

DESAIN SABODAM MODULAR (TIPE TERTUTUP)

Oleh:

Ir. Chandra hassan, Dip.HE, M.Sc, IPM

Perekayasa Ahli Utama

Inspektur Bidang Teknologi Sabo

Sidoarjo, 22-23 April 2019

LATAR BELAKANG

- ✓ Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak pada kawasan rentan terhadap bencana aliran debris.
- ✓ Aliran debris dapat bersumber dari daerah vulkanik maupun nonvulkanik.
- ✓ Jika aliran debris tidak dikendalikan dengan baik dapat menjadi bahaya yang mengancam kehidupan manusia.
- ✓ Teknosabo sudah menjadi kebutuhan yang tidak bisa dihindarkan lagi untuk mengendalikan aliran debris yang hampir terjadi di semua wilayah di Indonesia. Oleh sebab itu, diperlukan perencanaan struktur sabo yang komprehensif agar dihasilkan perencanaan yang mantap.
- ✓ Bangunan sabo pada umumnya dibangun di daerah yang sangat rentan terhadap bahaya aliran debris yang memiliki gaya bentur (*impact force*) yang sangat besar. Sehingga bangunan sabo harus direncanakan dan di desain untuk mampu menahan gaya bentur tersebut.
- ✓ Salah satu penyebab kerusakan yang sering terjadi pada bangunan sabo, khususnya sabodam tipe tertutup dari bahan beton konvensional dengan kualitas paling tinggi K350 adalah kerusakan akibat gaya bentur. Oleh karena itu, kualitas bangunan haruslah lebih tinggi.
- ✓ Balai Litbang Sabo, kemudian mengembangkan bangunan sabodam dengan sistem modular dengan kualitas beton mencapai minimum K600.

TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan : sebagai petunjuk dalam menyusun perencanaan struktur sabodam modular yang memadai.

Manfaat : untuk memudahkan dalam membuat perencanaan bangunan sabodam modular yang lebih praktis.

PERMASALAHAN

- Menimbulkan korban jiwa dan kerugian harta benda apabila tidak dikendalikan dengan baik.
- Mengangkut bahan rombakan yang memiliki gaya bentur/ gaya impak sangat tinggi,
- *Overburden* sungai-sungai di daerah sabo pada umumnya sangat tebal dan mudah tererosi.
- Mampu mengubah arah aliran, dan mampu membentuk bentang alam baru (*debris flow is also the driver of the nature*).
- Prasarana sabo atau prasarana pengendali aliran debris (lahar/sedimen) pada umumnya dibangun di daerah terpencil (*remote area*).
- Pembangunan dengan konsep fondasi mengambang (*floating foundation*).
- Salah satu penyebab kerusakan yang sering terjadi pada bangunan sabo, khususnya sabodam tipe tertutup dari bahan beton konvensional dengan kualitas paling tinggi K350 adalah kerusakan akibat gaya bentur dan abrasi pada tubuh sabodam. Oleh karena itu, kualitas bangunan haruslah lebih tinggi.
- Balai Litbang Sabo, kemudian mengembangkan bangunan sabodam dengan sistem modular dengan mutu beton dapat mencapai minimum K600.

KEUNGGULAN SABODAM MODULAR

- ✓ Kualitas beton mutu tinggi yang dapat mencapai lebih tinggi dari K600 dan mudah di kontrol karena diproduksi oleh perusahaan pracetak .
- ✓ Tahan terhadap gaya bentur/impak maupun abrasi
- ✓ Waktu pelaksanaan pembangunan relatif lebih cepat karena modul dikerjakan secara masal di pabrik.
- ✓ Pengerjaan konstruksi bangunan lebih mudah karena hanya bersifat instalasi modular.
- ✓ Tenaga kerja yang diperlukan relatif sangat sedikit.
- ✓ Untuk mengurangi kemungkinan terjadinya abrasi pada mercu pelimpah dan lantai lindung (apron) maka dapat pula dilakukan dengan memanfaatkan beton fiber sebagai cover pada bagian mercu dan lantai apron tersebut.

PERBANDINGAN SABODAM KONVENSIONAL DAN SABODAM MODULAR

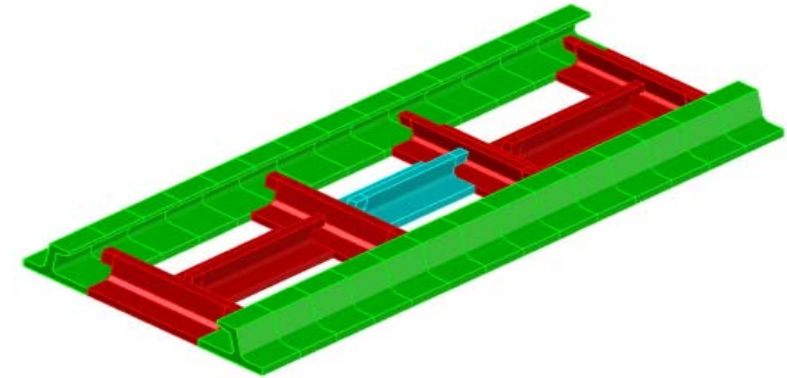
NO	PARAMETER	SABO DAM KONVENSIONAL	SABO DAM MODULAR
1	Kualitas Beton	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mutu beton di lapangan sulit dikontrol. ▪ Proses <i>curing</i> dipengaruhi oleh cuaca. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mutu beton mudah dikontrol, karena dikerjakan di pabrik dengan <i>batching plan</i>. ▪ Memiliki ketahanan tinggi terhadap perubahan cuaca.
2	Waktu Pelaksanaan	Proses pengecoran memakan waktu lama.	Memerlukan lebih sedikit waktu karena modul dapat diproduksi secara massal di pabrik.
3	Material penunjang	Dibutuhkan banyak bahan untuk pembuatan bekesting.	Tidak memerlukan bekesting.
4	Tenaga Kerja	Memerlukan banyak tenaga kerja.	Lebih sedikit tenaga kerja.
5	Lingkungan Pekerjaan	Memerlukan area kerja yang lebih luas sehingga dampak terhadap usikan lingkungan lebih luas.	Lebih sedikit mengusik lingkungan dalam pelaksanaannya.
6	Peralatan	Tidak memerlukan alat berat untuk pengecoran.	Memerlukan crawler crane untuk instalasi modul.
7	Produk	Konvensional.	Inovatif.

❖ KEUNGGULAN SABO MODULAR

- **KUALITAS LEBIH BAIK:** Mutu Beton sabodam modular K350-600, untuk selimut *sabo dam* dengan Beton Fiber.
- **PEMBANGUNAN LEBIH CEPAT:** Modul diproduksi dipabrik, Instalasi dg *Crawler Crain*.
- Kombinasi pracetak dan insitu (K-175) menjadi komposit.

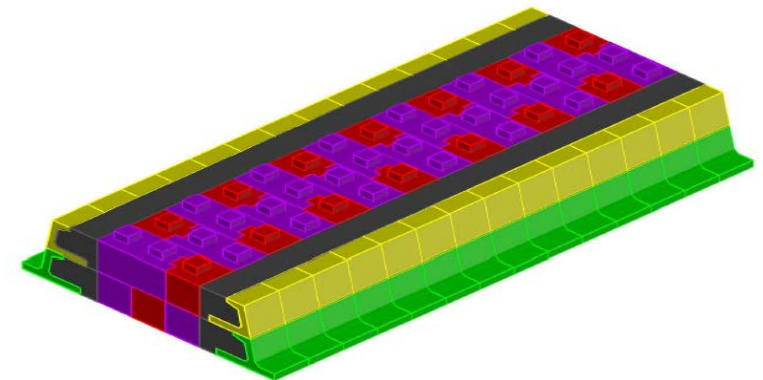
❖ SABODAM MODULAR TIPE-1

- Hanya memerlukan 1 buah *casing* → *T-shape*.
- Pracetak : Insitu = 55% : 45%.

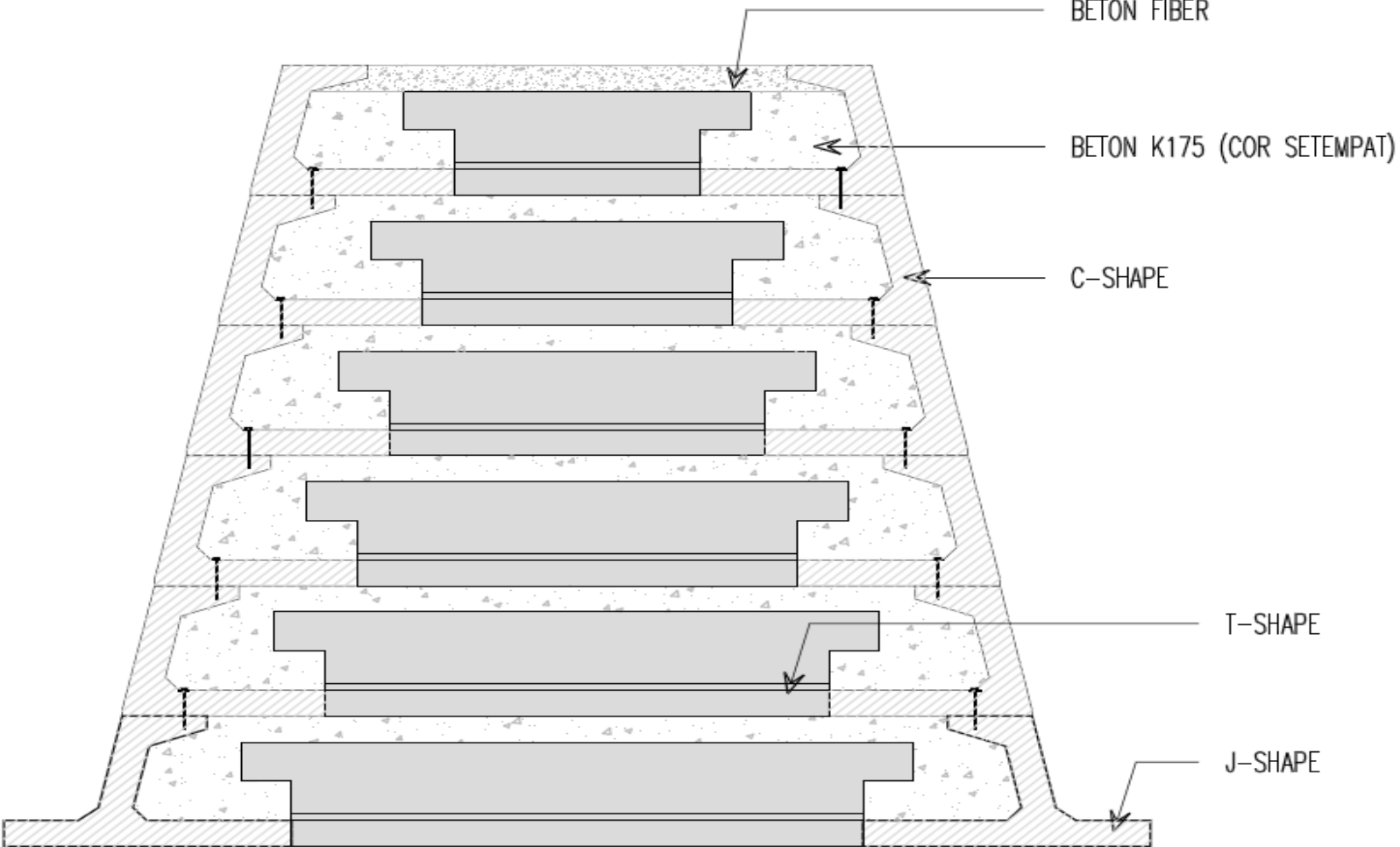


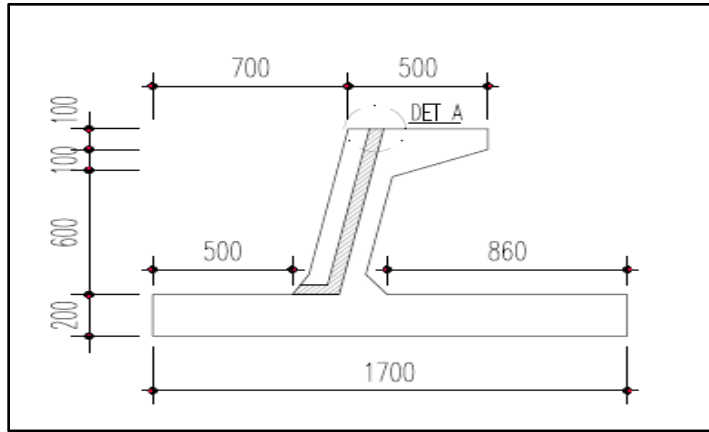
❖ SABODAM MODULAR TIPE-2

- Memerlukan 2 buah *casing* → *T-shape* dan Lego.
- *Interlocking* Lego sangat baik kearah x, y dan z.
- Pracetak : Insitu = 80% : 20%.

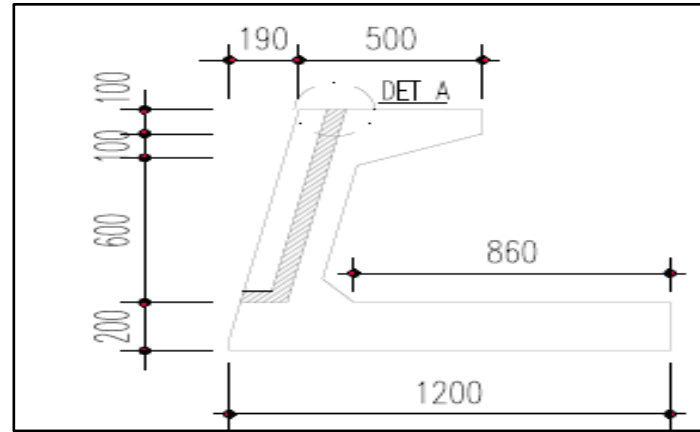


SABODAM MODULAR TYPE 1 (T SHAPE)

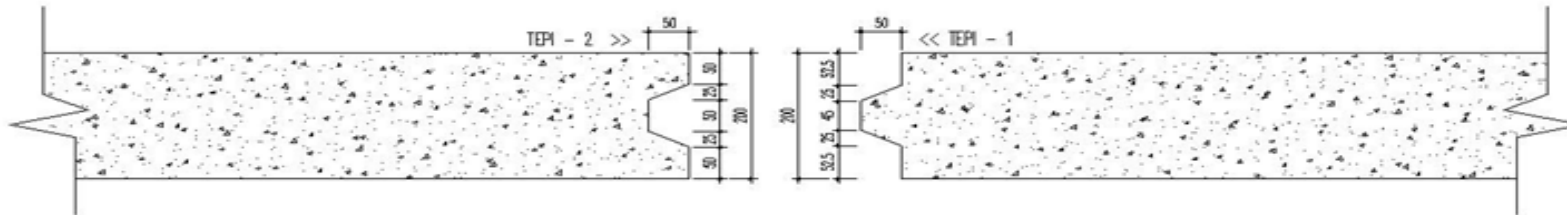
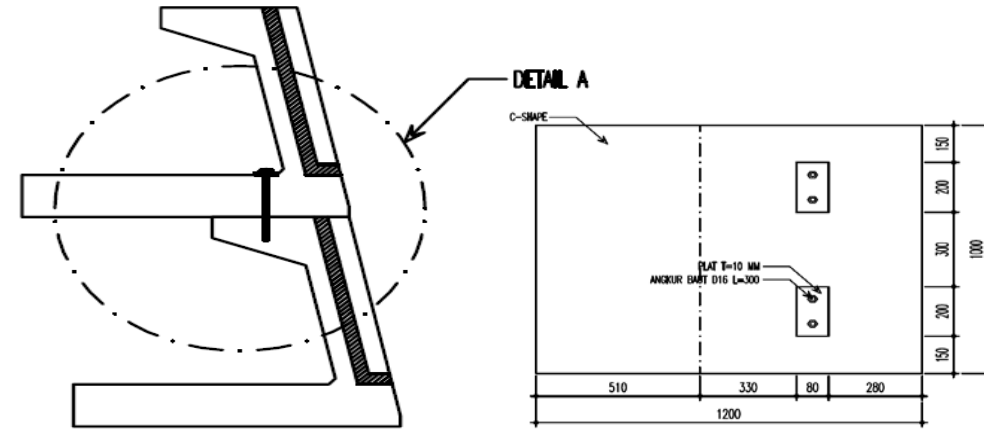




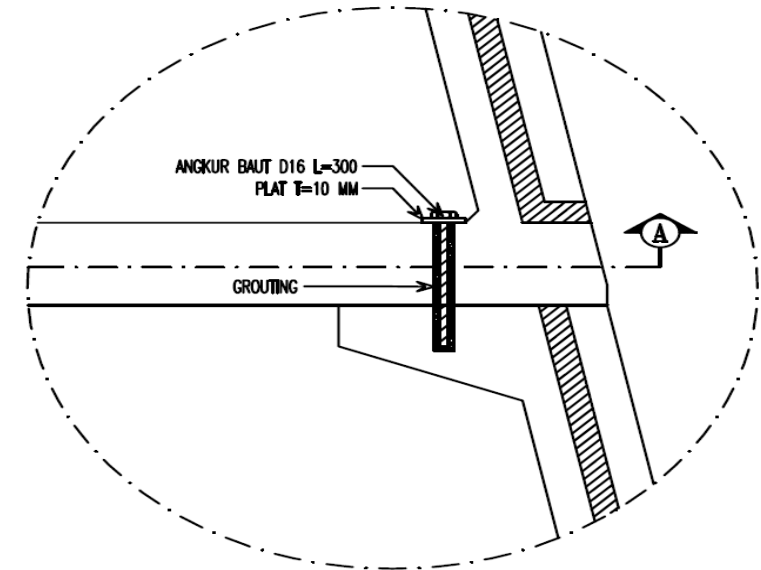
J- Shape



C-Shape

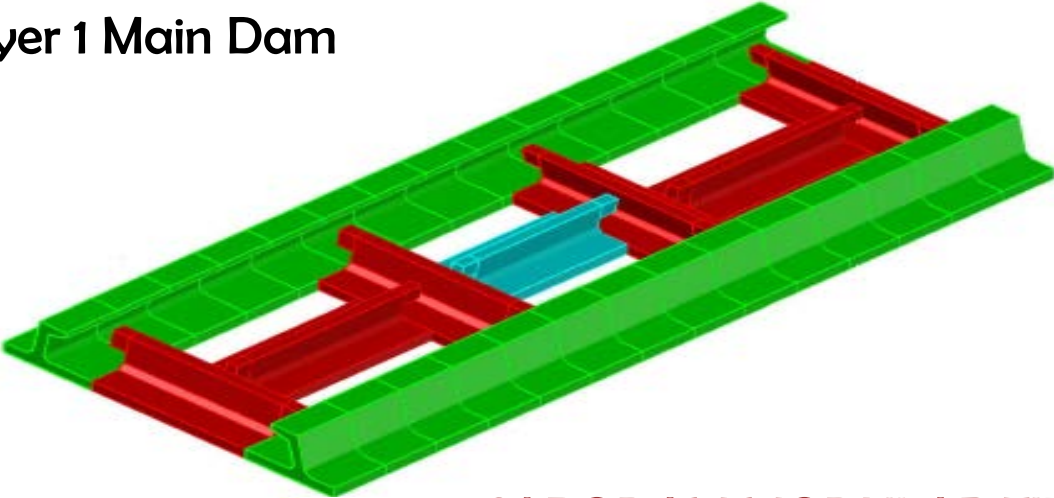


Sambungan male-female antar J-Shape/C-shape arah horizontal

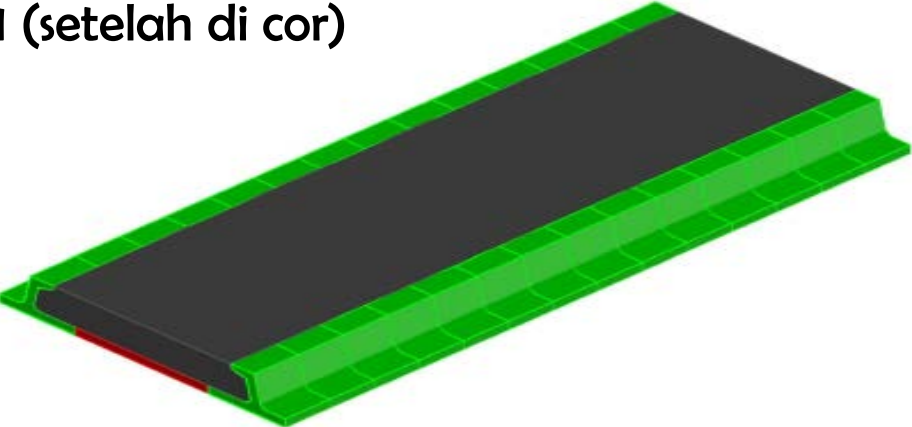


Sambungan antar C-shape arah vertikal

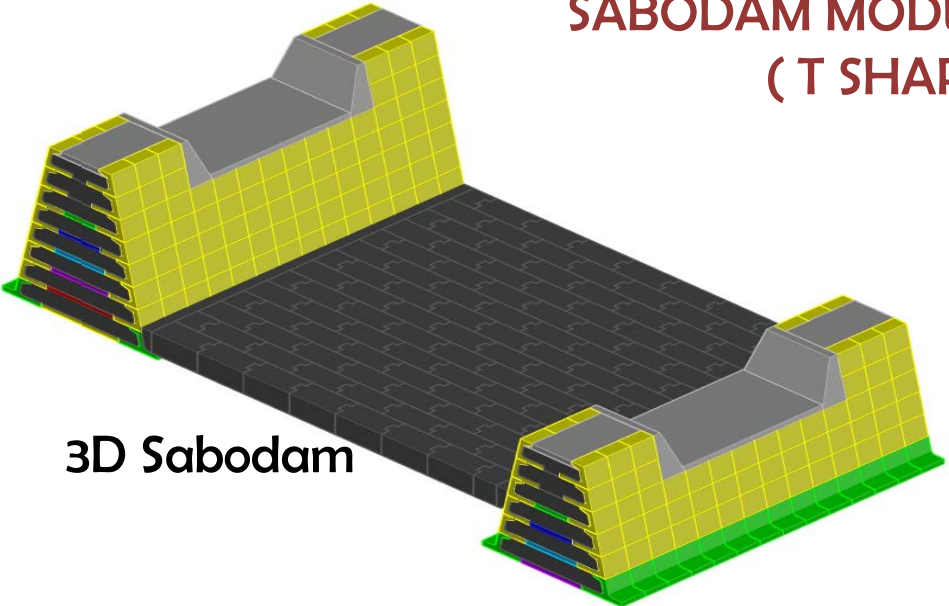
Layer 1 Main Dam



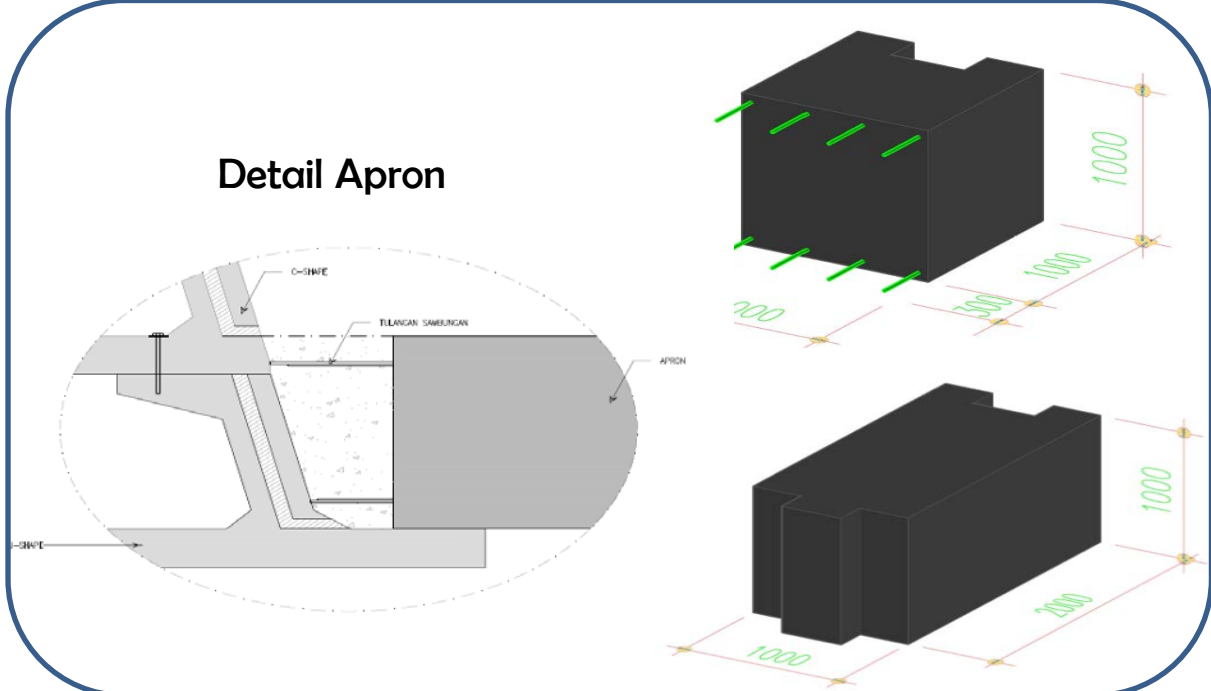
Layer 1 (setelah di cor)



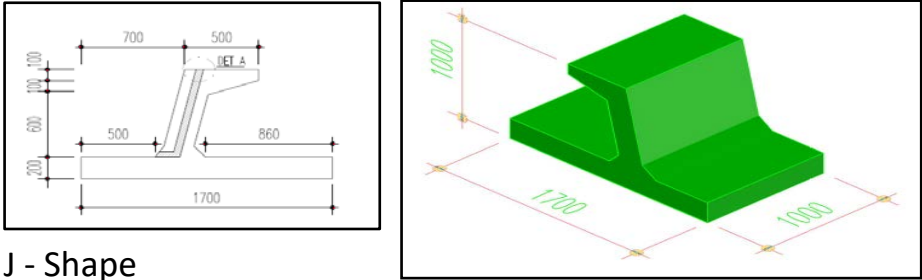
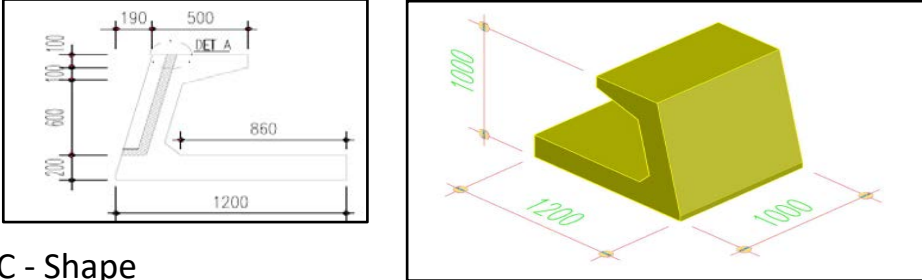
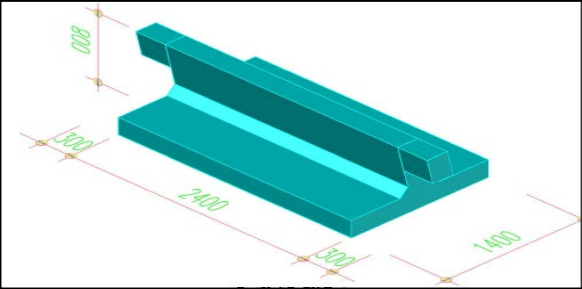
SABODAM MODULAR TIPE 1 (T SHAPE)



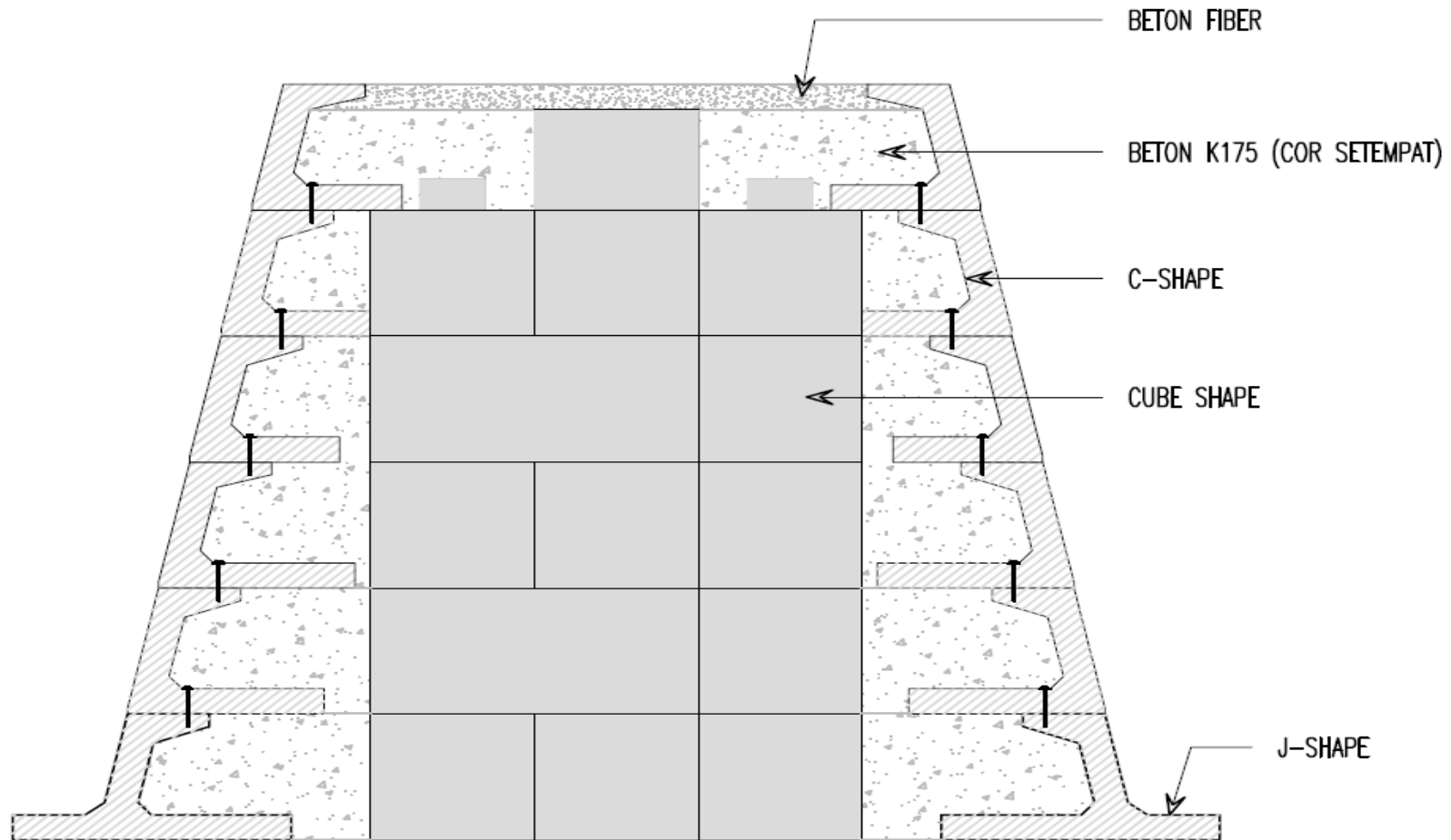
3D Sabodam



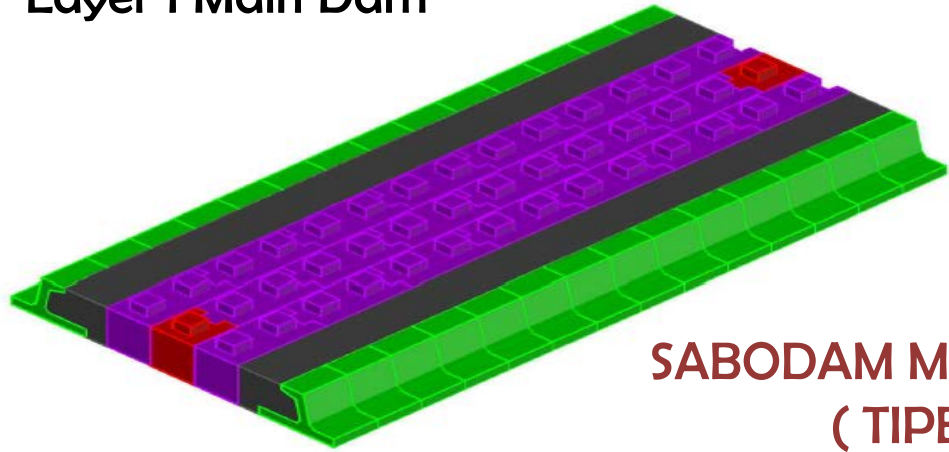
SPEKTEK MODULAR J, C DAN T SHAPE

Nama Produk	Beton	Volume (m3)	Berat (ton)
 <p>J - Shape</p>	K350	0.57	1.4
 <p>C - Shape</p>	K350	0.47	1.2
 <p>T - Shape</p>	K350	1.06	2.7

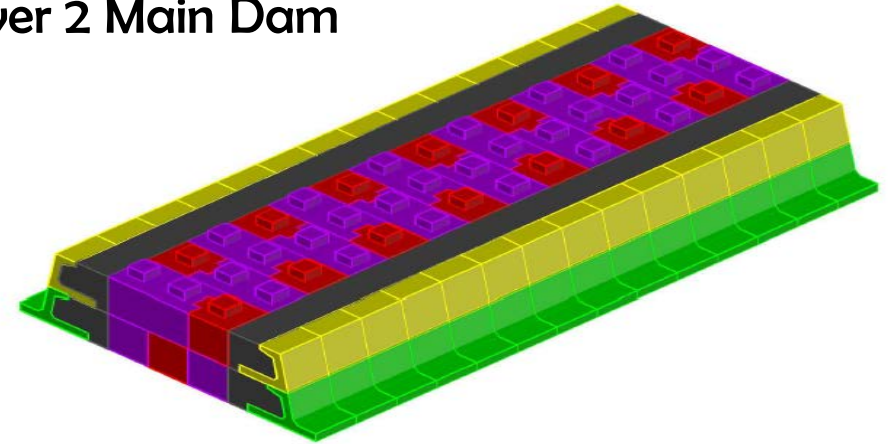
SABODAM MODULAR TIPE 2 (TIPE LEGO)



Layer 1 Main Dam

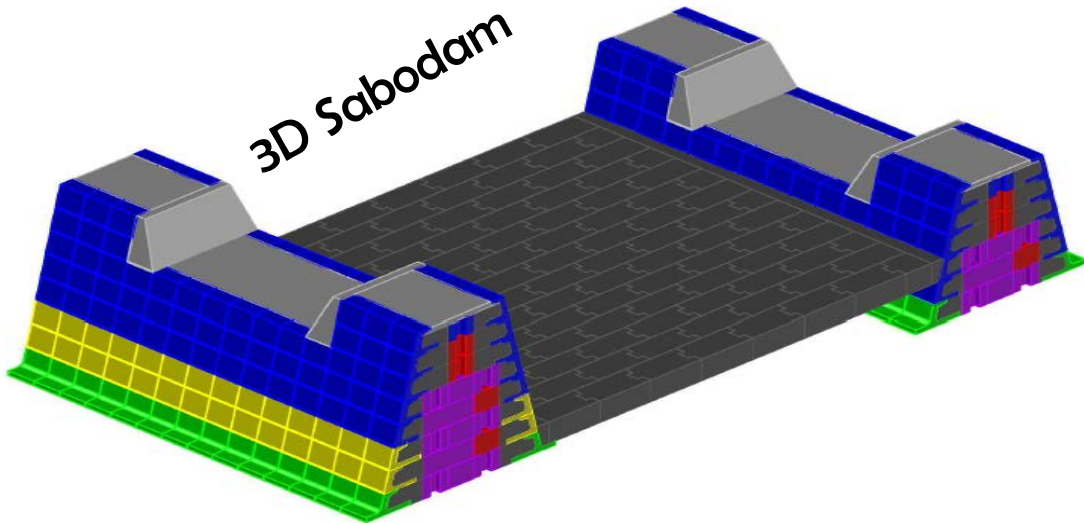


Layer 2 Main Dam

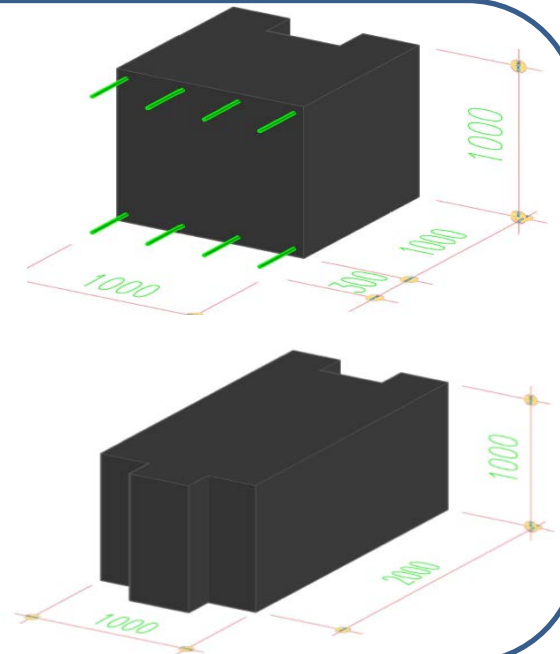
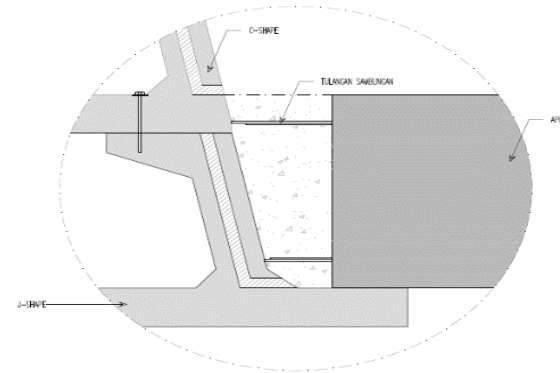


SABODAM MODULAR TIPE 2
(TIPE LEGO)

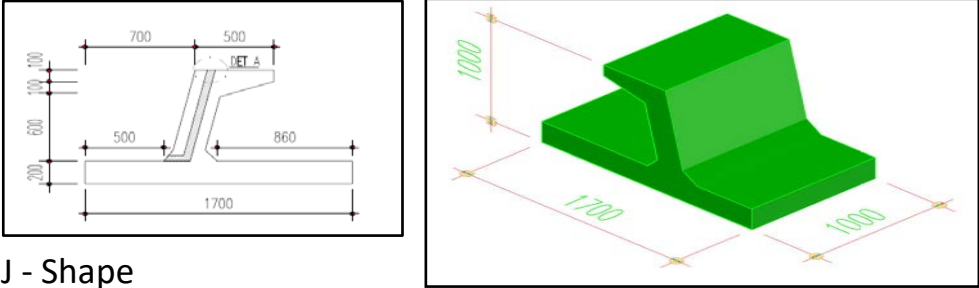
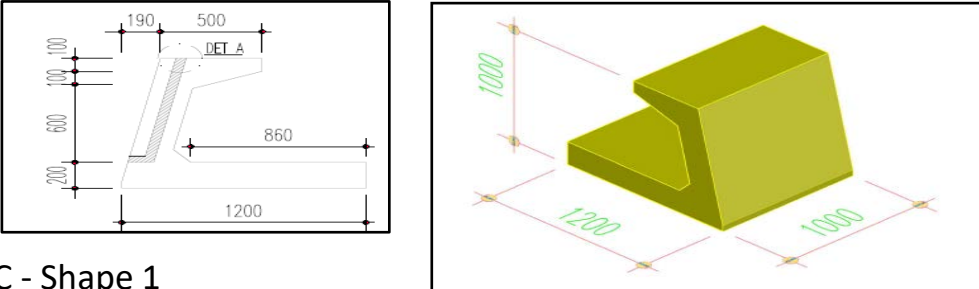
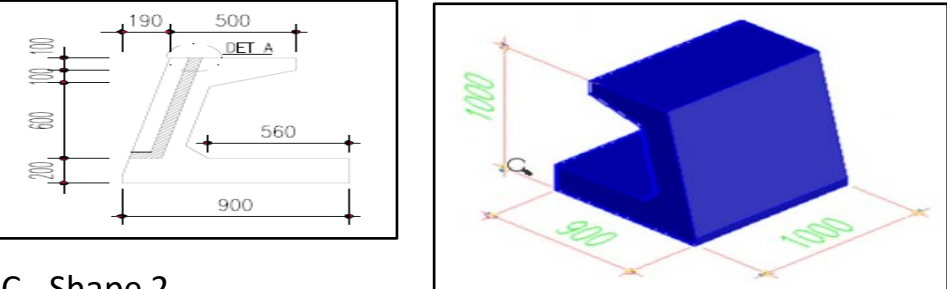
3D Sabodam



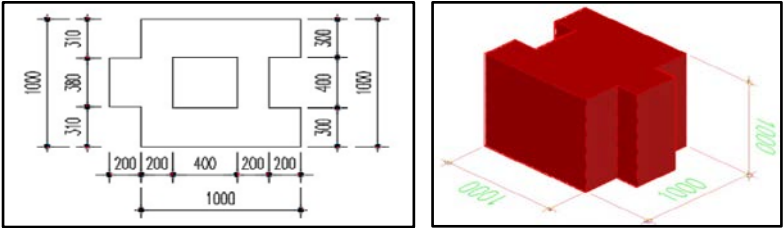
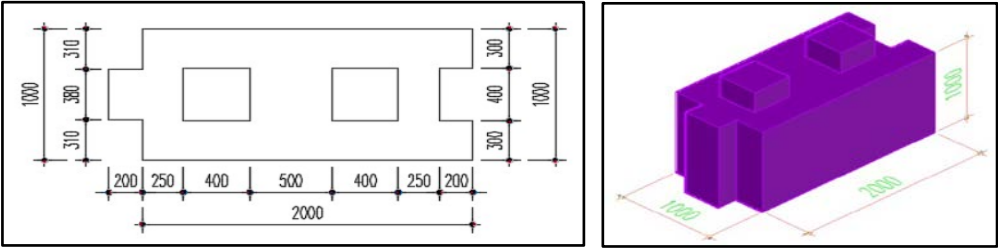
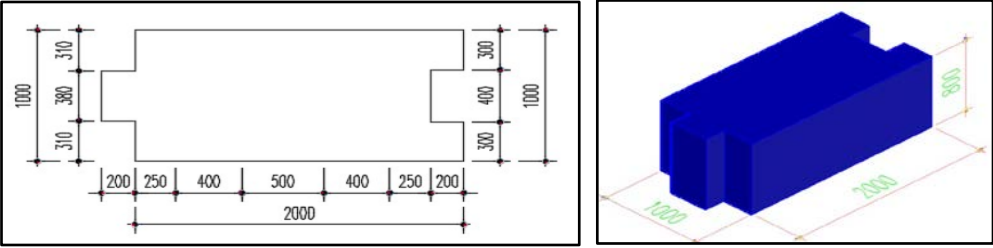
Detail Apron



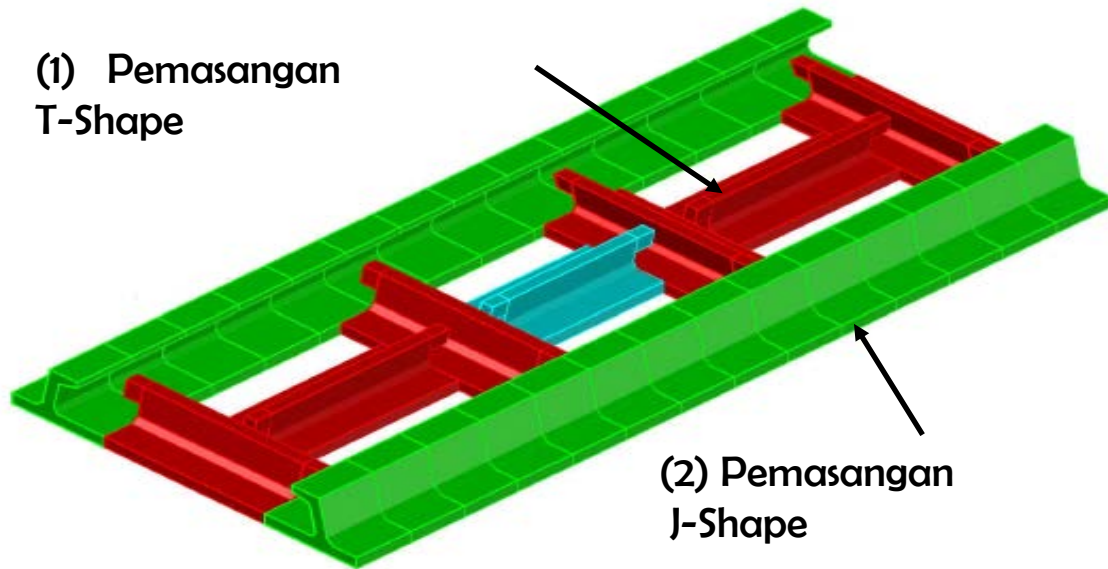
SPEKTEK MODULAR J DAN C SHAPE

Nama Produk	Beton	Volume (m3)	Berat (ton)
 <p>J - Shape</p>	K350	0.57	1.4
 <p>C - Shape 1</p>	K350	0.47	1.2
 <p>C - Shape 2</p>	K350	0.41	1.0

SPEKTEK MODULAR APRON DAN BOX SHAPPE

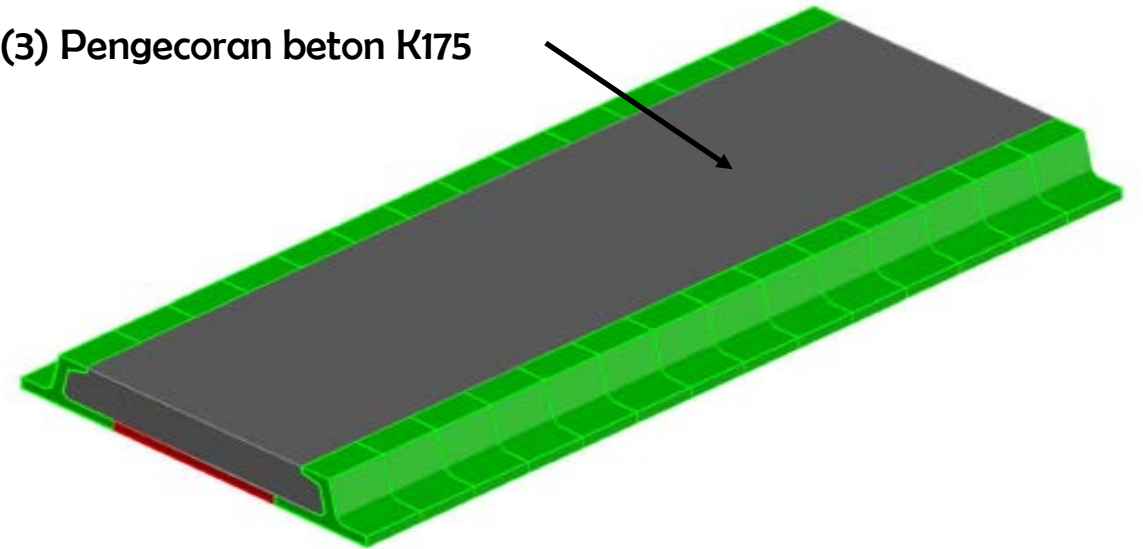
Nama Produk	Beton	Volume (m3)	Berat (ton)
 <p>Cube Shape 1</p>	K350	1.0	2.5
 <p>Cube Shape 2</p>	K350	2.0	5.0
 <p>Cube Shape 3</p>	K350	1.5	3.8

(1) Pemasangan
T-Shape

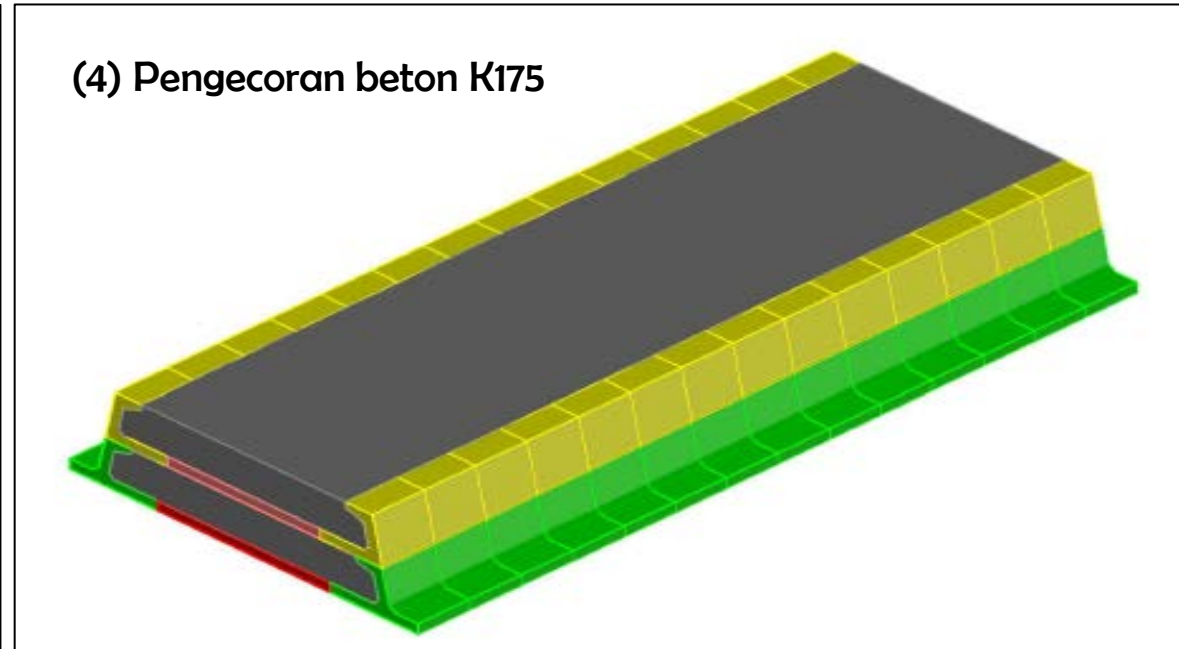
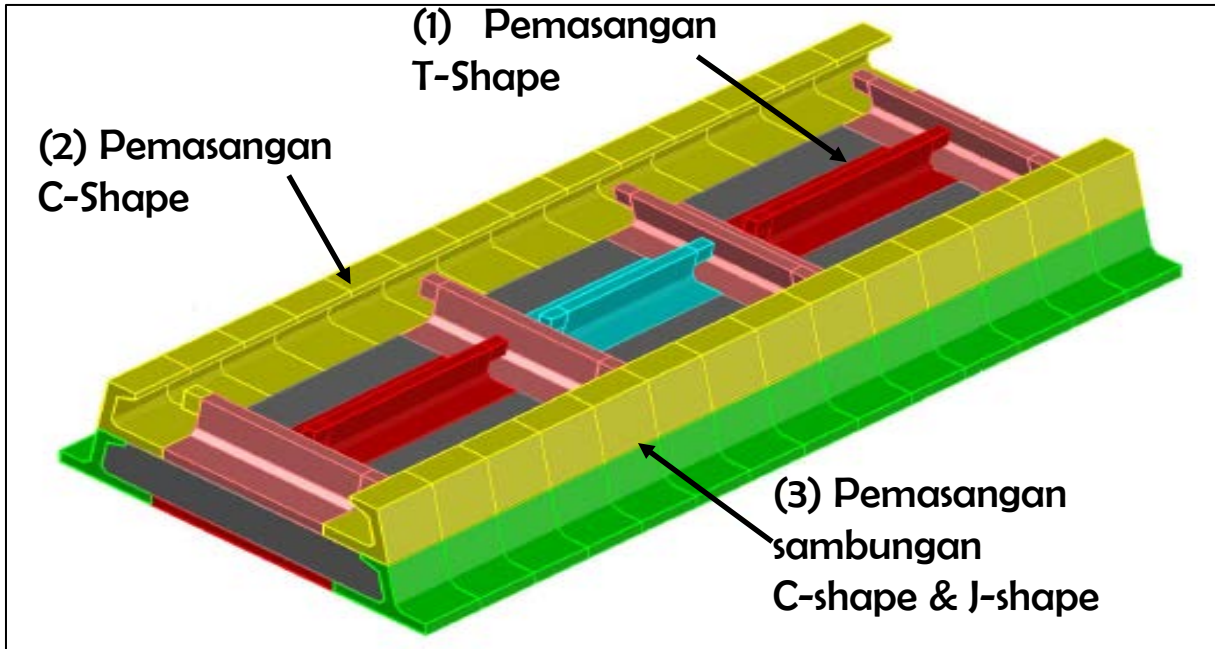


(2) Pemasangan
J-Shape

(3) Pengecoran beton K175

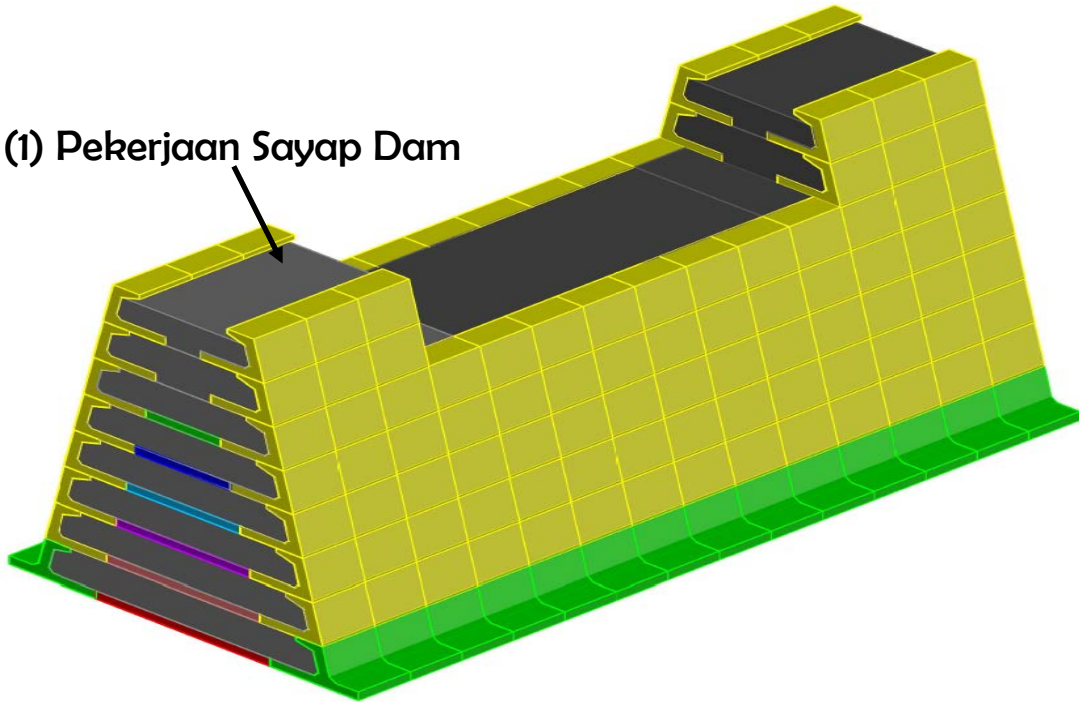


Metode Pemasangan Komponen Layer 1

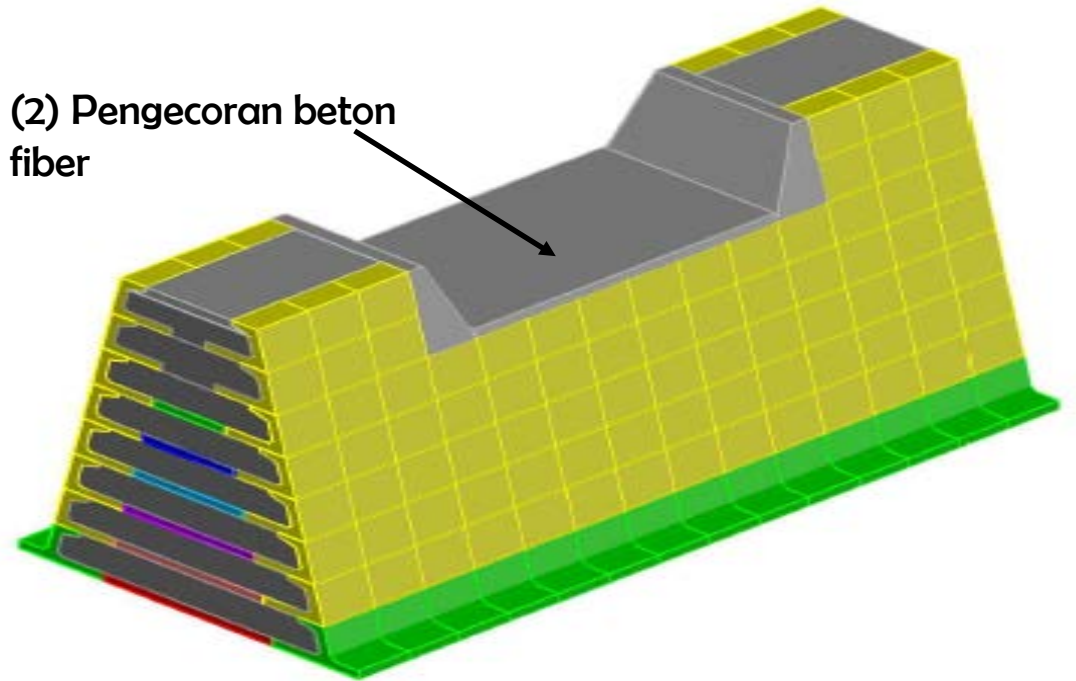


Metode Pemasangan Komponen Layer 2

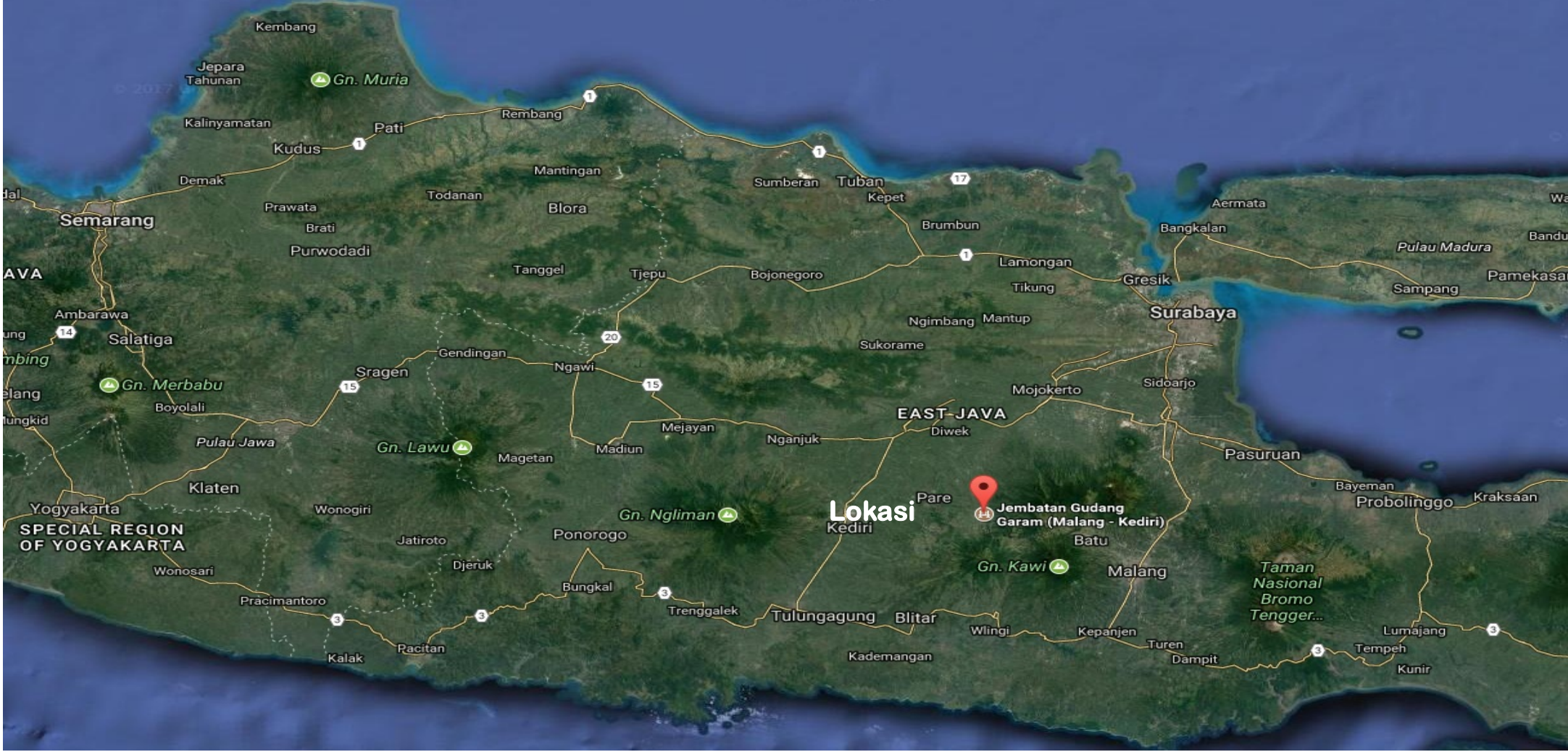
(1) Pekerjaan Sayap Dam



(2) Pengecoran beton fiber



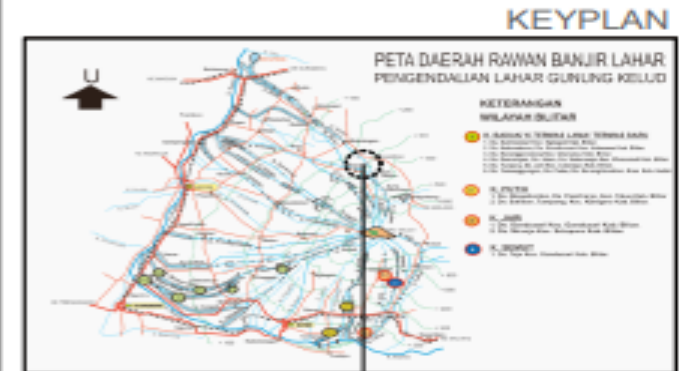
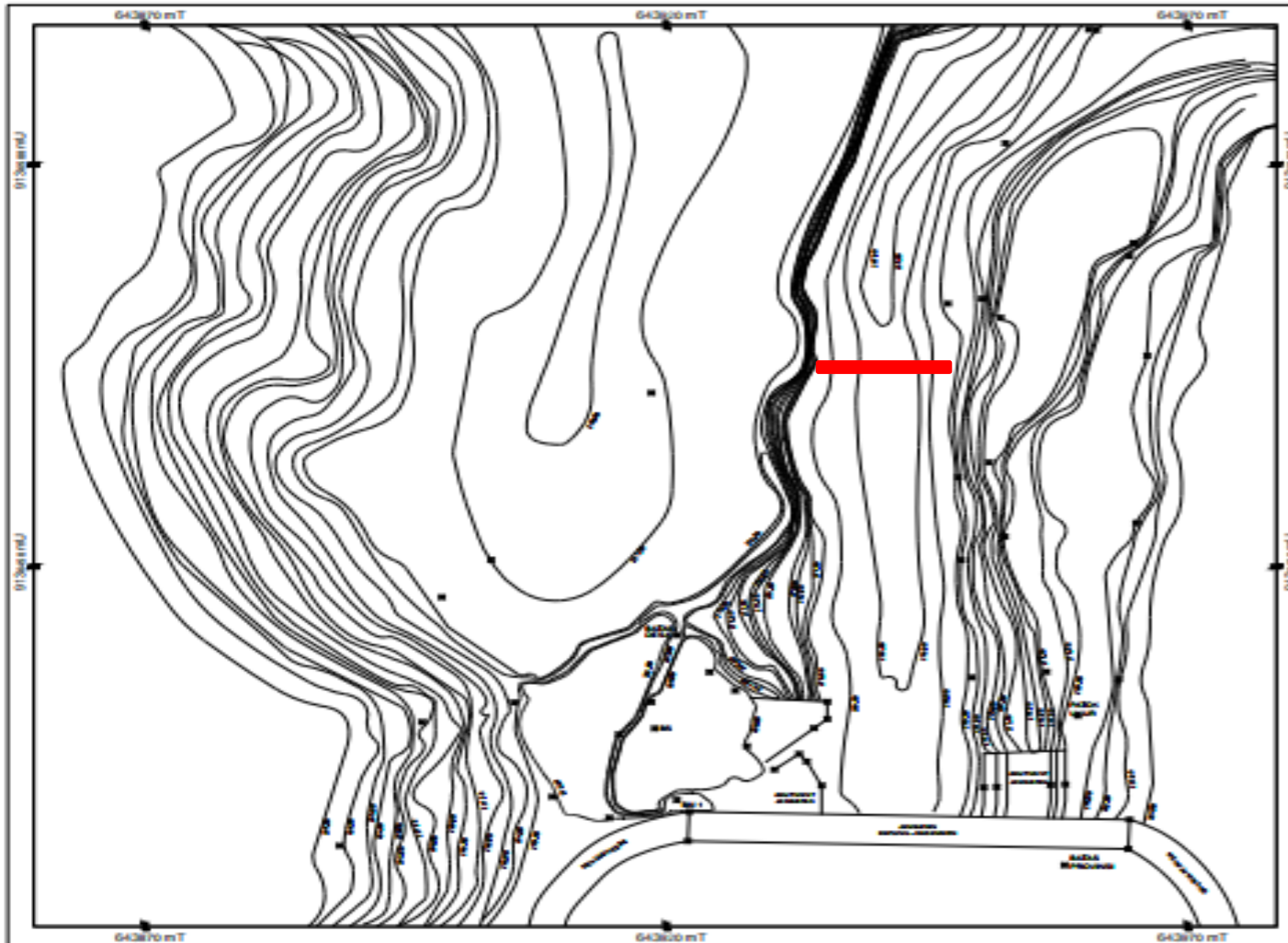
LOKASI SABODAM MODULAR



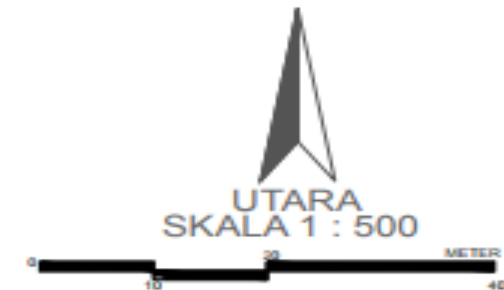
- Sungai Konto, Ds brumbung, Kec. Kepung, Kediri, Jawa Timur
- Koordinat 7°48'35.6" LS 112°18'19.9"BT



PETA TOPOGRAFI RENCANA PEMBANGUNAN SABO DAM MODULAR



LOKASI RENCANA
6643335, 9138443







1



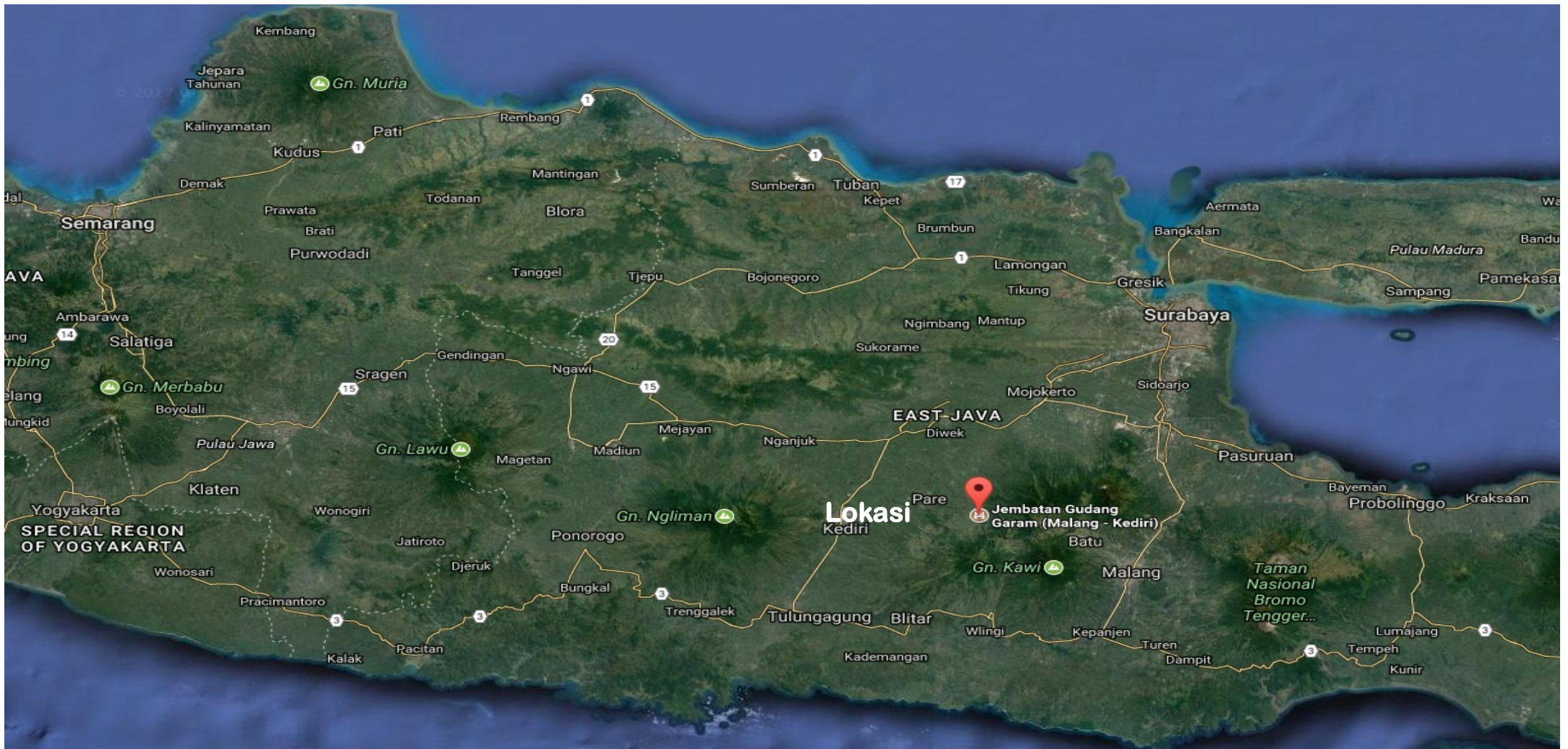
Akses Jalan ke Sungai

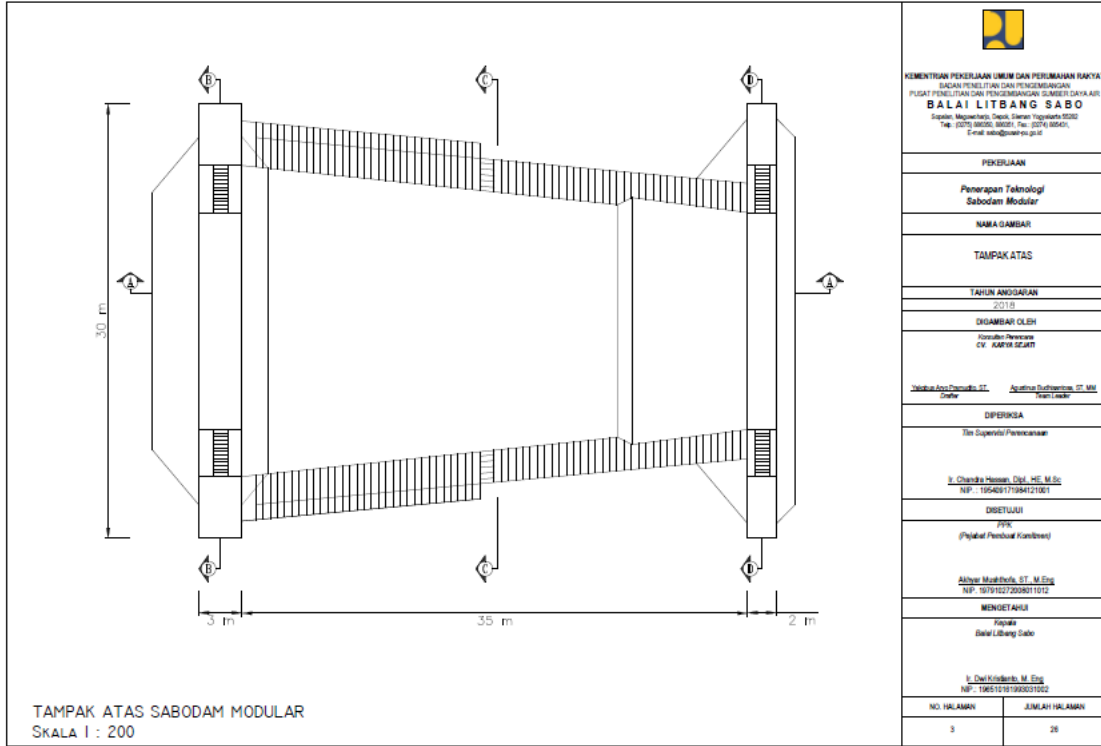



Akses Jalan ke jembatan

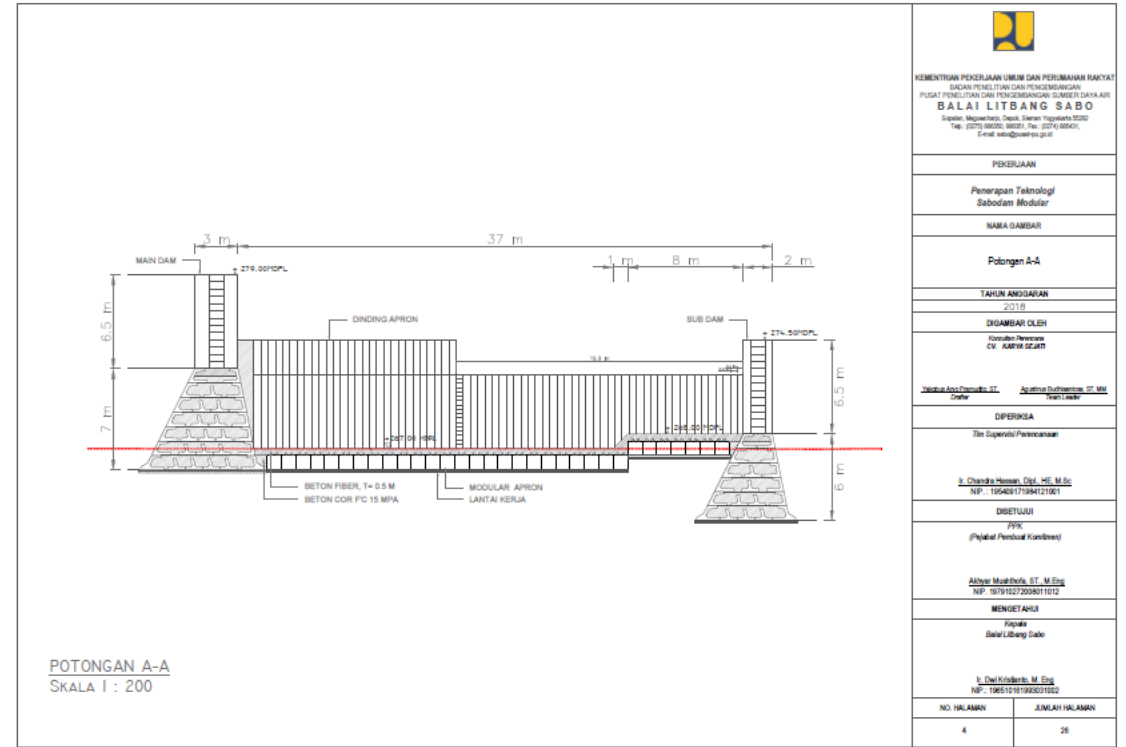



Rencana Lokasi *Stock Yard*
Luas 750 m²





 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR BALAI LITBANG SABO Gedung Magelang, Sekeloa Tegayem 0502 Telp. (0275) 8502, 8503, Fax. (0275) 85451, E-mail. sabo@puspra.go.id	
PEKERJAAN	
Penerapan Teknologi Sabodam Modular	
NAMA GAMBAR	
TAMPAK ATAS	
TAHUN ANGGARAN	
2019	
DIDAMBAR OLEH	
Komodor-Neviana CV. KARYA SEJATI	
Nirlina Ayu Desmita, ST, Dra Apriana Sutrisnawati, ST, MS Inspektur Teknik	
DIPERIKSA	
Tim Superint/Penelitian	
Ir. Chandra Hesson, Dipl., HE, M. Sc NIP. 195409171984121001	
DIBETULUI	
PPR (Pjaktel Persebut Kamban)	
Alhwa Mubtaha, ST, M. Eng NIP. 197910272008011012	
MENGETAHUI	
Kepala Balai Litbang Sabo	
Ir. Dwi Kristanto, M. Eng NIP. 196211191960011002	
NO. HALAMAN	JUMLAH HALAMAN
3	26



 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR BALAI LITBANG SABO Gedung Magelang, Sekeloa Tegayem 0502 Telp. (0275) 8502, 8503, Fax. (0275) 85451, E-mail. sabo@puspra.go.id	
PEKERJAAN	
Penerapan Teknologi Sabodam Modular	
NAMA GAMBAR	
Potongan A-A	
TAHUN ANGGARAN	
2019	
DIDAMBAR OLEH	
Komodor-Neviana CV. KARYA SEJATI	
Nirlina Ayu Desmita, ST, Dra Apriana Sutrisnawati, ST, MS Inspektur Teknik	
DIPERIKSA	
Tim Superint/Penelitian	
Ir. Chandra Hesson, Dipl., HE, M. Sc NIP. 195409171984121001	
DIBETULUI	
PPR (Pjaktel Persebut Kamban)	
Alhwa Mubtaha, ST, M. Eng NIP. 197910272008011012	
MENGETAHUI	
Kepala Balai Litbang Sabo	
Ir. Dwi Kristanto, M. Eng NIP. 196211191960011002	
NO. HALAMAN	JUMLAH HALAMAN
4	26



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUBAHAN RAKYAT
 BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
 PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SAMBIR DAYAKARI
BALAI LITBANG SABO
 Sopo, Mapanoh, Desak, Cilean, Tugayaha 5502
 Telp. (077) 88201, 88202, Fax. (0774) 88401,
 E-mail: sabo@pusatpu.go.id

PEKERJAAN

Penerapan Teknologi
 Sabodam Modular

NAMA GAMBAR

Potongan B-B (Maidam)

TAHUN ANGGARAN

2018

DIGAMBAR OLEH

Konradus Permana
 CV. KARIN SEJATI

Wahana Ayu Chandra, ST, M. Eng
 Agusna Sutrisno, ST, MS
 Iwan Isakari

DIPERIKSA

Tin Supriadi Perincanaan

I. Chandra Heman, Dipl. HE, M. Sc
 NP. 19549/17194121001

DIBETUJUI

PKK
 (Pajabat Pembuat Keputusan)

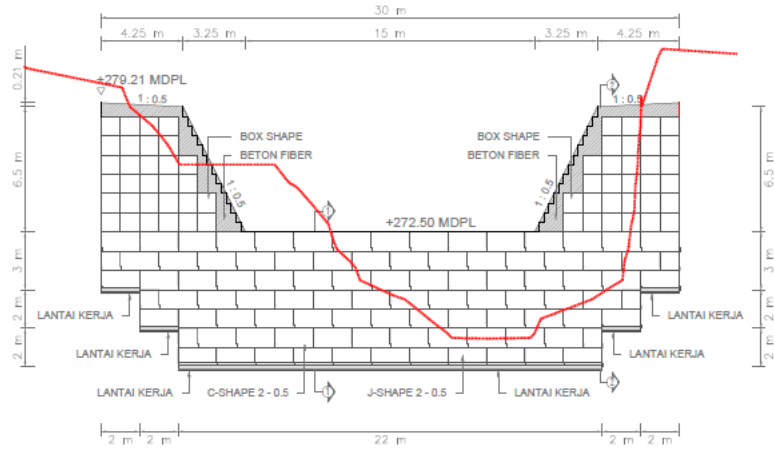
Alhijrah Maulidhu, ST, M. Eng
 NP. 101910272008011012

MENGETAHUI

Kepala
 Balai Litbang Sabo

I. Dal Kridanto, M. Eng
 NP. 19651019196031002

NO. HALAMAN	JUMLAH HALAMAN
5	26



POTONGAN B-B (MAINDAM)
 SKALA 1 : 150



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUBAHAN RAKYAT
 BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
 PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SAMBIR DAYAKARI
BALAI LITBANG SABO
 Sopo, Mapanoh, Desak, Cilean, Tugayaha 5502
 Telp. (077) 88201, 88202, Fax. (0774) 88401,
 E-mail: sabo@pusatpu.go.id

PEKERJAAN

Penerapan Teknologi
 Sabodam Modular

NAMA GAMBAR

Potongan C-C

TAHUN ANGGARAN

2018

DIGAMBAR OLEH

Konradus Permana
 CV. KARIN SEJATI

Wahana Ayu Chandra, ST, M. Eng
 Agusna Sutrisno, ST, MS
 Iwan Isakari

DIPERIKSA

Tin Supriadi Perincanaan

I. Chandra Heman, Dipl. HE, M. Sc
 NP. 19549/17194121001

DIBETUJUI

PKK
 (Pajabat Pembuat Keputusan)

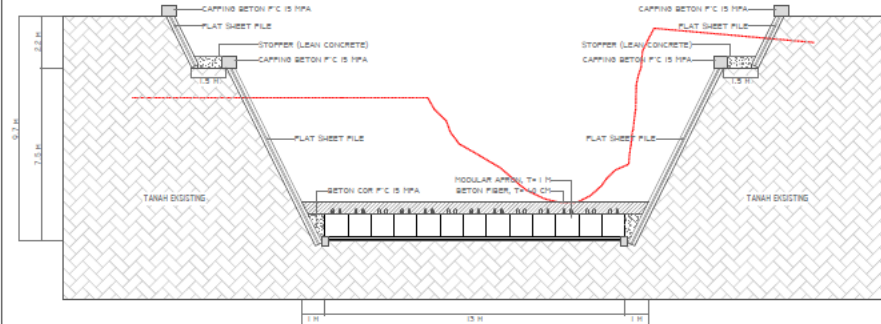
Alhijrah Maulidhu, ST, M. Eng
 NP. 101910272008011012

MENGETAHUI

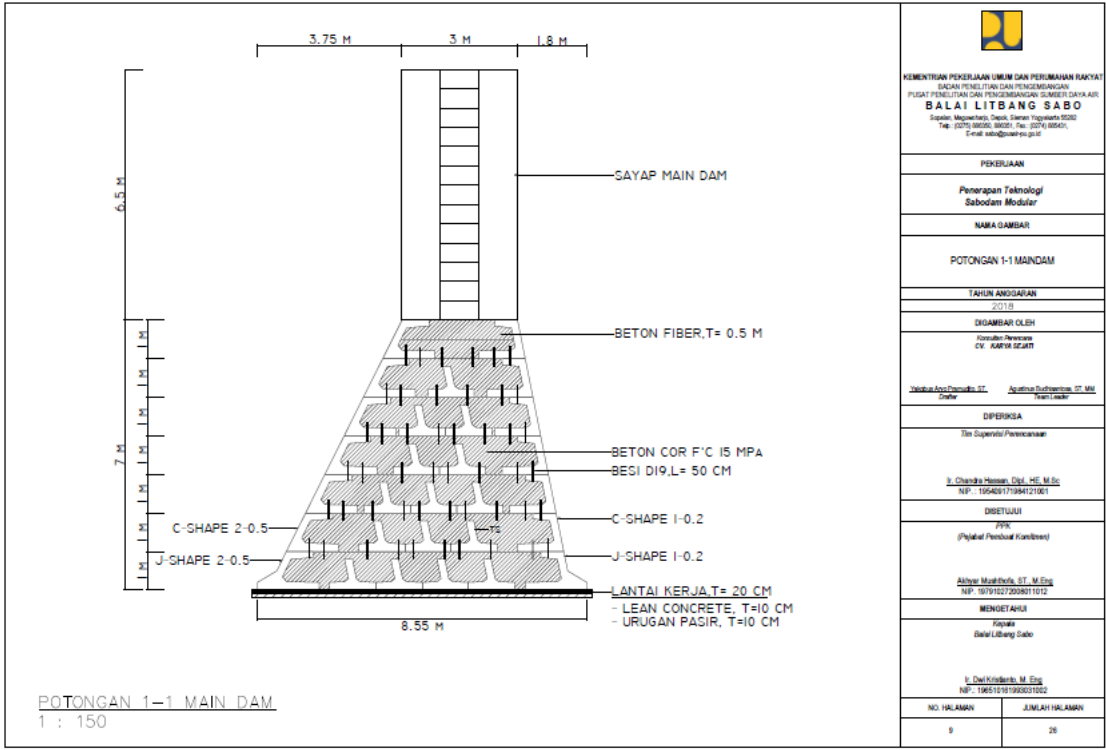
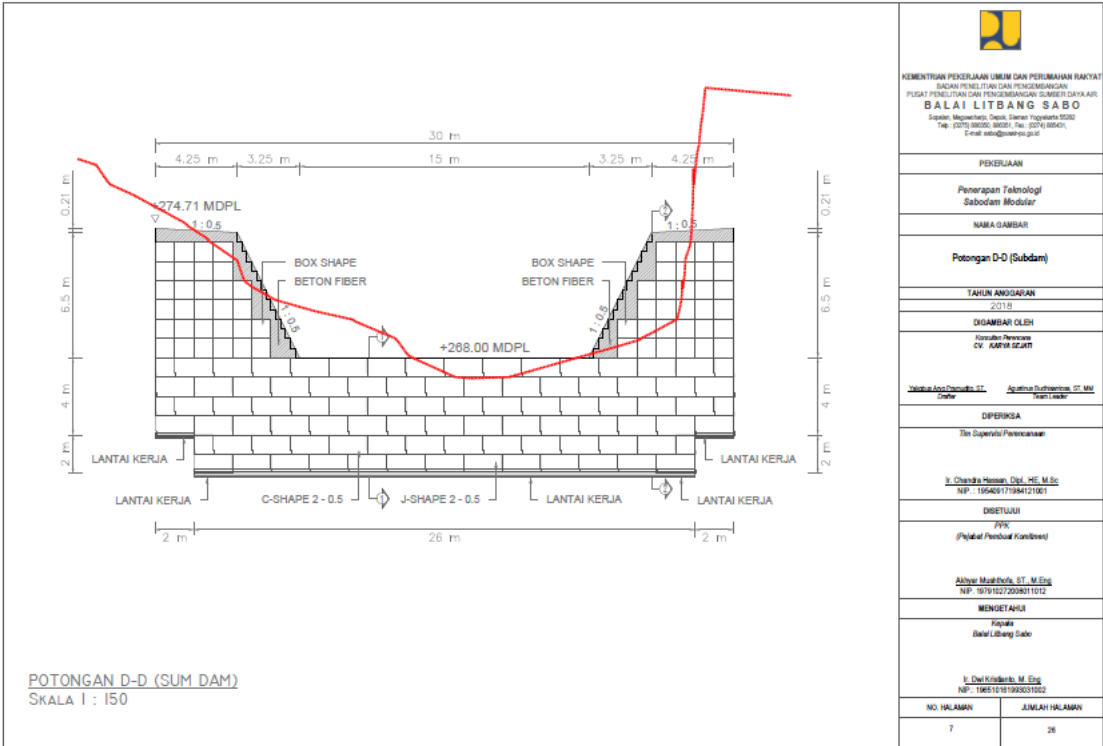
Kepala
 Balai Litbang Sabo

I. Dal Kridanto, M. Eng
 NP. 19651019196031002

NO. HALAMAN	JUMLAH HALAMAN
8	26



POTONGAN C-C
 SKALA 1 : 250





KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
 PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
BALAI LITBANG SABO
 Jalan Magelang, Desa, Kecamatan Tegayutan, Kecamatan
 Tegayutan, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah 50222
 Telp. (0271) 86550, 86551, Fax. (0271) 86543,
 Email: sabo@wanra.go.id

PEKERJAAN

Penerapan Teknologi
 Sabodam Modular

NAMA GAMBAR

POTONGAN 2-2 MAIN

TAHUN ANGGARAN

2019

DIGAMBAR OLEH

Konsultan Perencana
 CV. KARYA SEJATI

Wahana Eko Perencana, PT. Agustinus Sutopo, ST, MT, M.Eng.
 Danar

DIPERIKSA

Tim Superintend Perencanaan

I. Chandra Hesson, DPL, HE, M. Sc.
 NP. 195404171944121001

DISETUIJI

PPK
 (Pegawai Pembuat Keputusan)

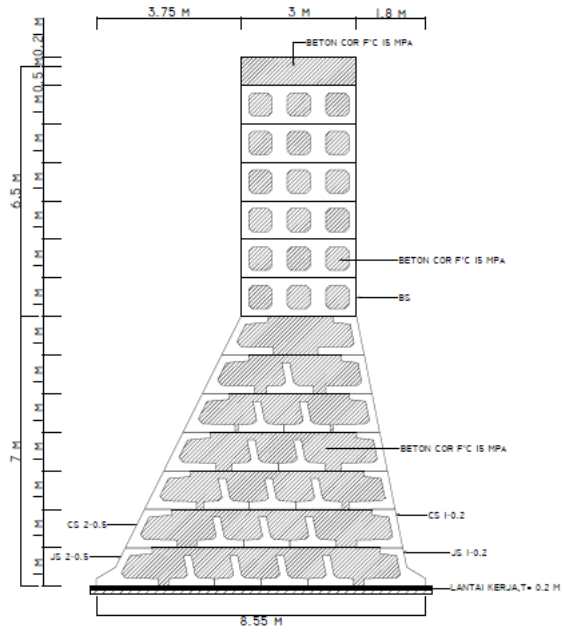
Akhbar Muallidhy, ST, M. Eng.
 NP. 197910272009011012

MENGETAHUI

Kepala
 Balai Litbang Sabo

I. Dar Kridanto, M. Eng.
 NP. 198510191980031002

NO. HALAMAN	JUMLAH HALAMAN
10	26



POTONGAN 2-2 MAIN DAM
 1 : 150



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
 PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
BALAI LITBANG SABO
 Jalan Magelang, Desa, Kecamatan Tegayutan, Kecamatan
 Tegayutan, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah 50222
 Telp. (0271) 86550, 86551, Fax. (0271) 86543,
 Email: sabo@wanra.go.id

PEKERJAAN

Penerapan Teknologi
 Sabodam Modular

NAMA GAMBAR

POTONGAN 1-1 SUB DAM

TAHUN ANGGARAN

2019

DIGAMBAR OLEH

Konsultan Perencana
 CV. KARYA SEJATI

Wahana Eko Perencana, PT. Agustinus Sutopo, ST, MT, M.Eng.
 Danar

DIPERIKSA

Tim Superintend Perencanaan

I. Chandra Hesson, DPL, HE, M. Sc.
 NP. 195404171944121001

DISETUIJI

PPK
 (Pegawai Pembuat Keputusan)

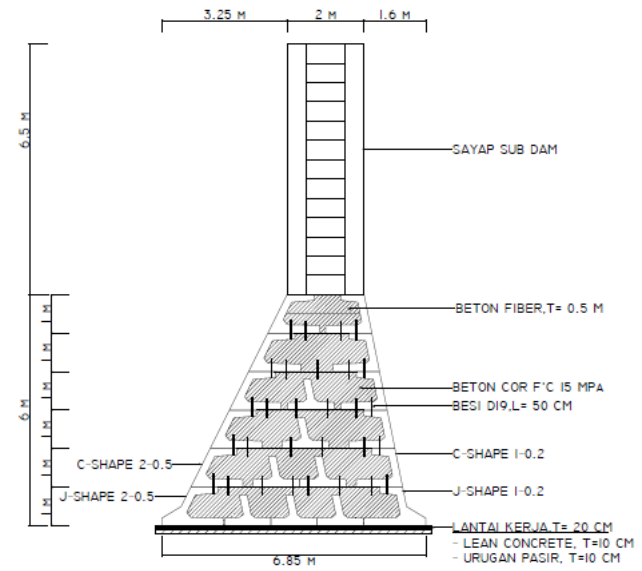
Akhbar Muallidhy, ST, M. Eng.
 NP. 197910272009011012

MENGETAHUI

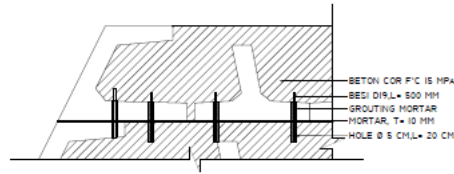
Kepala
 Balai Litbang Sabo

I. Dar Kridanto, M. Eng.
 NP. 198510191980031002

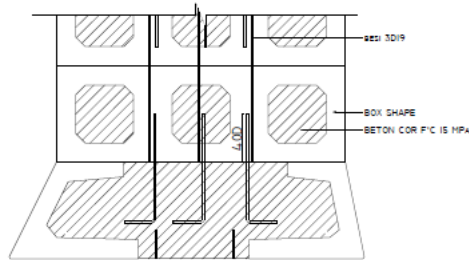
NO. HALAMAN	JUMLAH HALAMAN
11	26



POTONGAN 1-1 SUB DAM
 1 : 150



DETAIL SAMBUNGAN ANTAR LAYER TURUHAN DAM
1 : 20



DETAIL SAMBUNGAN ANTAR LAYER SAYAP DAM
1 : 20



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER CAKRA AIR
BALAI LITBANG SABO
Jalan Mopertoko, Depok, Sarang Yogyakarta 55252
Telp. (0271) 86262, 86261, Fax. (0271) 86243,
Email: sabo@mpu.go.id

PEKERJAAN

Penerapan Teknologi
Sabodam Modular

NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN ANTAR LAYER

TAHUN ANGGARAN

2018

DIGAMBAR OLEH

Kontributor Perencana
CV. KARYA SEJATI

Ukuran Asli/Dimensi: ST. M. Eng. Apriana Ruchman, ST. M. Eng.
Grafis

DIPERIKSA

Iris Suprianto/Perencana

I. Chandra Hesson, Dipl. HE, M.Sc.
NIP. 195408171984121001

DIBETULUI

P.P.P.
(Pj. Mutu/Perencana)

Ahwan Mubandita, ST, M. Eng.
NIP. 19791027200811012

MENGETAHUI

Kepala
Balai Litbang Sabo

I. Dwi Kridanata, M. Eng.
NIP. 19651019196031002

NO. HALAMAN	JUMLAH HALAMAN
12	26



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER CAKRA AIR
BALAI LITBANG SABO
Jalan Mopertoko, Depok, Sarang Yogyakarta 55252
Telp. (0271) 86262, 86261, Fax. (0271) 86243,
Email: sabo@mpu.go.id

PEKERJAAN

Penerapan Teknologi
Sabodam Modular

NAMA GAMBAR

POTONGAN 2-2 SUBDAM

TAHUN ANGGARAN

2018

DIGAMBAR OLEH

Kontributor Perencana
CV. KARYA SEJATI

Ukuran Asli/Dimensi: ST. M. Eng. Apriana Ruchman, ST. M. Eng.
Grafis

DIPERIKSA

Iris Suprianto/Perencana

I. Chandra Hesson, Dipl. HE, M.Sc.
NIP. 195408171984121001

DIBETULUI

P.P.P.
(Pj. Mutu/Perencana)

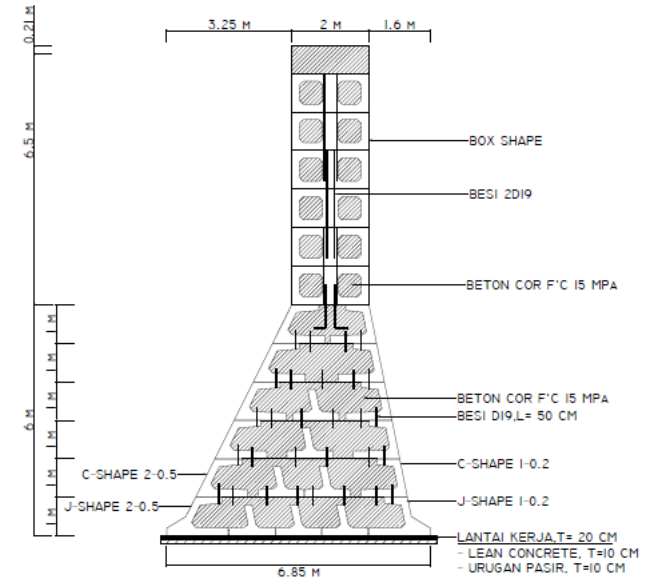
Ahwan Mubandita, ST, M. Eng.
NIP. 19791027200811012

MENGETAHUI

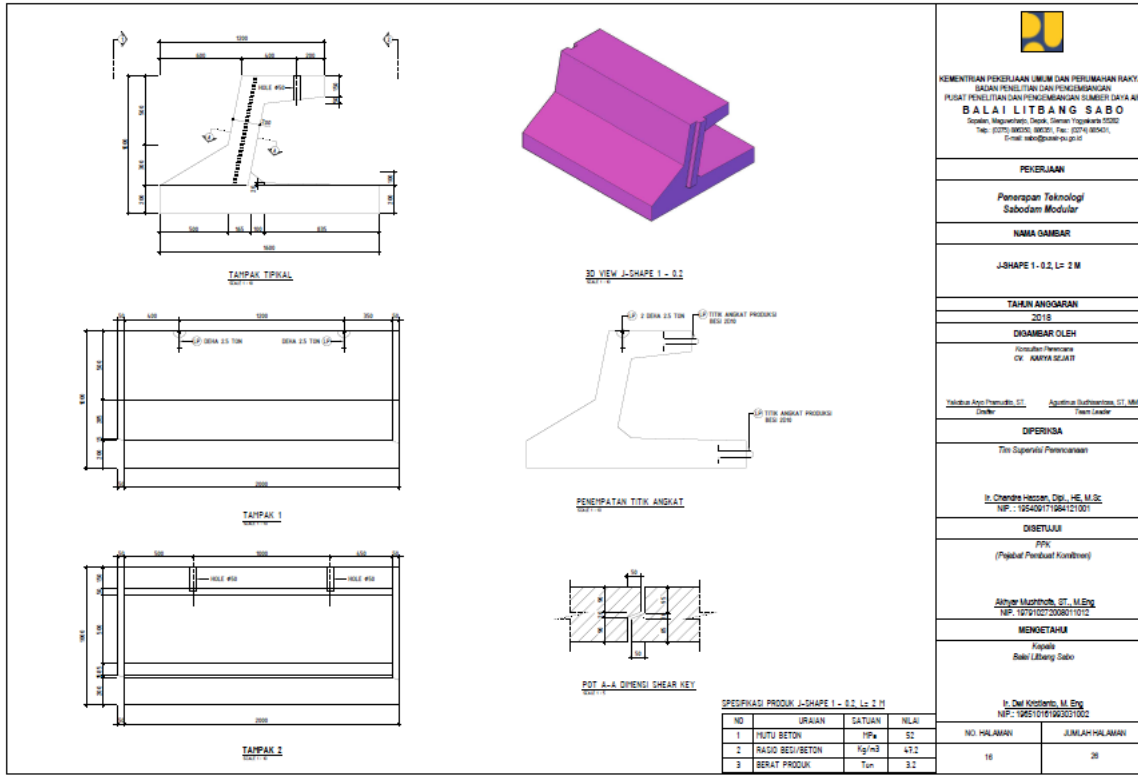
Kepala
Balai Litbang Sabo


I. Dwi Kridanata, M. Eng.
NIP. 19651019196031002

NO. HALAMAN	JUMLAH HALAMAN
13	26



POTONGAN 2-2 SUB DAM
1 : 150




KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
BALAI LITBANG SABO
Gedung Magelang, Desa, Kecamatan Yogyakarta 5500
Telp. (0271) 86000, 86001, Fax. (0271) 86001,
E-mail: sabo@pup.go.id

PEKERJAAN
Penerapan Teknologi Sabodam Modular

NAMA GAMBAR
J-SHAPE 1 - 0.2, L= 2 M

TAHUN ANGGARAN
2018

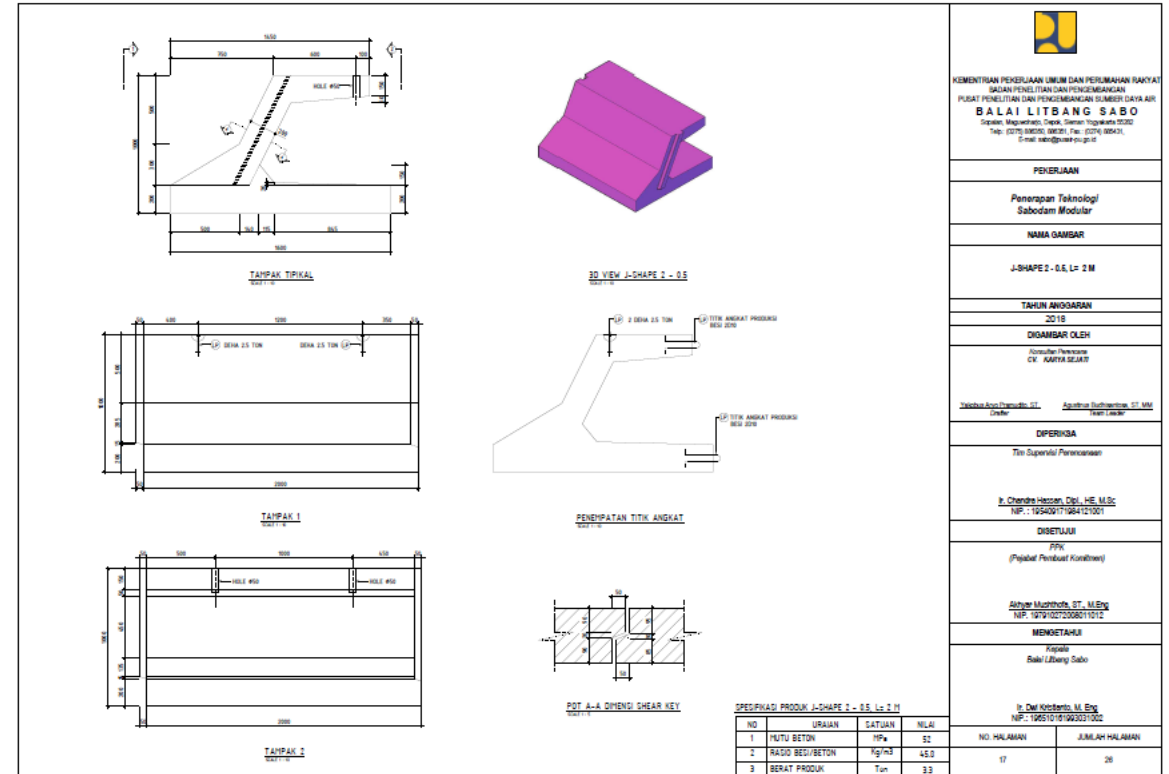
DIGAMBAR OLEH
Konsultan Perencana
CV. KARYA SEKAIT
Yogyakarta


DIPERIKSA
Tim Superintend Perencanaan

DISETUIJ
PPK
(Pegawai Pembuat Kriteria)

MENGETAHUI
Kapala
Balai Litbang Sabo

Dr. Dal Kristanto, M. Eng
NIP.: 196510191960301002




KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
BALAI LITBANG SABO
Gedung Magelang, Desa, Kecamatan Yogyakarta 5500
Telp. (0271) 86000, 86001, Fax. (0271) 86001,
E-mail: sabo@pup.go.id

PEKERJAAN
Penerapan Teknologi Sabodam Modular

NAMA GAMBAR
J-SHAPE 2 - 0.5, L= 2 M

TAHUN ANGGARAN
2018

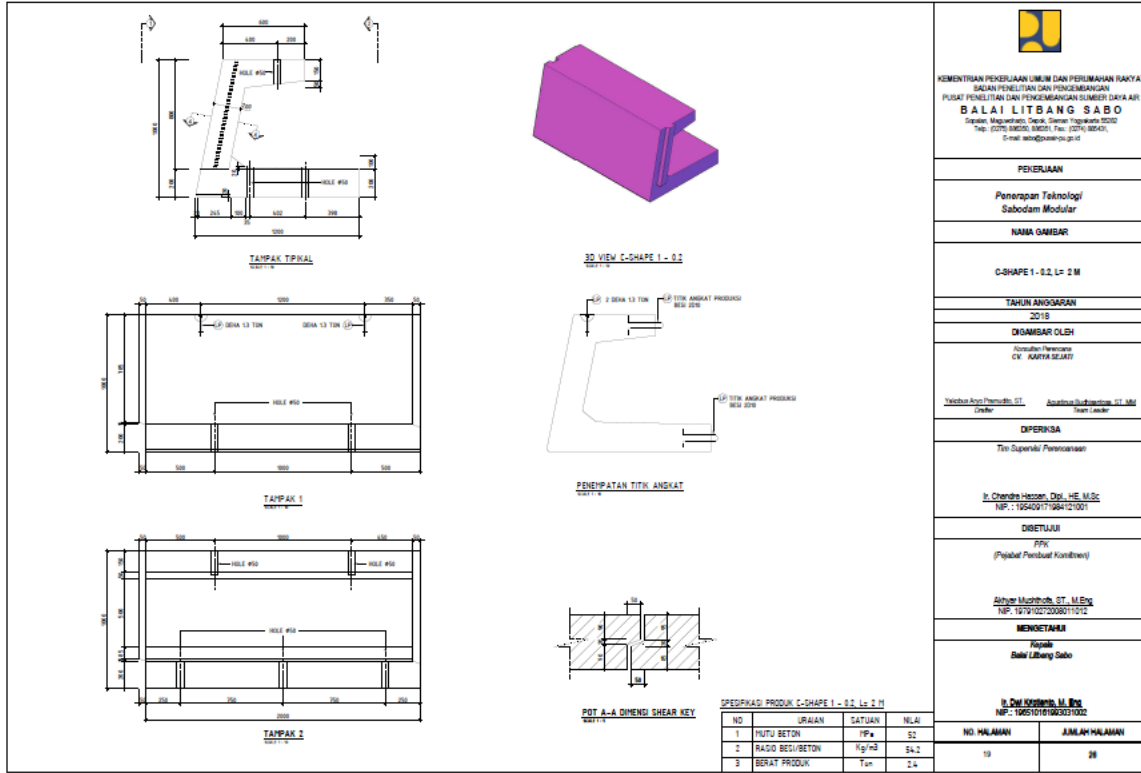
DIGAMBAR OLEH
Konsultan Perencana
CV. KARYA SEKAIT
Yogyakarta


DIPERIKSA
Tim Superintend Perencanaan

DISETUIJ
PPK
(Pegawai Pembuat Kriteria)

MENGETAHUI
Kapala
Balai Litbang Sabo

Dr. Dal Kristanto, M. Eng
NIP.: 196510191960301002





KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
BALAI LITBANG SABO
Jalan. Ingkang, Desa, Kecamatan Ingkang 01002
Telp. (0273) 88250, 88251, Fax. (0273) 88243,
E-mail: sabo@pau.go.id

PEKERJAAN
Penerapan Teknologi/
Sabdam Modular

NAMA GAMBAR
C-SHAPE 1 - 0.2, L= 2 M

TAHUN ANGGARAN
2018

DIKAMBAR OLEH
Konsultan Perencana
CV. AMRYA SEJATI

Yusuf Anas Pratiwi, ST, M.Eng
Shahrul

DIPERIKSA
Tim Supervisor Perencanaan

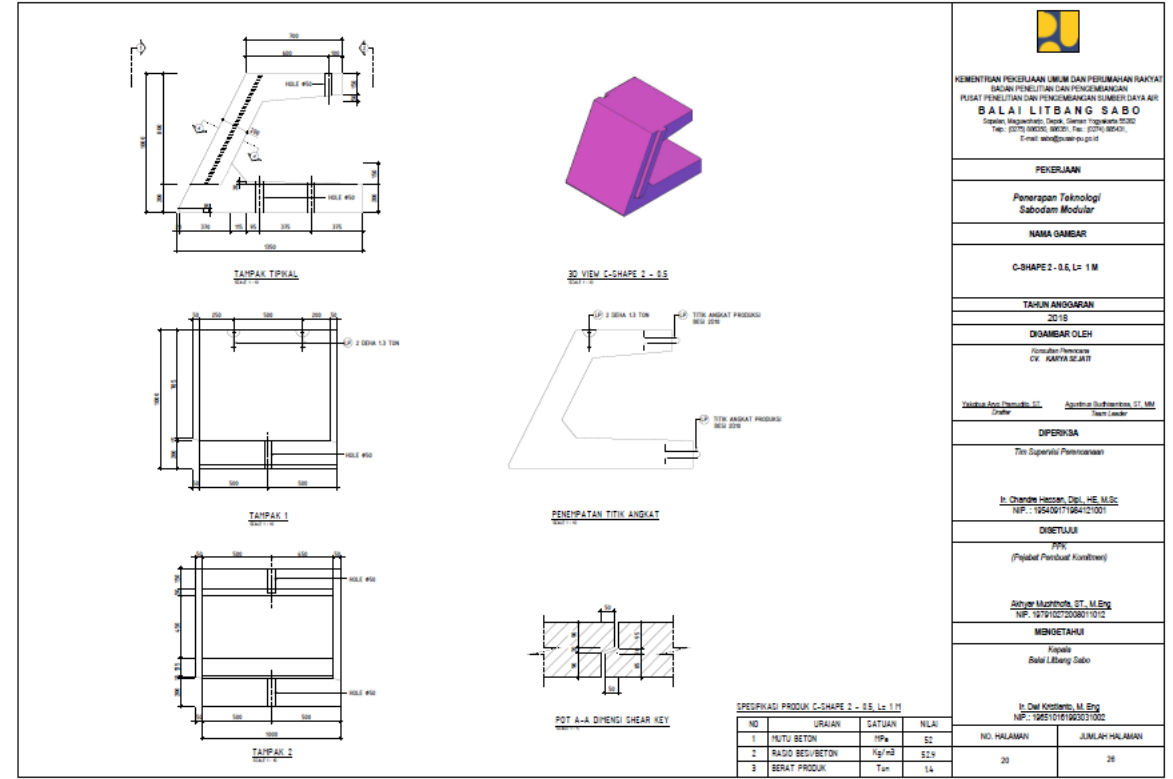
D. Chandra Hesson, Ddi, HE, M.Sc
NIP. : 195403171984121001


DIBETUJUI
PPK
(P pejabat Pembuat Keputusan)

Alyah Mughthob, ST, M.Eng
NIP. : 197910272008011012

MENGETAHUI
Kepala
Balai Litbang Sabo

I. Dwi Kristanto, M. Eng
NIP. : 19651016196031002





KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
BALAI LITBANG SABO
Jalan. Ingkang, Desa, Kecamatan Ingkang 01002
Telp. (0273) 88250, 88251, Fax. (0273) 88243,
E-mail: sabo@pau.go.id

PEKERJAAN
Penerapan Teknologi/
Sabdam Modular

NAMA GAMBAR
C-SHAPE 2 - 0.5, L= 1 M

TAHUN ANGGARAN
2018

DIKAMBAR OLEH
Konsultan Perencana
CV. AMRYA SEJATI

Yusuf Anas Pratiwi, ST, M.Eng
Shahrul

DIPERIKSA
Tim Supervisor Perencanaan

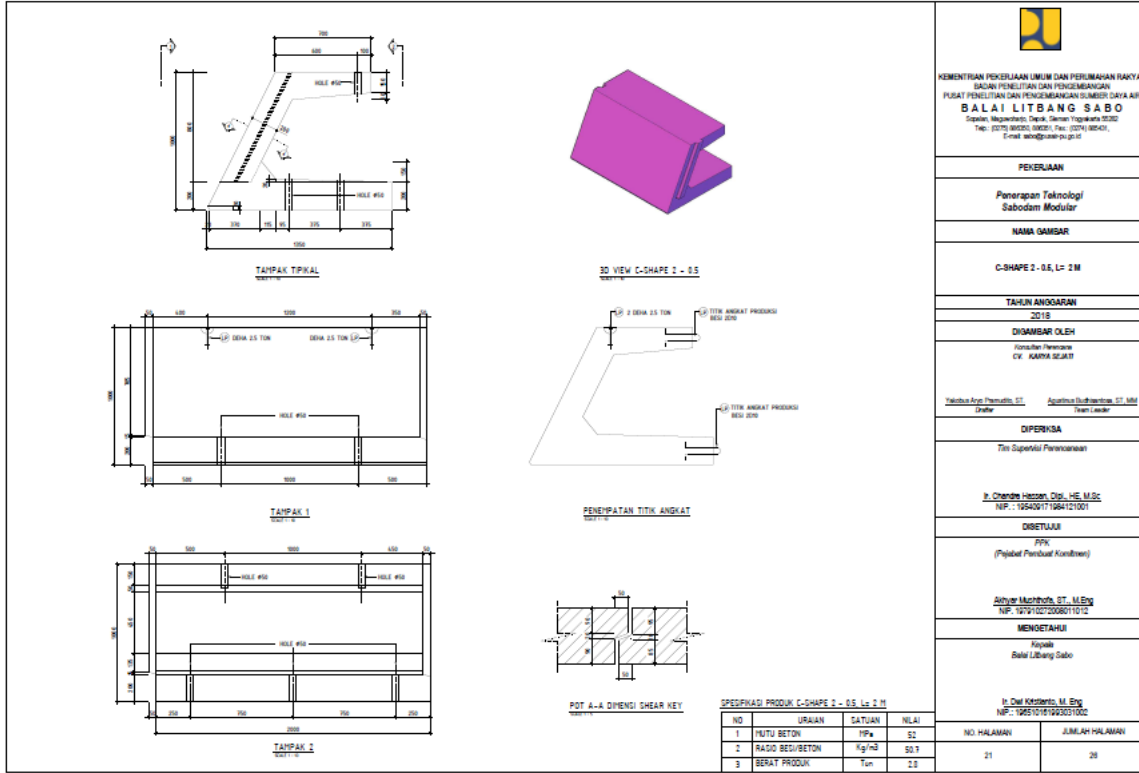
D. Chandra Hesson, Ddi, HE, M.Sc
NIP. : 195403171984121001

DIBETUJUI
PPK
(P pejabat Pembuat Keputusan)

Alyah Mughthob, ST, M.Eng
NIP. : 197910272008011012

MENGETAHUI
Kepala
Balai Litbang Sabo

I. Dwi Kristanto, M. Eng
NIP. : 19651016196031002




KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
BALAI LITBANG SABO
 Gedung, Magelang, Jawa Tengah, Indonesia 50222
 Telp: (0275) 85250, 85251, Faks: (0274) 85243,
 E-mail: sabo@psu-pu.go.id

PEKERJAAN
 Penerapan Teknologi Sabodam Modular

NAMA GAMBAR
 C-SHAPE 2 - 0.5, L= 2 M

TAHUN ANGGARAN
 2018

DIGAMBAR OLEH
 Konsultan Perencana
 CV. KARYA SEJAHTI

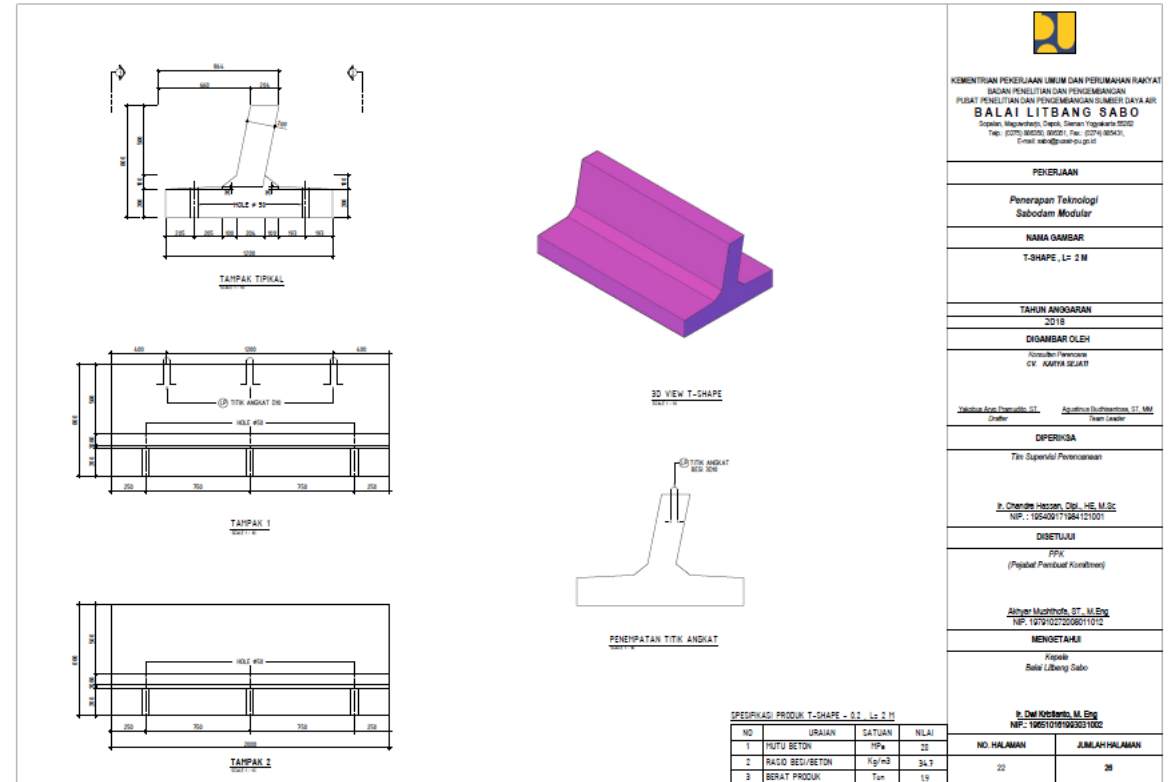
Nandana Ayu Permatasari, ST, Drafter *Agustina Sulistyantini, ST, MM, Team Leader*

DIPERIKSA
 Tim Supervisor Perencanaan

DIBETUJUI
 FPK
 (Pegawai Penerimaan Kontraktor)

MENGETAHUI
 Kepala Balai Litbang Sabo

In. Dar Khotimto, M. Eng
 NIP. 126510181923031002




KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
BALAI LITBANG SABO
 Gedung, Magelang, Jawa Tengah, Indonesia 50222
 Telp: (0275) 85250, 85251, Faks: (0274) 85243,
 E-mail: sabo@psu-pu.go.id

PEKERJAAN
 Penerapan Teknologi Sabodam Modular

NAMA GAMBAR
 T-SHAPE, L= 2 M

TAHUN ANGGARAN
 2018

DIGAMBAR OLEH
 Konsultan Perencana
 CV. KARYA SEJAHTI

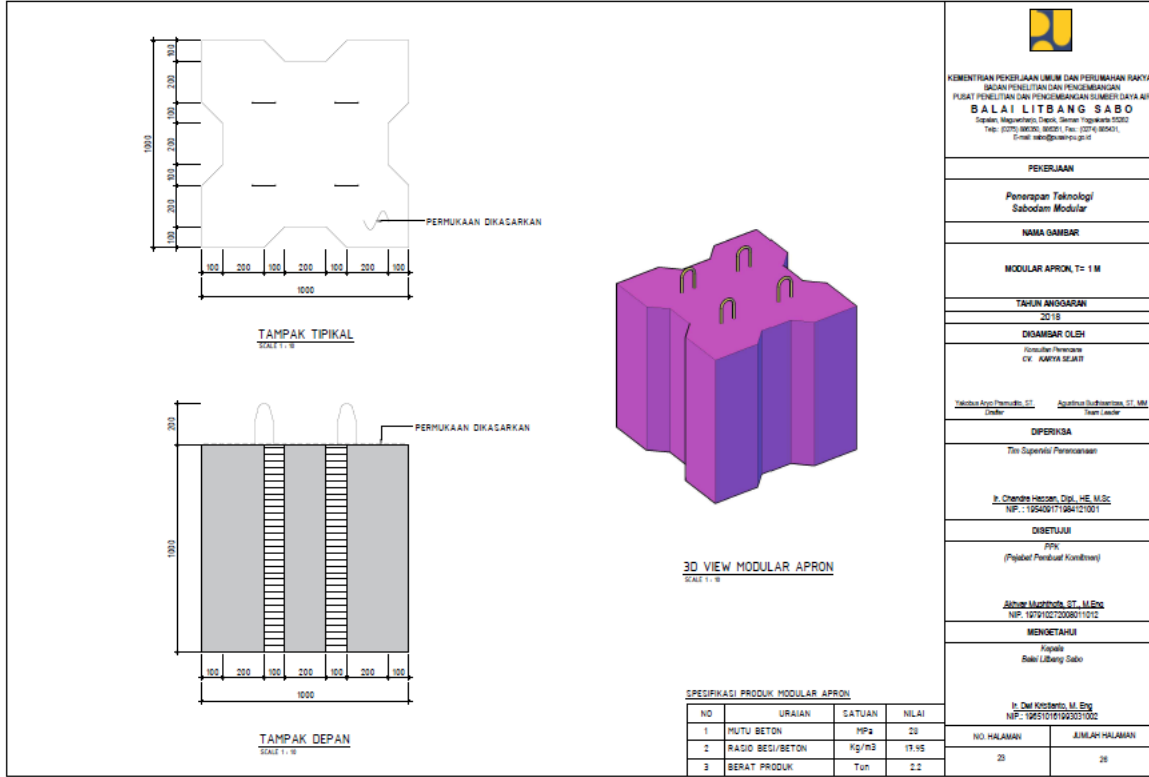
Nandana Ayu Permatasari, ST, Drafter *Agustina Sulistyantini, ST, MM, Team Leader*

DIPERIKSA
 Tim Supervisor Perencanaan

DIBETUJUI
 FPK
 (Pegawai Penerimaan Kontraktor)


MENGETAHUI
 Kepala Balai Litbang Sabo

In. Dar Khotimto, M. Eng
 NIP. 126510181923031002



SPESIFIKASI PRODUK MODULAR APRON

NO	URAIAN	SATUAN	NILAI	NO. HALAMAN	JMBAH HALAMAN
1	MUTU BETON	MP _a	23	25	26
2	RADIO BESI/BETON	Kg/m ³	13.15		
3	BERAT PRODUK	Ton	2.2		



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
BALAI LITBANG SABO
Sekeloa, Magelang, Jawa Tengah 55582
Telp. (0275) 860251, 860252, Fax. (0275) 860431,
E-mail: sabo@pau.go.id

PEKERJAAN
Penerapan Teknologi Sabodan Modular

NAMA GAMBAR
MODULAR APRON L= 1 M

TAHUN ANDAGARAN
2018

DIGAMBAR OLEH
Konsultan Perencana
CV. KARYA SAKTI

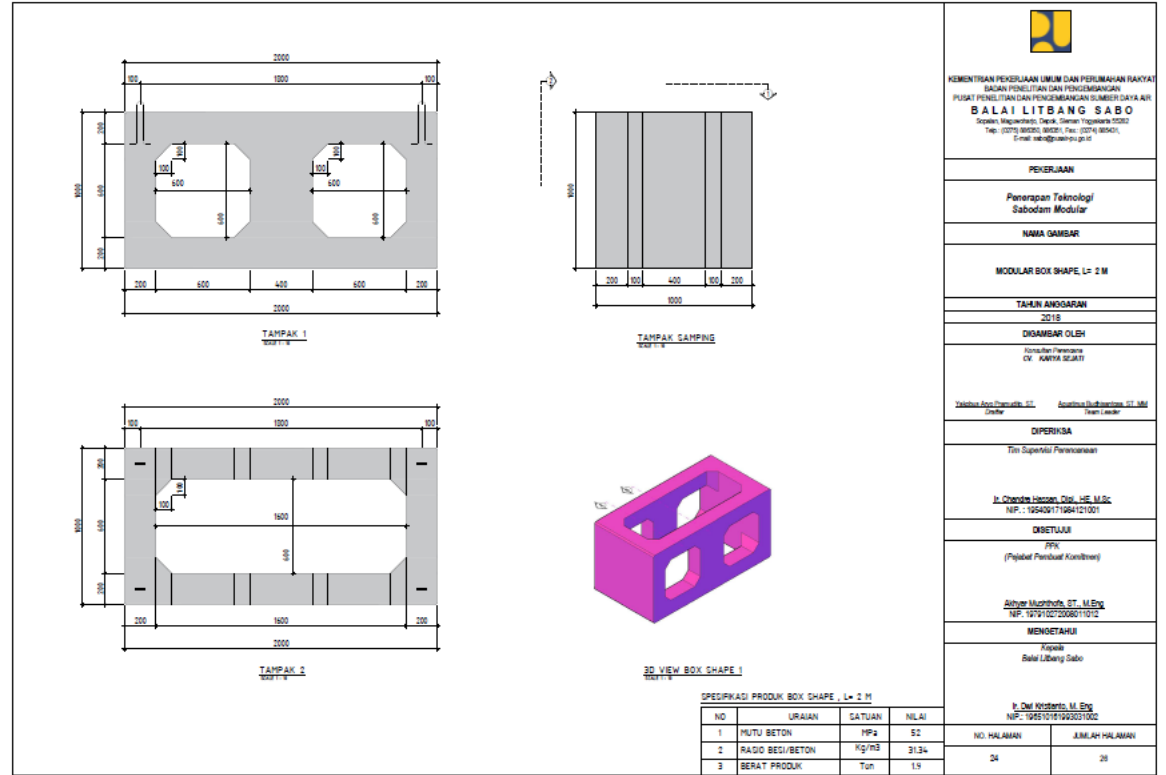
Yusuf Anas Permadi, ST, Drafer *Agustina Subandono, ST, MM, Drafer Leadir*

DIPERIKSA
Tim Supertek Perencanaan
Ir. Chandra Hasan, Dpl., HE, M.Sc.
NIP. 195400111984121001

DISETUIJ
PRK
(Pjaket Pembuat Konstruksi)


MENGETAHUI
Kapsala
Balai Litbang Sabo

Ir. Dwi Kristanto, M. Eng.
NIP. 195510151993031002



SPESIFIKASI PRODUK BOX SHAPE L= 2 M

NO	URAIAN	SATUAN	NILAI	NO. HALAMAN	JMBAH HALAMAN
1	MUTU BETON	MP _a	52	24	26
2	RADIO BESI/BETON	Kg/m ³	31.34		
3	BERAT PRODUK	Ton	1.9		



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
BALAI LITBANG SABO
Sekeloa, Magelang, Jawa Tengah 55582
Telp. (0275) 860251, 860252, Fax. (0275) 860431,
E-mail: sabo@pau.go.id

PEKERJAAN
Penerapan Teknologi Sabodan Modular

NAMA GAMBAR
MODULAR BOX SHAPE L= 2 M

TAHUN ANDAGARAN
2018

DIGAMBAR OLEH
Konsultan Perencana
CV. KARYA SAKTI

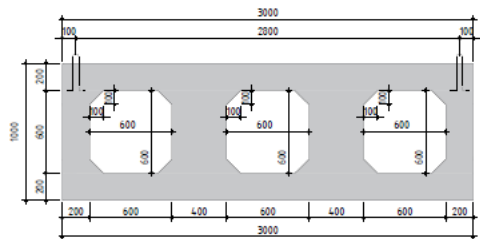
Yusuf Anas Permadi, ST, Drafer *Agustina Subandono, ST, MM, Drafer Leadir*

DIPERIKSA
Tim Supertek Perencanaan
Ir. Chandra Hasan, Dpl., HE, M.Sc.
NIP. 195400111984121001

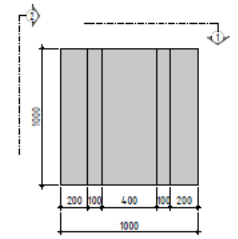
DISETUIJ
PRK
(Pjaket Pembuat Konstruksi)

MENGETAHUI
Kapsala
Balai Litbang Sabo

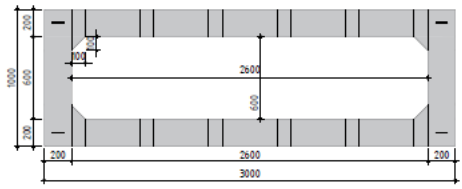
Ir. Dwi Kristanto, M. Eng.
NIP. 195510151993031002



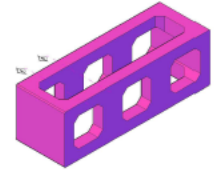
TAMPAK 1
SKALA 1:5



TAMPAK SAMPING
SKALA 1:5



TAMPAK 2
SKALA 1:5



SPESIFIKASI PRODUK BOX SHAPE, L= 3M

NO	URAIAN	SATUAN	NILAI
1	MUTU BETON	MPa	52
2	RASIO BESI/BETON	Kg/m ³	30,6
3	BERAT PRODUK	Ton	2,6



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR
BALAI LITBANG SABO
Jember, Kabupaten Jember, Jawa Timur 69132
Telp. (0371) 98201-98201, Fax. (0371) 98241,
E-mail: sabo@pku.go.id

PEKERJAAN

Penerapan Teknologi
Sabdam Modular

NAMA GAMBAR

MODULAR BOX SHAPE, L= 3 M

TAHUN ANGGARAN

2018

DIGAMBAR OLEH

Kontributor Perencanaan
CV. AMYRA SURATI

Salahudin Anggoro, ST, MT, M.M. (Drafter)
Agustina Sulistyawati, ST, MT, M.M. (Team Leader)

DIPERIKSA

Tim Supervisi Perencanaan

I. Chandra Hassan, Drl., HE, M.Sc.
NIP. 195409171984121001

DIBETULUI

PPK
(Pekerja Pembuat Konstruksi)

Ahmad Muhsin, ST, M.Eng.
NIP. 197910272008011012

MENGETAHUI

Kepala
Balai Litbang Sabo

I. Odi Kristanto, M.Eng.
NIP. 198510191990031002

NO. HALAMAN	JMLAH HALAMAN
25	28

PENGERTIAN

SABODAM

dam yang berfungsi untuk mengendalikan aliran debris yang membahayakan dengan cara mengelola (menangkap, menampung dan melepas debris), mengkonsolidasi dan menstabilkan dasar sungai rencana agar tidak menimbulkan terjadinya bencana. Penempatan bisa dilaksanakan secara tunggal, seri atau bertingkat.

SABODAM TIPE TERTUTUP (*CLOSED TYPE OF SABO DAM*)

merupakan sabodam yang badan damnya di desain dengan bentuk tertutup meskipun badan dam dilengkapi dengan lubang alir (*drip hole* atau *drain hole*). Sabodam tipe ini dapat diletakkan dimana saja di sepanjang alur bezuk, dari zona produksi sampai dengan zona sedimentasi.

SABODAM TIPE TERBUKA (*OPEN TYPE OF SABO DAM*)

merupakan bangunan sabodam yang badan damnya di desain dengan bentuk terbuka. Dam tipe terbuka hanya diletakkan pada daerah yang aliran debrisnya didominasi oleh sedimen dengan diameter rerata sangat besar, umumnya > 1,00 meter. Sabodam tipe terbuka ini antara lain berbentuk celah (*slit*), kisi (*grid*), ayak/saringan (*screen*), atau jaring (*ring net*).

SABODAM MODULAR

Merupakan sabodam tipe tertutup yang dibangun dengan sistem lego yang menggunakan modular dari bahan beton pracetak mutu tinggi dengan kuat tekan lebih dari 600 kg/m².

MUTU BETON

Beton K-600 artinya mutu beton khusus yang memiliki kuat tekan 600 kg/cm².

DATA DAN INFORMASI UMUM

Data topografi

untuk desain sabodam antara lain peta topografi 1:25.000 atau peta situasi sungai dengan skala 1:10.000; 1:2.000. Peta ini digunakan untuk menentukan letak sabodam serta stasiun hujan yang bersangkutan.

Peta situasi

Untuk penentuan tata letak sabodam modular diperlukan peta situasi sungai dengan skala 1:1.000 dengan panjang sungai ± 500 m di hulu dan ± 1.000 m di hilir rencana sabodam modular

Data penampang memanjang dan melintang sungai

Data penampang memanjang sungai diambil setiap jarak 5 m dengan titik elevasi terendah. Sedangkan penampang melintang sungai diambil secara detail pada letak sabodam modular seitan jarak 5 m.

Data hidrologi

untuk menentukan debit desain.

Data geoteknik

meliputi sifat fisik tanah dan batuan di sekitar rencana lokasi sabodam meliputi rapat massa, berat volume, kadar air, gradasi butiran, dll, dan sifat struktur tanah dan batuan meliputi pemampatan, kuat geser, daya dukung tanah, dll.

Data geometri sungai

seperti bentang sungai, kemiringan, ketinggian, kekasaran, dll.

Data morfologi sungai

seperti bentuk dan ukuran alur, palung, dan lembah sungai, degradasi, agradasi, dll.

Data bangunan melintang sungai

baik di hulu maupun dihilirnya.

Data bahan bangunan

DATA TEKNIS MODUL PRACETAK

MACAM MODUL

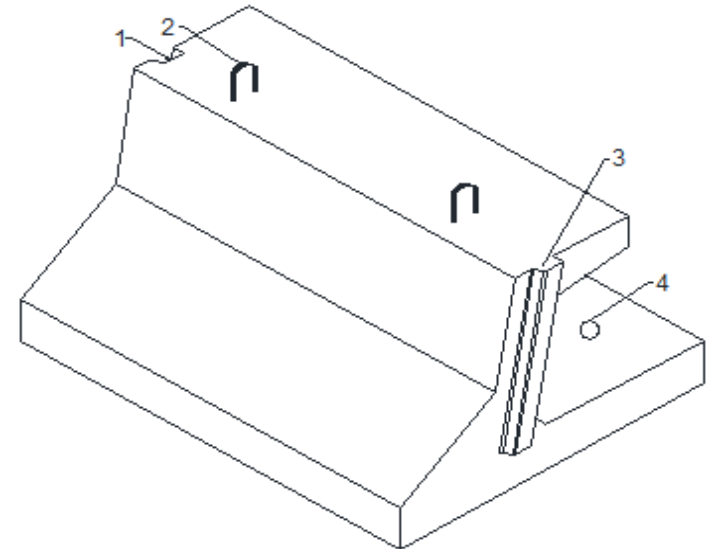
Modul pracetak yang digunakan pada sabodam modular terdapat 5 (lima) tipe modul, yakni:

- 1) Modul J-shape
- 2) Modul C-shape
- 3) Modul T-shape
- 4) Modul apron shape
- 5) Modul box-shape

1) MODUL J-SHAPE

Modul J-shape, memiliki bentuk seperti huruf J dengan dimensi panjang 1 m dan 2 m, tinggi 1 m dan tebal 0,2 m. Modul J-shape memiliki 2 jenis yaitu (a) J-shape 1 dengan kemiringan bagian tegak sebesar 1:0,2 untuk bagian hilir bangunan dan (b) J-shape 2 dengan kemiringan bagian tegak sebesar 1:0,5 untuk bagian hulu bangunan. Panjang dan tinggi modul J-shape dapat dibuat per 1 m sesuai dengan kebutuhan berdasarkan sabodam yang direncanakan. Pada bagian bawah dan bagian dalam modul J-shape dikasarkannya permukaannya sebagai lekatan antara beton pracetak dengan beton insitu.

Modul J-shape memiliki 2 jenis yaitu J-shape 1 dengan kemiringan bagian tegak sebesar 1:0,2 dan J-shape 2 dengan kemiringan bagian tegak sebesar 1:0,5.



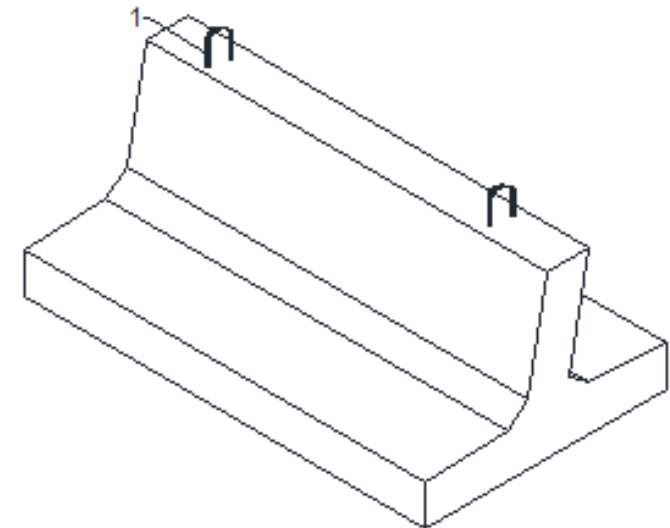
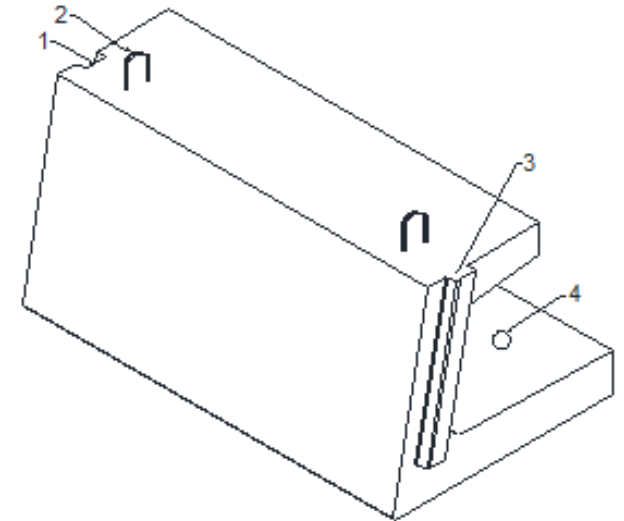
2) MODUL C-SHAPE

Modul C-shape memiliki 2 jenis yaitu (a) J-shape 1 dengan kemiringan bagian tegak sebesar 1:0,2 untuk bagian hilir bangunan dan (b) J-shape 2 dengan kemiringan bagian tegak sebesar 1:0,5 untuk bagian hulu bangunan. Panjang dan tinggi modul J-shape dapat dibuat per 1 m sesuai dengan kebutuhan berdasarkan sabodam yang direncanakan. Pada bagian bawah dan bagian dalam modul C-shape dikasarkannya permukaannya sebagai lekatan antara beton pracetak dengan beton insitu.

Modul C-shape memiliki 2 jenis yaitu C-shape dengan kemiringan bagian tegak sebesar 1:0,2 dan C-shape dengan kemiringan bagian tegak sebesar 1:0,5.

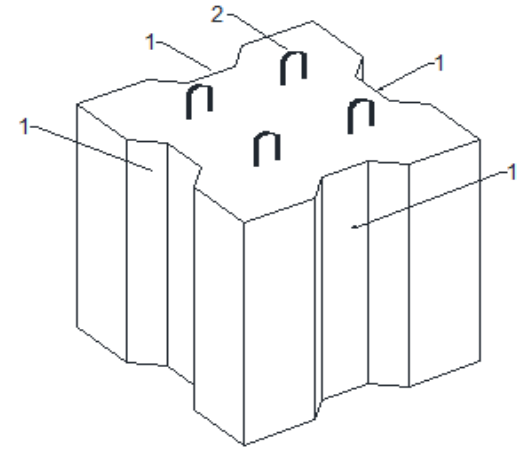
3) MODUL T-SHAPE

Modul T-shape, memiliki bentuk seperti huruf T terbalik dengan dimensi panjang 2 m, tinggi 0.8 m dan tebal 0,2 m. Seluruh bagian modul T-shape dikasarkannya sebagai pelekat antara beton pracetak dengan beton insitu. Titik angkat modul T-shape terdapat pada bagian atas digunakan untuk meletakkan modul tersebut dengan crane.



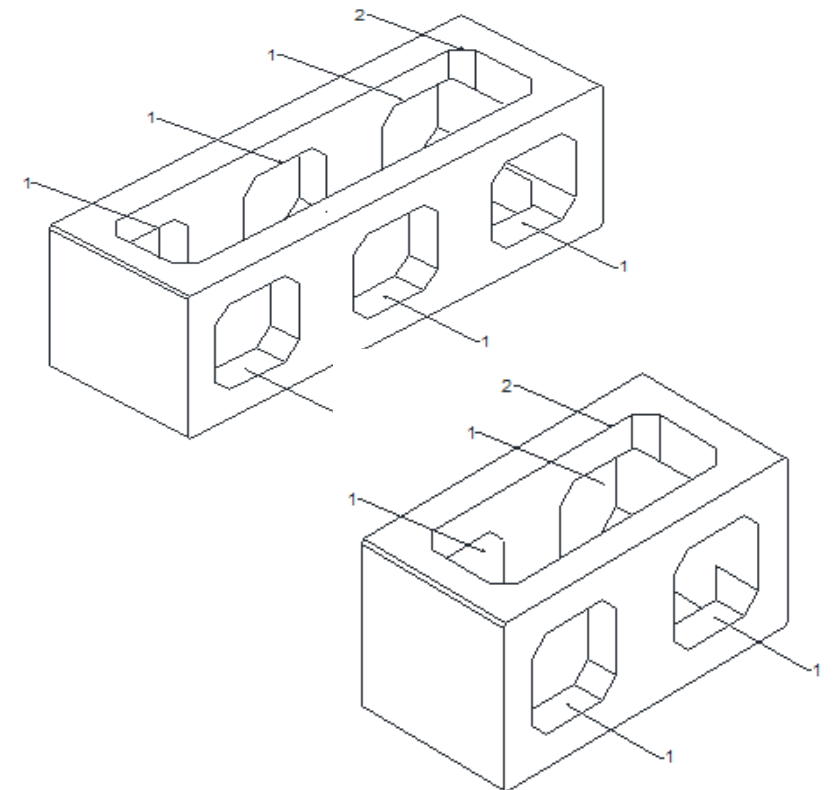
4) MODUL APRON-SHAPE

Modul apron-shape memiliki bentuk kubus dengan dimensi tinggi 1 m, lebar 1 m, tebal 1 m. Titik angkat modul apron-shape terdapat pada bagian atas digunakan untuk meletakkan modul tersebut dengan crane



5) MODUL BOX-SHAPE

Modul box--shape memiliki bentuk kubus dengan dimensi tinggi 1 m, lebar 3 m dan 2 m, tebal 0,2 m. Modul box-shape (a) memiliki lebar 3 meter yang dipasang pada sayap maindam dan (b) memiliki lebar 2 meter yang dipasang pada sayap subdam. Modul box-shape kubus berlubang dengan dimensi panjang 0.6 m dan lebar 0.6 m. dan terdapat lubang profil berbentuk oktagonal, dimana bagian lubang-lubang tersebut diisi beton insitu dan angkur besi ulir arah vertikal.



Modul box-shape memiliki lebar 3 meter yang dipasang pada sayap maindam dan memiliki lebar 2 meter yang dipasang pada sayap subdam.

JOIN ANTAR MODUL PRACETAK

1) MODUL J-SHAPE

Sambungan male-female antar modul sebagai pengikat sambungan geser arah horisontal. Sedangkan sambungan geser arah vertikal terdapat lubang dowel, dimana lubang tersebut akan diberi angkur berupa besi ulir dan pengisi berupa mortar.

2) MODUL C-SHAPE

Sambungan male-female antar modul sebagai pengikat sambungan geser arah horisontal. Sedangkan sambungan geser arah vertikal terdapat lubang dowel, dimana lubang tersebut akan diberi angkur berupa besi ulir dan pengisi berupa mortar.

3) MODUL T-SHAPE

Sambungan geser arah vertikal terdapat lubang dowel, dimana lubang tersebut akan diberi angkur berupa besi ulir dan pengisi berupa mortar.

4) MODUL APRON-SHAPE

Terdapat profil U menjorok kedalam pada keempat sisi tegaknya, dimana lubang antar modul tersebut diisi dengan beton insitu agar menjadi komposit.

5) MODUL BOX-SHAPE

Terdapat lubang profil berbentuk oktagonal, dimana bagian lubang-lubang tersebut diisi beton insitu dan angkur besi ulir arah vertikal.

BAHAN BANGUNAN NONPRACETAK

Beton Insitu sebagai pengisi modul pracetak

- 1) Pekerjaan pengecoran beton insitu meliputi pembuatan bekesting, pembuatan rencana campuran beton, pengecoran, pemadatan, perawatan, pengambilan benda uji, dan pengujian benda uji di laboratorium.
- 2) Pembuatan bekesting
 - a) bekesting dibuat dari material triplek minimal tebal 9 mm dan kaso 3 x 4 cm yang dipakai maksimum 2 x pengecoran.
 - b) bekesting harus dipasang dengan kuat dan kokoh serta tetap lurus pada saat pengecoran dan pemadatan.
 - c) bekesting harus selalu dalam keadaan bersih dari debu, minyak, zat-zat organik dan zat-zat lain yang dapat mengurangi kualitas.
- 3) Pembuatan rencana campuran beton insitu mengacu pada SNI-T-15-1990-03 tentang Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.
- 4) Pengecoran mengacu pada SNI T-28-1991-03 tentang Tata cara pengadukan pengecoran beton.
- 5) Pemadatan beton dipadatkan dengan menggunakan *internal* atau *external vibrator* atau kombinasi keduanya.
- 6) Perawatan beton dilakukan dengan perawatan basah (*wet curing*). Beton selalu dijaga kelembabannya sekurang-kurangnya sampai dengan pemasangan layer selanjutnya.
- 7) Pengambilan benda uji beton insitu mengacu pada SNI M-26-1990-F tentang Metode pengujian dan pengambilan contoh untuk campuran beton segar.
- 8) Pengujian benda uji di laboratorium mengacu pada SNI 03 – 1974-1990 tentang Metode pengujian kuat tekan beton.

Beton serat baja sebagai selimut peluap dan lantai lindung.

Seluruh tahapan pekerjaan beton serat baja mengacu pada RPT0 tentang Pedoman teknis pekerjaan serat baja.

PERALATAN INSTALASI SABODAM MODULAR

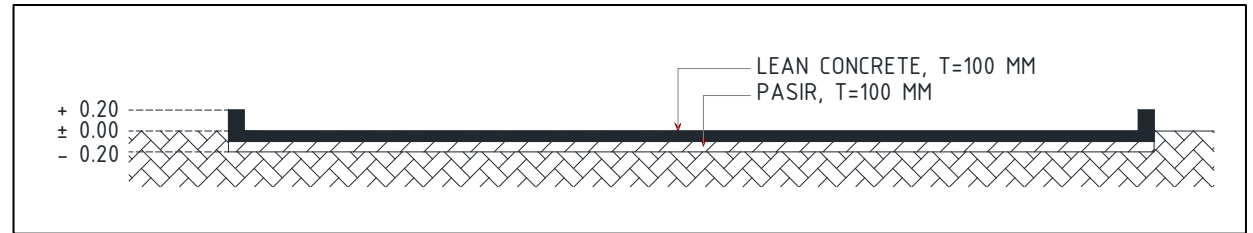
NO	JENIS ALAT	KAPASITAS MINIMAL	JUMLAH	KETERANGAN
1	<i>Excavator</i>	PC200	1 bh	
2	<i>Bulldozer</i>		1 bh	
3	<i>Dump Truk</i>	3,5 T	2 bh	
4	<i>Crawler crane</i>	25 Ton	1 bh	
5	<i>Bucket</i>	2 m ³	1 bh	
6	<i>Water Tank Truck</i>		1 bh	
7	<i>Concrete Vibro</i>		1 bh	
8	Truk Pompa Beton		1 bh	
9	<i>Molen</i>	0,3 m ³	1 bh	
10	<i>Total Station</i>		1 bh	
11	Pompa Diesel		3 bh	
12	<i>Theodolit</i>		1 bh	
13	<i>Roller Vibro</i>		1 bh	
14	<i>Water Pass</i>		1 bh	
15	Peralatan pengaman tenaga kerja dan Lingkungan (sesuai Peraturan K3)	Pelindung Kepala (helm safety)	Sesuai kebutuhan	Untuk semua pekerja
		Pelindung Tangan (sarung tangan)	Sesuai kebutuhan	Untuk semua pekerja bidang licin
		Sabuk/tali keselamatan	Sesuai kebutuhan	Untuk semua pekerja di ketinggian
		APAR min. 6 kg, spesifikasi A,B,C	Sesuai kebutuhan	
		Rambu-rambu dan papan K3	Sesuai kebutuhan	

INSTALASI MODULAR

LANTAI KERJA

Membuat lantai kerja dengan langkah-langkah sbb:
menentukan titik-titik as bangunan dan posisi modul
pracetak sesuai dg ukuran pada gbr kerja,

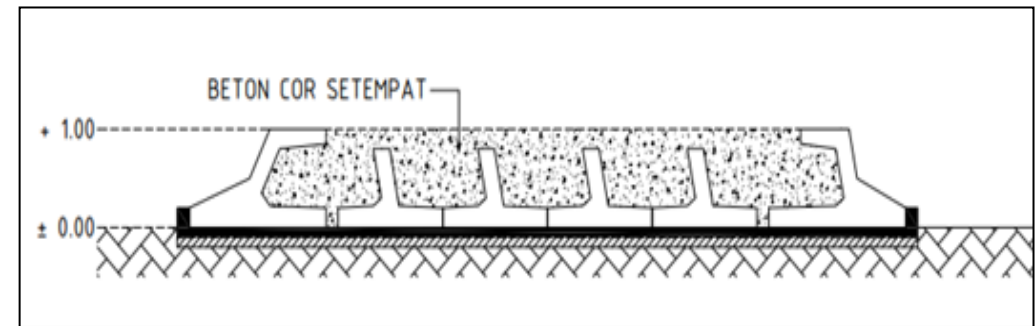
- membuat lapisan dasar lantai kerja berupa urugan pasir setebal 10 cm, dan
- membuat lantai kerja dengan lean concrete.



LAYER 1 - BADAN SABODAM

Instalasi layer pertama pada badan maindam/subdam terdiri dari modul modul J-shape, modul T-shape dan beton insitu dengan langkah sbb.

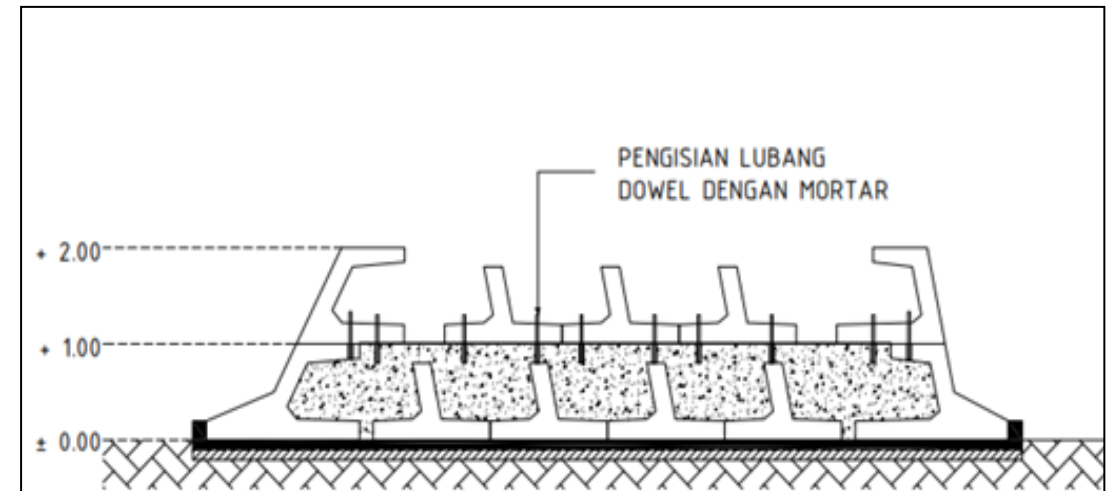
- a) pengukuran posisi modul J-shape dan T-shape dengan theodolit/waterpass,
- b) pemasangan modul J-shape dan T-shape menggunakan crane,
- c) pengecoran beton insitu sebagai beton pengisi dengan menggunakan bucket cor yang diangkat menggunakan crane, dimana permukaan atas beton insitu dikasarkan.
- d) pemadatan beton insitu dengan dengan menggunakan *internal* atau *external vibrator* atau kombinasi keduanya.



LAYER KEDUA DAN SETERUSNYA SAMPAI DENGAN ELEVASI PELIMPAH

Modul yang digunakan: modul C-shape, modul T-shape dan beton insitu dengan langkah-langkah sebagai berikut:

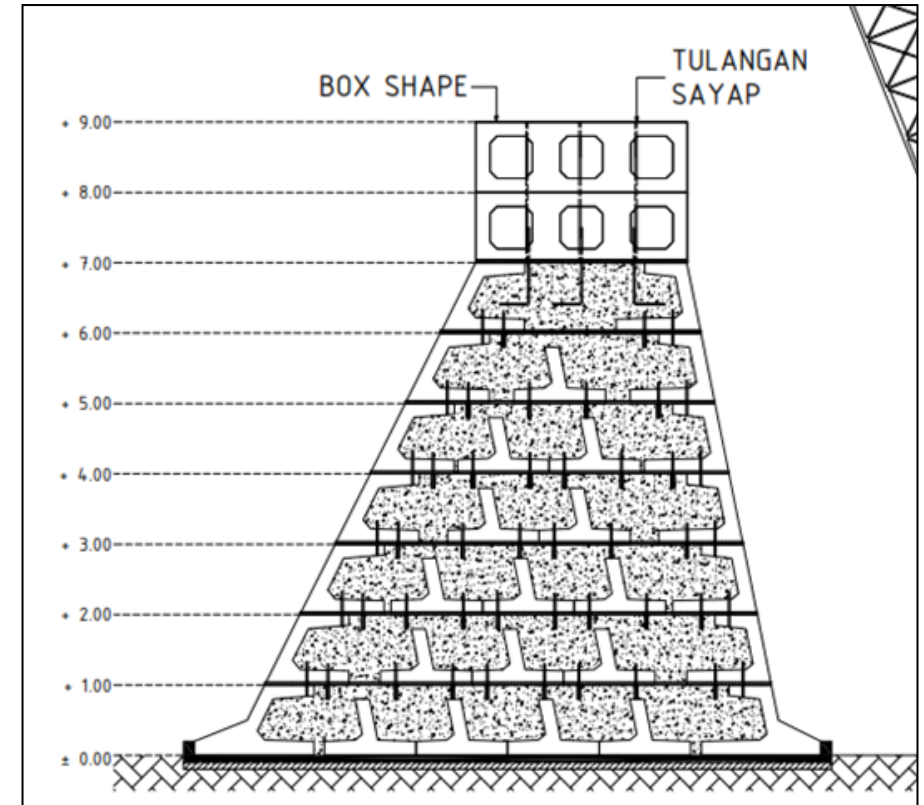
- 1) Pengukuran posisi modul C-shape dan T-shape dengan theodolit/waterpass,
- 2) Pemasangan modul C-shape dan T-shape menggunakan crane,
- 3) Pemasangan angkur pada lubang dowel dengan besi ulir diameter 19 mm,
- 4) pengecoran beton insitu sebagai beton pengisi dengan menggunakan bucket cor yang diangkat menggunakan crane.
- 5) pengecoran beton serat baja pada layer terakhir sebagai selimut peluap dengan menggunakan bucket cor yang diangkat menggunakan crane.
- 6) Pemadatan beton insitu dengan dengan menggunakan *internal* atau *external vibrator* atau kombinasi keduanya.



SAYAP LINDUNG SABODAM

Instalasi pada sayap sabodam menggunakan modul box-shape (a) memiliki lebar 3 meter yang dipasang pada sayap maindam dan (b) memiliki lebar 2 meter yang dipasang pada sayap subdam. Langkah-langkah instalasi sayap lindung sabodam sebagai berikut:

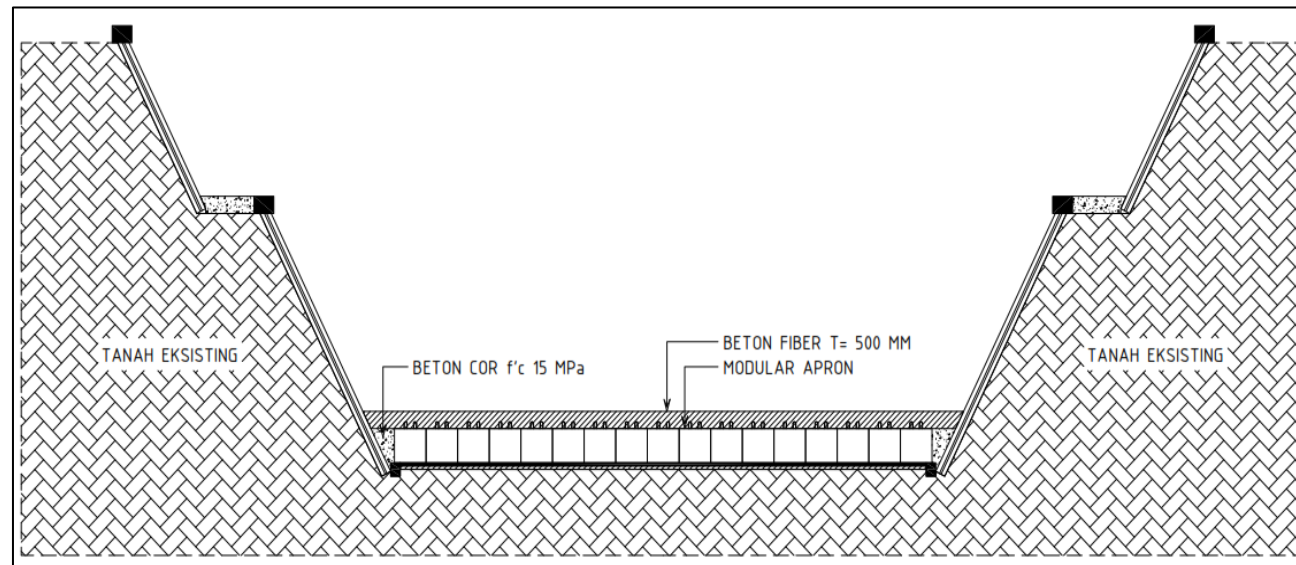
- 1) pengukuran posisi modul C-shape dan T-shape dengan theodolit/waterpass,
- 2) pemasangan modul *box-shape* menggunakan crane,
- 3) pemasangan angkur dengan besi ulir diameter 19 mm,
- 4) pengecoran beton insitu sebagai beton pengisi dengan menggunakan bucket cor yang diangkat menggunakan crane.
- 5) pemadatan beton insitu dengan dengan menggunakan *internal* atau *external vibrator* atau kombinasi keduanya.



LANTAI LINDUNG (APRON)

Lantai lindung menggunakan modul apron-*shape*. Langkah-langkah instalasi lantai lindung sabodam sebagai berikut:

- 1) pengukuran posisi modul apron-*shape* dengan theodolit/waterpass,
- 2) pemasangan modul apron-*shape* menggunakan crane,
- 3) pengecoran beton insitu sebagai beton pengisi antar modul apron-*shape* dengan menggunakan bucket cor yang diangkat menggunakan crane.
- 4) pengecoran beton serat baja sebagai selimut lantai lindung setebal 40 cm dengan menggunakan bucket cor yang diangkat menggunakan crane.
- 5) pemadatan beton insitu dengan menggunakan *internal* atau *external vibrator* atau kombinasi keduanya.



FUNGSI KELENGKAPAN

- Tubuh sabodam terdiri dari badan dam dan sayap lindung.
- Pelimpah sabodam berfungsi untuk mengalirkan debit desain.
- Lantai lindung merupakan lapis keras yang menghubungkan dam utama (*main dam*) dan subdam berfungsi untuk menjaga keamanan tubuh sabodam.
- Tembok tepi berfungsi sebagai penahan tanah, pencegah aliran rembesan samping, dan pengarah arus atau aliran sungai.
- Sayap lindung (*protection wing*) berfungsi sebagai pengarah arus, pencegah aliran samping, penahan tanah, serta pengamanan terhadap longsoran tebing.

PERSYARATAN KEAMANAN

KEAMANAN HIDRAULIK

- a) keamanan terhadap luapan maka pelimpah sabodam di desain agar mampu melewati debit banjir desain dengan tinggi jagaan yang cukup;
- b) keamanan terhadap gerusan lokal, degradasi dasar sungai dan penggerusan tebing;
- c) keamanan lantai lindung terhadap terjunan dan benturan;
- d) keamanan terhadap perubahan arah aliran, gejala berliku dan berjalannya sungai.

KEAMANAN STRUKTURAL

- a) kekuatan: aman terhadap tegangan dan regangan yang terjadi;
- b) establan: stabil dan aman terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah fondasi

KEAMANAN LINGKUNGAN

Tata letak bangunan sabodam yang ramah lingkungan agar penambangan bahan galian golongan C dari palung sungai, pembuangan material, perubahan transportasi sedimen sepanjang alur sungai, perubahan alur sungai yang terjadi atau kemungkinan perubahan lansekap tidak berdampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya.

TATA LETAK SABODAM

- direncanakan pada alur sungai yang tidak stabil, dasar sungai fluktuatif dan diharapkan alur dapat diatur dan stabil oleh konstruksi grondsil;
- direncanakan untuk melindungi fondasi dan bentuk konstruksi lainnya, lokasi grondsil harus dibangun di sebelah hilirnya;
- direncanakan di sebelah hilir pertemuan dua alur sungai;
- direncanakan di sebelah hilir tikungan sungai;
- direncanakan di sebelah hilir tebing sungai yang berpotensi longsor;
- direncanakan elevasi mercu pelimpah grondsil dapat berada di atas elevasi dasar sungai semula, sama dengan elevasi dasar sungai atau bahkan dapat direncanakan di bawah elevasi dasar sungai;
- direncanakan sumbu grondsil harus tegak lurus palung sungai di sebelah hilirnya.

BENTUK SABODAM

BENTUK SABODAM

Bentuk sabodam membujur ke arah bentang sungai, disesuaikan dengan bentuk penampang melintang sungai serta sifat fisik dan struktur tanah dasarnya. Bentang sabodam harus dapat menutup seluruh lebar sungai dengan baik, dan bagian pangkal sabodam harus di desain agar bangunan aman terhadap bahaya gerusan dan erosi buluh. Struktur sabodam terdiri dari dam utama (*main dam*), subdam (*subdam*), pelimpah (*overflow*), sayap lindung (*protection wing*), lantai lindung (*apron*), tembok tepi (*side wall*) dan bangunan pelengkap lainnya.

DAM UTAMA (MAIN DAM)

Tinggi efektif dam utama bergantung pada fungsi sabodam. Untuk sabodam yang berfungsi sebagai *checkdam* atau *consolidation dam*, tinggi efektif sabodam dapat lebih dari 4 meter. Sedangkan untuk sabodam yang berfungsi sebagai dam sokong seperti grondsil (*groundsill*) tinggi efektif dam tidak boleh lebih dari 4 meter

PELIMPAH

- Bentuk pelimpah harus dibuat trapesium, lebar pelimpah harus lebih kecil daripada bentang sungai. Tinggi pelimpah ditentukan berdasarkan debit desain dan tinggi jagaan.
- Tinggi jagaan

Debit desain (Q_d m ³ /sec)	50	50-100	100-200	200-500	500-2000
Tinggi jagaan (Δ_{h3} m) \geq	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50

TEBAL MERCU PELIMPAH (*THICKNESS OF OVERFLOW*)

Tebal mercu pelimpah (b) b_1 : untuk dam utama b_2 : untuk subdam	1,50 – 2,00 meter	3,00 – 4,00 meter	$\geq 4,00$ meter
Kemiringan memanjang dasar sungai	$< 1/50$	$> 1/20$	Jika dilengkapi dengan oprit sebagai jalan/ jembatan evakuasi (submerged bridge)
Sedimen	Pasir dan kerikil atau kerikil dan kerakal	Batu – batu besar	
Sifat hidraulik aliran	Gerakan mandiri	Gerakan massa	

PENENTUAN DEBIT DESAIN

Persamaan yang digunakan untuk menentukan debit desain (debit puncak aliran debris)

$$Q_d = \frac{C_*}{C_* - C_d} Q_o \quad \text{Persamaan (1)}$$

Pada kondisi ekstrem dimana nilai $C_* = 0,60$ dan $C_d = 0.65$. Oleh karena nilai C_d lebih besar dari $0.9C_* = 0.54$, maka nilai C_d diambil 0.54 . Sehingga, besarnya debit desain menjadi $Q_d = 10Q_o$.

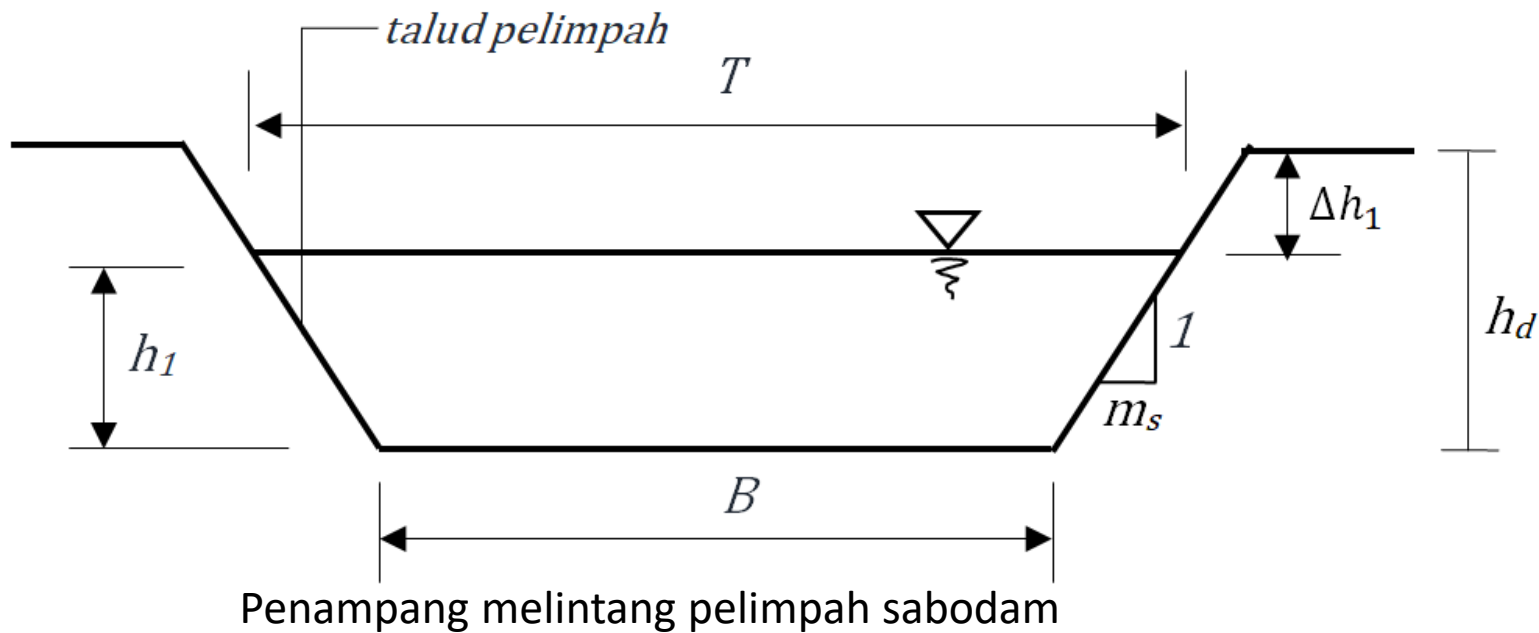
Keterangan :

C_* adalah konsentrasi sedimen di dasar sungai

C_d adalah konsentrasi sedimen di dalam aliran

Q_o adalah debit air maksimum (debit banjir) ($m^3/detik$)

Q_d adalah debit desain atau debit puncak aliran debris ($m^3/detik$)



Keterangan:

- C_p adalah koefisien pelimpah (0,60 – 0,66);
- g adalah percepatan gravitasi (9,80 m/ detik²);
- B adalah lebar pelimpah bagian bawah (m);
- T adalah lebar muka aliran pada kedalaman h_1 di atas mercu pelimpah (m);
- h_1 adalah kedalaman aliran di atas mercu pelimpah dam utama (m);
- h_d adalah tinggi jagaan (m).

Kedalaman aliran di atas mercu pelimpah (h_1) ditentukan dengan menggunakan persamaan sbb.

$$Q_d = \frac{2}{15} \cdot C_p \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot (3 \cdot B + 2 \cdot T) \cdot h_1^{3/2} \quad \text{Persamaan .(2)}$$

Jika $C = 0,60$ dan $m_s = 0,50$ maka persamaan (2) menjadi.

$$Q_d = (1,71B + 0,71h_1) h_1^{3/2}$$

jika $C = 0,60$ dan $m_s = 1,00$ maka persamaan (2) menjadi

$$Q_d = (1,71B + 1,42h_1) h_1^{3/2}$$

DIMENSI

- Tubuh sabodam terdiri dari badan dam dan sayap lindung.
- Kemiringan bagian hulu dari badan dam utama harus ditentukan berdasarkan syarat stabilitas bangunan. dan untuk itu dapat digunakan persamaan sbb.

$$(1 + \alpha)m^2 + \{4\alpha(n + \beta) + n(2 + \delta) + 2\beta\}m = 1 + 3\alpha - \delta(3n\beta + \beta^2 + n^2)$$

$$\alpha = \frac{h_1}{H_m} \quad \beta = \frac{b_1}{H_m} \quad \delta = \frac{\rho_c}{\rho_w}$$

Keterangan :

n adalah kemiringan badan dam utama bagian hilir (ditetapkan 0,20)

m adalah kemiringan badan dam utama bagian hulu

H_m adalah tinggi total dam utama (m)

L_w adalah jarak terjunan (jarak titik terjun dari tepi hilir mercu pelimpah) (m)

B_1 adalah tebal dasar dam utama (m)

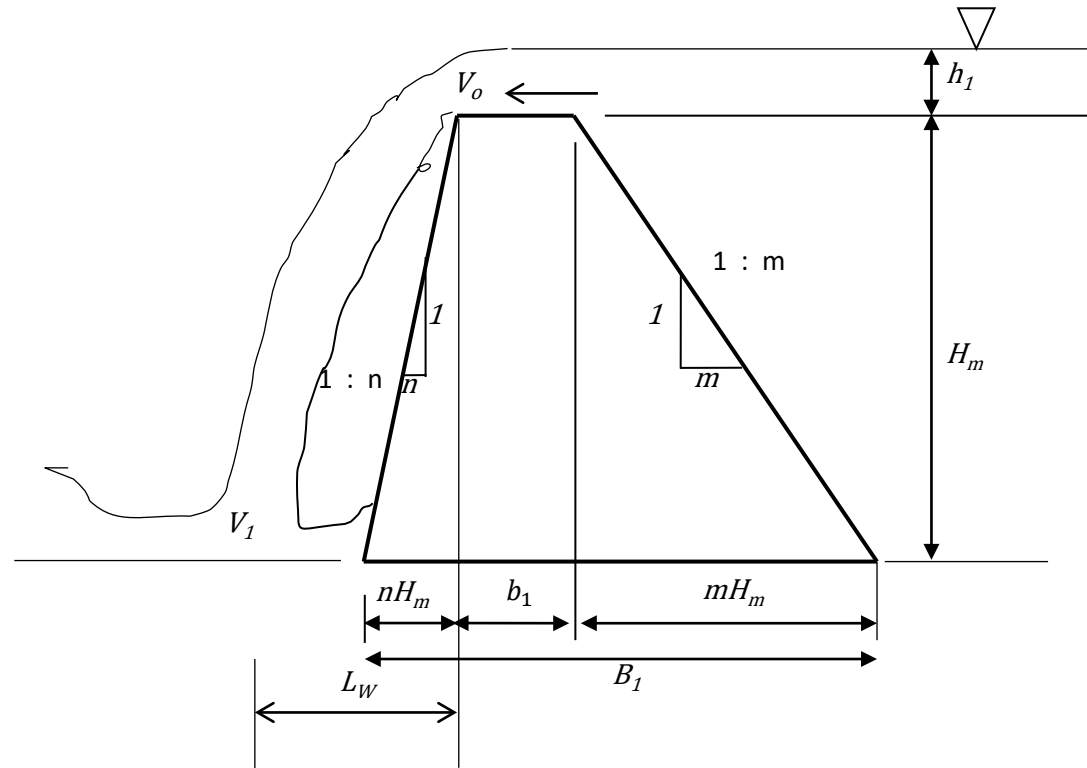
b_1 adalah tebal mercu pelimpah dam utama (m)

ρ_w adalah rapat massa aliran debris (air+sedimen) (*mass density of debris flow*) (diambil 1000 - 1200 kg/m³)

ρ_c adalah rapat massa pasangan beton (*mass density of concrete*) (diambil 2300 kg/m³)

- Dari hasil penelitian di bidang tekno sabo dan agar tidak terjadi aliran yang menyusur permukaan badan dam bagian hilir maka kemiringan badan dam bagian hilir baik untuk dam utama maupun subdam ditetapkan sebesar $n = 0,2$ (perbandingan tegak dan datar = 1 dibanding n).

KEMIRINGAN BADAN DAM



Gambar 3.2 - Kemiringan badan dam utama

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan di bidang tekno-sabo, kemiringan badan dam utama bagian hilir ditentukan sebesar $n = 0,20$. Hal itu dimaksudkan untuk menghindari agar batu-batu besar yang terangkut aliran debris dan jatuh dari pelimpah tidak langsung memukul badan dam bagian hilirnya serta tidak menimbulkan abrasi pada permukaan badan dam utama bagian hilirnya.

TEBAL LANTAI LINDUNG (APRON)

Tebal lantai lindung dapat ditentukan secara matematis maupun empiris

PERSAMAAN EMPIRIS

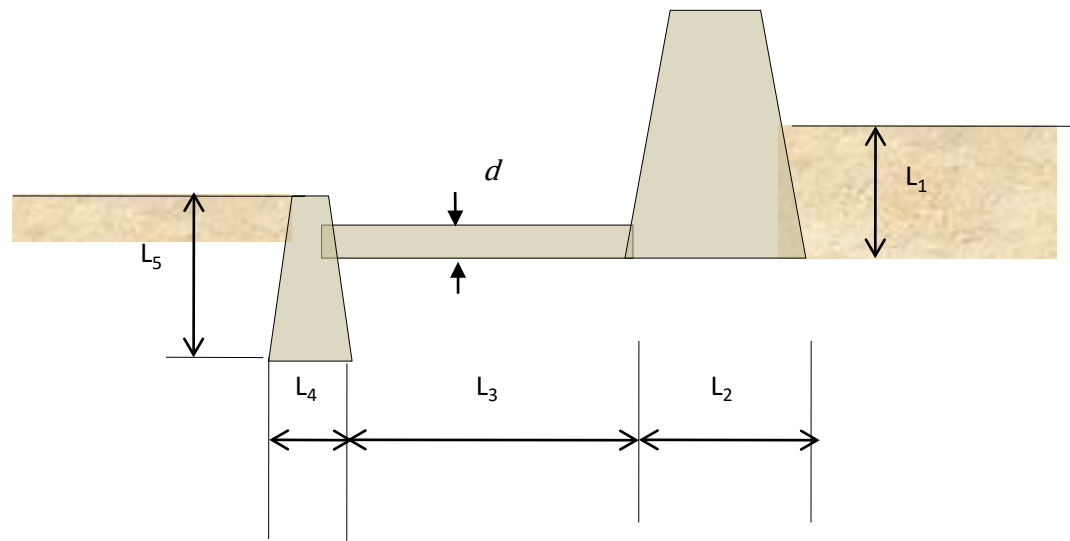
(a) untuk lantai lindung tanpa subdam

$$d \geq 0,2(0,6H + 3h_1 - 1)$$

(b) untuk lantai lindung dengan subdam

$$d \geq 0,1(0,6H + 3h_1 - 1)$$

Dengan H adalah tinggi efektif dam utama (tinggi dam utama dari permukaan lantai lindung)(m)



PERSAMAAN MATEMATIS

$$d \geq \frac{4}{3} \left(\frac{\Delta_h - \Delta_u}{G_c - 1} \right)$$

Keterangan:

d adalah tebal lantai lindung

Δ_h adalah perbedaan kedalaman aliran di atas mercu *main dam* dan mercu subdam

Δ_u adalah kehilangan tekanan ke atas = $(L'/L_{CR}) \cdot \Delta_h$

L_{CR} adalah total panjang rayapan (m)

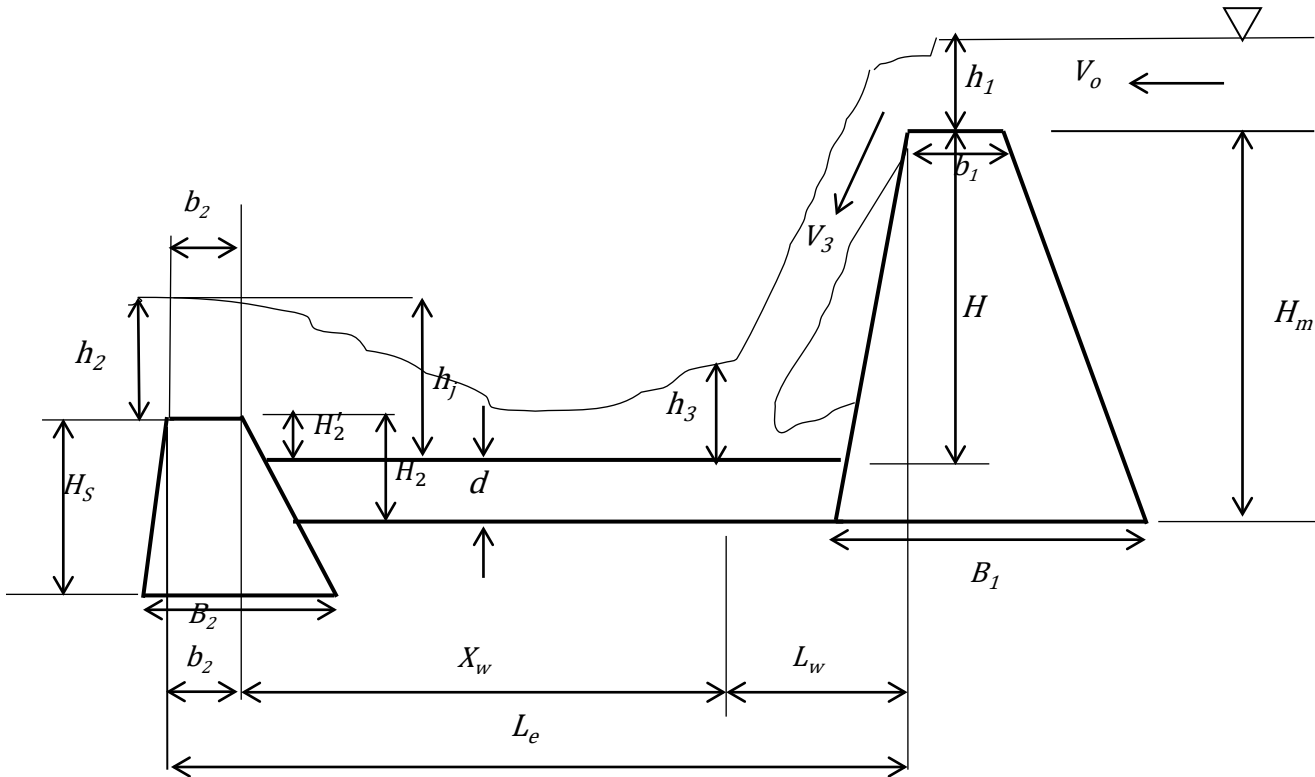
$L' = L_1 + L_2$

G_c adalah berat jenis (*unit weight, specific weight*) badan dam (tanpa satuan)

Panjang rayapan (*percolation/creep length*) dapat dihitung dengan teori berikut:

- *Bligh's creep theory* : $L_{CR} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$
- *Lane creep theory* : $L_{CR} = L_1 + 1/3 (L_2 + L_3 + L_4) + L_5$

PANJANG LANTAI LINDUNG



Panjang lantai lindung dapat ditentukan secara matematis maupun empiris

Keterangan :

L	adalah panjang lantai lindung (m)
L_w	adalah jarak terjun (jarak titik terjun dari tepi hilir mercu pelimpah) (m)
X_w	adalah panjang loncat air (m);
b_2	adalah tebal mercu pelimpah subdam (m);
q_o	adalah debit spesifik per m' lebar mercu pelimpah ($m^3/s/m$) atau ($m^2/detik$);
q'	adalah debit spesifik per m' bentang sungai rerata di lokasi rencana sabodam ($m^3/dt/m$) atau ($m^2/detik$);
H_s	adalah tinggi subdam (m)
h_2	adalah kedalaman aliran di atas mercu pelimpah subdam (m)
h_3	adalah kedalaman aliran di atas lantai lindung karena kecepatan V_3 (m);
B'	adalah bentang sungai rerata antara dam utama dan subdam (m)
β_j	adalah koefisien terjun (4,0 – 5,0);
h_j	adalah tinggi loncat air hidraulik di atas permukaan lantai lindung (m);
V_o	adalah kecepatan aliran di atas mercu pelimpah dam utama (m/ detik);
V_3	adalah kecepatan jatuh pada terjunan (m/ detik);
F_{r3}	adalah bilangan Froude pada kedalaman aliran h_3

PERSAMAAN MATEMATIS

$$L \geq L_W + X_w + b_2$$

$$L_W = V_0 \cdot \left[\frac{2(H + \frac{1}{2}h_1)}{g} \right]^{1/2}$$

$$q_0 = \frac{Q_d}{B} V_0 = \frac{q_0}{h_1} X_w = \beta_j \cdot h_j$$

$$h_j = \frac{h_3}{2} \cdot \left\{ \sqrt{1 + 8 \cdot F_{r3}^2} - 1 \right\}$$

$$h_3 = \frac{q'}{V_3} q' = \frac{Q_d}{B'} \quad V_3 = \sqrt{2 \cdot g \cdot (H + h_1)} \quad F_{r3} = \frac{V_3}{\sqrt{g \cdot h_3}}$$

PERSAMAAN EMPIRIS

$$L \geq C_L \times (H + h_1)$$

Dengan C_L adalah koefisien panjang lantai lindung (2 – 3)

TINGGI SUBDAM

PERSAMAAN MATEMATIS

$$H_2' = h_j - h_2$$

$$h_j = \frac{h_3}{2} \cdot \left\{ \sqrt{1 + 8 \cdot Fr_3^2} - 1 \right\}$$

$$h_3 = \frac{q'}{V_3}$$

$$q' = \frac{Q_d}{B'}$$

$$V_3 = \sqrt{2 \cdot g \cdot (H + h_1)}$$

$$Fr_3 = \frac{V_3}{\sqrt{g \cdot h_3}}$$

Keterangan:

H_2' adalah tinggi mercu pelimpah subdam di atas permukaan lantai lindung (m)

h_2 adalah kedalaman aliran di atas mercu pelimpah subdam

PERSAMAAN EMPIRIS

$$H_2' = C_H(H_m - d) \quad \text{atau} \quad H_2' = C_H \cdot H$$

Dengan C_H adalah koefisien tinggi subdam $[^{1/4} s/d \ ^{1/3}]$

TEMBOK TEPI (*SIDE WALL*)

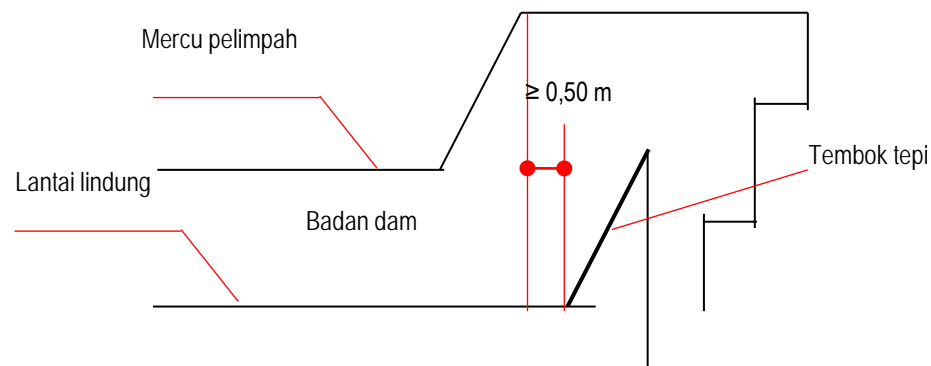
TINGGI TEMBOK TEPI

$$H_{sw} = 1,50(h_1 + \Delta_{h1}) \text{ atau } H_{sw} = 1,50(h_d)$$

KEMIRINGAN TEMBOK TEPI

Kemiringan luar tembok tepi (n_{sw}) dibuat sama dengan kemiringan talud pelimpah subdam (m_s).

- Untuk melindungi tembok tepi dari hantaman aliran debris maka titik pertemuan antara tembok tepi, lantai lindung dan badan dam utama minimal berjarak 0,50 m dari titik puncak talud peluap dam utama ke arah tebing.
- Sedangkan pertemuannya dengan subdam dibuat sebidang dengan kemiringan talud pelimpah subdam.
- Pada tembok tepi kanan maupun tembok tepi kiri harus dilengkapi dengan tangga pengaman (*safety ladder*) untuk kemudahan serta keamanan petugas ketika melakukan inspeksi.

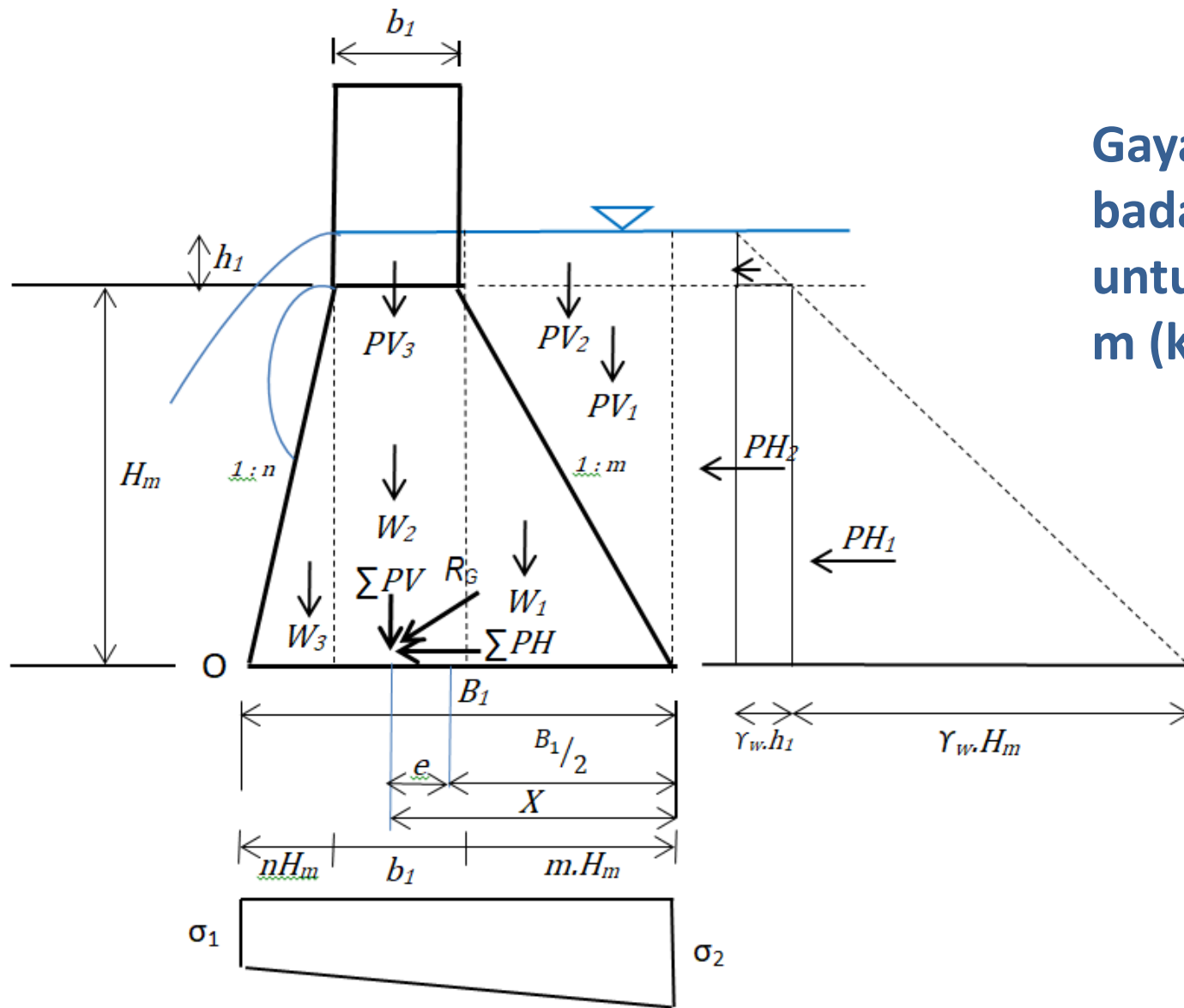


GAYA YANG BEKERJA

Tinggi efektif dam utama H (m)	Gaya yang diperhitungkan	
	Kondisi normal	Kondisi banjir
H < 15 meter	-	<ol style="list-style-type: none">1. Berat sendiri2. Tekanan hidrostatis
H ≥ 15 meter	<ol style="list-style-type: none">1. Berat sendiri2. Tekanan hidrostatis3. Tekanan sedimen4. Tekanan angkat (<i>uplift pressure</i>)5. Tekanan gempa (<i>seismic body pressure</i>)6. Tekanan hidrodinamik	<ol style="list-style-type: none">1. Berat sendiri2. Tekanan hidrostatis3. Tekanan sedimen4. Tekanan angkat (<i>uplift pressure</i>)

SABODAM DENGAN TINGGI $H_m < 15$ m

Untuk sabodam yang berperan sebagai dam sokong seperti grondsil (*groundsill*) yang merupakan bangunan sabodam rendah dengan tinggi $H_m < 15$ m maka standar perhitungan stabilitas pada kondisi normal tidak perlu diperhitungkan melainkan cukup dengan menganalisis pada kondisi banjir saja. Artinya gaya-gaya yang diperhitungkan hanya gaya akibat berat sendiri badan dam dan gaya akibat tekanan air. Stabilitas dam utama harus memenuhi persyaratan terhadap eksentrisitas, guling, geser dan daya dukung tanah dasar.



Gaya-gaya yang bekerja pada badan dam utama untuk tinggi dam utama < 15 m (keadaan banjir)

Gaya-gaya yang bekerja pada badan dam utama untuk tinggi dam utama < 15 meter pada kondisi banjir

		Gaya (Newton) per m'			Lengan (m)	Momen (Nm) (thd titik O)
		Macam Beban	Simbol	Nilai Gaya (N) per m'		
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)=(c)x(d)
Gaya hidrostatik pada komponen vertikal	Gaya vertikal akibat berat sendiri dam utama	W_1	$\frac{1}{2} n \cdot H_m^2 \gamma_c$	$nH_m + b_1 + \frac{1}{3}mH_m$	+	
		W_2	$b_1 \cdot H_m \cdot \gamma_c$	$nH_m + \frac{1}{2}b_1$	+	
		W_3	$\frac{1}{2} n \cdot H_m^2 \gamma_c$	$\frac{2}{3}nH_m$	+	
	Gaya vertikal akibat tekanan air	PV_1	$\frac{1}{2} \cdot m \cdot H_m^2 \gamma_w$	$nH_m + b_1 + \frac{2}{3}mH_m$	+	
		PV_2	$m \cdot H_m \cdot h_3 \cdot \gamma_w$	$nH_m + b_1 + \frac{1}{2}mH_m$	+	
		PV_3	$B_1 \cdot h_3 \cdot \gamma_w$	$nH_m + \frac{1}{2}b_1$	+	
Total gaya dan momen akibat gaya hidrostatik pada komponen vertikal		$\sum P_V$	Nilai total gaya vertikal	$\sum M_V$	Nilai total momen vertikal	
Gaya hidrostatik pada komponen horizontal	Gaya horizontal akibat tekanan air	PH_1	$\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H_m^2$	$\frac{1}{3} H_m$	-	
		PH_2	$\gamma_w h_1 \cdot H_m$	$\frac{1}{2} H_m$	-	
Total gaya dan momen akibat gaya hidrostatik pada komponen horizontal		$\sum P_H$	Nilai total gaya horizontal	$\sum M_H$	Nilai total momen horizontal	

TINGGI DAM UTAMA ≥ 15 meter

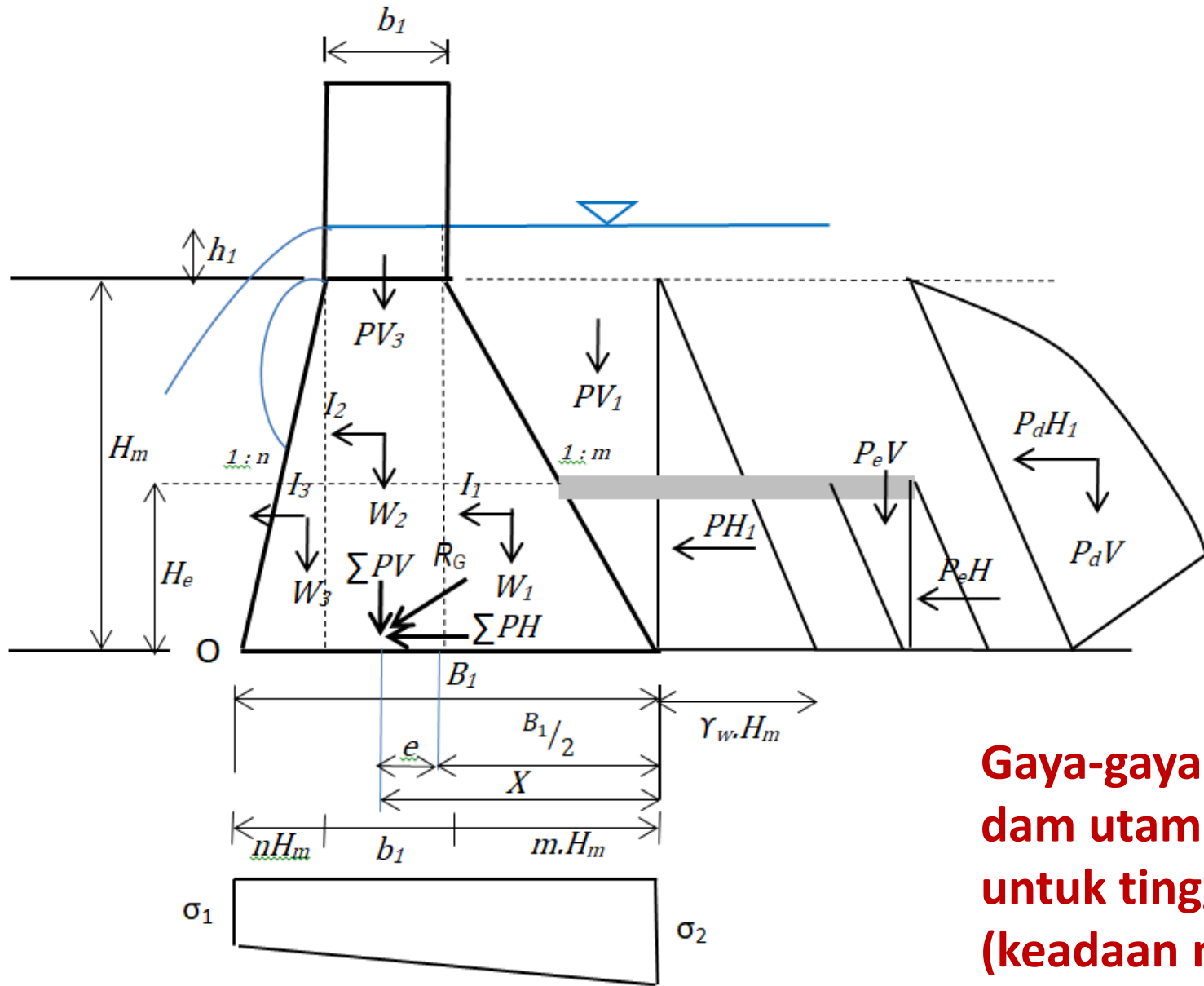
Perhitungan stabilitas dam utama didasarkan atas gaya-gaya yang bekerja pada badan dam utama baik pada keadaan normal maupun pada keadaan banjir sebagai berikut.

PADA KEADAAN NORMAL

Gaya-gaya yang diperhitungkan meliputi: berat sendiri dam utama (*weight of dam body*), tekanan hidrostatis (*hydrostatic pressure*), tekanan sedimen, tekanan angkat (*uplift pressure*), tekanan akibat gempa (*seismic body pressure*) dan tekanan hidrodinamik (*hydrodynamic pressure*). Gaya-gaya tersebut disajikan pada Gambar 4.2 dengan perhitungan dalam Tabel 4.2.

PADA KEADAAN BANJIR

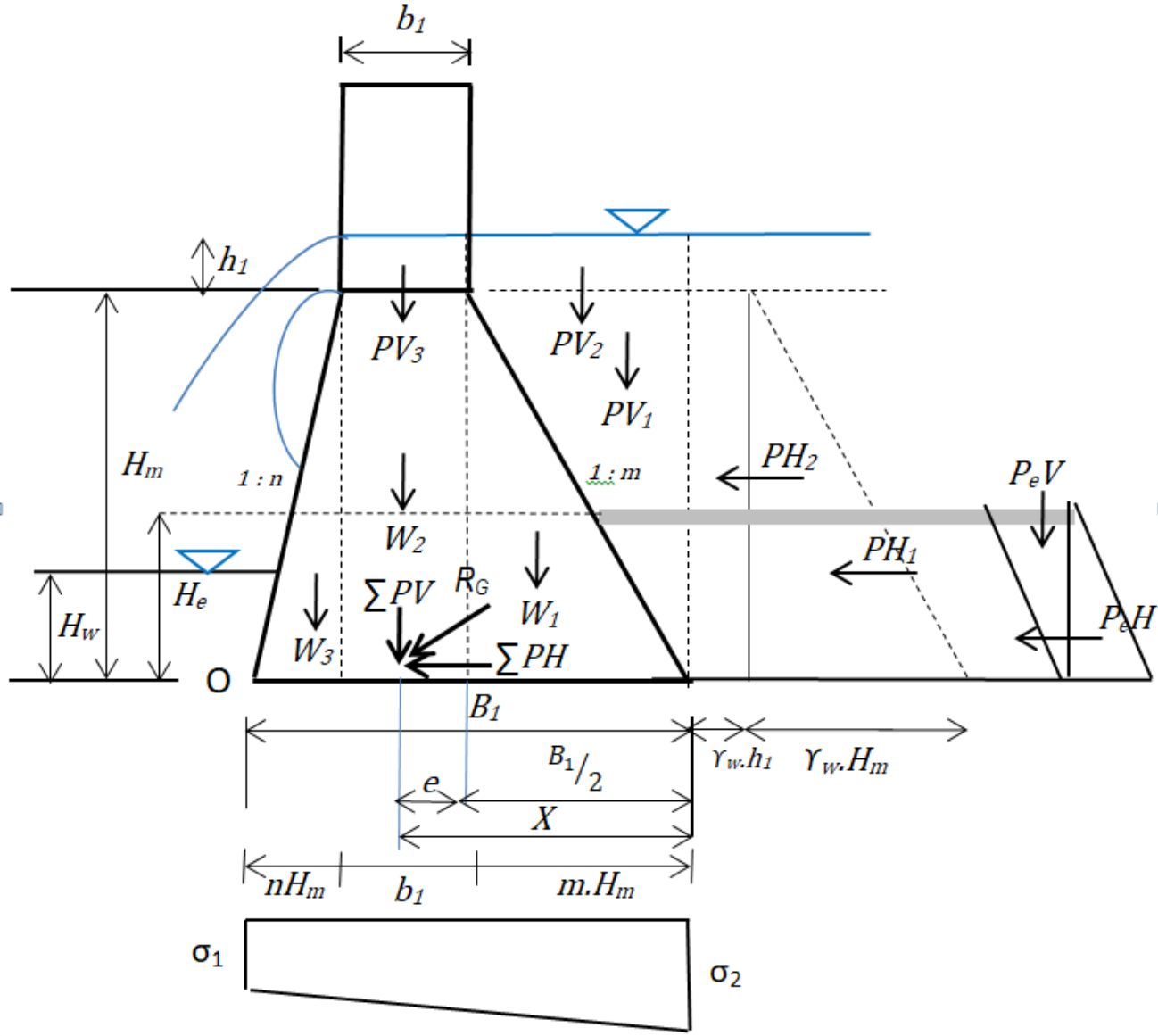
Gaya-gaya yang diperhitungkan meliputi: berat sendiri dam utama (*weight of dam body*), tekanan hidrostatis (*hydrostatic pressure*), tekanan sedimen, tekanan angkat (*uplift pressure*). Gaya-gaya tersebut disajikan pada Gambar 4.3 dengan perhitungan dalam Tabel 4.3.



Gaya-gaya yang bekerja pada badan dam utama untuk tinggi dam utama ≥ 15 m (keadaan normal)

GAYA2 UTK TINGGI DAM UTAMA ≥ 15 M PD KONDISI NORMAL

Gaya (Newton) per m'					Lengan (m)	Momen (Nm) (thd titik O)
Macam Beban	Simbol	Nilai Gaya (N) per m'	V	H		
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)=(c)x(f)
Berat dam utama	W_1	$\frac{1}{2} n.H_m^2 \gamma_c$	+		$nH_m + b_1 + \frac{1}{3}mH_m$	+
	W_2	$b_1.H_m. \gamma_c$	+		$nH_m + \frac{1}{2}b_1$	+
	W_3	$\frac{1}{2} n.H_m^2 \gamma_c$	+		$\frac{2}{3}nH_m$	+
Hydrostatic pressure	PV_1	$\frac{1}{2}.m.H_m^2 \gamma_w$	+		$nH_m + b_1 + \frac{2}{3}mH_m$	+
	PH_1	$\frac{1}{2}. \gamma_w .H_m^2$		+	$\frac{1}{3} H_m$	-
Tekanan sedimen	PeV	$\frac{1}{2}. \gamma_s .m.H_e^2$	+		$\frac{1}{3} m.H_e$	
	PeH	$\frac{1}{2}. \gamma_s .H_e^2.K_a$		+	$\frac{1}{3} H_e$	
Uplift pressure	σ_1	$\gamma_w .B_1.H_w$	+		$B_1/2$	
	σ_2	$\frac{1}{2}. \gamma_w .m.H_{e_w}(H_m-H_w).n_u$	+		$\frac{2}{3} B_1$	
Seismic body pressure	$I1$	$\frac{1}{2}.m.H_m^2 \gamma_c K$		+	$\frac{1}{3} H_m$	
	$I2$	$b_1.H_m. \gamma_c K$		+	$\frac{1}{2} H_m$	
	$I3$	$\frac{1}{2} n.H_m^2 \gamma_c K$		+	$\frac{1}{3} H_m$	
Hydrodynamic pressure	PdV	$\frac{1}{2} t.Cm.K.m.H_m^2 \gamma_w$	+		$\mu.m.H_m$	
	PdH	$\frac{1}{2} t.Cm.K.H_m^2 \gamma_w$		+	$\mu.H_m$	



Gaya-gaya yang bekerja pada badan dam utama untuk tinggi dam utama ≥ 15 m (keadaan banjir)

GAYA2 UTK TINGGI DAM UTAMA ≥ 15 M PD KONDISI BANJIR

Macam Beban	Gaya (Newton) per m'				Lengan (m)	Momen (Nm) (thd titik O)
	Simbol	Nilai Gaya (N) per m'	V	H		
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)=(c)x(f)
Berat dam utama	W_1	$\frac{1}{2} n.H_m^2 \gamma_c$	+		$nH_m + b_1 + 1/3mH_m$	+
	W_2	$b_1.H_m. \gamma_c$	+		$nH_m + \frac{1}{2}b_1$	+
	W_3	$\frac{1}{2} n.H_m^2 \gamma_c$	+		$2/3nH_m$	+
Hydrostatic pressure	PV_1	$\frac{1}{2}.m.H_m^2 \gamma_w$	+		$nH_m + b_1 + 2/3.mH_m$	+
	PV_2	$m.H_m.h_1. \gamma_w$			$nH_m + b_1 + \frac{1}{2}.mH_m$	
	PV_3	$b_1.h_1. \gamma_w$			$nH_m + b_1/2$	
	PH_1	$\frac{1}{2}. \gamma_w .H_m^2$		+	$1/3 H_m$	-
	PH_2	$H_m.h_1. \gamma_w$			$1/2 H_m$	
Tekanan sedimen	PeV	$\frac{1}{2}. \gamma_s .m.H_e^2$	+		$1/3 m.H_e$	
	PeH	$\frac{1}{2}. \gamma_s .H_e^2.K_a$		+	$1/3 H_e$	
Uplift pressure	σ_1	$\gamma_w .B_1.H_w$	+		$B_1/2$	
	σ_2	$\frac{1}{2}. \gamma_w .m.H_e.(H_m-H_w).n_*$	+		$2/3 B_1$	

STABILITAS

SYARAT STABILITAS

Jika $X = \frac{\Sigma M}{\Sigma PV}$, $e = \frac{B_1}{2} - X$ serta $\Sigma M = \Sigma M_V + \Sigma M_H$

$$0 < X < B_1$$

$$\frac{B_1}{3} < X < \frac{2B_1}{3}$$

$$e < \frac{1}{6} B_1$$

Catatan:

Jika nilai X positif, ini berarti titik X yang merupakan letak titik potong garis kerja resultante (R_G) terhadap dasar dam utama berada di sebelah kanan titik O. Jika letak titik X terhadap pusat berat dasar dam utama sebagai eksentrisitas $e < \frac{1}{6} B_1$, ini berarti garis kerja resultante (R_G) berada di dalam inti (*kern*) atau seluruh dasar dam utama mengalami desak.

STABILITAS THD GULING

$$SF_{guling} = \frac{\Sigma M_V}{\Sigma M_H}$$

SF_{guling} adalah faktor aman terhadap guling ($SF_{guling} = 1,2$ untuk tinggi sabodam < 15 m)

STABILITAS THD GESER

$$SF_{geser} = \frac{f \cdot \Sigma PV}{\Sigma PH} \quad \text{dengan} \quad f = \tan \varphi$$

Sf_{geser} adalah faktor aman terhadap geser

f adalah koefisien gesek antara dasar badan dam utama dan tanah dasar

φ adalah sudut geser dalam tanah

STABILITAS THD DAYA DUKUNG TANAH FONDASI

$$\sigma_1 = \frac{\Sigma PV}{B_{sa}} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B_{sa}} \right)$$
$$\sigma_2 = \frac{\Sigma PV}{B_{sa}} \cdot \left(1 - \frac{6e}{B_{sa}} \right)$$

Keterangan:

- σ_1 : tegangan vertikal pada ujung hilir dasar tembok tepi
(N/m², kN/m²)
- σ_2 : tegangan vertikal pada ujung hulu dasar tembok tepi
(N/m², kN/m²)

Faktor aman sabodam berdasarkan jenis tanah dasar

Jenis tanah dasar	Faktor aman (SF)
Tanah nonkohesif dan tekanan tanah pasif diabaikan	$\geq 1,50$
Tanah kohesif	$\geq 2,00$

Faktor aman sabodam berdasarkan tinggi efektif dam utama

Tinggi efektif dam utama H (m)	Faktor aman (SF)
$H < 15$ meter	$\geq 1,20$
$H \geq 15$ meter	$\geq 1,50$

DAYA DUKUNG TANAH DAN KOEFISIEN GESER

Klasifikasi fondasi		Daya dukung tanah (t/m ²)	Koefisien geser	Kuat tekan bebas (<i>unconfined compression strength</i>)	Nilai N – SPT
Batuan dasar	Batuan keras dengan sedikit retak	100	0,70	> 1.000 t/m ²	-
	Batuan keras dengan banyak retak	60	0,70	> 1.000 t/m ²	-
	Batuan lunak atau <i>mudstone</i>	30	0,70	> 100 t/m ²	-
Lapisan kerikil	Kompak	60	0,60	-	-
	Tidak kompak	30	0,60	-	-
Lapisan pasir	Kompak	30	0,60	-	30 – 50
	Kurang kompak	20	0,50	-	15 - 30
Lapisan tanah liat	Sangat keras	20	0,50	20 – 40 t/m ²	15 - 30
	Keras	10	0,45	10 – 20 t/m ²	8 - 15
	Kurang keras	5	-	5 – 10 t/m ²	4 – 8

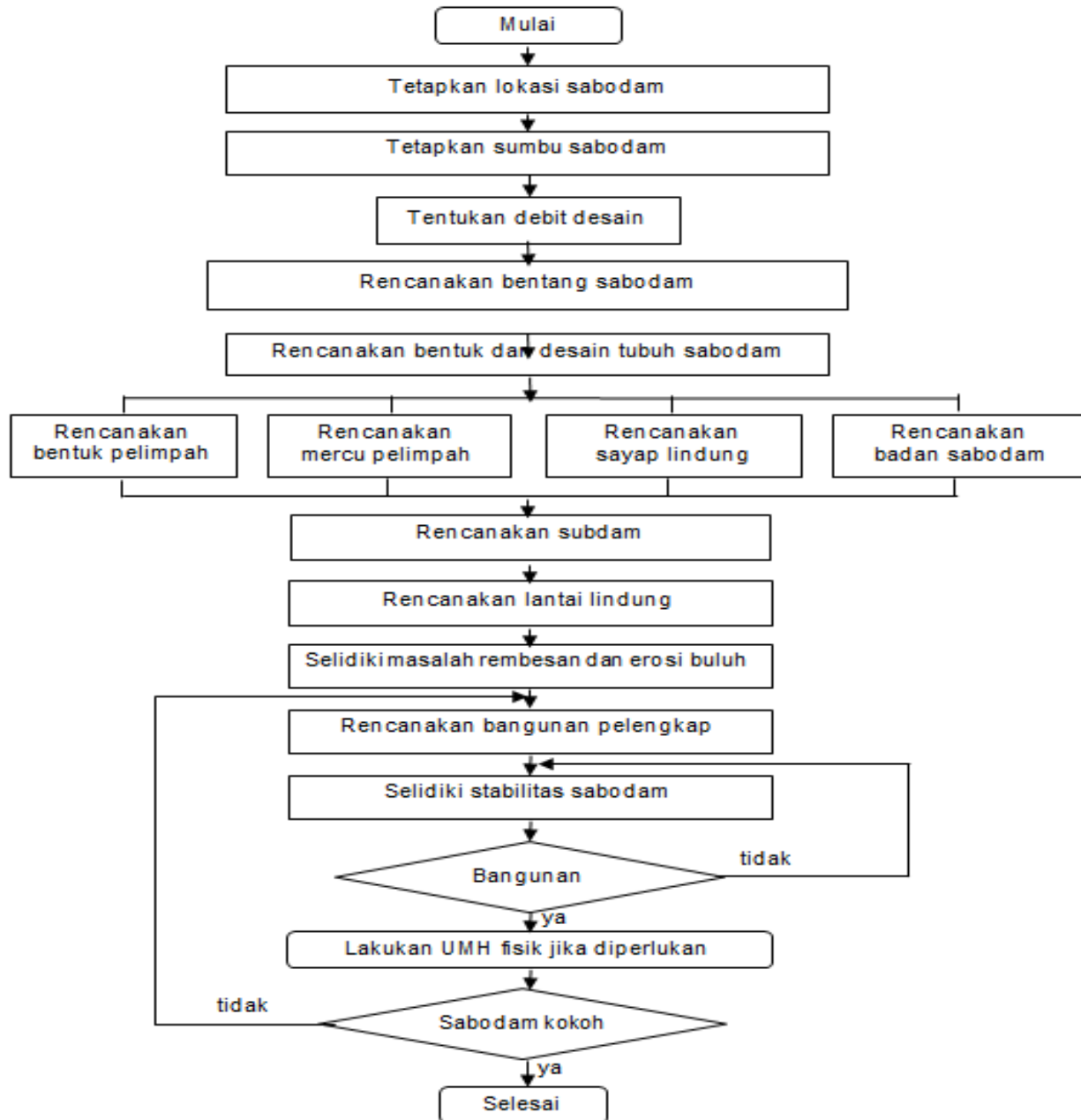
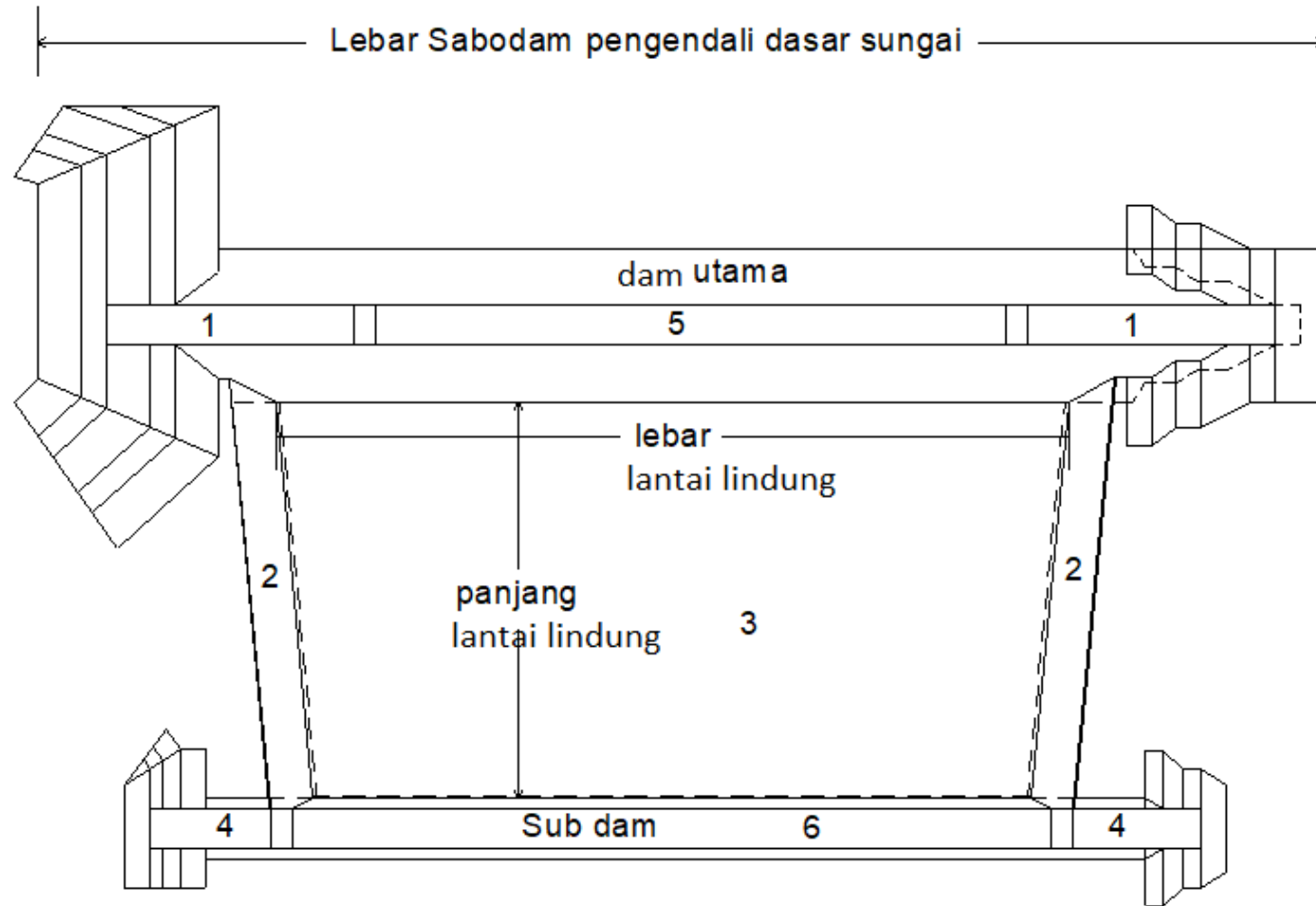


DIAGRAM ALIR DESAIN SABODAM



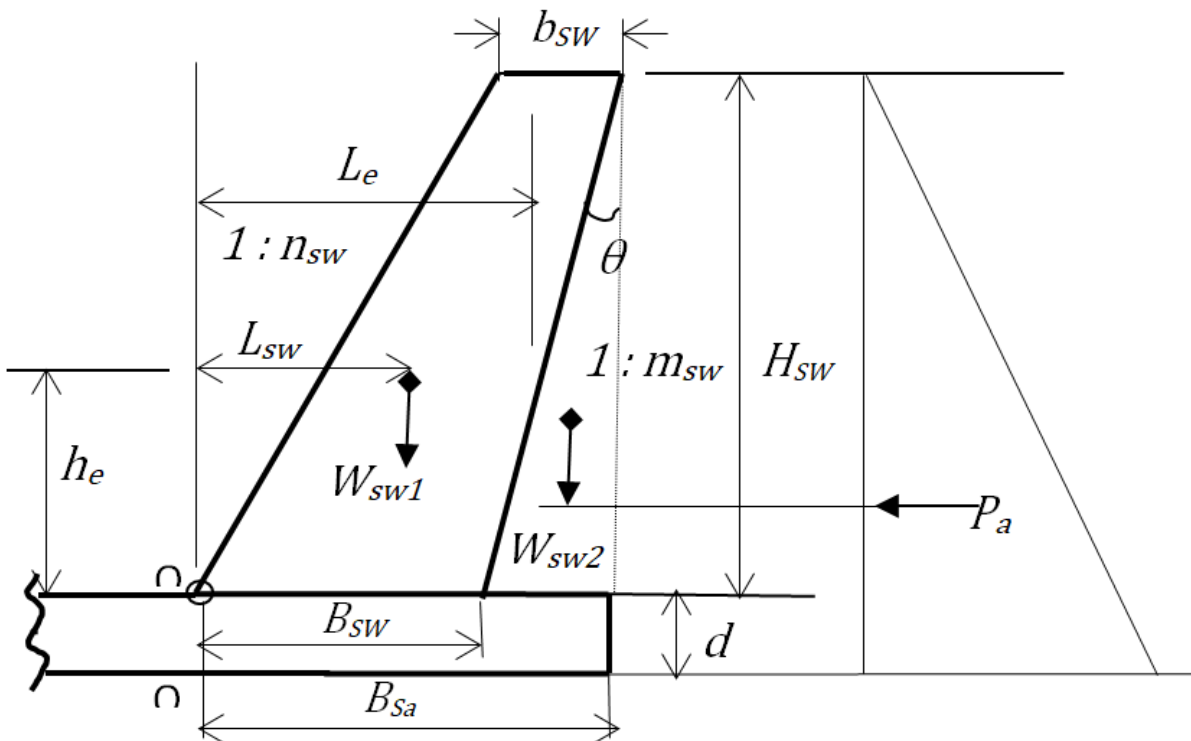
TAMPAK ATAS SABODAM DAN KELENGKAPANNYA

Keterangan gambar :

- | | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1. : sayap lindung dam utama | 3 : lantai lindung | 5 : pelimpah dam utama |
| 2. : tembok tepi | 4 : sayap lindung subdam | 6 : pelimpah subdam |

STABILITAS TEMBOK TEPI

Stabilitas tembok tepi pada bangunan sabodam menggunakan teori Rankine. Pada bangunan sabodam tipe tertutup, kondisi muka tanah di belakang tembok tepi selalu dibuat datar.



Keterangan:

- W_{sw} : gaya akibat berat sendiri tembok tepi (N, kN)
- H_{SW} : tinggi vertikal tembok tepi (m)
- B_{sa} : lebar dasar yang diperhitungkan untuk tembok tepi (m).
- B_{SW} : tebal dasar tembok tepi (m).
- B_{SW} : tebal atas tembok tepi (m)
- γ_c : berat volume tembok tepi (N/m³, kN/m³)
- γ_s : berat volume tanah (N/m³, kN/m³)
- P_a : tekanan tanah aktif (ton/m²)
- $P_a.H$: tekanan tanah horizontal (t)
- $P_a.V$: tekanan tanah vertikal (t)
- K_a : koefisien tekanan tanah aktif
- h_e : jarak vertikal antara pusat gaya berat dan pusat momen (m)
- L_s : jarak horizontal antara titik gaya tekanan tanah dan pusat momen (m)
- L_{sw} : jarak horizontal antara titik gaya berat sendiri dan pusat momen (m)
- θ : sudut kemiringan tembok tepi terhadap sumbu vertikal (°)
- φ : sudut geser dalam tanah (*angle of internal friction*) (°)
- β : sudut geser antara tembok tepi dan tanah (°)
- α : sudut antara bidang horizontal dengan permukaan tanah di belakang tembok tepi (°)

NILAI K_a

- Untuk muka tanah di belakang tembok tepi miring besarnya koefisien tekanan tanah aktif dapat dihitung menggunakan persamaan sbb.

$$K_a = \cos \alpha \cdot \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \varphi}}$$

- Untuk muka tanah di belakang tembok tepi datar atau $\alpha = 0$ maka persamaan di atas menjadi sbb.

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \cos \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

- sabodam yang dibangun pada daerah yang rentan terhadap bahaya aliran debris maka konstruksi bangunan harus cukup handal. Oleh karena itu, koefisien tekanan tanah pasif tidak diperhitungkan.

GAYA GAYA YG BEKERJA PD TEMBOK TEPI

		Gaya (Newton) per m'		Lengan (m)	Momen (Nm) (thd titik O)
Macam Beban		Simbol	Nilai Gaya (N) per m'		
(a)		(b)	(c)	(d)	(e)=(c)x(d)
Gaya hidrostatik pada komponen vertikal	Gaya vertikal akibat berat sendiri tembok tepi	W_{sw1}	Volume tembok tepi x γ_c	L_{sw}	+
	Gaya vertikal akibat berat tanah yang membentuk baji	W_{sw2}	Volume tanah yang membentuk baji x γ_s	L_s	+
Total gaya dan momen akibat gaya hidrostatik pada komponen vertikal		$\sum P_v$	Nilai total gaya vertikal	$\sum M_v$	Nilai total momen vertikal
Gaya hidrostatik pada	Gaya horizontal akibat tekanan tanah	P_a	$\frac{1}{2} \gamma_s (H_{sw} + d)^2 \cdot K_a$	$\frac{1}{3} (H_{sw} + d)$	-
Total gaya dan momen akibat gaya hidrostatik pada komponen horizontal		$\sum P_H$	Nilai total gaya horizontal	$\sum M_H$	Nilai total momen horizontal

LATIHAN DESAIN

Satu buah ground sill dari konstruksi pasangan beton akan dibangun guna menstabilkan dasar sungai rencana. Tanah dasar sungai berupa lapisan kerikil dan pasir dengan daya dukung 25 ton/m². Dasar sungai direncanakan naik setinggi 3 m dari dasar sungai semula dan fondasi dam utama diletakkan pada kedalaman 2 m di bawah permukaan dasar sungai semula. Data yang tersedia adalah sebagai berikut.

Kemiringan dasar sungai	:	S_o	=	0,025
Bentang sungai	:	B'	=	15 m
Debit air maksimum (debit banjir)	:	Q_o	=	25 m ³ / sec. (Kelompok I)
				35 m ³ / sec. (Kelompok II)
				50 m ³ / sec. (Kelompok III)
				60 m ³ / sec. (Kelompok IV)
Konsentrasi sedimen volumetrik di dasar sungai	:	C_*	=	0,60
Konsentrasi sedimen di dalam aliran	:	C_d	=	0,10
Sudut geser dalam tanah	:	φ	=	30 °
Berat jenis pasangan beton (<i>unit weight of concrete</i>)	:	G_c	=	2,30
Rapat massa tanah/sedimen	:	ρ_s	=	1700 kg/m ³
Rapat massa aliran debris (air+sedimen)	:	ρ_w	=	1200 kg/m ³
Rapat massa pasangan beton	:	ρ_c	=	2300 kg/m ³
Percepatan gravitasi	:	g	=	9,80 m/ sec ²