengaruh dalam penentuan rencana tahap pelaksanaan antara pekerjaan konstruksi bangunan air di suatu lokasi dengan pekerjaan konstruksi bangunan air di lokasi lain. Pemahaman dan penguasaan kondisi real di lapangan menjadi point penting yang harus dikuasai sebagai referensi sebelum penyusunan skema rencana tahap pelaksanaan.

Penyusunan suatu rencana tahap pelaksanaan yang tepat akan lebih memberikan gambaran mengenai urutan pekerjaan yang harus dilaksanakan sehingga memudahkan bagi pelaksana di lapangan mengaplikasikan konstruksi design, meminimalkan kesalahan yang terjadi untuk mendapatkan suatu hasil konstruksi yang tepat.

Dalam Bab ini akan dijelaskan hal-hal yang akan berhubungan dengan rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis terutama dalam teknik pelaksanaannya. Tetapi mengingat begitu kompleks faktor yang harus ditinjau maka hanya secara garis besar yang bisa kami sajikan.

5.2 RENCANA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN BENDUNG

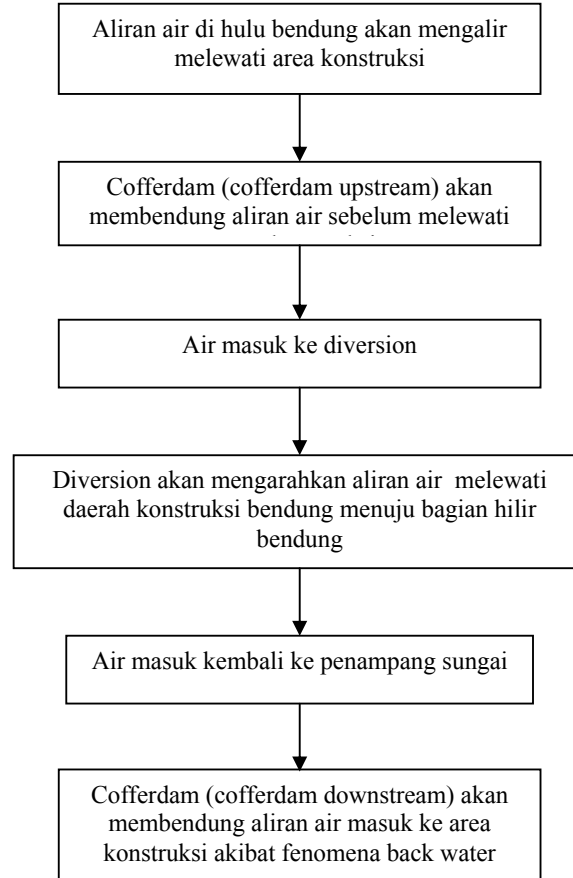
Pelaksanaan konstruksi bendung tidak bisa dilakukan bila masih ada gangguan aliran air pada penampang sungai di daerah konstruksi. Inti dari rencana pelaksanaan bendung yang akan di jelaskan dalam bab ini adalah metode yang akan digunakan dalam membebaskan daerah konstruksi bendung dari gangguan air dengan suatu sistem

dewatering yang dikaitkan dengan pelaksanaan pekerjaan bendung sendiri dan juga dengan memperhatikan faktor keamanan, ketepatan dan efisiensi waktu pelaksanaan.

Secara garis besar inti dari metode pembebasan aliran air dari area konstruksi bendung (sistem dewatering) adalah dengan mengalihkan aliran air sungai yang melewati daerah konstruksi bendung dengan suatu konstruksi bendung sementara di hulu bendung yang kemudian aliran air diarahkan agar melewati suatu saluran pengalihan. Saluran pengalih ini akan mengarahkan aliran air ke bagian hilir (downstream) bendung melewati lokasi rencana tubuh bendung tanpa mengalami limpasan. Konstruksi yang biasanya dipakai untuk membebaskan daerah konstruksi bendung adalah cofferdam dan diversion. Cofferdam berfungsi sebagai bendung sementara/pengelak sedangkan diversion sebagai saluran pengalih/pengelaknya. Dengan pembebasan daerah konstruksi ada beberapa keuntungan yang bisa diperoleh, antara lain :

- Memudahkan pekerjaan konstruksi bendung
- Tersedianya space atau ruang yang cukup sehingga bisa dimanfaatkan untuk penempatan peralatan, material dan resources bendung lainnya.
- Stabilitas bendung akan lebih terjaga
- Memberikan keamanan bagi pekerja.

Untuk lebih mempermudah pemahaman hal diatas, dapat dilihat dalam diagram air sistem dewatering berikut ini :



Gambar 5.1 Diagram alir sistem dewatering

Dari diagram alir di atas dapat digaris bawahi bahwa cofferdam dan diversion adalah konstruksi yang mempunyai arti penting dalam kaitannya dengan penyusunan rencana pelaksanaan suatu bendung.

5.2.1 Teknik Pelaksanaan Konstruksi Bendung

Teknik pelaksanaan konstruksi bendung adalah suatu metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi bendung yang di dalamnya berisi tahap-tahap pekerjaan konstruksi bendung yang harus dikerjakan dengan memperhatikan hubungan antar elemen pekerjaan.

Teknik pelaksanaan konstruksi pada bendung yang akan diterapkan oleh pelaksana akan mempengaruhi bentuk/tipe diversion, dan dengan sendirinya akan berpengaruh pula pada cofferdam. Bentuk/tipe diversion berkaitan dengan lokasi penempatan dari diversion sehingga penempatan lokasi cofferdam secara tidak langsung akan mengikuti dari penempatan lokasi diversion atau sebaliknya.

Beberapa hal yang perlu dipikirkan sedemikian rupa sebelum menentukan lokasi diversion (saluran pengelak) sehingga tidak akan mengganggu jalannya pelaksanaan konstruksi, yaitu :

- Lokasi Quarry/Borrow area untuk konstruksi.
- Kondisi geologi dan mekanika tanah setempat.
- Stage Construction/Tahapan Pelaksanaan.
- Kemungkinan kegunaannya setelah pelaksanaan.
- Biaya diversion dan cofferdam.
- Besar kecil kendala pelaksanaan yang dikaitkan dengan kemampuan dari pelaksana.
- Ruang/space yang tersedia.

Rencana dari penempatan diversion dan cofferdam salah satunya dipengaruhi oleh pemilihan teknik pelaksanaan pekerjaan bendung. Ada ada 2 tipe teknik pelaksanaan konstruksi bendung, yaitu :

- » Teknik pelaksanaan tanpa tahapan.
- » Teknik pelaksanaan dengan tahapan.

5.2.1.1 Pelaksanaan Konstruksi Bendung Tanpa Tahapan

Pelaksanaan Bendung tipe ini adalah pelaksanaan konstruksi bendung dimana pekerjaan tubuh bendung dapat dilaksanakan dari awal hingga akhir tanpa diselingi pekerjaan konstruksi lain diluar pekerjaan bendung. Hal ini di mungkinkan karena aliran air bisa dialihkan dari daerah konstruksi sejak awal pelaksanaan hingga bendung siap dioperasikan. Dalam menggunakan tipe teknik pelaksanaan seperti ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan terkait dengan konstruksi sisten dewateringnya, yaitu :

A. Saluran Pengelak

- Penempatan diversion berada diluar palung sungai berupa saluran terbuka (diversion channel) atau saluran tertutup (diversion tunnel), dimana konstruksi dipakai dari awal sampai akhir proyek.
- Pembongkaran diversion bisa dilakukan setelah pembongkaran cofferdam yang menandakan bendung siap dioperasikan secara penuh. Bila diversion akan dialihkan fungsinya (bukan sebagai saluran pengalihan), maka untuk efisiensi biaya tidak perlu dibongkar.

B. Bendung Pengelak/Cofferdam

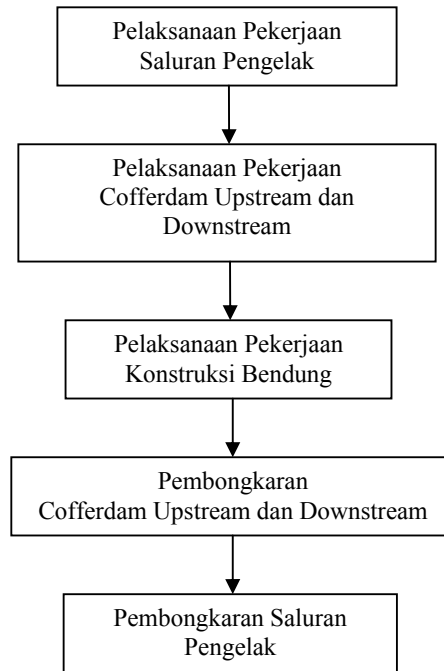
- Cofferdam dibuat sepanjang penampang sungai (Y-Z).
- Penempatan cofferdam upstream harus memperhatikan mulut bagian depan dari diversion agar aliran air dapat lancar masuk ke diversion.
- Penempatan lokasi cofferdam downstream dibuat dengan memperhatikan mulut bagian belakang diversion untuk keamanan terhadap fenomena backwater
- Cofferdam dibuat hanya sekali sampai selesainya pekerjaan bendung.
- Pembongkaran cofferdam dilakukan hanya ketika bendung dinilai siap dioperasikan secara penuh.

Tipe teknik pelaksanaan seperti ini mempunyai beberapa kelebihan, antara lain :

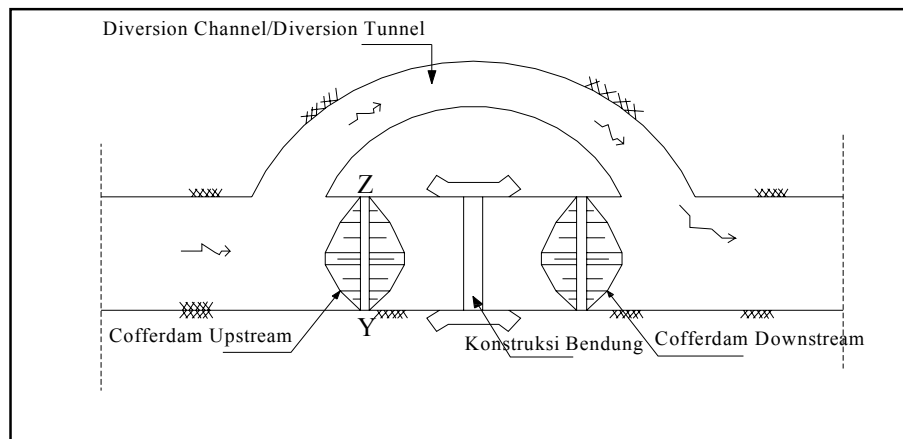
- Mudah dilaksanakan karena konstruksi tubuh bendung dibuat langsung tanpa tahapan sehingga ketergantungan atau keterikatan antar subpekerjaan bendung dengan konstruksi sistem dewateringnya (cofferdam dan diversion) relative kecil
- Dilihat dari segi ketepatan rencana time schedule pelaksanaan lebih mudah dicapai
- Resiko gangguan air sangat kecil.
- Dari segi ekonomi lebih ekonomis karena bangunan pendukung dalam sistem dewateringnya yang berfungsi membebaskan area dari aliran air cukup satu kali pembuatan.

Namun tipe ini juga mempunyai kekurangan yaitu harus ditunjang dengan kemampuan pelaksana, ketersediaan ruang yang cukup, serta didukung kondisi situasi di sekitar daerah konstruksi.

Untuk memperjelas teknik pelaksanaan tanpa tahapan, perhatikan diagram alir dan gambar pelaksanaan berikut ini ;



Gambar 5.2 Diagram alir teknik pelaksanaan bendung tanpa tahapan



Gambar 5.3 Gambar teknik pelaksanaan bendung tanpa tahapan

Dalam teknik pelaksanaan bendung dengan tahapan, pemilihan tipe saluran pengelak selain diversion channel juga bisa dengan diversion tunnel. Diversion tunnel

berupa saluran tertutup dengan membuat terowongan. Diversion tunnel dipilih jika lokasi di sisi luar penampang sungai terdapat kondisi yang memaksa pemakaian tipe diversion channel sukar untuk dilaksanakan atau diversion tunnel didesain masih bisa dimanfaatkan setelah pekerjaan bendung selesai.

5.2.1.2 Pelaksanaan Konstruksi Bendung Dengan Tahapan

Pelaksanaan bendung dengan tahapan adalah pelaksanaan konstruksi bendung dimana pekerjaan bendung dilaksanakan dengan diselinggi pekerjaan konstruksi lain diluar pekerjaan bendung itu sendiri. Hal ini berkaitan dengan pembebasan area konstruksi dari aliran air yang tidak bisa dialihkan hanya dengan satu kali pembuatan cofferdam sebagai akibat dari penempatan lokasi diversion. Penempatan lokasi diversion berbeda dengan penempatan pada pelaksanaan konstruksi tanpa tahapan.

Penggunaan tipe pelaksanaan dengan tahapan akan lebih rumit daripada tipe pelaksanaan tanpa tahapan. Hal – hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan tipe pelaksanaan dengan tahapan adalah :

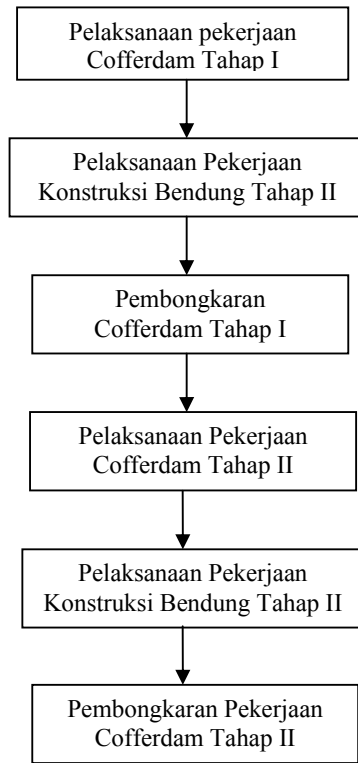
A. Saluran Pengelak

- Saluran pengelak menggunakan tipe diversion channel di palung.
- Penempatan lokasi saluran pengelak dengan memanfaatkan palung sungai tepat di sisi daerah konstruksi bendung.
- Pembatas sisi/sekat antara saluran pengelak dengan konstruksi bendung bisa dengan membuat cofferdam di bagian sisinya atau dengan membuat dinding saluran pengarah sendiri. Hal ini tergantung/bisa disesuaikan dengan keadaannya.

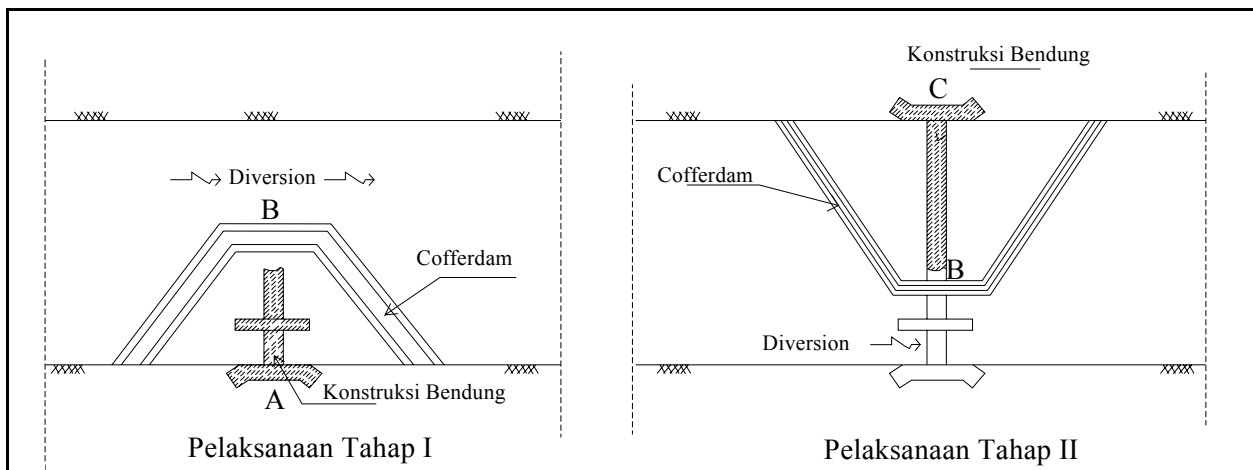
B. Bendung Pengelak/Cofferdam

- Cofferdam tidak dibuat sepanjang penampang sungai (A-C), tetapi disesuaikan dengan lebar dari diversion dan banyaknya tahap pelaksanaan bendung.
- Dinding cofferdam selain berfungsi sebagai pelindung juga bisa sebagai dinding pengarah aliran air melewati area konstruksi tepat disisi diversion.
- Pembongkaran cofferdam dilakukan setelah setiap tahap pekerjaan bendung selesai.

Untuk memperjelas tipe pelaksanaan tanpa tahapan dapat dilihat diagram alir dan gambar pelaksanaan berikut ini ;



Gambar 5.4 Diagram alir teknik pelaksanaan bendung dengan tahapan



Gambar 5.5 Gambar teknik pelaksanaan bendung dengan tahapan

Dari diagram dan gambar diatas maka dalam pelaksanaan bendung dengan tahapan yang harus diperhatikan adalah :

» Tahap 1

Pembongkaran cofferdam harus memperhatikan kesiapan dari konstruksi bendung tahap I dalam menahan beban tekanan air dan kesiapan dalam menggantikan fungsi dari diversion.

» Tahap II

Pembongkaran cofferdam tahap II dilakukan setelah pekerjaan bendung tahap 2 selesai dan bendung siap dioperasikan secara penuh.

5.3 RENCANA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN BENDUNG GERAK TULIS

Ada beberapa tahap yang harus dilakukan sebelum dilakukan analisis penyusunan rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis, antara lain :

- Analisis Kelengkapan Data
- Analisis Pemahaman dan Penguasaan Data
- Penyusunan Model-Model Rencana Pelaksanaan
- Pemilihan Model Rencana Pelaksanaan

5.3.1 Analisis Kelengkapan Data

Dalam analisis kelengkapan data ada beberapa data penting yang harus ada sebelum dilakukan analisis berikutnya dalam penyusunan rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis, antara lain :

- Koordinat rencana posisi dari Bendung Gerak Tulis (Axis of Dam dan Axis of Reference).
- Peta situasi dan topografi di lokasi Bendung Gerak Tulis.
- Gambar design struktur Bendung Gerak Tulis.

Kelengkapan dari data-data proyek pekerjaan Bendung Gerak Tulis dapat di lihat dalam lampiran.

5.3.2 Analisis Pemahaman dan Penguasaan Data

Analisis ini bertujuan agar kita bisa memahami apa yang disajikan dari data yang sudah didapatkan untuk memperoleh point-point penting yang akan dipakai dalam proses selanjutnya.

5.3.2.1 Analisis Pemahaman Titik-Titik Referensi

Titik-titik referensi yaitu titik-titik sebagai dasar penentuan Axis of Dam dan Axis of Reference yang didapat dengan memperhatikan peta topografi, koordinat dari Power House, jalur Penstock dan jalur diversion intake. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.

Dari data dan gambar yang kami dapatkan, diketahui posisi Axis of Dam dan Axis of Reference sebagai berikut :

Tabel 5.1 | Rekapitulasi Titik-Titik Referensi

Titik	Axis of Dam		Titik	Axis of Reference	
	E	N		E	N
J	367 192,449	9190 124,976	F	367 171,324	9190 141,838
K	367 142,516	9190 127,563	G	367 195,787	9190 189,389
L	367 242,382	9190 122,388	H	367 188,024	9190 039,590

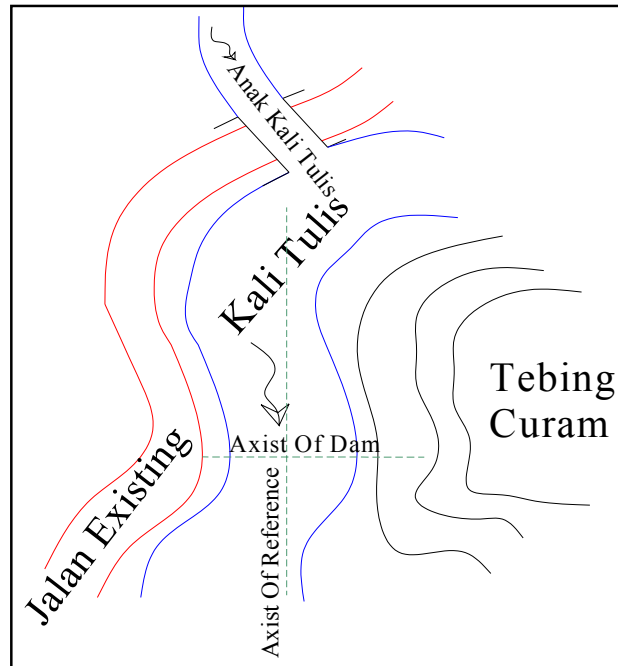
5.3.2.2 Analisis Pemahaman/Penguasaan Peta Situasi dan Topografi

Data peta situasi dan topografi yang dipakai dalam analisis ini bertujuan mendapatkan keterangan dan informasi mengenai kondisi real di sekitar lokasi Bendung Gerak Tulis yang kemudian diperkuat dengan hasil survey langsung dilapangan.

Dari proses mempelajari peta (lihat lampiran) dan pengalaman survey di lokasi rencana Bendung Gerak Tulis didapatkan fakta bahwa :

- Pada sisi kiri bendung terdapat konstruksi jalan existing beraspal yang merupakan akses jalan satu-satunya yang menghubungkan aktifitas warga dibagian atas lokasi bendung dengan daerah lain yang posisinya di bawah lokasi bendung. Elevasi jalan Existing di Axis of Dam ± 660 m

- Pada sisi bagian kiri bendung terdapat tebing dengan lereng curam dengan ketinggian ± 30 m dari dasar sungai pada titik L garis Axis of Dam
- Lebar penampang sungai di Axis of Dam ± 43 m
- Pada jarak 34 m dari Axis of Dam di bagian upstream, alur penampang sungai berbelok tidak searah dengan Axis of Reference dan terdapat inlet drain (aliran anak sungai Kali Tulis).



Gambar 5.6 Skets keadaan/situasi Kali Tulis

5.3.2.3 Analisis Pemahaman Data Teknis Rencana Struktur

Dari gambar design struktur Bendung Gerak Tulis hasil perencanaan dan perhitungan dimana perencanaan dan perhitungannya tidak dapat disajikan dalam laporan ini sesuai dengan batasan masalah dalam Bab I, kita bisa mendapatkan data teknis sebagai berikut:

A. Bendung

- Total bentang bendung = 76,50 m
- Elevasi puncak bendung = + 670,00 m
- Lebar mercu = 3 x 8 m

- Lebar pilar = 5 x 3 m
- Lebar Flushing Sluice = 1 x 6 m
- Elevasi mercu spillway = + 652,00 m
- Elevasi Flushing Sluice = + 652,00 m

B. Pintu

- Lebar pintu radial = 3 x 8,00 m
- Lebar pintu sorong = 1 x 6,40 x 7,00 m
- Lebar Flap Gate = 1 x 8,00 x 3,3 m
- Jari-jari pintu radial = 14,50 m

C. Travelling Gantry Crane

- Kapasitas = 25,00 ton
- Sistem Operasi = Bergerak diatas rel sepanjang lebar dam

D. Slewing Crane

- Kapasitas = 15 ton
- Sistem Operasi = Tidak bergerak dengan lengan dapat berputar dengan radius 6,50 m

5.3.3 Penyusunan Model-Model Rencana Pelaksanaan

Berdasarkan informasi, fakta maupun data yang telah diperoleh dalam analisis sebelumnya maka kita dapat menyusun model alternatif pilihan rencana tahap pelaksanaan yang akan dianalisis untuk mendapatkan alternatif terbaik.

Setelah memperhatikan dan menganalisa semua data maka ada 2 alternatif tipe teknik pelaksanaan yang bisa membantu penyusunan rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis, yaitu:

- » Pelaksanaan Konstruksi Bendung Gerak Tulis Tanpa Tahapan.
- » Pelaksanaan Konstruksi Bendung Gerak Tulis dengan Tahapan.

5.3.3.1 Pelaksanaan Konstruksi Bendung Gerak Tulis Tanpa Tahapan

Penggunaan teknik rencana pelaksanaan tanpa tahapan, berarti kita akan menggunakan tipe saluran pengelak (diversion channel/diversion tunnel) diluar palung

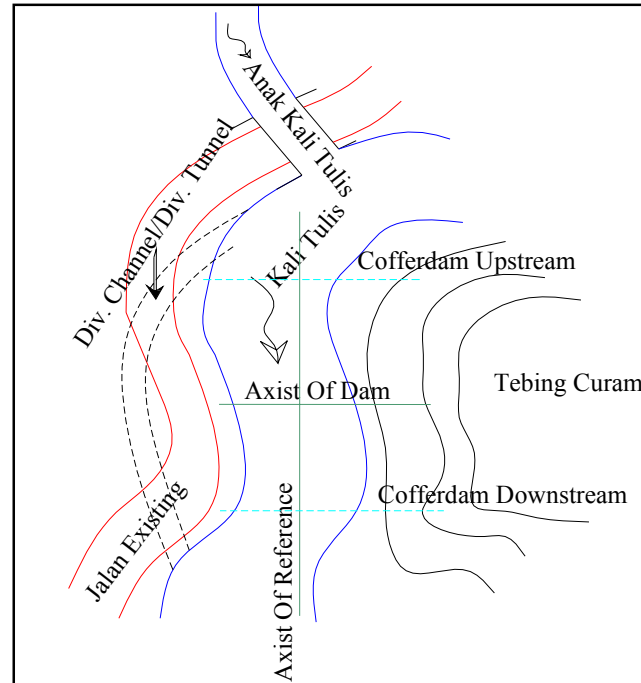
sungai. Untuk itu perlu dilakukan analisa kemungkinan dan kemudahan saat pembuatan dengan memperhatikan situasi dan topografi setempat. Ada beberapa alternative dalam penempatan saluran pengelak, yaitu :

- Div. channel/Div. tunnel di sisi kanan luar palung sungai.
- Div. channel di sisi kiri luar sungai.
- Div. tunnel di sisi kiri luar sungai.

A. Div. channel/Div. tunnel di sisi kanan luar palung sungai

Sesuai dengan pembacaan peta situasi dan topografi, kita ketahui di sisi kanan Axi of Dam terdapat jalan existing yang sangat penting bagi aktifitas warga setempat. Apabila kita memaksakan untuk menempatkan diversion channel sesuai rencana maka perlu dilakukan relokasi jalan lama sebelum pekerjaan diversion channel dilaksanakan

Jalan direlokasi memang perlu dilakukan mengingat elevasi puncak Dam + 670 m, sedangkan elevasi jalan existing lama pada Axi of Dam ± 660 m. Tetapi bila dilaksanakan pekerjaan relokasi jalan terlebih dahulu, akan berpengaruh pada waktu dimulainya pelaksanaan pekerjaan bendung. Selain itu, jalan existing lama perlu dipertahankan dahulu sebelum dibongkar karena akan mendukung kemudahan dan kelancaran saat pelaksanaan pekerjaan bendung. Bila dilakukan pembongkaran jalan existing untuk pekerjaan saluran pengelak, dilihat segi kegunaannya tersebut bukan merupakan pilihan yang tepat dan akan sangat disayangkan.



Gambar 5.7 Saluran pengelak di sisi kanan sungai

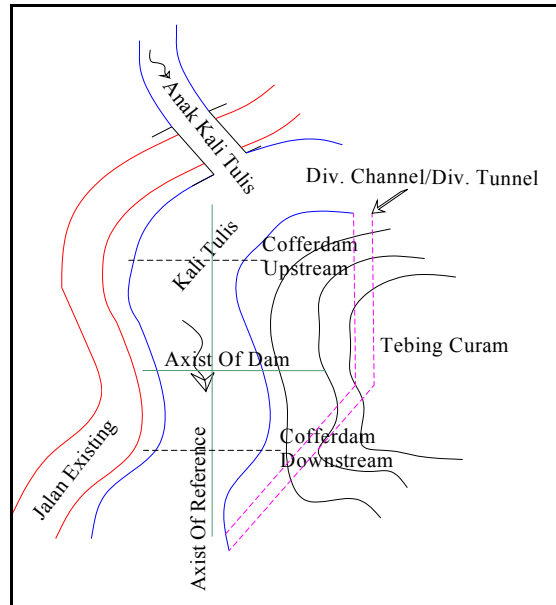
B. Div. channel di sisi kiri luar sungai

Di sisi bagian kiri dari Axis of Dam terdapat tebing yang curam dengan ketinggian yang cukup tinggi. Apabila alternative penempatan diversion channel ini tetap akan dilaksanakan, dibutuhkan pengeprasan tebing dalam volume yang sangat banyak dengan alat berat. Padahal lokasi tebing sangat sulit untuk dijangkau alat berat. Selain itu membutuhkan alat transportasi untuk membuang tanah hasil pengeprasan. Hal ini berarti butuh biaya, waktu, dan resource yang tidak sedikit.

C. Diversion tunnel di sisi kiri luar sungai

Dalam pekerjaan pembuatan terowongan (diversion tunnel) yang perlu diperhatikan adalah tekanan tanah, muka air tanah. Alternatif ini mungkin akan mengalami kesulitan pemantauan dan pemeliharaan selama difungsikan mengelakkan aliran air serta saat pembongkaran ketika bendung telah beroperasi. Tetapi volume pekerjaan pemidahan tanah tebing lebih sedikit daripada diversion channel.

Dengan melihat segi kemudahan dan prediksi biaya, alternatif ke-3 paling tepat digunakan dalam rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis tanpa tahapan.



Gambar 5.8 Diversion channel/Div. tunnel disisi kiri luar sungai

5.3.3.2 Pelaksanaan Konstruksi Bendung dengan Tahapan

Berdasarkan pembacaan peta situasi dan topografi di area konstruksi, disisi kanan dan kiri Axis of Dam terdapat kondisi yang menyulitkan penerapan teknik pelaksanaan tanpa tahapan sehingga alternative terbaik untuk teknik tersebut adalah dengan pembuatan terowongan (div.tunnel) sebagai saluran pengelak.

Pelaksanaan konstruksi bendung dengan tahapan walaupun tidak terlalu di sukai tetapi juga perlu dilakukan analisa untuk bisa dicompare dengan hasil analisa alternative penempatan saluran pengelak dalam teknik pelaksanaan tanpa tahapan.

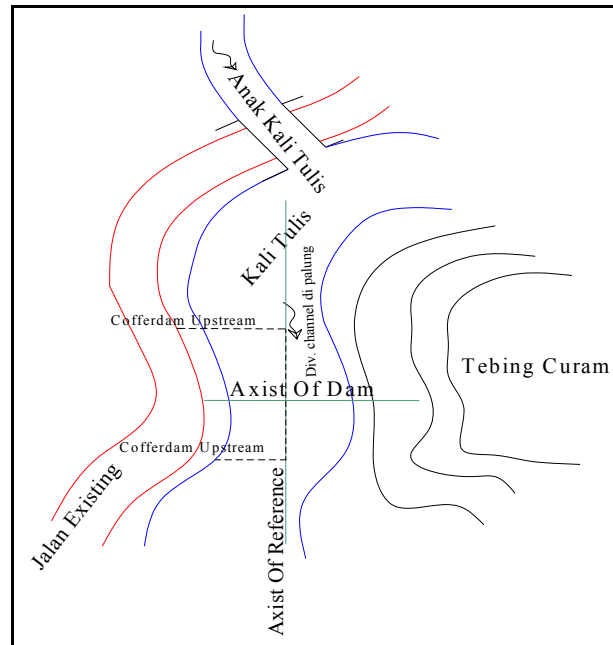
Alternatif penempatan saluran pengelak untuk teknik pelaksanaan konstruksi bendung dengan tahapan, yaitu :

- Diversion channel di palung sungai.
- Diversion channel di sisi dalam penampang sungai.

A. Diversion channel di palung sungai

Merupakan saluran pengelak dengan memanfaatkan palung sungai Kali Tulis sebagai diversion untuk membawa aliran air dari upstream ke downstream. Dilihat dari kemungkinan dalam pelaksanaannya alternative ini bisa dipakai untuk pelaksanaan bendung di semua sungai tanpa harus melihat kondisi situasi daerah sekitar. Hal yang mungkin sebagai penghambat adalah jenis cofferdamnya. Cofferdam yang dipakai biasanya adalah cofferdam dari beton precast misalnya BoxCoffer/kubus beton. Pemilihan cofferdam dari beton precast dipilih karena di dalam palung sungai aliran air bersifat tetap/selalu ada dan cenderung besar sehingga kemungkinan terhadap gangguan aliran air sangat besar. Selain itu, pembuatan konstruksi pemisah sisi/sekat antara diversion dan konstruksi bendungnya juga terganggu aliran air apabila dibuat secara konvensional. Aliran air ini akan sangat mengganggu dari segi pembuatan dan memperkecil angka keamanan konstruksi apabila pembuatan cofferdam dan konstruksi pemisah/sekatnya dibuat langsung di palung sungai dengan material batuan maupun dengan pengecoran beton konvensional. Penggunaan Cofferdam dari beton precast juga harus dihubungkan dengan lokasi bendung. Kemudahan pengiriman cofferdam beton precast dari tempat produksi ke lokasi pekerjaan bendung menjadi faktor yang tidak boleh di lupakan karena lokasi bendung biasanya di daerah pegunungan yang sulit dicapai.

Kondisi aliran air di sungai Kali Tulis sendiri dari data dan informasi masyarakat sekitar selalu ada tiap tahun. Cofferdam dari beton precast mungkin bisa dijadikan pilihan, tetapi bila ditinjau dari kemudahan pengiriman dari tempat produksi ke lokasi pekerjaan yang bisa jadi mempunyai jarak yang sangat jauh dan menempuh medan yang sulit akan menjadi pertimbangan tersendiri. Lokasi Bendung Gerak Tulis sendiri cukup sukar dicapai dan berada pada ketinggian ± 650 m dari MAL. Detail pencapaian lokasi dapat dilihat pada BAB I hal. I-4.

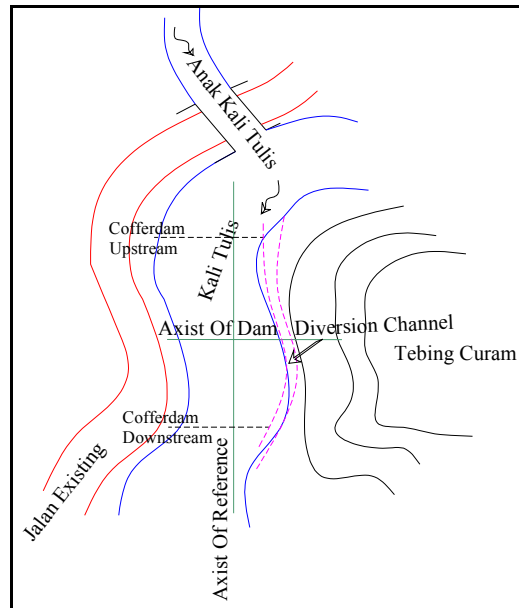


Gambar 5.9 Diversion channel di palung sungai

B. Diversion channel di sisi dalam penampang sungai

Merupakan saluran pengelak menggunakan tipe diversion channel yang ditempatkan di sisi bagian dalam penampang sungai (tidak tepat di palung sungai). Tipe ini mungkin jarang digunakan karena menggunakan tahap-tahap pelaksanaan yang lebih banyak dan rumit dari pada tipe diversion di palung. Tetapi tipe ini bisa digunakan untuk mengatasi kesukaran yang dialami pada tipe diversion di palung terkait dengan pengadaan cofferdam. Cofferdam pada tipe ini menggunakan bahan material yang bisa didapatkan disekitar wilayah kali Tulis. Gangguan aliran air pada saat pembuatan cofferdam bisa diperkecil karena aliran air sungai dialihkan masuk ke diversion channel.

Ditinjau dari situasi real, topografi dilapangan, penempatan saluran pengelak jenis ini bisa digunakan dalam mendukung pelaksanaan pekerjaan Bendung Gerak Tulis karena tidak menyentuh konstruksi jalan existing dan mungkin hanya sedikit melakukan cutting pada daerah tebing.



Gambar 5.10 Diversion channel disisi dalam sungai

Berdasarkan analisa alternative tipe dan penempatan saluran pengelak untuk rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis dengan tahapan di atas, maka dipilih tipe diversion channel di sisi dalam penampang sungai sebagai alternative terbaik.

5.3.4 Pemilihan Tipe dan Penempatan Saluran Pengelak

Dari analisa rencana pelaksanaan bendung yang telah dilakukan diatas dengan atau tanpa tahapan menghasilkan 2 tipe saluran pengelak yang bisa dijadikan bahan perbandingan untuk digunakan dalam rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis yang terbaik, yaitu :

- Teknik Pelaksanaan Konstruksi Bendung Gerak Tulis Tanpa Tahapan
Bentuk/tipe Diversion : Diversion Tunnel
Lokasi Penempatan : disisi kiri sungai tepat di bawah lokasi tebing
- Teknik Pelaksanaan Konstruksi Bendung Gerak Tulis dengan Tahapan
Bentuk/tipe Diversion : Diversion Channel
Lokasi Penempatan : di sisi bagian dalam penampang sungai

Untuk menghasilkan rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis yang terbaik terkait dengan pemilihan saluran pengelak, maka ada beberapa kelebihan dan kelemahan dari 2 saluran pengelak yang perlu dijadikan bahan pertimbangan. Hal-hal tersebut disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 5.2 Analisa Kelebihan Dan Kekurangan Saluran Pengelak

Keterangan	Rencana Pelaksanaan	
	Tanpa Tahapan	Dengan Tahapan
Tipe Saluran Pengelak	Diversion Tunnel	Diversion Channel
Jenis Saluran Pengelak	Saluran tertutup (terowongan)	Saluran terbuka
Lokasi penempatan	Di sisi kiri sungai tepat di bawah lokasi tebing	di sisi bagian dalam dari penampang sungai.
Ketepatan waktu rencana pelaksanaan Pekerjaan Bendung	lebih besar kemungkinan tercapai	lebih kecil kemungkinan tercapai bila tidak ada urutan pekerjaan yang jelas dan tepat
Ketergantungan antar subpekerjaan bendung dengan pekerjaan cofferdam dan saluran pengelak	relatif kecil	relatif besar
Tingkat kesulitan saat pelaksanaan pembuatan saluran pengelak	tinggi	rendah
Pemeliharaan dan monitoring selama saluran pengelak difungsikan	Sukar dilaksanakan	Mudah dilaksanakan
Biaya pembuatan saluran pengelak	Lebih besar karena subpekerjaan untuk membuat terowongan lebih banyak	Relatif kecil

Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan yang disajikan dalam tabel 5.2 dalam kaitannya dengan rencana pelaksanaan yang akan digunakan dalam proyek pekerjaan Bendung Gerak Tulis maka dipilih rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis dengan Tahapan, dimana tipe dan lokasi penempatan saluran pengelaknya adalah diversion channel di sisi bagian dalam dari penampang sungai. Untuk menutupi kelemahan tipe ini adalah dengan menggunakan urutan pekerjaan yang tepat dan memperhatikan keterikatan antar subpekerjaan bendung dengan diversion channel dan cofferdam. Hal ini memungkinkan dalam mencapai ketepatan waktu time schedull proyek yang direncanakan akan sama besar bila menggunakan rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis tanpa tahapan.

Sebagai salah satu bukti alasan pemilihan tipe saluran pengelak, maka kami sajikan perhitungan pemilihan tipe saluran pengelak dari segi biaya. Perhitungan biaya yang dimaksud adalah perhitungan biaya kasar yang dibutuhkan masing-masing saluran pengelak dengan masih memperhatikan tingkat kewajaran agar masih bisa dipertanggung jawabkan.

5.3.4.1 Analisis Biaya Kasar Sebagai Perbandingan Pemilihan Type Diversion

Dalam perhitungan perkiraan biaya kasar yang dibutuhkan dalam pembuatan kedua tipe diversion ini tidak dilakukan secara detail, perhitungan hanya dilakukan pada elemen-elemen konstruksi dan sub pekerjaan pada masing-masing diversion yang dinilai akan membutuhkan biaya besar. Perhitungan biaya kasar ini tetap memperhatikan tingkat kewajaran walaupun perhitungannya hanya untuk dijadikan parameter perbandingan pemilihan tipe diversion terbaik dari segi biaya.

5.3.4.2 Perencanaan Diversion Tunnel dan Diversion Channel

Dalam perencanaan diversion channel dan diversion tunnel secara tidak langsung akan mempengaruhi dimensi cofferdam. Hal ini dikarenakan konstruksi cofferdam harus menyesuaikan dimensi dan penempatan dari diversion/saluran pengelaknya.

5.3.4.3. Rencana Penempatan

Dengan memperhatikan peta topografi Kali Tulis maka untuk penempatan kedua tipe diversion direncanakan:

Elevasi mulut Upstream = + 654

Elevasi mulut downstream = + 648

5.3.4.4. Penggambaran lay out

Dari hasil penggambaran lay out rencana kedua tipe diversion dengan elevasi mulut upstream dan downstream yang sama maka di dapatkan data :

- **Diversion Tunnel**

$$L = 119 \text{ m}$$

$$\Delta H = (+654) - (+648) = 6 \text{ m}$$

$$I = \frac{\Delta H}{L}$$
$$= \frac{6}{119} = 0,0504$$

- **Diversion Channel**

$$L = 112 \text{ m}$$

$$\Delta H = (+654) - (+648) = 6 \text{ m}$$

$$I = \frac{\Delta H}{L}$$
$$= \frac{6}{112} = 0,0536$$

5.3.5 Dimensi Hidrolis Diversion

Dalam rencana dimensi hidrolis diversion, untuk mendapatkan dimensi yang mampu melewati Q_d , direncanakan dimensi B tetap sehingga yang berubah adalah nilai H nya.

Data Perhitungan :

$$Q_d = 409,631 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$n_{\text{beton}} = 0,015$$

$$I_{\text{Diversion Tunnel}} = 0,0504$$

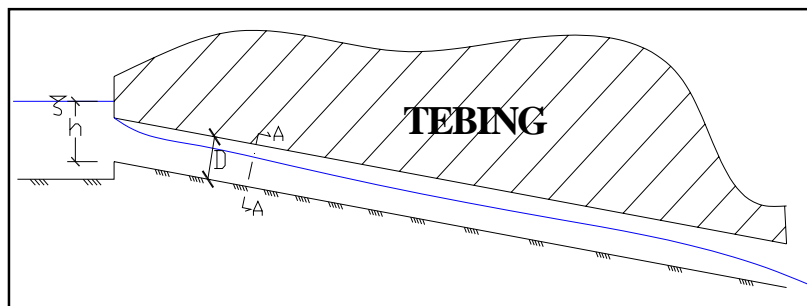
$$I_{\text{Diversion Channel}} = 0,0536$$

5.3.5.1 Dimensi Hidrolis Diversion Tunnel

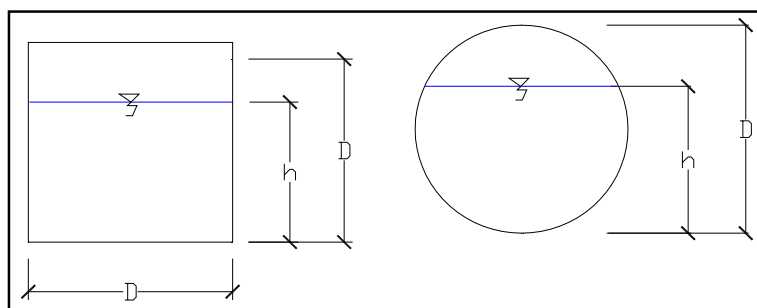
Debit design (Q_d) yang lewat terowongan dan telah diketahui dapat dihitung berdasar pada dua kondisi aliran sehingga dapat diketahui dimensi diversion tunnel.

- Aliran bebas (free flow) dimana harga $h/D \leq 1,2$
- Aliran tertekan (pressure flow) dimana harga $h/D \geq 1,5$

Pada perhitungan dimensi diversion tunnel ini, direncanakan dalam kondisi aliran bebas (free flow) dimana harga $h/D \leq 1,2$.



Gambar 5.11 Pot. diversion tunnel



Gambar 5.12 Pot A-A penampang diversion tunnel

Direncanakan :

Bentuk penampang : segi empat (D=B)

D dicoba-coba sampai mendapatkan dimensi ekonomis yang mampu dilewati Q_d dimana nilai $h \leq 1,2 D$

» Perhitungan :

$$A = B \times H$$

$$P = B+2H$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0.015} \times \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \times 0.0504^{1/2}$$

$$= 14.97 \times \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3}$$

$$Q = V \times A$$

Dengan menggunakan trial error akan didapatkan nilai h. Hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 5.3 Perhitungan Dimensi Diversion Tunnel

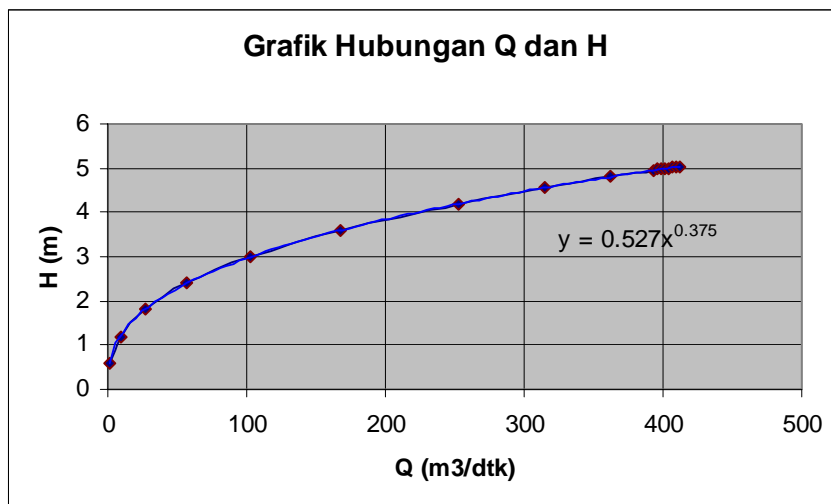
D	Hcoba2	A	P	R	V	Q	Ket	
m	m	m2	m	m	m/dtk	m3/dtk		
4.16	3.000	12.480	10.160	1.228	17.170	214.2810	h/D ≤ 1.2	
4.16	3.500	14.560	11.160	1.305	17.874	260.2440		
4.16	4.000	16.640	12.160	1.368	18.452	307.0350		
4.16	4.500	18.720	13.160	1.422	18.935	354.4550		
4.16	4.900	20.384	13.960	1.460	19.267	392.7480		
4.16	4.920	20.467	14.000	1.462	19.283	394.6700		
4.16	4.992	20.767	14.144	1.468	19.338	401.9400	h/D=1.2	Q≤Qd

D	Hcoba2	A	P	R	V	Q	Ket	
m	m	m2	m	m	m/dtk	m3/dtk		
4.17	3.00	12.510	10.17	12.301	17.186	214.9991	h/D ≤ 1.2	
4.17	3.50	14.595	11.17	13.066	17.892	261.1319		

4.17	4.00	16.680	12.17	13.706	18.471	308.0975		
4.17	4.50	18.765	13.17	14.248	18.955	355.6959		
4.17	4.90	20.433	13.97	14.626	19.289	394.1345		
4.17	4.95	20.642	14.07	14.671	19.328	398.9586		
4.17	5.00	20.850	14.17	14.714	19.366	403.7867		

D	Hcoba2	A	P	R	V	Q	Ket	
m	m	m ²	m	m	m/dtk	m ³ /dtk		
4.18	4.00	16.720	12.180	13.727	18.490	309.1605	h/D ≤ 2	
4.18	4.50	18.810	13.180	14.272	18.976	356.9381		
4.18	4.90	20.482	13.980	14.651	19.311	395.5223		
4.18	4.92	20.566	14.020	14.669	19.326	397.4588		
4.18	4.99	20.867	14.164	14.732	19.382	404.4355		
4.18	5.00	20.900	14.180	14.739	19.388	405.2112		
4.18	5.01	20.967	14.212	14.753	19.400	406.7629	h/D=1.2	Q≈Qd

D	Hcoba2	A	P	R	V	Q	Ket	
m	m	m ²	m	m	m/dtk	m ³ /dtk		
4.19	4.90	205.310	13.990	14.675	19.332	396.9113	h/D ≤ 2	
4.19	4.92	206.148	14.030	14.693	19.348	398.8552		
4.19	4.99	209.165	14.174	14.757	19.404	405.8584		
4.19	5.00	209.500	14.190	14.764	19.410	406.6370		
4.19	5.02	210.170	14.222	14.778	19.422	407.1946		
4.19	5.02	210.338	14.230	14.781	19.425	408.5841		
4.19	5.03	210.673	14.246	14.788	19.431	411.3631		



Gambar 5.13 Grafik hubungan Q dan H dengan D coba-coba

Dari rumus persamaan grafiknya juga bisa dicari nilai D nya,yaitu :

$$y = 0,527x^{0,375}$$

$$y = 0,527*(409,631^{0,375})$$

$$y = 5,028 \text{ m}$$

$$y = H = 1,2 D$$

$$D = \frac{5,028}{1,2}$$

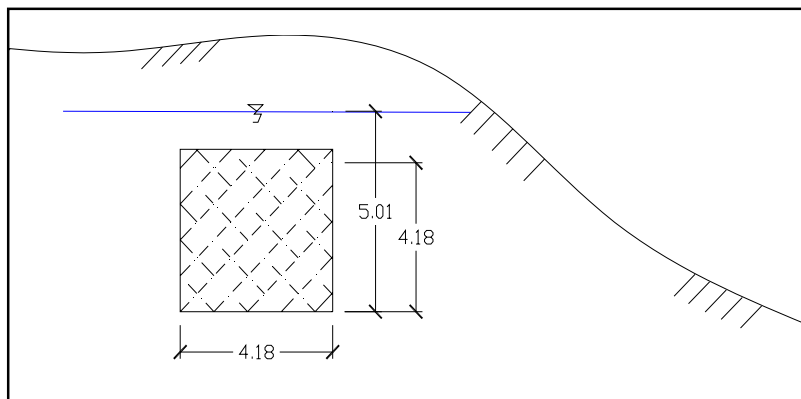
$$= 4,19 \text{ m}$$

Kesimpulan :

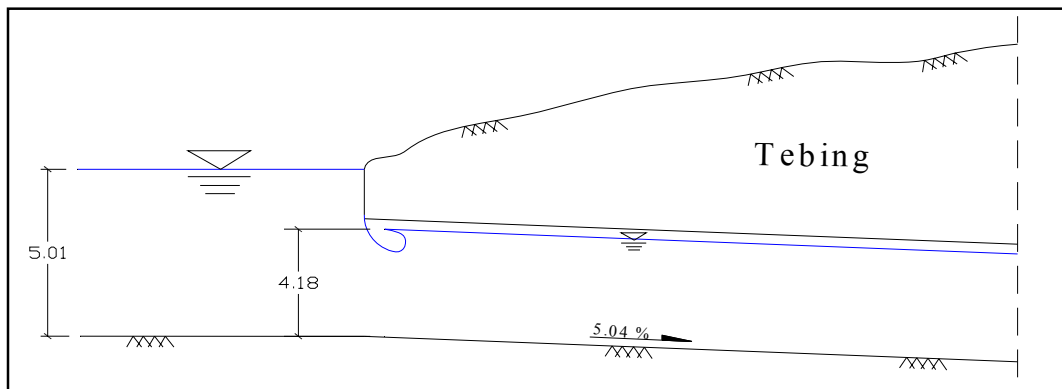
Dari tabel trial error dan grafik diatas diambil dimensi yang paling sesuai adalah :

$$D = 4,18 \text{ m}$$

$$h = 5,01 \text{ m}$$



Gambar 5.14 Pot. melintang penempatan diversion tunnel



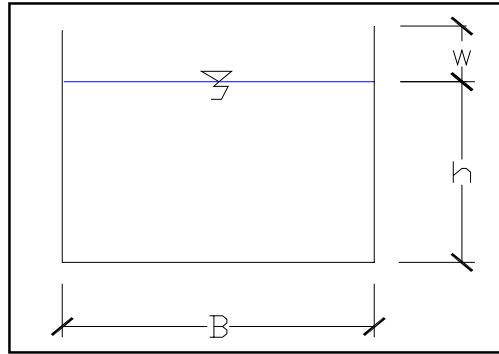
Gambar 5.15 Pot. memanjang penempatan diversion tunnel

5.3.5.2 Dimensi Hidrolis Diversion Channel

Direncanakan :

Bentuk penampang = segi empat

$$B = D_{\text{Div.Tunnel}} = 4,13 \text{ m}$$



Gambar 5.16 Penampang hidrolis diversion channel

» Perhitungan :

$$\begin{aligned} A &= B \times H \\ &= 4,13 \times H \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= B + 2H \\ &= 4,13 + 2H \end{aligned}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \\ &= \frac{1}{0.015} \times \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} \times 0.0536^{1/2} \\ &= 15.434 \times \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} \end{aligned}$$

$$Q = V \times A$$

Dengan menggunakan trial error akan didapatkan nilai h sebagai berikut:

Tabel 5.4 Perhitungan H Diversion Channel

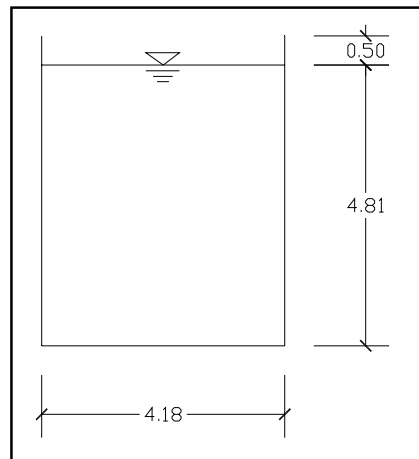
B	Hcoba2	A	P	R	V	Q	Ket
m	m	m ²	m	m	m/dtk	m ³ /dtk	
4.18	4.6	19.228	13.38	1.43707	20.018538	384.9164	
4.18	4.7	19.646	13.58	1.446686	20.107740	395.0367	
4.18	4.8	20.064	13.78	1.456023	20.194164	405.1757	
4.18	4.81	20.1058	13.8	1.456942	20.202659	406.1906	≈Qd
4.18	4.9	20.482	13.98	1.465093	20.277939	415.3327	

Dari tabel trial error diatas di dapat nilai :

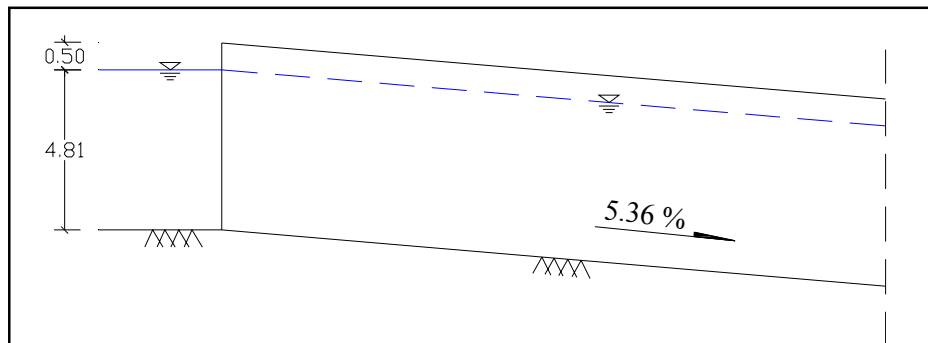
$B = 4,18 \text{ m}$

$h = 4,81 \text{ m}$

Direncanakan tinggi jagaan (w) = 0,5 m



Gambar 5.17 Dimensi hidrolis diversion channel



Gambar 5.18 Pot. memanjang diversion channel

5.3.6 Perencanaan Cofferdam

Dalam perencanaan dimensi cofferdam secara tidak langsung harus mengikuti dimensi dan penempatan diversion sehingga didapat tinggi dan panjang cofferdam yang berbeda untuk kedua tipe diversion.

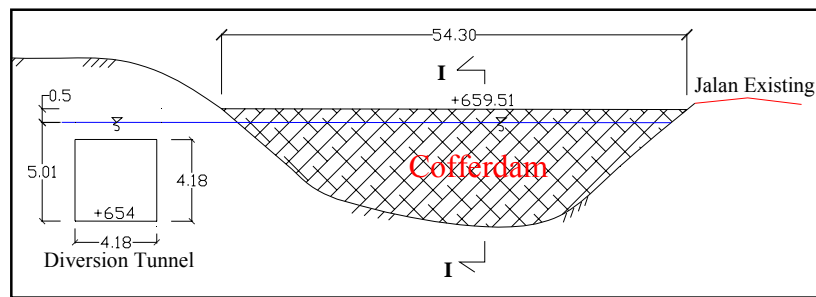
» **Perencanaan cofferdam untuk diversion tunnel**

- Cofferdam dibuat di sepanjang penampang sungai.

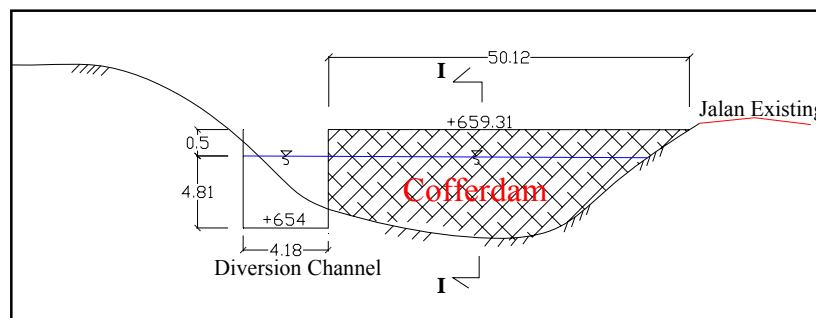
» **Perencanaan cofferdam untuk diversion channel**

- Cofferdam dibuat tidak di seluruh penampang (tergantung lebar diversion channel di penampang sungai)

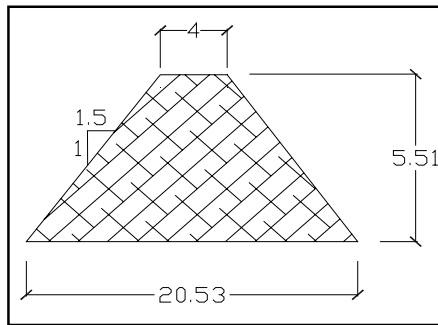
Untuk lebih jelasnya rencana dari cofferdam dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



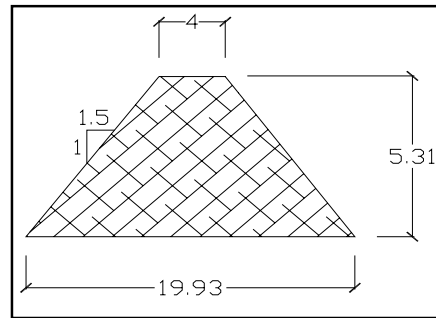
Gambar 5.19 Hubungan penempatan diversion tunnel dengan cofferdam



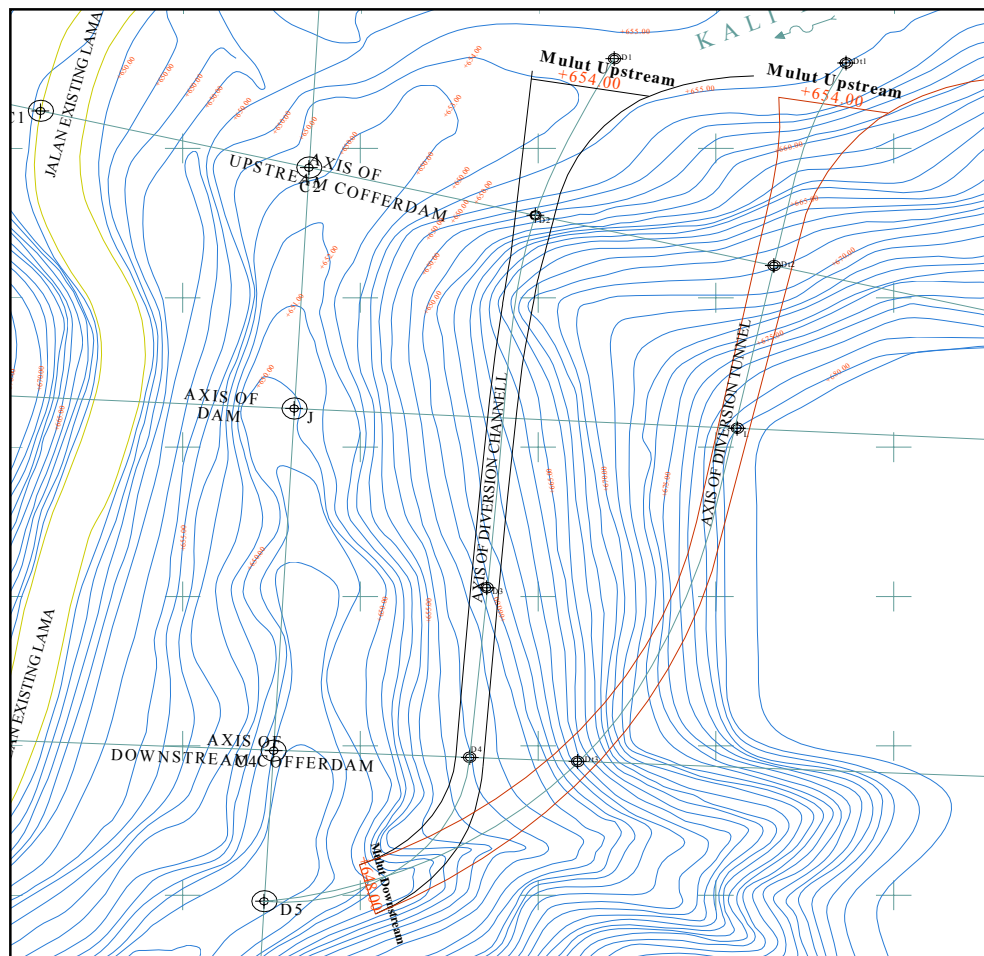
Gambar 5.20 Hubungan penempatan diversion channel dengan cofferdam



Gambar 5.21 Pot I-I cofferdam diversion tunnel



Gambar 5.22 Pot I-I cofferdam diversion channel



Gambar 5.23 Lay out diversion tunnel dan diversion channel

5.3.7. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pembuatan Div. Channel dan Tunnel

Tabel 5.5 Analisa Harga Satuan

NO URUT	ANA-LISA	URAIAN PEKERJAAN	HARGA SATUAN (Rp.)	HARGA BAHAN (Rp.)	UPAH KERJA (Rp.)	HARGA ALAT (Rp.)	TOTAL HARGA (Rp.)
1	4.1	Galian tanah dengan alat berat per m ³					
		0,1000 Pekerja	25.000,00		2.500,00		
		0,0300 Mandor	35.000,00		1.050,00		
		0,0140 Excavator	300.000,00			4.200,00	
		0,0100 Bulldozer	400.000,00			4.000,00	
					3.550,00	8.200,00	11.750,00
2	A.6	Tanah diangkut sejauh 30 m per m ³					
		0,3800 Pekerja	25.000,00		9.500,00		
		0,0100 Mandor	35.000,00		350,00		
					9.850,00		9.850,00
3	A.16	Timbunan tanah kembali dengan alat per m ³					
		0,0300 Pekerja	25.000,00		750,00		
		0,0075 Mandor	35.000,00		262,50		
		0,0160 Excavator	300.000,00			4.800,00	
		0,0160 Bulldozer	400.000,00			6.400,00	
					1.012,50	11.200,00	12.212,50
4	A.050	Pasangan batu kali 1Pc : 4 Ps per m ³					
		12,0000 m ³ Batu belah	90.500,00	1.086.000,00			
		31,0000 zak Semen (50 kg)	45.500,00	1.410.500,00			
		0,5400 m ³ Pasir pasang	149.000,00	80.460,00			
		10,0000 Tukang batu	30.000,00		300.000,00		
		0,1000 Kepala tukang	35.000,00		3.500,00		
		18,5000 Pekerja	25.000,00		462.500,00		
		0,2000 Mandor	35.000,00		7.000,00		
				2.576.960,00	773.000,00		3.349.960,00
5	G.50i	Plesteran batu kali 1 Pc : 3 Ps per m ³					
		0,1630 zak Semen (50 kg)	45.500,00	7.416,50			
		0,0190 m ³ Pasir pasang	149.000,00	2.831,00			
		0,2000 Tukang batu	30.000,00		6.000,00		
		0,0200 Kepala tukang	35.000,00		700,00		
		0,4000 Pekerja	25.000,00		10.000,00		
		0,0200 Mandor	35.000,00		700,00		
				10.247,50	17.400,00		27.647,50
6	G.51c	Siaran batu kali 1 Pc : 2 Ps					
		0,1050 zak Semen (50 kg)	45.500,00	4.777,50			
		0,0085 m ³ Pasir pasang	149.000,00	1.266,50			

LAPORAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DEWATERING

PADA RENCANA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN BENDUNG GERAK TULIS

BANJARNEGARA - JAWA TENGAH

	0,1200	Tukang batu	30.000,00		3.600,00		
	0,0120	Kepala tukang	35.000,00		420,00		
	0,3600	Pekerja	25.000,00		9.000,00		
	0,0180	Mandor	35.000,00		630,00		
				6.044,00	13.650,00		19.694,00
7	A.028	Beton K-300 per m3					
	8,6960	zak Semen (50 kg)	45.500,00	395.668,00			
	0,1900	m3 Pasir beton	149.000,00	28.310,00			
	0,8100	m3 Split	158.000,00	127.980,00			
	0,5000	Tukang batu	30.000,00		15.000,00		
	0,0500	Kepala tukang	35.000,00		1.750,00		
	1,5000	Pekerja	25.000,00		37.500,00		
	0,0100	Mandor	35.000,00		350,00		
	0,0700	Molen	85.000,00			5.950,00	
				551.958,00	54.600,00	5.950,00	612.508,00
8	A.041	Bekisting dengan papan per 10 m2					
	0,0400	m3 Kayu dolken	1.262.000,00	50.480,00			
	0,4000	kg Paku	12.000,00	4.800,00			
	0,5000	Tukang kayu	30.000,00		15.000,00		
	0,0500	Kepala tukang	35.000,00		1.750,00		
	0,2000	Pekerja	25.000,00		5.000,00		
	0,4000	Pekerja (bongkar)	25.000,00		10.000,00		
	0,0100	Mandor	35.000,00		350,00		
				55.280,00	32.100,00		87.380,00
9	A.033	Pembesian Beton per kg					
	1,0500	kg Besi beton	11.500,00	12.075,00			
	0,0150	kg Kawat	12.000,00	180,00			
	0,0070	Tukang besi	30.000,00		210,00		
	0,0007	Kepala tukang	35.000,00		24,50		
	0,0070	Pekerja	25.000,00		175,00		
	0,0003	Mandor	35.000,00		10,50		
				12.255,00	420,00		12.675,00
10	4.2	Pekerjaan Pengeboran (Tunneling) Tanah/ m3					
							200.000,00

(Sumber: informasi harga satuan bahan dan upah pekerjaan konstruksi wilayah Kabupaten Banjarnegara 2005 (Dinas Kimtaru Jawa Tengah))

5.3.8 Perkiraan Biaya Pembuatan

Perkiraan biaya dalam subbab ini hanya berupa perhitungan biaya kasar untuk menguatkan faktor/alasan pemilihan tipe diversion yang akan digunakan dilihat dari segi ekonomi.

Dalam memperkirakan biaya kasar pembuatan kedua tipe diversion ini tidak dapat di sajikan secara detail tetapi hanya di perhitungkan pada sub-sub pekerjaan untuk masing-masing diversion yang diperkirakan akan membutuhkan biaya yang besar.

» Pekerjaan tanah

a. Diversion Tunnel

Pekerjaan tanah di atas berhubungan dengan pemindahan tanah untuk terowongan yang terdiri dari beberapa sub pekerjaan, yaitu :

- Pengukuran
- Pengeboran
- Pengisian bahan peledak
- Pembersihan
- Pengangkutan Peledakan
- Material hasil peledakan
- Pemasangan penyangga

Untuk semua pekerjaan diatas membutuhkan waktu edar kira-kira 4 s/d 7 jam dengan kemajuan terowongan kira-kira 1,5 m s/d 2 m untuk tiap giliran kerja.

Data Perhitungan :

Penampang : Segi empat

$$D = 4,18 \text{ m}$$

$$L = 120 \text{ m}$$

Perhitungan Volume Galian

$$A = D \times D$$

$$= 4,18 \times 4,18 \text{ m}^2$$

$$= 17,47 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}V_{ol} &= A \times L \\ &= 17,47 \times 120 \\ &= 2096,69 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Harga pasar pekerjaan Tanah pada pembuatan Terowongan/m³ = @ Rp.200.000,00/m³
(Sumber : *investigasi langsung ke pakar ahli*)

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pekerjaan Tanah Terowongan} &= @\text{Rp.}200.000,00/\text{m}^3 \times V_{ol} \\ &= @\text{Rp.}200.000,00/\text{m}^3 \times 1183,15 \text{ m}^3 \\ &= \text{Rp } 236.630.000,00\end{aligned}$$

b. Diversion Channel

Pekerjaan tanah diversion channel diasumsikan hanya berupa pekerjaan galian tanah. Tinggi galian tanah disepanjang saluran dianggap $\frac{3}{4}H$. Kalau dilihat dari topografi disekitar diversion channel tinggi galian dilapangan sebenarnya lebih kecil dari asumsi $\frac{3}{4}H$. Asumsi ini diambil hanya untuk mempermudah perhitungan.

$$\begin{aligned}B &= 4,18 \text{ m} \\ H &= h + w \\ &= 4,81 + 0,5 \\ &= 5,31 \text{ m} \\ L &= 112 \text{ m}\end{aligned}$$

Perhitungan Volume Galian

$$\begin{aligned}A &= B \times \frac{3}{4}H \\ &= 4,18 \times \frac{3}{4} \times 5,31 \\ &= 16,647 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{ol} &= A \times L \\ &= 16,647 \times 112 \\ &= 1864,45 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Harga untuk Pekerjaan Galian tanah / m³ = Rp. 11.750,00

Maka harga untuk pekerjaan galian tanah untuk pekerjaan diversion channel :

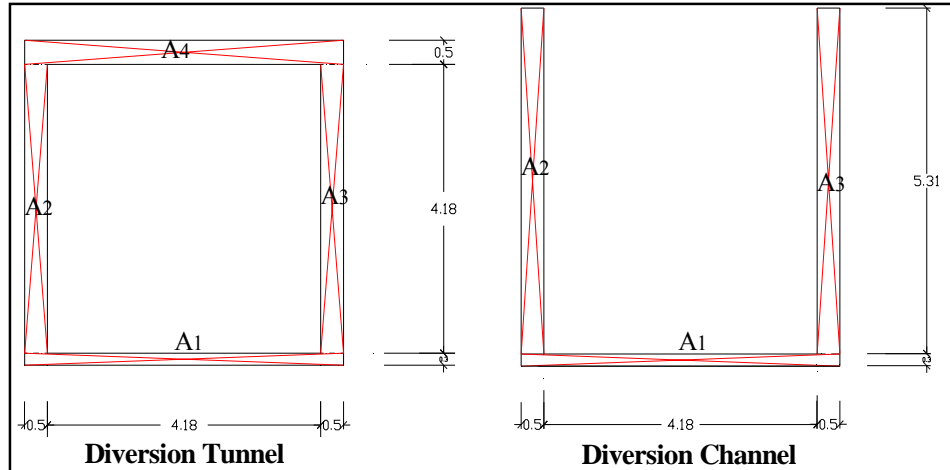
$$= 1864,45 \text{ m}^3 * \text{Rp } 11.750,00 = \text{Rp } 21.907.287,50$$

» **Perhitungan Volume Beton**

Untuk kedua tipe diversion diasumsikan :

Tebal dinding = 0,5 m

Tebal Lantai = 0,3 m



Gambar 5.24 Penampang Diversion Tunnel dan Channel

Tabel 5.6 Luas Penampang Diversion Tunnel

Ket	B	T	A	L	Vol
	m	m	m ²	m	m ³
A1	5.18	0.3	1.554	120	186.48
A2	4.18	0.5	2.09	120	250.8
A3	4.18	0.5	2.09	120	250.8
A4	5.18	0.5	2.59	120	310.8
Total			8.324		998.88

Tabel 5.7 Luas Penampang Diversion Channel

Ket	B	T	A	L	Vol
	m	m	m ²	m	m ³
A1	5.18	0.3	1.554	112	174.048
A2	5.31	0.5	2.655	112	297.36
A3	5.31	0.5	2.655	112	297.36
Total			6.864		768.768

Dipakai beton K-300 dengan harga per $m^3 = \text{Rp } 612.508,00$

Maka harga total pekerjaan beton adalah :

- Harga pekerjaan beton untuk pekerjaan diversion tunnel :

$$= 998,88 * \text{Rp } 612.508,00 = \text{Rp } 611.821.991,00$$

- Harga pekerjaan beton untuk pekerjaan diversion channel :

$$= 768,768 * \text{Rp } 612.508,00 = \text{Rp } 470.876.550,10$$

» **Pekerjaan Cofferdam**

Direncanakan untuk kedua tipe diversion:

Tipe Urugan Cofferdam = Homogen

Material Urugan Utama = Tanah Lempung (clay)

- Perhitungan Volume material

a. Cofferdam Diversion Tunnel

Bentuk = trapesium

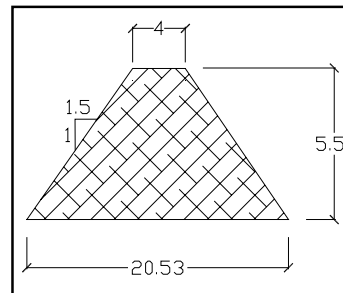
$$B_1 = 20,53 \text{ m}$$

$$B_2 = 4 \text{ m}$$

$$H = 5,51 \text{ m}$$

$$L = 54,3 \text{ m}$$

$$m = 1,5$$



b. Cofferdam Diversion Channel

Bentuk = trapesium

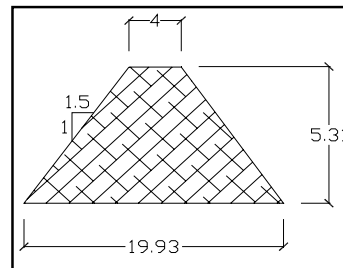
$$B_1 = 19,93 \text{ m}$$

$$B_2 = 4 \text{ m}$$

$$H = 5,31 \text{ m}$$

$$L = 50,12 \text{ m}$$

$$m = 1,5$$



Tabel 5.8 Besar Volume Timbunan Cofferdam

Cofferdam Diversion Tunnel

B1	B2	H	A	L	Vol
M	m	m	m ²	M	m ³
20.53	4	5.51	67.58015	54.3	3669.602

Cofferdam Diversion Channel

B1	B2	H	A	L	Vol
M	m	m	m ²	M	m ³
19.93	4	5.31	63.53415	50.12	3184.332

Harga pekerjaan timbunan cofferdam / m³ = Rp. 12.212,50, maka:

- Harga pekerjaan timbunan cofferdam untuk pekerjaan diversion tunnel :
= 3669,602 * Rp. 12.212,50= Rp 44.815.014,43
- Harga pekerjaan timbunan cofferdam untuk pekerjaan diversion channel :
= 3184,332 * Rp. 12.212,50= Rp 38.888.654,55

» **Pekerjaan Penulangan**

Direncanakan untuk kedua tipe diversion:

Tulangan Utama = D 32-20 mm

Tulangan Bagi = D 16-25 mm

a. Diversion Tunnel

Diketahui :

L div. tunnel = 119 m

Maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

Tabel 5.9 Perhitungan Tulangan Div. Tunnel

Tulangan Utama

Segmen	D	Jarak	A	L Div.	n	H div	L tulangan	V
	m	m	m ²	m	buah	m	m	m ³
A1	0.032	0.2	0.0008	119	595	4.18	8.36	3.998461
A2	0.032	0.2	0.0008	119	595	4.18	8.36	3.998461

A3	0.032	0.2	0.0008	119	595	4.18	8.36	3.998461
A4	0.032	0.2	0.0008	119	595	4.18	8.36	3.998461
							Total	15.99384

Tulangan Bagi

Segmen	D	Jarak	A	L tot Tul Utama	n	L div	V	
	m	m	m2	m	buah	m	m3	
A1	0.016	0.25	0.00020	8.36	33	119	0.799692186	
A2	0.016	0.25	0.00020	8.36	33	119	0.799692186	
A3	0.016	0.25	0.00020	8.36	33	119	0.799692186	
A4	0.016	0.25	0.00020	8.36	33	119	0.799692186	
							Total	3.198768742

- Total volume tulangan div. tunnel = 15,994 + 3,199
= 19,193 m³
- Berat tulangan div.tunnel = V_{tot} X γ_{baja}
= 19,193 m³ x 7850 kg/m³
= 150665,1 kg

b. Diversion Channel

Diketahui :

L div. channel= 112 m

Tabel 5.10 Perhitungan Tulangan Div. Channel

Tulangan Utama

Segmen	D	Jarak	A	L Div.	n	H div	L tulangan	V
	m	m	m2	m	buah			m3
A1	0.032	0.2	0.0008	112	560	4.18	8.36	3.763257
A2	0.032	0.2	0.0008	112	560	5.13	10.26	4.618543
A3	0.032	0.2	0.0008	112	560	5.13	10.26	4.618543
							Total	13.81287

Tulangan Bagi

Segmen	D	Jarak	A	L tot Tul Utama	n	L div	V	
	m	m	m2	m	buah	m	m3	
A1	0.016	0.25	0.00020	8.36	33	112	0.752651469	
A2	0.016	0.25	0.00020	10.26	41	112	0.923708621	
A3	0.016	0.25	0.00020	10.26	41	112	0.923708621	
							Total	2.60006871

LAPORAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN SISTEM DEWATERING

PADA RENCANA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN BENDUNG GERAK TULIS

BANJARNEGARA - JAWA TENGAH

- Total volume tulangan div. channel = $13,82 + 2,6$
= $16,42 \text{ m}^3$
- Berat tulangan div.tunnel = $V_{\text{tot}} \times \gamma_{\text{baja}}$
= $16,42 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3$
= 128897 kg

Harga satuan pekerjaan tulangan/kg = Rp 12.675,00, maka:

- harga tulangan total untuk pekerjaan diversion tunnel :
= $150665,1 \times \text{Rp } 12.675,00 = \text{Rp } 1.909.600.000,00$
- harga tulangan total untuk pekerjaan diversion channel :
= $128897,0 \times \text{Rp } 12.675,00 = \text{Rp } 1.633.769.475,00$

» Pekerjaan Bekisting

a. Diversion Tunnel

- Lantai bawah

$$L1 = 2 \times 0,3 \times 120 = 72 \text{ m}^2$$

$$L2 = 5,18 \times 120 = 621,6 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{total}} = 693,6 \text{ m}^2$$

- Dinding konstruksi

$$L \text{ dinding} = 4 \times 4,18 \times 120 = 2006,4 \text{ m}^2$$

- Lantai Atas

$$L1 = 2 \times 0,5 \times 120 = 120 \text{ m}^2$$

$$L2 = 5,18 \times 120 = 621,6 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{total}} = 741,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Jadi luas total bekisting} = 3441,6 \text{ m}^2$$

b. Diversion Channel

- Lantai bawah

$$L1 = 2 \times 0,3 \times 112 = 67,2 \text{ m}^2$$

$$L2 = 5,18 \times 112 = 580,16 \text{ m}^2$$

$$L_{\text{total}} = 647,36 \text{ m}^2$$

- Dinding konstruksi

$$L \text{ dinding} = 4 \times 5,31 \times 112 = 2378,88 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi luas total bekisting} &= 647,36 + 2378,88 \\ &= 3026,24 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

harga pekerjaan bekisting per $10 \text{ m}^2 = \text{Rp. } 87.380,00$, maka:

- harga pekerjaan bekisting untuk pekerjaan diversion tunnel :

$$= 3441,6 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2 * \text{Rp } 87.380,00 = \text{Rp } 30.072.700,80$$

- harga pekerjaan bekisting untuk pekerjaan diversion channel :

$$= 3026,24 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2 * \text{Rp } 87.380,00 = \text{Rp } 26.443.285,12$$

5.3.9 Rekapitulasi Kisaran Harga Pembuatan Diversion

Tabel 5.11 Rekapitulasi Harga Diversion

Jenis Pekerjaan	Div. Tunnel (Rp)	Div. Channel (Rp)
Pekerjaan Tanah	236.630.000,00	21.907.287,50
Pekerjaan Beton	611.821.991,00	470.876.550,10
Pekerjaan Cofferdam	44.815.014,43	38.888.654,55
Pekerjaan Penulangan	1.909.600.000,00	1.633.769.475,00
Pekerjaan Bekisting	30.072.700,80	26.443.285,12
Total	2.832.939.706,23	2.191.885.252,27

Dengan melihat tabel di atas, maka berdasarkan perhitungan biaya kasar pembuatan diversion akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan Bendung Gerak Tulis, dipilih pembuatan saluran pengelak tipe diversion channel.

5.4 PERENCANAAN PENEMPATAN KONSTRUKSI SISTEM DEWATERING

Dalam rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis (teknik pelaksanaan dengan tahapan) yang akan diterapkan, penempatan konstruksi dalam sistem dewateringnya yaitu diversion channel ditempatkan di sisi bagian dalam penampang sungai (sesuai dengan analisis sebelumnya), sedangkan penempatan posisi cofferdam secara tidak langsung akan menyesuaikan posisi diversion channel.

5.4.1 Penempatan dan Plan view Diversion Channel

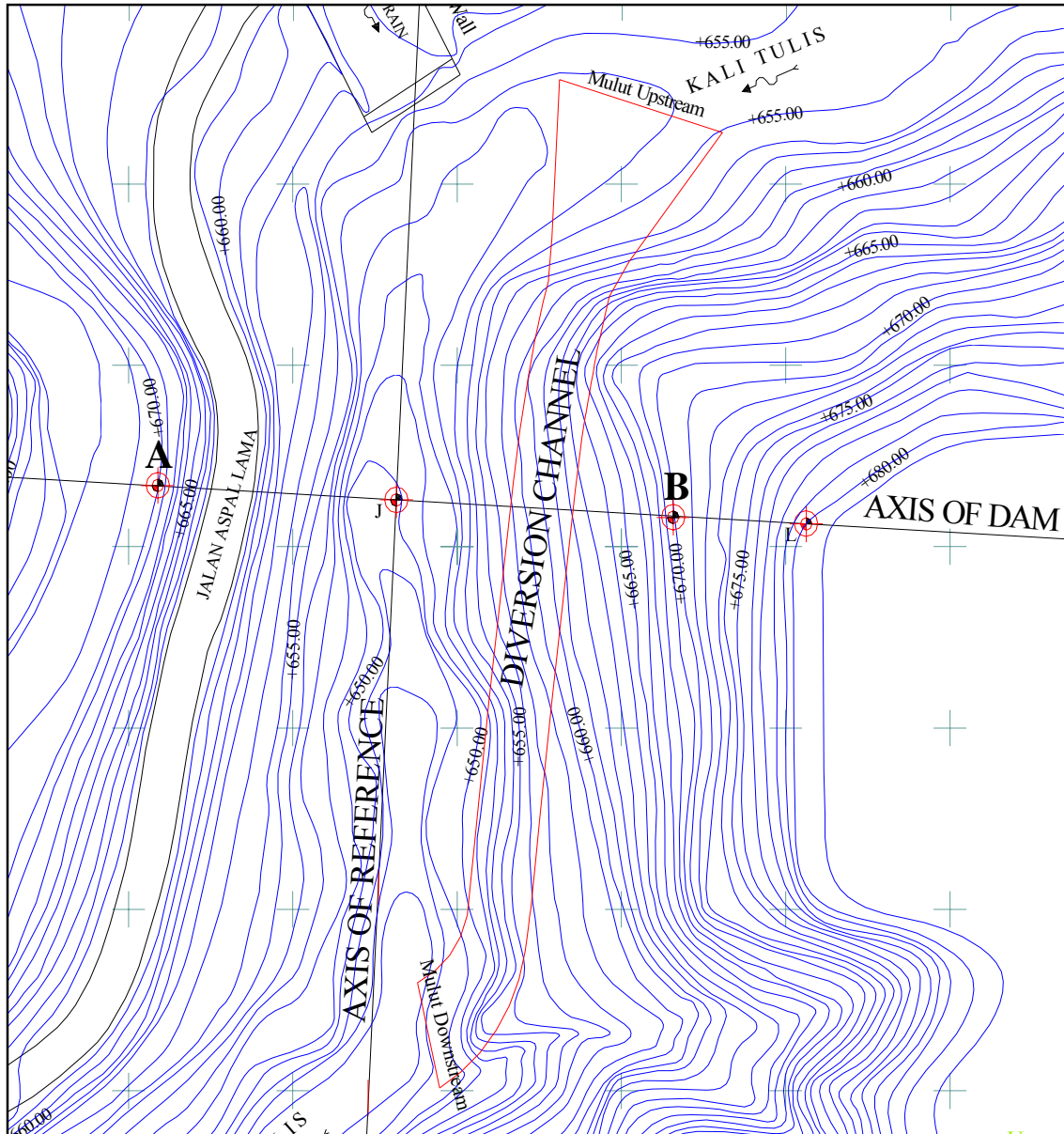
Sebelum pekerjaan diversion channel dilaksanakan, penempatan diversion channel disisi bagian dalam penampang sungai perlu didetailkan, apakah di sisi bagian dalam sebelah kiri (dekat dengan tebing) ataukah di sisi bagian dalam sebelah kanan (dekat dengan jalan existing). Hal ini berkaitan dengan kemudahan dalam tahap pelaksanaan pekerjaan bendung. Kesalahan dalam penempatan bisa menyebabkan tersendatnya pekerjaan dan mengurangi efisiensi waktu.

Kelancaran mobilitas resource atau sumberdaya yang digunakan saat pelaksanaan menjadi salah satu faktor penting yang harus dipikirkan. Untuk mempermudah gambaran tersebut dapat dilihat dalam tabel 5.12 serta gambar 5.25 dan 5.26 dibawah ini.

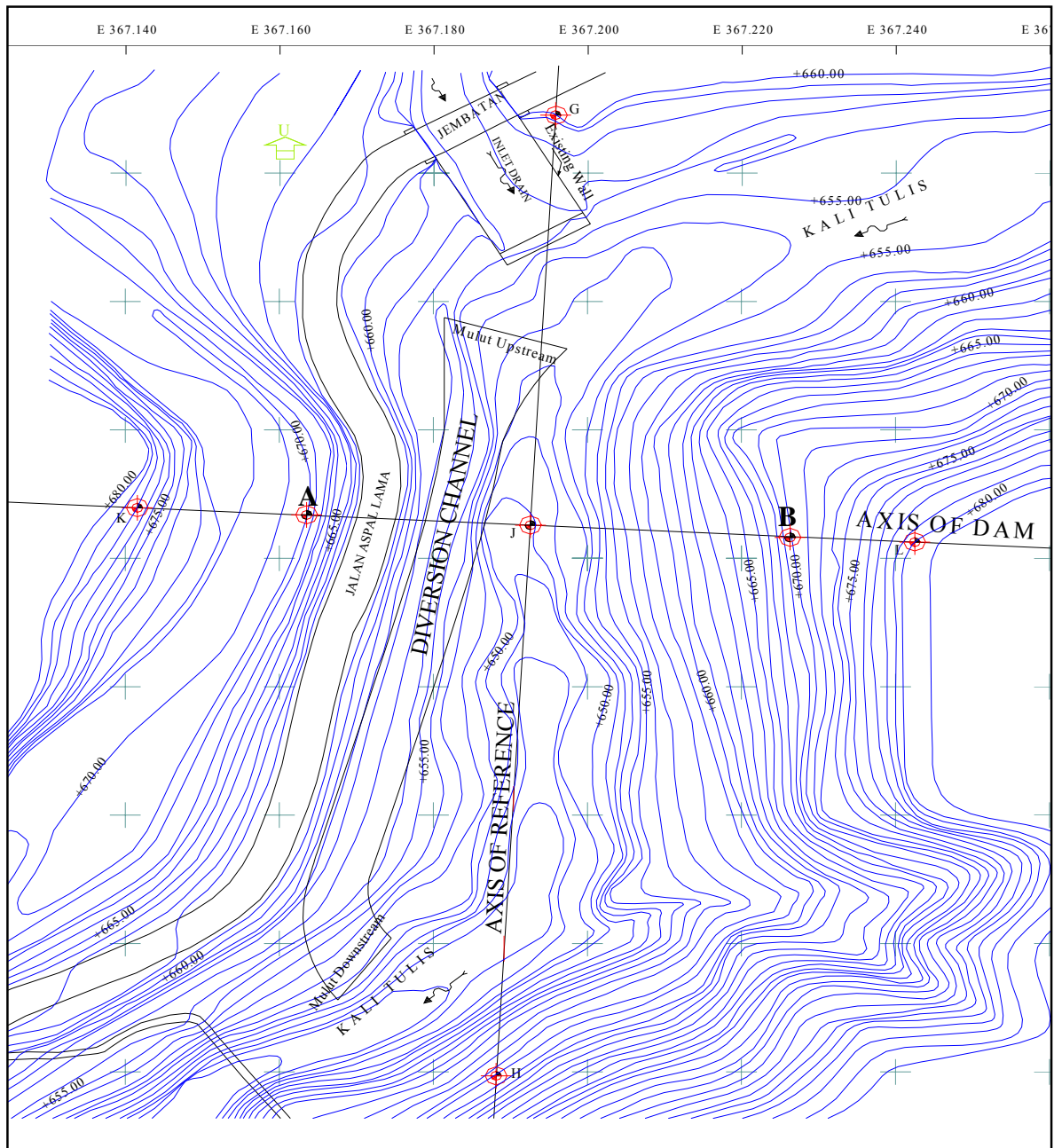
Tabel 5.12 Analisa Kelebihan dan Kekurangan Penempatan Diversion Channel

Keterangan	Penempatan Diversion Channel	
	Dekat dengan Tebing	Dekat dengan Jalan Existing
Arah pelaksanaan pekerjaan bendung	A – B	B - A
Elevasi mulut diversion channel terkait dengan kelancaran aliran air masuk ke diversion channel	Aliran air mudah masuk dengan alami (tanpa penggalian tanah) karena elevasi tanah di mulut diversion lebih rendah daripada elevasi tanah di sekitarnya	Aliran air sukar masuk dengan alami (harus dengan penggalian tanah) karena elevasi tanah di mulut diversion lebih tinggi daripada elevasi tanah di sekitarnya. Perlu dilakukan penggalian tanah agar air mudah masuk ke mulut diversion channel.
Perlu tidaknya jembatan sementara diatas diversion channel	Tidak diperlukan	Sangat perlu untuk kelancaran mobilitas resource
Kelancaran resource dalam mencapai titik awal pelaksanaan pekerjaan dari jalan existing	Jarak dekat sehingga memudahkan kelancaran resource (titik awal di A)	Lebih jauh sehingga agak menghambat kelancaran resource (titik awal di C)
Stabilitas lereng	Bisa diatasi dengan perkuatan lereng	Perkuatan lereng kurang aman dilakukan karena space yang tersedia sangat minim.
Lay Out yang mungkin dihasilkan	Relatif lurus	Berkelok mengikuti alur jalan existing

Dengan memperhatikan tabel 5.12 diatas maka lokasi penempatan diversion channel terbaik ditempatkan di sisi kiri dekat dengan tebing.



Gambar 5.25 Diversion channel disisi dalam sungai (dekat dengan tebing)



Gambar 5.26 Diversion channel disisi dalam sungai (dekat dengan jalan existing)

5.4.1.1 Perencanaan Axis of Diversion Channel

Berdasarkan lokasi penempatan diversion channel yang telah direncanakan, maka kita dapat merencanakan titik referensi yang akan digunakan dalam perencanaan lay out diversion channel. Rencana Axis of Diversion Channel dapat dilihat pada gambar 5.27.

5.4.1.2 PlanView Diversion Channel

Plan View dibuat sedemikian rupa sehingga aliran air dari penampang sungai mudah masuk ke diversion channel, diarahkan melewati area konstruksi dan dilepaskan kembali ke penampang sungai seperti semula.

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum perencanaan plan view diversion channel, yaitu :

- Pada mulut bagian upstream harus lebih lebar agar aliran air lebih mudah masuk ke diversion channel terutama pada saat banjir.
- Sebelum aliran air keluar dari diversion channel maka perlu dikurangi kecepatannya dengan memperlebar dimensi diversion channel di segmen akhir diversion channel.
- Penentuan panjang diversion channel harus memenuhi kriteria :
 - a. Mampu mengantarkan aliran air dari upstream melewati area konstruksi bendung menuju downstream
 - b. Mampu menyediakan space di dalam penampang sungai yang bisa dimanfaatkan untuk penempatan resource mengingat terbatasnya space disekitar daerah konstruksi Bendung Gerak Tulis.

Untuk lebih jelas sketsa dari penempatan dan plan view diversion channel dapat dilihat pada gambar 5.27

5.4.2 Penempatan dan Plan View Cofferdam

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, penempatan cofferdam (upstream dan downstream) harus menyesuaikan dengan plan view (lay out) dan penempatan diversion channel.

5.4.2.1 Perencanaan Axis of Upstream Cofferdam

Beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum menentukan lokasi penempatan Cofferdam Upstream (Axis of Cofferdam), yaitu :

- Posisi mulut bagian depan diversion channel.
- Lebar dari diversion channel bagian Upstream.
- Kelancaran aliran air yang akan dibendung masuk ke mulut diversion channel.
- Alur penampang sungai di upstream Axi of Dam.

5.4.2.2 Plan View Cofferdam Upstream

Perencanaan plan view cofferdam upstream harus sedemikian rupa memperhatikan aspek sebagai berikut :

- Kelancaran air yang dibendung masuk ke mulut diversion channel
- Cofferdam upstream dibuat sepanjang penampang melintang sungai dengan memperhatikan Axi of Upstream Cofferdam, lebar diversion channel, dan jalan existing.
- Elevasi Mercu cofferdam upstream diusahakan tidak melebihi elevasi jalan existing.

5.4.2.3 Perencanaan Axis of Downstream Cofferdam

Beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum menentukan lokasi penempatan cofferdam downstream yaitu :

- Posisi mulut bagian belakang diversion channel.
- Kemungkinan fenomena back water
- Kelancaran aliran air keluar dari diversion channel masuk kembali ke penampang sungai

5.4.2.4 Plan View Cofferdam Downstream

Rencana awal plan view cofferdam upstream hampir sama dengan plan view cofferdam downstream. Tetapi karena fungsi utama konstruksi ini adalah untuk

melindungi area konstruksi bendung dari fenomena back water, beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Cofferdam downstream dibuat tidak sepanjang penampang melintang sungai untuk efisiensi biaya, hal ini mengingat kemungkinan terbesar air yang keluar dari diversion channel masuk ke daerah konstruksi bendung adalah di daerah sekitar mulut downstream diversion channel.
- Rencana plan view cofferdam juga harus memperhatikan Axiest of Cofferdam Downstream dan lebar diversion channelnya.

5.4.3 Penempatan Kolam Penampungan

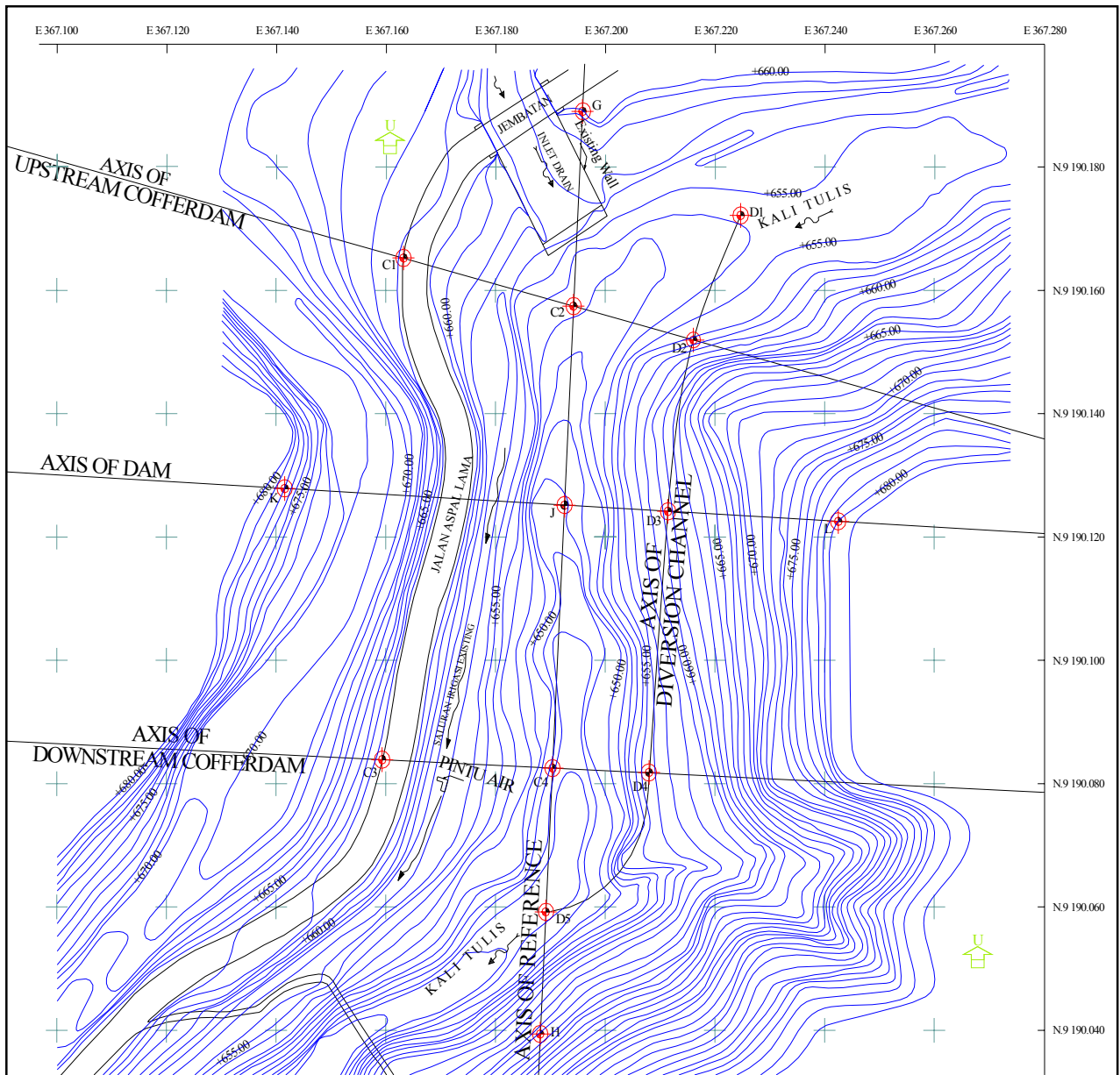
Kolam penampungan berfungsi untuk menampung aliran air yang merembes melewati cofferdam upstream. Aliran rembesan/seepage masuk ke area konstruksi dapat mengganggu pelaksanaan pekerjaan konstruksi bendung. Oleh karena itu diperlukan kolam penampungan untuk menampung aliran seepage yang kemudian akan dipompa keluar dari area konstruksi.

Kolam penampungan ditempatkan sedemikian rupa sehingga aliran seepage yang keluar di sepanjang tubuh cofferdam dapat dengan alami masuk ke kolam penampungan. Kolam penampungan direncanakan dibuat dibagian hilir cofferdam upstream, karena aliran seepage yang terjadi lebih besar dari aliran seepage cofferdam downstream, dan bila aliran air yang melewati cofferdam upstream dibiarkan, maka arah alirannya akan mengalir secara alami menuju pekerjaan konstruksi bendung. Sedangkan aliran seepage cofferdam downstream, arah alirannya secara alami tidak akan menuju pekerjaan konstruksi bendung karena elevasi area pekerjaan bendung elevasinya lebih tinggi.

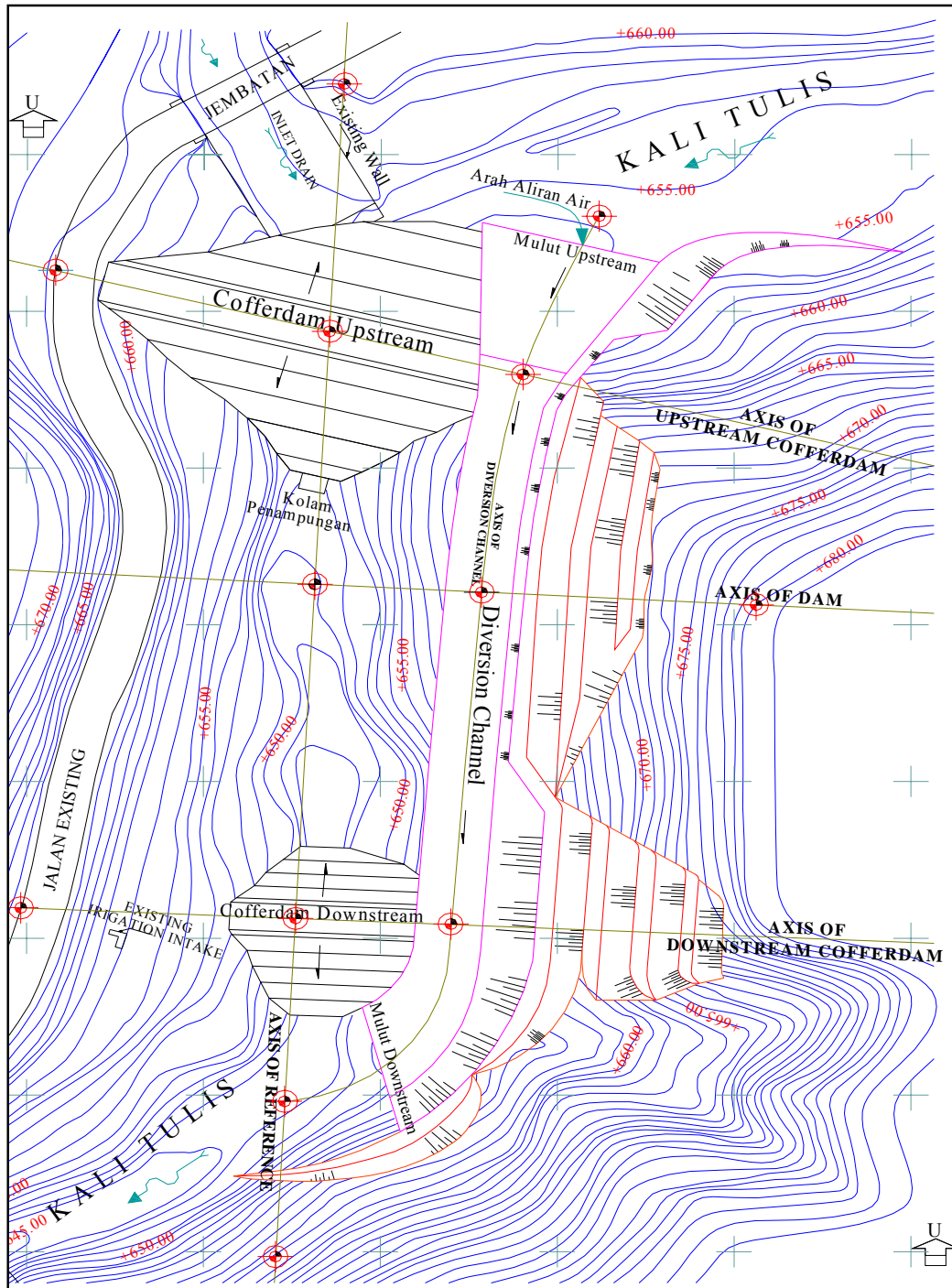
Dengan memperhatikan hal-hal tersebut di atas maka dapat dibuat titik rencana konstruksi dari lokasi penempatan, diversion channel, cofferdam upstream, dan downstream seperti disajikan pada tabel 5.13 dan gambar 5.27 serta plan view disajikan dalam gambar 5.28.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasi Perencanaan Penempatan Konstruksi

Keterangan	Point	Koordinat	
		E	N
Axis of Upstream Cofferdam	C 1	367 164,06	9190 165,00
	C 2	377 194,26	9190 157,43
	D 2	367 216,04	9190 151,95
Axis of Downstream Cofferdam	C 3	367 158,50	9190 083,88
	C 4	367 190,25	9190 082,88
	D 4	367 207,84	9190 081,74
Axis of Diversion Channel (Panjang rencana = 108,16 m)	D 1	367 224,71	9190 172,15
	D 2	367 216,04	9190 151,95
	D 3	367 211,43	9190 124,65
	D 4	367 207,84	9190 081,74
	D 5	367 189,22	9190 058,00



Gambar 5.27 Titik Perencanaan



Gambar 5.28 Plan view konstruksi sistem dewatering

5.5 SKEMA URUTAN TAHAP-TAHAP PELAKSANAAN PEMBANGUNAN BENDUNG GERAK TULIS

Sebelum memulai pelaksanaan pekerjaan, pemilihan waktu yang tepat akan sangat membantu terutama untuk pekerjaan konstruksi sistem dewatering (diversion channel dan cofferdam). Pemilihan waktu yang tepat disini berhubungan dengan pemilihan waktu pada saat debit Kali Tulis relative kecil yaitu pada musim kemarau dan biasanya terjadi antara bulan Maret sampai Oktober.

Pada subbab ini hanya akan dibahas tahap dan urutan pekerjaan pembangunan bendung, untuk perhitungan dimensi struktur bendung dan konstruksi lain (diversion intake, jalan relokasi) tidak dibahas perhitungannya sesuai dengan batasan masalah yang telah ditentukan pada Bab I, sedangkan dimensi dan konstruksi sistem dewateringnya dibahas pada Bab 6.

Dengan memperhatikan beberapa aspek/faktor terutama aspek keterikatan pekerjaan konstruksi bendung dengan konstruksi sistem dewateringnya, serta faktor adanya konstruksi jalan existing yang masih dipertahankan fungsinya sebelum konstruksi jalan relokasi selesai dilaksanakan, maka pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis disusun dalam 4 tahap, dimana didalamnya mengandung urutan pekerjaan pada masing-masing tahap, yaitu :

A. Tahap 1

Tujuan utama tahap 1 adalah membebaskan area konstruksi dari aliran air dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi dewateringnya (diversion channel dan cofferdam).

Adapun urutan pekerjaan tahap I (perhatikan gambar 5.32)adalah sebagai berikut:

1. Pelaksanaan Pekerjaan Diversion Channel

Untuk kemudahan pelaksanaan pekerjaan diversion channel dilakukan pada waktu debit air kali Tulis kecil (pada musim kemarau). Perlu diingat elevasi mulut bagian upstream harus lebih rendah dari elevasi penampang sungai di upstream agar air bisa mengalir masuk ke diversion channel. Pelaksanaannya harus sesuai dengan lay out, spesifikasi teknis, dimensi yang akan di sajikan pada BAB 6.

2. Pelaksanaan Pekerjaan Perkuatan Lereng/Tebing

Akibat adanya pekerjaan galian tanah lereng untuk konstruksi diversion channel, dikhawatirkan stabilitas alami tanah akan terganggu. Untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak diinginkan (tanah longsor) selama konstruksi ini difungsikan, maka diperlukan adanya perkuatan lereng. Waktu pelaksanaan bersamaan/setelah pekerjaan diversion channel.

3. Pelaksanaan Pekerjaan Cofferdam Upstream

Setelah penempatan dan pekerjaan diversion channel selesai. Air dalam debit kecil (pada musim kemarau) telah mengalir masuk ke diversion channel maka pekerjaan cofferdam upstream bisa dilaksanakan. Fungsi cofferdam upstream adalah membendung aliran air terutama pada saat debit rencana (Q_d) terjadi dan mengarahkan aliran airnya masuk ke mulut upstream diversion channel. Berdasarkan hal tersebut, elevasi dasar cofferdam harus didesain lebih tinggi dari elevasi mulut diversion. Sementara elevasi mercu cofferdam upstream diusahakan tidak melewati elevasi jalan existing, agar aktivitas warga dan aktivitas pengangkutan material konstruksi tidak terganggu. Waktu pelaksanaan pekerjaannya setelah pekerjaan diversion channel selesai. Sedangkan dimensi dan spesifikasi teknis dari pekerjaan cofferdam upstream disajikan juga pada Bab 6.

4. Pelaksanaan Pekerjaan Kolam Penampungan

Konstruksi cofferdam dengan timbunan material sangat mungkin ditembus aliran air. Aliran air yang merembes dan melewati cofferdam disebut aliran filtrasi/seepage. Walaupun biasanya volume debit aliran filtrasi kecil, tetapi untuk mengantisipasi gangguan pekerjaan akibat aliran filtrasi, maka aliran filtrasi diarahkan dan ditampung dalam kolam penampungan untuk selanjutnya dipompa keluar dari area konstruksi.

5. Pelaksanaan Pekerjaan Cofferdam Downstream

Debit Air yang telah masuk melalui mulut upstream diversion channel akan diarahkan sepanjang saluran melewati daerah konstruksi bendung menuju ke downstream. Saat aliran dengan debit dan kecepatan tertentu masuk kembali kepenampang sungai, bisa menimbulkan fenomena back water (air kembali bisa

masuk ke area konstruksi). Oleh karena itu, perlu adanya cofferdam downstream. Pelaksanaan pekerjaannya bersamaan dengan pekerjaan cofferdam upstream dengan memperhatikan Axis of Downstream Cofferdam. Dimensi dan spesifikasi teknisnya cofferdam downstream disajikan pada Bab 6.

6. Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Jalan Relokasi

Konstruksi jalan relokasi harus dilaksanakan mengingat jalan existing tidak bisa selamanya dipertahankan. Hal ini mengingat jalan existing yang ada di sekitar area konstruksi, lokasinya berada di bawah elevasi desain bendung dan lokasinya tersebut masuk dalam daerah tampungan bendung. Waktu pelaksanaan pekerjaannya bersamaan dengan pekerjaan diversion channel dan cofferdam. Dimensi dan spesifikasi teknisnya tidak disajikan dalam laporan ini sesuai dengan pembatasan masalah.

B. Tahap 2

Dalam tahap 1, kita telah membebaskan daerah konstruksi bendung dari aliran air serta jalan relokasi telah bisa difungsikan, maka pekerjaan tahap 2 dapat dilaksanakan dengan urutan pekerjaan (perhatikan gambar 5.33) sebagai berikut :

1. Pelaksanaan Pekerjaan Diversion Intake

Konstruksi diversion intake diperlukan sesuai dengan maksud dan tujuan utama dibangunnya Bendung Gerak Tulis yaitu mensuplai debit air untuk memutar turbin didalam Power House melalui diversion intake. Waktu pelaksanaan pekerjaannya setelah konstruksi dewateringnya selesai dilaksanakan.

2. Pelaksanaan Pekerjaan Bendung 1

Dari gambar design bendung yang sudah direncanakan dimana analisa perhitungannya tidak dapat kami sajikan sesuai dengan batasan masalah yang telah disampaikan pada bab 1, maka ada 2 alternatif yang bisa dianalisa terkait dengan arah pekerjaan, yaitu :

- Pekerjaan Tubuh Bendung Dari Section A–C.
- Pekerjaan Tubuh Bendung Dari Section A–B.

a) Pekerjaan Tubuh Bendung Dari Section A–C

Setelah dilakukan pengeringan pada daerah konstruksi maka tubuh bendung bisa dikerjakan dari titik A sampai titik C. Setelah pekerjaan bendung sampai di titik C, kita tidak bisa membongkar cofferdam upstream agar aliran air bisa dialihkan dari diversion channel masuk ke Flushing Sluice dan pintu bendung, karena dilihat dari segi analisa kekuatan dan stabilitas bendung pada section B–C, terutama pada section C tentunya mempunyai kekuatan yang lebih kecil dari pada section A–B dalam menahan tekanan air. Hal ini berhubungan dengan umur beton. Kita ketahui bahwa material beton dapat mencapai kekuatannya pada umur 28 hari. Ketika kekuatan material beton pada section B–C (terutama di section C) sudah mencapai umur yang direncanakan dan mampu menerima beban tekanan air yang bekerja, maka cofferdam upstream bisa dibongkar, aliran air bisa dialihkan masuk ke Flushing Sluice dan pintu bendung. Itu artinya, kita harus menunggu material beton pada tubuh bendung section C yang baru saja selesai dibangun mencapai umur beton rencana agar mampu menahan tekanan air ketika cofferdam upstream dibongkar.

b) Pekerjaan Tubuh Bendung Dari Section A–B

Daerah konstruksi telah dikeringkan, maka pekerjaan bendung bisa dilaksanakan dari A – B. Pada alternatif ini pembongkaran cofferdam upstream bisa lebih cepat dari pada alternative pekerjaan A-C. Hal ini di mungkinkan karena pada saat pekerjaan tubuh bendung dari section A-B beserta elemen-elemen bendungnya selesai 100 % dan mampu dilalui debit air, maka cofferdam upstream bisa dibongkar. Pembongkaran cofferdam upstream dilakukan bersamaan dengan pembongkaran cofferdam downstream. Tapi sebelum cofferdam dibongkar harus ada konstruksi sejenis cofferdam (kisdam) yang dibuat pada section B-C. Kisdam sendiri adalah suatu konstruksi sejenis cofferdam dalam ukuran kecil. Fungsi kisdam pada section B–C adalah sebagai pelindung daerah konstruksi B–C dari aliran air ketika cofferdam dibongkar.

Pemanfaatan waktu sekecil apapun sangat penting artinya. Oleh karena itu sambil menunggu tubuh bendung section A–B material betonnya mencapai umur rencana, sehingga mampu menahan tekanan air ketika cofferdam upstream

dibongkar, pelaksana dapat memanfaatkan waktu tersebut untuk melaksanakan pekerjaan kisdam dan sebagian pekerjaan tubuh bendung 2 (section B–C).

Berdasarkan analisa diatas maka untuk pelaksanaan pekerjaan bendung dipilih alternatif 2 yaitu pelaksanaan pekerjaan bendung 1 dimulai dari section A–B karena akan lebih menguntungkan dari segi waktu pelaksanaan.

C. Tahap 3

Dalam pekerjaan tahap 2 kita telah dapatkan kondisi sebagai berikut:

- Diversion intake dan konstruksi bendung 1 (section A-B) telah selesai dilaksanakan
- Pekerjaan kisdam telah selesai dilaksanakan sehingga dapat berfungsi ketika cofferdam upstream dibongkar.
- Sebagian pekerjaan bendung untuk section B–C telah dilaksanakan.

Dalam tahap 3 (perhatikan gambar 5.34), ada 2 pekerjaan yang harus dilaksanakan yaitu :

a. Pekerjaan pembongkaran cofferdam

Pekerjaan kisdam telah selesai, bendung dirasa mampu menahan tekanan air, pintu dan Flushing Sluice bendung siap mengambil fungsi sebagai diversion channel. Dengan melihat kondisi tersebut, maka pekerjaan pembongkaran cofferdam upstream dan cofferdam downstream dapat dilakukan.

b. Pekerjaan penyelesaian konstruksi bendung 2 (section B-C)

Kita ketahui dalam pekerjaan tahap 2, sebagian konstruksi bendung 2 (section B-C) telah dilaksanakan. Dalam pekerjaan tahap 3 ini, sisa pekerjaan konstruksi bendung 2 (section B-C) dapat diselesaikan tanpa ada gangguan air karena sudah di coffer oleh kisdam.

c. Pekerjaan penutupan mulut diversion channel dengan temporary cofferdam

Diversion channel tidak bisa langsung dibongkar secara total. Apabila dilakukan pembongkaran total, maka pekerjaan bendung 2 (section C-E) ada kemungkinan tidak bisa dilaksanakan karena air sungai dapat masuk area konstruksi bendung 2 (section C-E) karena tidak ada lagi konstruksi pelindung. Dengan melihat kondisi tersebut, maka diversion channel belum bisa dibongkar secara total. Meskipun

demikian, air sungai masih bisa masuk area konstruksi dari mulut upstream dan downstream diversion channel, berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penutupan pada ke dua mulut diversion channel dengan konstruksi temporary cofferdam. Untuk efisiensi waktu, pelaksanaan pekerjaannya bersamaan dengan pekerjaan penyelesaian sisa pekerjaan konstruksi bendung 2 (section B-C).

d. Pekerjaan pembongkaran diversion channel section C-D

Pekerjaan pembongkaran diversion channel dan temporary cofferdam masih belum bisa dilakukan total karena masih berfungsi sebagai pelindung area konstruksi bendung dari aliran air. Pembongkaran diversion channel hanya dilakukan pada daerah yang dilewati konstruksi bendung, yaitu diversion channel section C-D. Waktu pelaksanaan pekerjaannya setelah pekerjaan temporary cofferdam.

e. Pekerjaan konstruksi bendung 2 (section C-E)

Area konstruksi telah terbebas dari gangguan aliran air, pembongkaran diversion channel section C-D telah selesai dilaksanakan, maka pekerjaan konstruksi bendung 2 (section C-E) bisa dilaksanakan sampai konstruksinya selesai.

D. Tahap 4

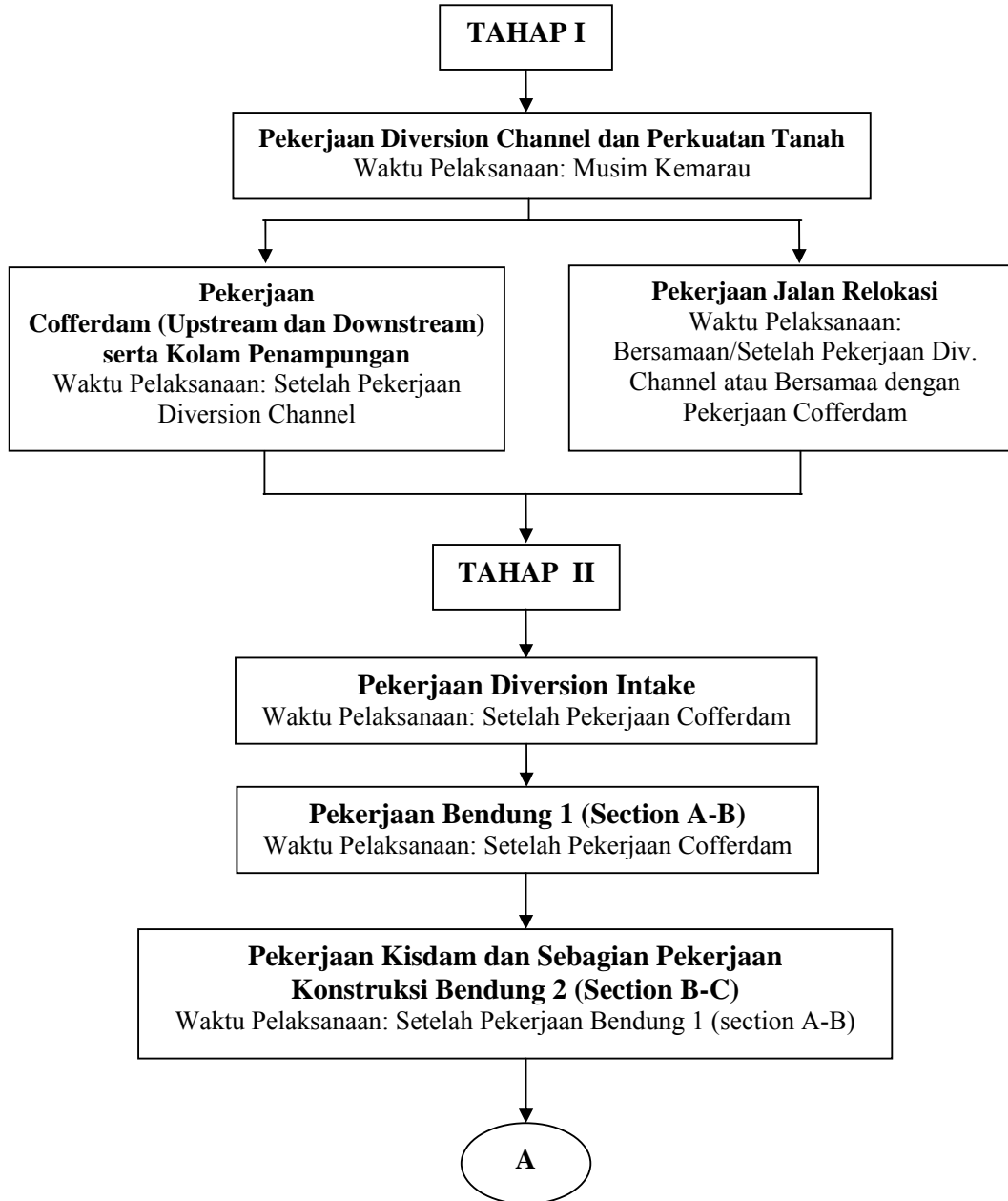
Dalam pekerjaan tahap 3 telah didapat kondisi sebagai berikut:

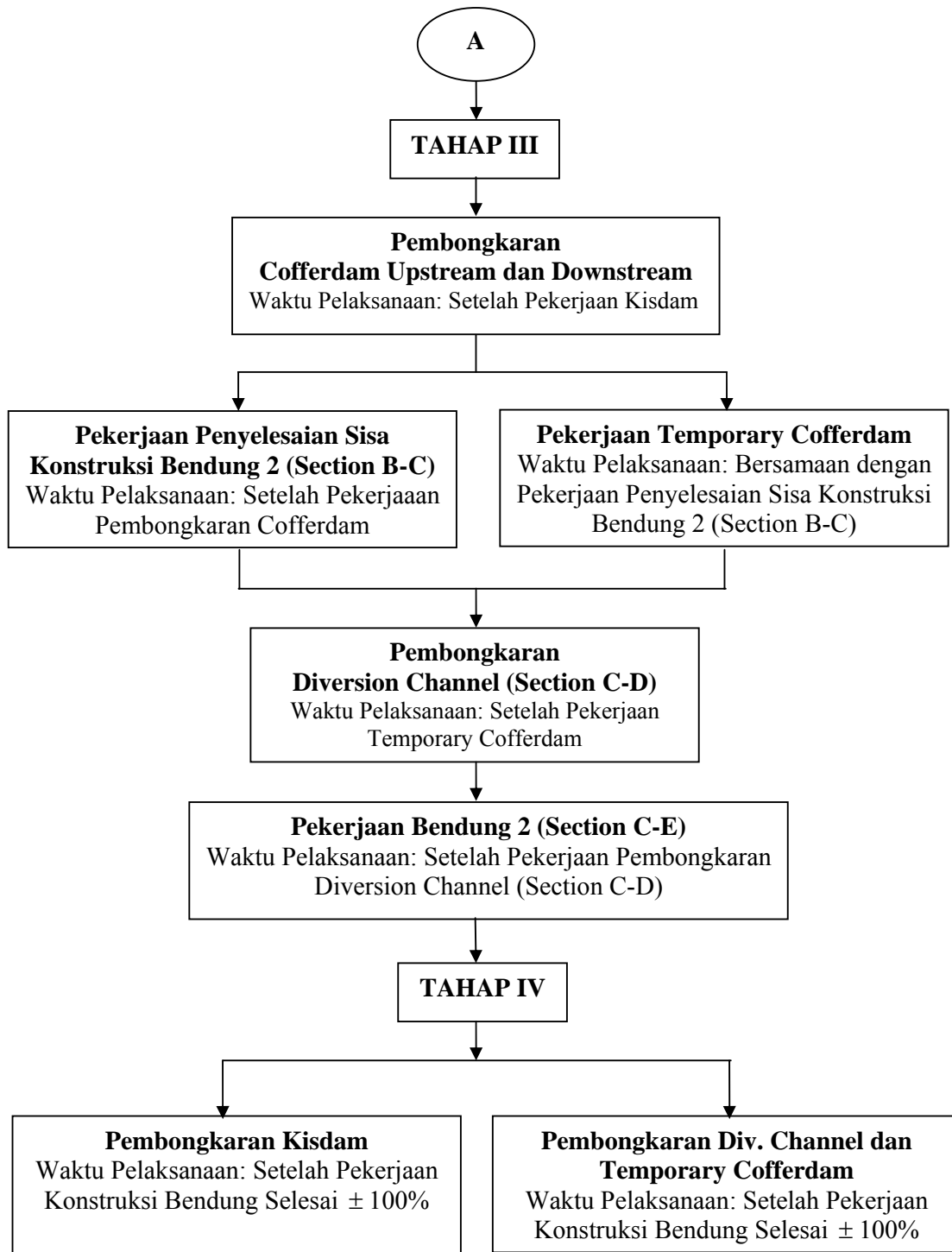
- Konstruksi bendung telah selesai 100 % dilaksanakan dan siap dioperasikan secara penuh.
- Konstruksi kisdam, diversion channel, dan temporary cofferdam masih ada (belum dilakukan pembongkaran).

Pekerjaan tahap 4 merupakan tahap akhir dari rencana pelaksanaan pembangunan Bendung Gerak Tulis. Dalam pekerjaan tahap 4 dilakukan pekerjaan pembersihan sisa pekerjaan konstruksi tahap sebelumnya (perhatikan gambar 5.35), yaitu :

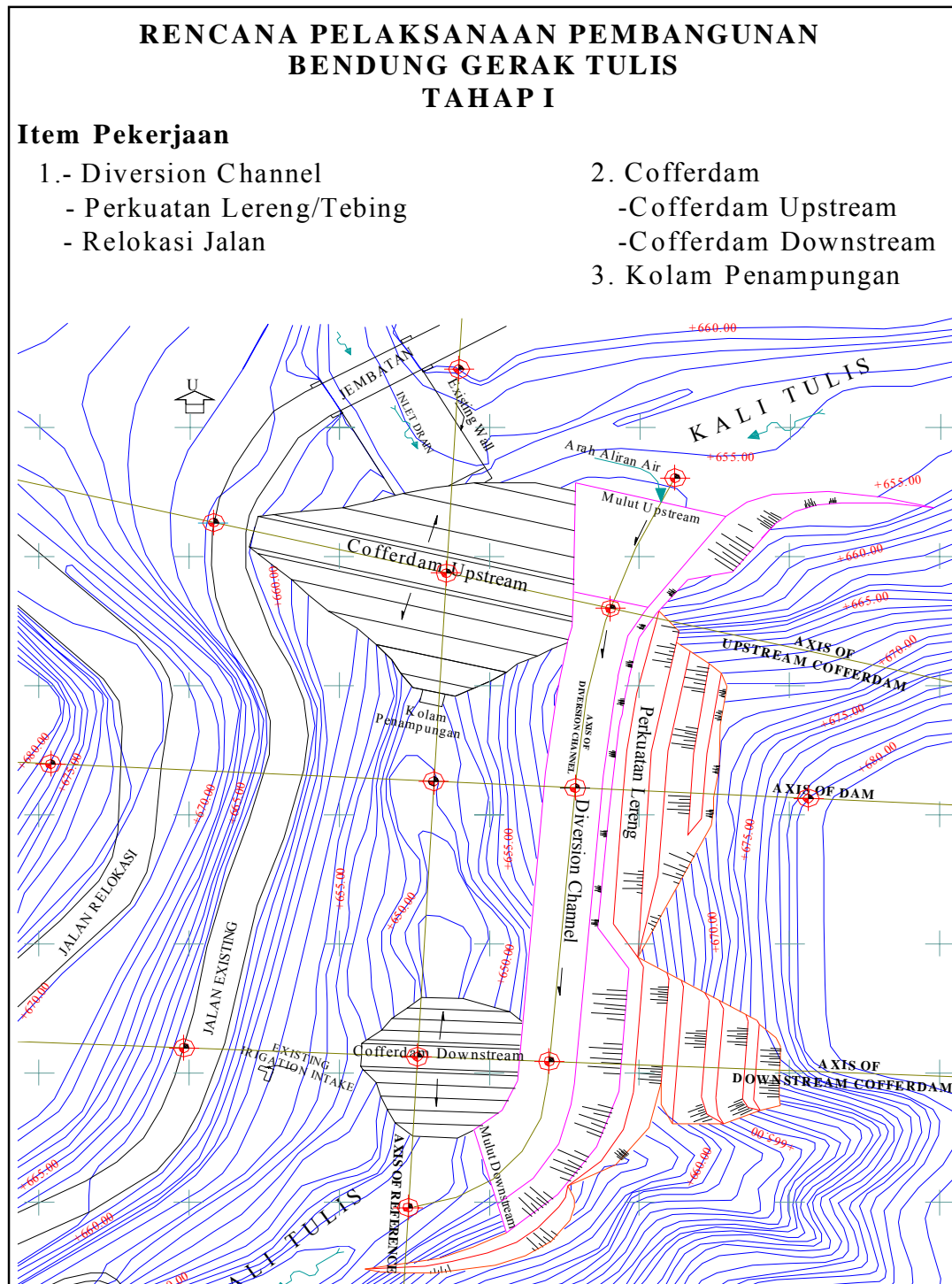
- a. Pekerjaan pembongkaran kisdam.
- b. Pekerjaan pembongkaran diversion channel dan temporary cofferdam.

5.6 DIAGRAM ALIR RENCANA PELAKSANAAN BENDUNG GERAK TULIS





Gambar 5.29 Diagram alir rencana pelaksanaan Bendung Gerak Tulis

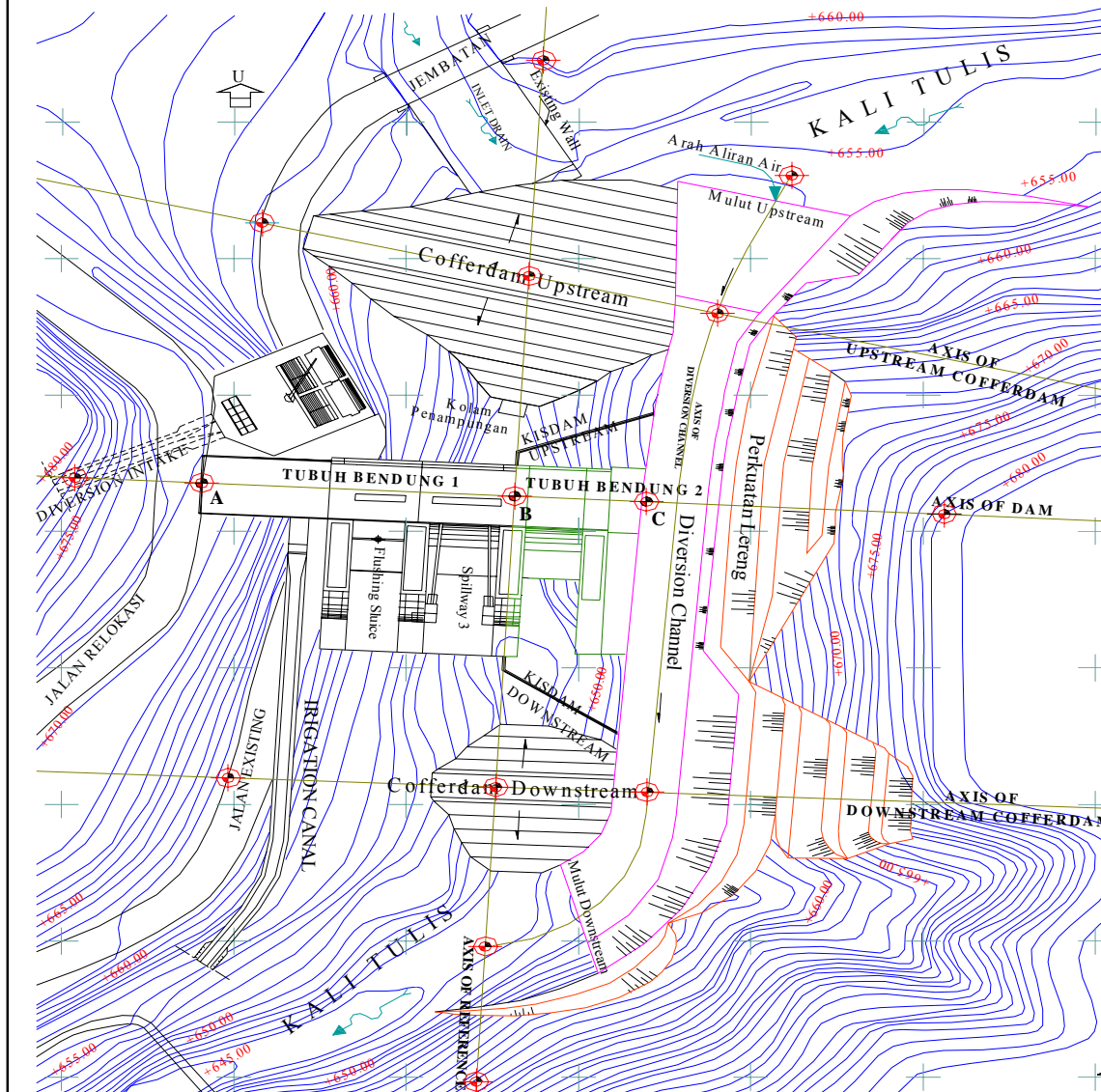


Gambar 5.30 Rencana Pelaksanaan Tahap I

**RENCANA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN
BENDUNG GERAK TULIS
TAHAP II**

Item Pekerjaan

1. Diversion Intake
2. Konstruksi Bendung 1 (Section A-B)
3. -Kisdam
 - Pekerjaan Sebagian Konstruksi Bendung 2 (Section B-C)

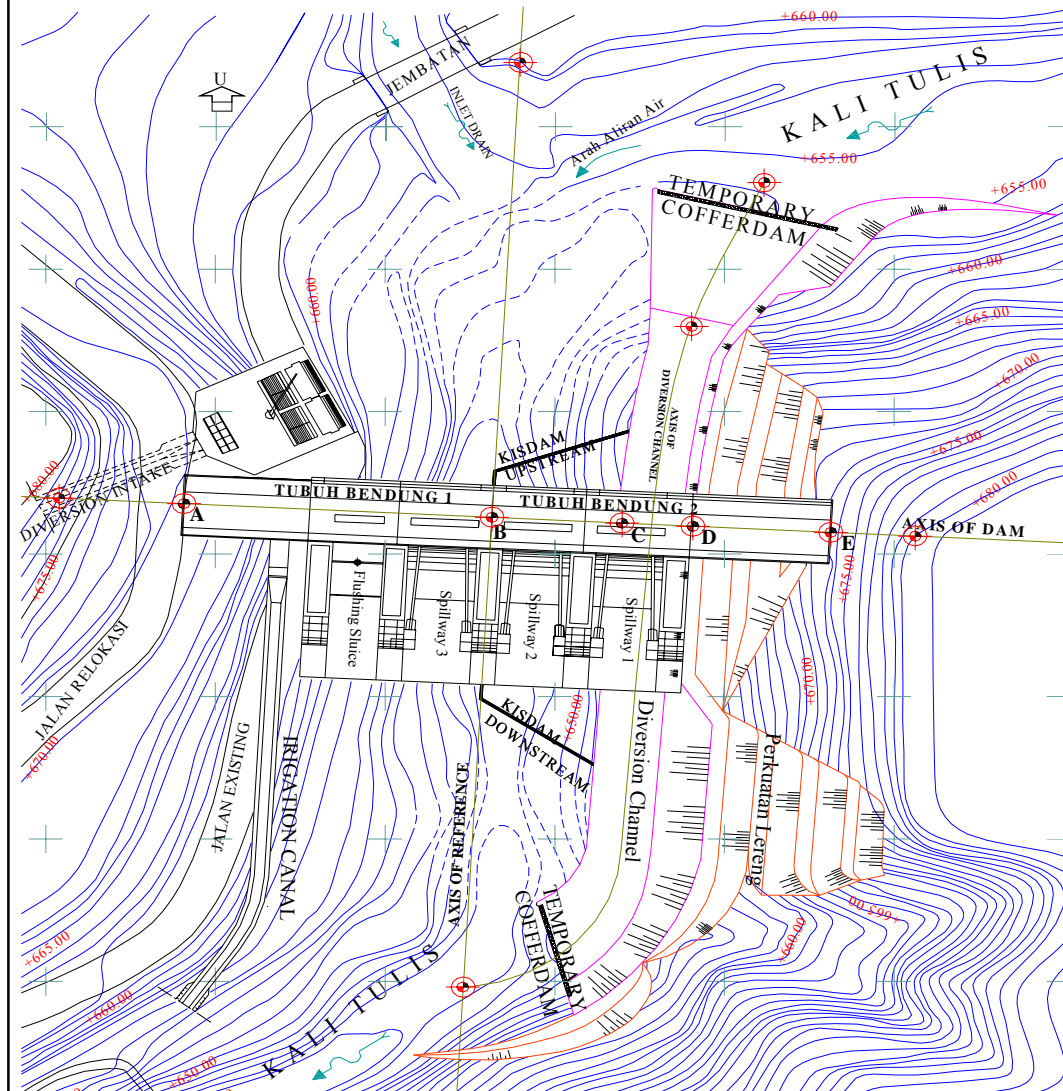


Gambar 5.31 Rencana Pelaksanaan Tahap II

**RENCANA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN
BENDUNG GERAK TULIS
TAHAP III**

Item Pekerjaan

1. Pembongkaran Cofferdam Upstream & Downstream
2. Pekerjaan Sisa Konstruksi Bendung 2 (Section B-C)
 - Temporary Cofferdam for Diversion Channel
3. Pembongkaran Diversion Channel (Section C-D)
4. Pekerjaan Konstruksi Bendung 2 (Section C-E)

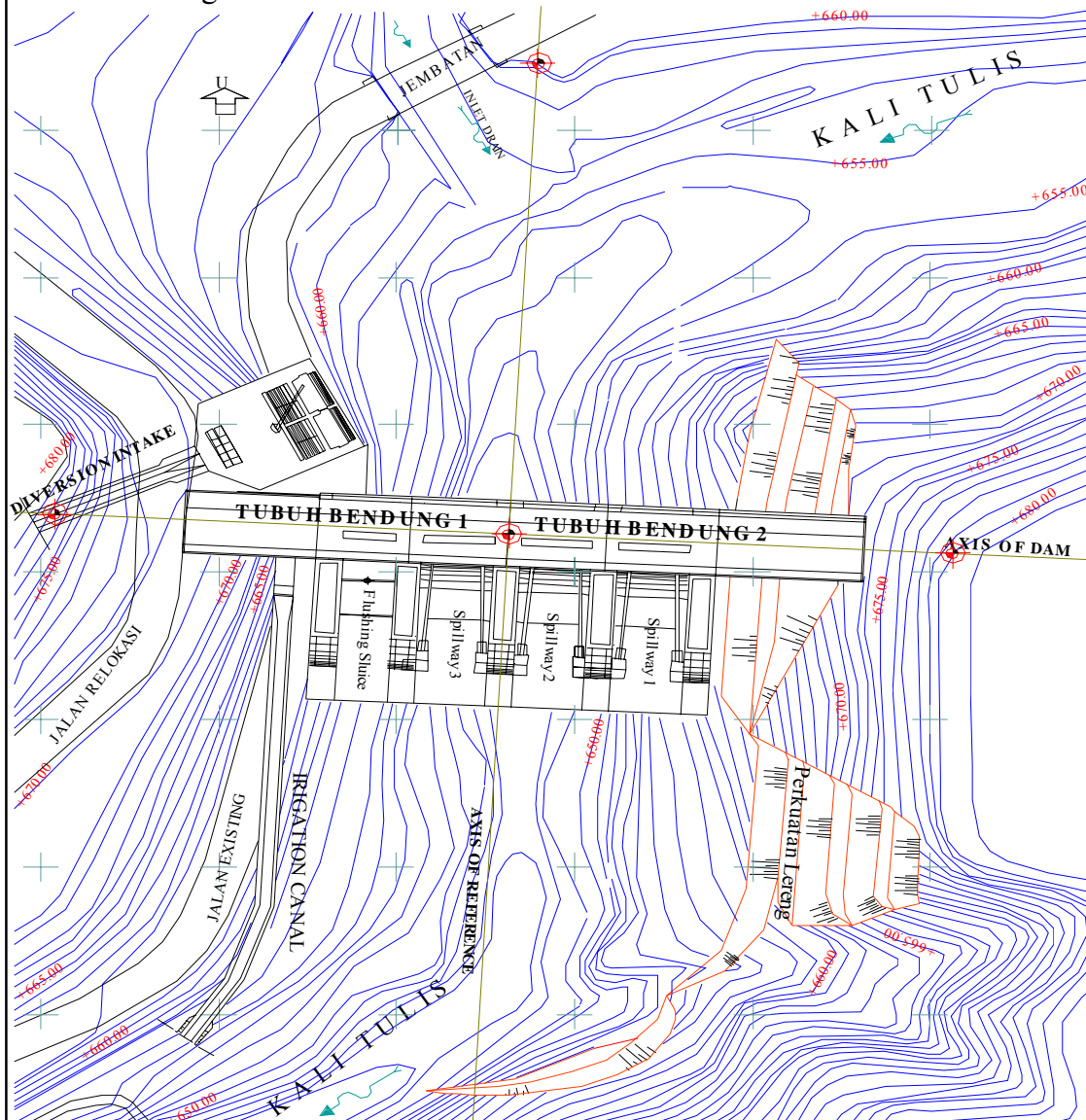


Gambar 5.32 Rencana Pelaksanaan Tahap III

**RENCANA PELAKSANAAN PEMBANGUNAN
BENDUNG GERAK TULIS
TAHAP IV**

Item Pekerjaan

- 1.-Pembongkaran Diversion Channel
- Pembongkaran Temporary Cofferdam
- Pembongkaran KisDam



Gambar 5.33 Rencana Pelaksanaan Tahap IV