

**MODUL PENGANTAR PERENCANAAN EMBUNG**

**PELATIHAN PERENCANAAN EMBUNG**

**2017**

**PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN SUMBER DAYA AIR DAN KONSTRUKSI**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA  
PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN SUMBER DAYA AIR DAN KONSTRUKSI**

Jalan Abdul Hamid, Cicaheum - Bandung 40193, Telp (022) 7206892 Fax (022) 7232938 Email : [pusdiklatsdadankonstruksi@yahoo.com](mailto:pusdiklatsdadankonstruksi@yahoo.com)

---

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya pengembangan Modul Pengantar Perencanaan Embung sebagai materi inti/substansi dalam Pelatihan Perencanaan Embung. Modul ini disusun untuk memenuhi kebutuhan kompetensi dasar Aparatur Sipil Negara (ASN) di bidang sumber daya air.

Modul pengantar perencanaan embung ini disusun dalam 3 (tiga) bagian yang terbagi atas pendahuluan, materi pokok, dan penutup. Penyusunan modul yang sistematis diharapkan mampu mempermudah peserta pelatihan dalam memahami dan menerapkan Pengantar Perencanaan Embung. Penekanan orientasi pembelajaran pada modul ini lebih menonjolkan partisipasi aktif dari para peserta.

Akhirnya, ucapan terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada Tim Penyusun dan Narasumber, sehingga modul ini dapat diselesaikan dengan baik. Penyempurnaan maupun perubahan modul di masa mendatang senantiasa terbuka dan dimungkinkan mengingat akan perkembangan situasi, kebijakan dan peraturan yang terus menerus terjadi. Semoga Modul ini dapat memberikan manfaat bagi peningkatan kompetensi ASN di bidang SDA.

Bandung, November 2017  
Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan  
Sumber Daya Air dan Konstruksi

Ir. K. M. Arsyad, M.Sc.  
NIP. 19670908 199103 1 006

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>v</b>
<b>PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL .....</b>	<b>v</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Deskripsi Singkat.....	1
C. Tujuan Pembelajaran .....	1
D. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok.....	2
E. Estimasi Waktu.....	2
<b>MATERI POKOK 1 PENGANTAR PERENCANAAN EMBUNG .....</b>	<b>3</b>
1.1 Maksud Pembangunan Embung .....	3
1.2 Ruang Lingkup dan Tipe Embung .....	4
1.3 Tahapan dan Kriteria Desain Embung.....	4
1.3.1 Tahapan Perencanaan Embung .....	4
1.3.2 Kriteria Umum Tubuh Embung .....	4
1.4 Latihan .....	5
1.5 Rangkuman.....	6
<b>MATERI POKOK 2 TIPE TUBUH EMBUNG DAN TAHAPAN PERENCANAAN EMBUNG .....</b>	<b>8</b>
2.1 Tipe Tubuh Embung.....	8
2.1.1 Tubuh Embung Urugan Tanah .....	8
2.1.2 Tubuh Embung Urugan Batu .....	8
2.1.3 Pertimbangan dalam Perencanaan.....	10
2.2 Tahapan Perencanaan Embung.....	11
2.2.1 Penentuan Lokasi Embung.....	11
2.2.2 Pengukuran dan Penyelidikan Geoteknik Embung .....	12
2.2.3 Tata Letak Embung .....	12
2.2.4 Analisis Hidrologi .....	13
2.2.5 Penentuan tipe dan tinggi tubuh Embung .....	13

2.3	Latihan .....	14
2.4	Rangkuman.....	14
<b>MATERI POKOK 3 IKLIM DI INDONESIA .....</b>		<b>17</b>
3.1	Umum .....	17
3.2	Data Klimatologi.....	17
3.3	Latihan .....	18
3.4	Rangkuman.....	18
<b>PENUTUP.....</b>		<b>20</b>
A.	Simpulan .....	20
B.	Tindak Lanjut.....	20
<b>EVALUASI FORMATIF .....</b>		<b>21</b>
A.	Soal.....	21
B.	Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	22
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>GLOSARIUM</b>		
<b>KUNCI JAWABAN</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1- Kesesuaian antara tipe tubuh embung dengan jenis fondasi, bentuk  
lembah dan bahan bangunan .....13

Tabel 2.1- 13

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1-Illustrasi bangunan embung terdiri dari tubuh embung, pelimpah dan bangunan pengeluaran atau alat sadap .....	5
Gambar II.1-Tubuh Embung tipe urugan tanah (a) dan urugan batu (b dan c) .....	9
Gambar II.2-Illustrasi kerusakan dan kurangnya pemeliharaan pada embung .....	11

## PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

### Deskripsi

Modul pengantar perencanaan embung ini terdiri dari 3 (tiga) materi pokok. Materi pokok pertama membahas pengantar perencanaan embung. Materi pokok kedua

membahas tipe tubuh embung dan tahapan perencanaan embung. Materi pokok ketiga membahas iklim di Indonesia.

Peserta pelatihan mempelajari keseluruhan modul ini dengan cara yang berurutan. Pemahaman setiap materi pada modul ini diperlukan untuk memahami dan menerapkan pengantar perencanaan embung. Setiap materi pokok dilengkapi dengan latihan yang menjadi alat ukur tingkat penguasaan peserta pelatihan setelah mempelajari materi pada materi pokok.

### **Persyaratan**

Dalam mempelajari modul ini, peserta pelatihan diharapkan dapat menyimak dengan seksama penjelasan dari pengajar, sehingga dapat memahami dan menerapkan dengan baik materi yang merupakan materi inti/substansi dari Pelatihan Perencanaan Embung. Untuk menambah wawasan, peserta diharapkan dapat membaca terlebih dahulu materi yang berkaitan dengan pengantar perencanaan embung dari sumber lainnya.

### **Metode**

Dalam pelaksanaan pembelajaran ini, metode yang dipergunakan adalah dengan kegiatan pemaparan yang dilakukan oleh Pengajar/Widyaiswara/Fasilitator, adanya kesempatan diskusi, tanya jawab dan peragaan.

### **Alat Bantu/Media**

Untuk menunjang tercapainya tujuan pembelajaran ini, diperlukan Alat Bantu/Media pembelajaran tertentu, yaitu: LCD/*projector*, Laptop, *white board* dengan spidol dan penghapusnya, bahan tayang, serta modul dan/atau bahan ajar.

### **Kompetensi Dasar**

Setelah mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran, peserta diharapkan mampu memahami dan menerapkan pengantar perencanaan embung.

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Embung adalah bangunan penyimpan air yang dibangun didaerah depresi, biasanya diluar sungai. Kolam embung akan menyimpan air di musim hujan dan kemudianair dimanfaatkan bagi suatu desa atau kelompok masyarakat hanya selama musim kemarau untuk memenuhi kebutuhan dengan urutan prioritas: penduduk, ternak dan kebun. Jumlah kebutuhan tersebut akan menentukan tinggi tubuh embung, dan kapasitas tampung embung.

Bangunan embung umum digunakan di daerah Timur Indonesia dari pulau Bali sampai pulau Seram di Propinsi Maluku. Iklim di kawasan ini cukup kering, dimana musim hujan umumnya berlangsung selama 3 sampai 5 bulan, sedang musim kering berlangsung selama 7 sampai 9 bulan. Untuk wilayah Barat Indonesia dimana curah hujan umumnya tinggi dapat menggunakan pedoman perencanaan embung ini dengan mengikuti batasan atau kriteria yang berlaku.

### B. Deskripsi Singkat

Mata pelatihan ini membekali peserta pelatihan dengan pengetahuan mengenai pengantar perencanaan embung, yang disajikan dengan menggunakan metode ceramah, diskusi, tanya jawab dan peragaan.

### C. Tujuan Pembelajaran

#### 1. Kompetensi Dasar

Setelah mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran, peserta diharapkan mampu memahami dan menerapkan pengantar perencanaan embung.

#### 2. Indikator Keberhasilan

Setelah mengikuti pembelajaran, peserta diharapkan mampu:

- a. Menjelaskan dan menerapkan pengantar perencanaan embung,
- b. Menjelaskan dan menerapkan tipe tubuh embung dan tahapan perencanaan embung,
- c. Menjelaskan iklim yang ada di Indonesia.

#### **D. Materi Pokok dan Sub Materi Pokok**

Dalam modul pengantar perencanaan embung ini akan membahas materi:

1. Pengantar perencanaan embung
  - a. Maksud pembangunan embung,
  - b. Ruang lingkup dan tipe embung,
  - c. Tahapan dan kriteria desain embung.
2. Tipe tubuh embung dan tahapan perencanaan embung
  - a. Tubuh embung urugan tanah,
  - b. Tubuh embung urugan batu,
  - c. Pertimbangan dalam perencanaan,
  - d. Penentuan lokasi embung,
  - e. Pengukuran dan penyelidikan geoteknik embung,
  - f. Tata letak embung,
  - g. Analisis hidrologi,
  - h. Penentuan tipe dan tinggi tubuh embung.
3. Iklim di Indonesia
  - a. Umum,
  - b. Data klimatologi.

#### **E. Estimasi Waktu**

Alokasi waktu yang diberikan untuk pelaksanaan kegiatan belajar mengajar untuk mata pelatihan “Pengantar perencanaan embung” ini adalah 4 (empat) jam pelajaran (JP) atau sekitar 180 menit.

## MATERI POKOK 1

### PENGANTAR PERENCANAAN EMBUNG

*Indikator keberhasilan : setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan dan menerapkan pengantar perencanaan embung.*

#### 1.1 Maksud Pembangunan Embung

Perencanaan embung dimaksudkan agar dapat membangun konstruksi embung yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air bagi keperluan :

- a. domestik , untuk penduduk
- b. air untuk ternak
- c. air untuk kebun
- d. konservasi DAS atau sub DAS (imbuan air tanah)

Berdasarkan fungsi embung seperti tersebut diatas, maka kolam embung akan menyimpan air di musim hujan dan kemudian air dimanfaatkan bagi suatu desa atau kelompok masyarakat selama musim kemarau untuk memenuhi kebutuhan dengan urutan prioritas : penduduk, ternak dan kebun. Sehingga setiap akhir musim hujan maka kolam embung dapat mulai dimanfaatkan. Sedang bagi keperluan konservasi kolam embung dapat terisi sepanjang waktu.

Bangunan atau konstruksi embung dan bangunan pelengkapya terdiri dari beberapa bagian yaitu :

- a. tubuh embung berfungsi menutup lembah atau cekungan (depresi , alur) sehingga air dapat tertahan di udiknya.
- b. kolam embung atau tampungan berfungsi menampung air hujan
- c. alat sadap atau bangunan pengeluaran berfungsi mengeluarkan air kolam bila diperlukan
- d. pelimpah berfungsi mengalirkan banjir dari kolam tampungan ke lembah di hilir untuk mengamankan terjadinya limpasan

- e. jaringan distribusi berupa rangkaian pipa, berfungsi membawa air dari kolam ke tandon di daerah hilir embung secara gravitasi dan bertekanan.

## **1.2 Ruang Lingkup dan Tipe Embung**

Ruang Lingkup dalam Pedoman ini meliputi perencanaan pembangunan embung beserta waduknya.

Perencanaan Embung serta waduknya yang dimaksud dalam Modul ini meliputi:

1. Tubuh/badan embung dengan tinggi 10 meter yang diukur dari fondasi terdalam;
2. Tubuh/badan embung dengan tinggi 10 meter yang disebut dalam butir 1 dengan ketentuan, daya tampung waduk maksimum 100.000 m<sup>3</sup>

Tipe tubuh embung dalam Pedoman ini dibatasi hanya untuk tipe urugan, seperti dalam tipe bendungan, yaitu

1. Tipe Urugan Tanah Homogen
2. Tipe Urugan Tanah Berzona
3. Tipe Urugan Batu dengan Inti Kedap Air

## **1.3 Tahapan dan Kriteria Desain Embung**

### **1.3.1 Tahapan Perencanaan Embung**

Tahapan atau prosedur dalam merencanakan embung sebagai berikut:

- a. penentuan lokasi dan tempat embung
- b. pengukuran dan penyelidikan sederhana geoteknik
- c. penentuan tata letak
- d. analisis hidrologi
- e. penentuan tipe dan tubuh embung
- f. desain bangunan dan jaringan distribusi

### **1.3.2 Kriteria Umum Tubuh Embung**

Desain tubuh embung harus memenuhi kriteria umum sebagai berikut.

- a. aman terhadap kegagalan struktur
- b. aman terhadap rembesan dan bocoran
- c. aman terhadap kegagalan hidraulik

Untuk mencegah terjadinya limpasan diatas puncak tubuh embung, maka dalam mendesain ketinggian puncak tubuh embung, tinggi jagaan harus didesain memenuhi standar sesudah terjadinya penurunan. Tinggi jagaan tubuh embung harus cukup untuk menahan limpasan air banjir akibat gelombang.

Kapasitas pelimpah harus cukup untuk melewati debit banjir desain yang telah ditentukan untuk setiap lokasi embung yang dibagi dalam zona bagian timur dengan curah hujan yang terbatas dan zona wilayah barat dengan curah hujan yang tinggi..

Pada tubuh embung tidak diperkenankan terjadi debit rembesan dan tekanan yang berlebihan yang dapat mengakibatkan terjadinya aliran buluh, sembulan pasir dan retak hidraulik.



**Gambar 1.1-Illustrasi bangunan embung terdiri dari tubuh embung, pelimpah dan bangunan pengeluaran atau alat sadap**

#### 1.4 Latihan

1. Diperuntukkan untuk apa fungsi pembangunan embung dalam modul perencanaan ini?
2. Apabila diperlukan dimensi tinggi tubuh embung 15,00m, apakah dapat menggunakan modul perencanaan embung ini?
3. Tubuh embung harus memenuhi kriteria aman terhadap struktur, apa yang dimaksud dengan aman terhadap struktur?

## 1.5 Rangkuman

Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, seperti air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat, yang selalu bergerak mengikuti pola pergerakan/siklus tertentu.

Pembangunan embung dapat dilaksanakan dengan adanya perencanaan yang baik agar berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air bagi keperluan :

1. domestik , untuk penduduk
2. air untuk ternak
3. air untuk kebun
4. konservasi DAS atau sub DAS (imbuan air tanah)

Bangunan atau konstruksi embung dan bangunan pelengkapya terdiri dari beberapa bagian yaitu :

1. tubuh embung berfungsi menutup lembah atau cekungan (depresi , alur) sehingga air dapat tertahan di udiknya.
2. kolam embung atau tampungan berfungsi menampung air hujan
3. alat sadap atau bangunan pengeluaran berfungsi mengeluarkan air kolam bila diperlukan
4. pelimpah berfungsi mengalirkan banjir dari kolam tampungan ke lembah di hilir untuk mengamankan terjadinya limpasan
5. jaringan distribusi berupa rangkaian pipa, berfungsi membawa air dari kolam ke tandon di daerah hilir embung secara gravitasi dan bertekanan.

Perencanaan Embung serta waduknya yang dimaksud dalam Modul ini meliputi

1. Tubuh / badan embung dengan tinggi 10 meter yang diukur dari fondasi terdalam;
2. Tubuh / badan embung dengan tinggi 10 meter yang disebut dalam butir (1) dengan ketentuan, daya tampung waduk maksimum 100.000 m<sup>3</sup>
3. Kriteria umum tubuh embung

Desain tubuh embung harus memenuhi kriteria umum sebagai berikut.

- a. aman terhadap kegagalan struktur
- b. aman terhadap rembesan dan bocoran
- c. aman terhadap kegagalan hidraulik

Untuk mencegah terjadinya limpasan di atas puncak tubuh embung , maka dalam mendesain ketinggian puncak tubuh embung, tinggi jagaan harus didesain memenuhi standar sesudah terjadinya penurunan. Tinggi jagaan tubuh embung harus cukup untuk menahan limpasan air banjir akibat gelombang. Kapasitas pelimpah harus cukup untuk melewati debit banjir desain yang telah ditentukan untuk setiap lokasi embung yang dibagi dalam zona bagian timur dengan curah hujan yang terbatas dan zona wilayah barat dengan curah hujan yang tinggi.

## MATERI POKOK 2

### TIPE TUBUH EMBUNG DAN TAHAPAN PERENCANAAN EMBUNG

*Indikator keberhasilan : setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan dan menerapkan tipe tubuh embung dan tahapan perencanaan embung.*

#### 2.1 Tipe Tubuh Embung

##### 2.1.1 Tubuh Embung Urugan Tanah

Tubuh Embung urugan tanah dapat dibangun hampir pada segala jenis tanah fondasi dan pada topografi yang kurang baik. Embung urugan tanah secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 2 tipe yaitu:

1. Tipe Urugan Tanah Homogen
2. Tipe Urugan Tanah Berzona ( dengan inti tegak atau inti miring)

Konstruksi zona pada tubuh/badan embung dimaksudkan untuk meningkatkan keamanan bendungan dalam rangka memperkuat tubuh embung, serta pengendalian rembesan dan retakan.

##### 2.1.2 Tubuh Embung Urugan Batu

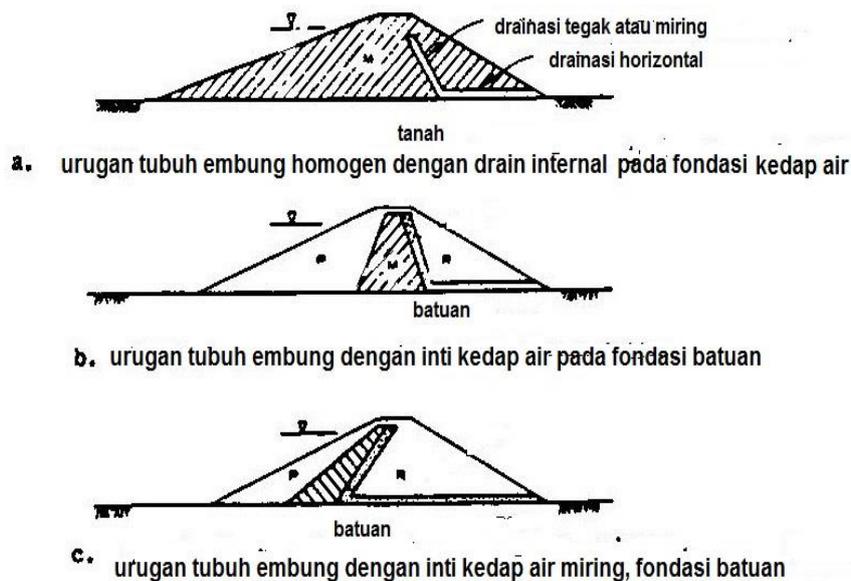
Tubuh Embung tipe urugan batu sebagian besar material urugannya berupa batu. Fungsi dari urugan batu ini sebagai pendukung utama stabilitas dari tubuh embung. Lapisan kedap air pada tubuh embung dapat berupa membran kedap air yang dipasang di lereng hulu tubuh embung, atau didalam tubuh embung berupa inti kedap air. Lapisan kedap air dapat berupa tanah, aspal, membran, atau beton.

Embung urugan batu dengan zona kedap air harus dilengkapi dengan filter dan atau transisi untuk mencegah perpindahan material dari zona berbutir halus ke zona berbutir lebih kasar. Lapisan kedap air pada tubuh embung urugan batu mempunyai ketebalan di bagian dasarnya paling tidak setengah dari tinggi bendungan, kemiringan lereng hulu dapat dibuat 1V : 3 H dan 1V ; 2 H untuk lereng hilir.

Urugan tanah pada tubuh embung harus dipadatkan mencapai sekitar 97 % pemedatan relatif . Untuk memperoleh hasil pemedatan yang baik diperlukan kadar air tanah yang mendekati optimum, pada ketebalan setiap lapisan 15 cm sesudah dipadatkan yang memerlukan 12 kali lintasan alat pemadat tamping roller.

Pada tubuh embung yang ditempatkan diatas fondasi bukan satuan batuan, maka harus dibuat paritan dinding halang di bagian tengah dari potongan tubuh embung. Dinding halang di desain mempunyai kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 1 H untuk kedalaman sampai 3,5 m dan kemiringan tidak lebih curam dari 1 V : 1,5 H untuk kedalaman yang lebih besar. Lebar dasar dari dinding halang harus sama dengan setengah dari tinggi tubuh embung sampai mencapai batuan atau sampai lapisan kedap air untuk mencegah terjadinya rembesan.

Pada embung tipe urugan batu dibutuhkan fondasi dengan penurunan kecil agar tidak merusak membran kedap air. Fondasi dapat berupa satuan batuan atau pasir kerikil yang sangat kompak. Pada embung urugan tanah maupun urugan batu harus dilengkapi dengan bangunan pelimpah yang mempunyai kapasitas yang memadai. Kelemahan utama pada embung tipe urugan tanah adalah rawan terhadap erosi yang dapat berakibat erosi yang menyebabkan kerusakan atau keruntuhan tubuh embung.



**Gambar II.1-Tubuh Embung tipe urugan tanah (a) dan urugan batu (b dan c)**

### 2.1.3 Pertimbangan dalam Perencanaan

#### a. Topografi

Pertimbangan terhadap topografi daerah rencana lokasi embung, antara lain termasuk bentuk permukaan lokasi bendungan dan daerah genangan, kemudahan akses ke lokasi dan akses ke lokasi material konstruksi.

Lembah dengan dinding curam didekat lokasi embung dapat diidentifikasi sebagai lokasi yang berpotensi mempunyai dampak longsor, aliran debris, dan lain-lain. Dampak tersebut dapat merusak tubuh embung, menimbun bangunan pengeluaran maupun mengurangi kapasitas tampungan.

Diperlukan penilaian terhadap lokasi apabila di anak sungai di dekat lokasi embung pernah terjadi longsor, slumping (longsor kecil), dan sumber rembesan. Apabila pernah terjadi aliran debris, dapat diindikasikan berpotensi banjir bandang (flash floods) pada anak sungai / alur sungai, yang menyebabkan terjadinya erosi dan pengisian sedimen di daerah genangan.

#### b. Geologi

Pertimbangan dilakukan untuk menilai kondisi batuan maupun jenis tanah yang akan digunakan sebagai fondasi embung. Kondisi geologi sering menjadi penentu dalam menetapkan tipe bendungan yang cocok untuk lokasi tersebut. Kondisi geologi maupun fondasi yang dipertimbangkan meliputi : kekuatan. Ketebalan, arah dan kemiringan lapisan , kelulusan air, kekar, retakan dan struktur sesar.

Retakan, sesar dan kekar pada batuan dasar di daerah genangan, di tumpuan bendungan dan yang tertanam dibawah galian dinding halang (cut off trench) dapat menyebabkan kehilangan air/rembesan yang lewat melalui formasi batuan.

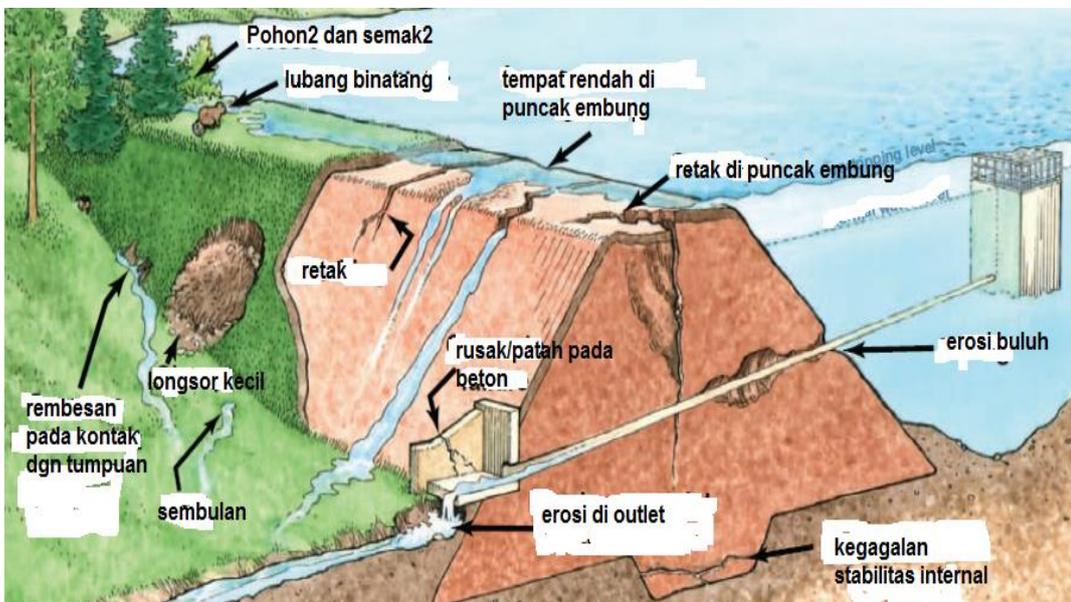
#### c. Hidrologi

Karakteristik curah hujan pada lokasi embung di Indonesia Bagian Barat atau di Indonesia Bagian Timur akan mempengaruhi pemilihan banjir desain untuk

bangunan pelimpah. Untuk kondisi hidrologi tertentu dapat mengacu pada penjelasan Hidrologi.

#### d. Lingkungan

Kondisi vegetasi, bentuk dan kemiringan daerah hilir potensi lokasi embung harus pula dipertimbangkan. Terdapatnya vegetasi penahan tanah di daerah hilir dapat menjadi indikasi cukupnya suplai air. Adanya perubahan kondisi muka tanah dan air tanah akibat bangunan embung dapat menyebabkan pengurangan vegetasi di daerah hilir, dan berkembangnya alur yang curam dan meningkatnya erosi.



**Gambar II.2-Illustrasi kerusakan dan kurangnya pemeliharaan pada embung**

## 2.2 Tahapan Perencanaan Embung

### 2.2.1 Penentuan Lokasi Embung

Pemilihan lokasi untuk embung dilakukan dengan meninjau lokasi tempat embung yang akan dibangun dan mempertimbangkan beberapa kondisi sebagai berikut.

1. lokasi embung merupakan cekungan yang cukup untuk menampung air lebih disukai yang kondisi geotekniknya tidak lulus air, sehingga kehilangan air sedikit atau terbatas.
2. lokasi dekat desa yang memerlukan air sehingga jaringan distribusi tidak begitu panjang dan tidak banyak kehilangan energi.

3. lokasi dekat jalan sehingga jalan masuk tidak panjang dan lebih mudah ditempuh.

### **2.2.2 Pengukuran dan Penyelidikan Geoteknik Embung**

Pengukuran geodetik dan penyelidikan geoteknik sederhana perlu dilakukan setelah lokasi atau tempat embung telah ditetapkan. Pekerjaan pengukuran meliputi seluruh daerah tadah hujan dan tempat embung. Hasil pengukuran akan berupa peta situasi berskala 1 : 2.000 dengan perbedaan kontur maksimum 1,00 m.

Pekerjaan penyelidikan geoteknik untuk embung dapat dilakukan secara sederhana dengan mengadakan pemboran tangan, pembuatan sumur uji atau parit uji. Penyelidikan ini bertujuan untuk menilai karakteristik fondasi, bahan bangunan, dan dinding kolam embung. Bila bahan berupa tanah, perlu pengambilan contoh dan pengujian di laboratorium. Tanah yang digunakan baik untuk fondasi maupun bahan urugan perlu diuji untuk mengetahui klasifikasi dan karakteristik pematatannya saja, sedangkan pengujian sifat mekaniknya (kekuatan geser dan konsolidasi) tidak diperlukan dimana data tersebut telah disederhanakan dan disediakan. Pengujian di laboratorium yang diperlukan mencakup : kadar air asli (Lempung), distribusi butir, batas konsistensi Atterberg dan pemadatan Proctor (lempung). Bila bahan berupa batu perlu diamati strukturnya untuk menilai sifat lulus airdan stabilitasnya bila digali. Dalam penyelidikan geoteknik diharapkan pula saran tentang letak dan arah sumbu tubuh embung dan pelimpah.

### **2.2.3 Tata Letak Embung**

Berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik, dapat ditentukan tata letak tubuh embung dan bangunan pelengkapannya. Tempat tubuh embung dipilih pada lembah yang paling sempit, dengan arah sumbu sedemikian sehingga panjang puncak tubuh embung pendek. Fondasi batu lebih disukai dalam memilih tempat embung daripada fondasi tanah tebal. Pelimpah saluran terbuka ditempatkan terpisah dari tubuh embung dan dipilih di celah bukit atau dinding sadle di kolam embung. supaya galian tidak banyak. Pada pelimpah saluran terbuka, topografi yang agak landai dan fondasi batu lebih sesuai karena resiko kerusakan akibat erosi lebih kecil. Pada

tubuh embung pasangan batu atau beton, pelimpah ditempatkan menyatu dengan tubuh embung.

Bangunan pengeluaran dapat berupa pipa sadap yang ditempatkan pada fondasi batu di bukit tumpuan. Dengan ditetapkan tata letak tersebut maka dapat ditentukan daya tampung kolam embung atau tinggi maksimum tubuh embung yang dapat dibangun sesuai kondisi topografi yang ada.

#### 2.2.4 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi untuk perencanaan embung akan menghasilkan keluaran berupa kebutuhan tampungan kolam, ketersediaan air dan puncak banjir desain. Perhitungan kebutuhan tampungan kolam embung perlu ditambah dengan sejumlah cadangan untuk mengantisipasi kehilangan air akibat penguapan dan resapan (infiltrasi). Demikian pula diperlukan cadangan untuk sedimen di lokasi kolam tampungan. Disamping itu puncak aliran banjir juga di analisis yang akan digunakan untuk menentukan dimensi hidraulik pelimpah.

#### 2.2.5 Penentuan tipe dan tinggi tubuh Embung

Untuk menentukan tipe dan tubuh embung berikut ini disampaikan tabel kesesuaian antara tipe tubuh embung dengan jenis fondasi, lembah dan bahan bangunan.

**Tabel 2.1-Kesesuaian antara tipe tubuh embung dengan jenis fondasi, bentuk lembah dan bahan bangunan**

<b>Tipe tubuh Embung</b>	<b>Jenis fondasi</b>	<b>Ukuran Lembah</b>	<b>Jenis Bahan Bangunan</b>
1) Urugan	(1) batu atau (2) tanah	(1) lebar Atau (2) sempit	(1) lempung atau tanah berlempung dan / atau (2) pasir sampai batu pecah
2) Komposit Kombinasi pasangan batu / beton dengan urugan tanah	batu	lebar	(1) lempung atau tanah berlempung dan / atau (2) pasir sampai batu pecah

### 2.3 Latihan

1. Bagaimana cara pembuatan dinding halang pada embung diatas fondasi satuan batu?
2. Bagaimana sebaiknya tata letak tubuh embung dan bangunan pelengkapya di tentukan?
3. Bagaimana kesesuaian antara tipe tubuh embung dengan jenis fondasi, lembah dan bahan bangunan?

### 2.4 Rangkuman

Tubuh Embung urugan tanah dapat dibangun hampir pada segala jenis tanah fondasi dan pada topografi yang kurang baik. Embung urugan tanah secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 2 tipe yaitu Tipe Urugan Tanah Homogen dan Tipe Urugan Tanah Berzona ( dengan inti tegak atau inti miring).

Tubuh Embung tipe urugan batu sebagian besar material urugannya berupa batu. Fungsi dari urugan batu ini sebagai pendukung utama stabilitas dari tubuh embung. Lapisan kedap air pada tubuh embung dapat berupa membran kedap air yang dipasang di lereng hulu tubuh embung, atau didalam tubuh embung berupa inti kedap air. Lapisan kedap air dapat berupa tanah, aspal, membran, atau beton.

Urugan tanah pada tubuh embung harus dipadatkan mencapai sekitar 97 % pemedatan relatif. Untuk memperoleh hasil pemadatan yang baik diperlukan kadar air tanah yang mendekati optimum, pada ketebalan setiap lapisan 15 cm sesudah dipadatkan yang memerlukan 12 kali lintasan alat pemadat tamping roller.

1. Pertimbangan dalam Perencanaan
2. Topografi
3. Geologi
4. Hidrologi
5. Lingkungan

Pemilihan lokasi untuk embung dilakukan dengan meninjau lokasi tempat embung yang akan dibangun dan mempertimbangkan beberapa kondisi antara lain: a) merupakan cekungan yang cukup untuk menampung air lebih disukai yang kondisi

geotekniknya tidak lulus air ; b) dekat desa yang memerlukan air dan c) dekat jalan sehingga jalan masuk.

Tata letak tubuh embung umumnya dipilih pada lembah paling sempit, sehingga panjang puncak tubuh embung pendek. Sedang fondasi batu lebih disukai dalam memilih tempat embung dari pada fondasi tanah tebal. Pelimpah saluran terbuka ditempatkan terpisah dari tubuh embung dan dipilih di celah bukit atau dinding sadle di kolam embung. supaya galian tidak banyak.

Pada pelimpah saluran terbuka, topografi yang agak landai dan fondasi batu lebih sesuai karena resiko kerusakan akibat erosi lebih kecil. Pada tubuh embung pasangan batu atau beton, pelimpah ditempatkan menyatu dengan tubuh embung. Pekerjaan pengukuran geodesi meliputi seluruh daerah tadah hujan dan tempat embung. Hasil pengukuran akan berupa peta situasi berskala 1 : 2.000 dengan perbedaan kontur maksimum 1,00 m.

Pengukuran dan Penyelidikan Geoteknik Embung dilakukan setelah lokasi atau tempat embung telah ditetapkan. Pekerjaan penyelidikan geoteknik untuk embung dapat dilakukan secara sederhana dengan mengadakan pemboran tangan, pembuatan sumur uji atau parit uji. Penyelidikan ini bertujuan untuk menilai karakteristik fondasi, bahan bangunan, dan dinding kolam embung. Bila bahan berupa tanah, perlu pengambilan contoh dan pengujian di laboratorium.

Bila bahan berupa tanah, perlu pengambilan contoh dan pengujian di laboratorium. Tanah yang digunakan baik untuk fondasi maupun bahan urugan perlu diuji untuk mengetahui klasifikasi dan karakteristik pemadatannya saja, sedangkan pengujian sifat mekaniknya (kekuatan geser dan konsolidasi) tidak diperlukan. Pengujian di laboratorium yang diperlukan mencakup : kadar air asli (Lempung), distribusi butir, batas konsistensi Atterberg dan pemadatan Proctor (lempung). Bila bahan berupa batu perlu diamati strukturnya untuk menilai sifat lulus air dan stabilitasnya bila digali. Dalam penyelidikan geoteknik diharapkan pula saran tentang letak dan arah sumbu tubuh embung dan pelimpah.

Analisis hidrologi untuk perencanaan embung akan menghasilkan keluaran berupa kebutuhan tampungan kolam, ketersediaan air dan puncak banjir desain. Perhitungan kebutuhan tampungan kolam embung perlu ditambah dengan sejumlah cadangan untuk mengantisipasi kehilangan air akibat penguapan dan resapan (infiltrasi). Demikian pula diperlukan cadangan untuk sedimen di lokasi kolam tampungan. Disamping itu puncak aliran banjir juga di analisis yang akan digunakan untuk menentukan dimensi hidraulik pelimpah.

## MATERI POKOK 3

### IKLIM DI INDONESIA

*Indikator keberhasilan : setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan tentang iklim di Indonesia.*

#### 3.1 Umum

Indonesia mempunyai iklim tropik basah yang dipengaruhi oleh angin monsun barat dan monsun timur. Dari bulan November hingga Mei, angin bertiup dari arah Utara Barat Laut membawa banyak uap air dan hujan di kawasan Indonesia; dari Juni hingga Oktober angin bertiup dari Selatan Tenggara kering, membawa sedikit uap air. Suhu udara di dataran rendah Indonesia berkisar antara 23 derajat Celsius sampai 28 derajat Celsius sepanjang tahun.

Curah hujan di Indonesia rata-rata 1.600 milimeter setahun, namun juga sangat bervariasi; dari lebih dari 7000 milimeter setahun sampai sekitar 500 milimeter setahun di daerah Palu dan Timor. Daerah yang curah hujannya rata-rata tinggi sepanjang tahun adalah Aceh, Sumatera Barat, Sumatera Utara, Riau, Jambi, Bengkulu, sebagian Jawa barat, Kalimantan Barat, Sulawesi Utara, Maluku Utara dan delta Mamberamo di Irian.

Setiap 3 sampai 5 tahun sekali sering terjadi El-Nino yaitu gejala penyimpangan cuaca yang menyebabkan musim kering yang panjang dan musim hujan yang singkat. Setelah El Nino biasanya diikuti oleh La Nina yang berakibat musim hujan yang lebat dan lebih panjang dari biasanya.

#### 3.2 Data Klimatologi

Data klimatologi untuk perencanaan lokasi embung akan ditetapkan pada 2 (dua) wilayah, yaitu :

1. Indonesia Wilayah Barat terdiri dari Jawa, Sumatra, Kalimantan
2. Indonesia Wilayah Timur terdiri dari Sulawesi, Maluku, Papua, Nusa Tenggara

Pengumpulan data klimatologi bagi keperluan perencanaan embung meliputi antara lain :

- a. Aliran air atau debit sungai
- b. Curah hujan jam-jaman, harian, bulanan, tahunan
- c. Sedimentasi
- d. Kelembaban udara dan penguapan
- e. Temperatur
- f. Kecepatan angin

Kebutuhan data tersebut diatas terkait dengan parameter yang akan digunakan dalam perencanaan embung. Untuk data curah hujan rencana dapat digunakan peta isohyet curah hujan untuk Indonesia.

### **3.3 Latihan**

1. Mengapa Indonesia mempunyai iklim tropis?
2. Sebutkan wilayah-wilayah yang ditetapkan dalam data klimatologi untuk perencanaan lokasi embung!
3. Sebutkan pengumpulan data klimatologi bagi keperluan perencanaan embung!

### **3.4 Rangkuman**

Indonesia mempunyai iklim tropik basah yang dipengaruhi oleh angin monsun barat dan monsun timur. Dari bulan November hingga Mei, angin bertiup dari arah Utara Barat Laut membawa banyak uap air dan hujan di kawasan Indonesia; dari Juni hingga Oktober angin bertiup dari Selatan Tenggara kering, membawa sedikit uap air. Suhu udara di dataran rendah Indonesia berkisar antara 23 derajat Celsius sampai 28 derajat Celsius sepanjang tahun.

Curah hujan di Indonesia rata-rata 1.600 milimeter setahun, namun juga sangat bervariasi; dari lebih dari 7000 milimeter setahun sampai sekitar 500 milimeter setahun di daerah Palu dan Timor. Daerah yang curah hujannya rata-rata tinggi sepanjang tahun adalah Aceh, Sumatera Barat, Sumatera Utara, Riau, Jambi, Bengkulu, sebagian Jawa barat, Kalimantan Barat, Sulawesi Utara, Maluku Utara dan delta Mamberamo di Irian.

Data klimatologi untuk perencanaan lokasi embung akan ditetapkan pada 2 (dua) wilayah, yaitu :

- a. Indonesia Wilayah Barat terdiri dari Jawa, Sumatra, Kalimantan
- b. Indonesia Wilayah Timur terdiri dari Sulawesi, Maluku, Papua, Nusa Tenggara

Pengumpulan data klimatologi bagi keperluan perencanaan embung meliputi antara lain:

- a. Aliran air atau debit sungai
- b. Curah hujan jam-jaman, harian, bulanan, tahunan
- c. Sedimentasi
- d. Kelembaban udara dan penguapan
- e. Temperatur
- f. Kecepatan angin

## PENUTUP

### A. Simpulan

Modul ini membahas tentang pengantar perencanaan embung untuk menunjang pekerjaan perencanaan embung yang mencakup antara lain: Pengantar Perencanaan Embung, Tipe Tubuh Embung dan Tahapan Perencanaan Embung dan Iklim di Indonesia.

Dalam modul Pengantar Perencanaan Embung disampaikan mengenai fungsi embung dalam memenuhi kebutuhan air bagi keperluan :1) domestik , untuk penduduk; 2) air untuk ternak ; 3) air untuk kebun; 4) konservasi DAS atau sub DAS (imbahan air tanah).

Embung serta waduknya yang dimaksud dalam Modul ini meliputi

- a. Tubuh / badan embung dengan tinggi 10 meter yang diukur dari fondasi terdalam;
- b. Tubuh / badan embung dengan tinggi 10 meter yang disebut dalam butir 1) dengan ketentuan, daya tampung waduk maksimum 100.000 m.

Tipe tubuh embung dalam Modul ini dibatasi hanya untuk tipe urugan, Tipe Tubuh Embung dan Pertimbangan Perencanaannya juga disampaikan disini dari segi Topografi, Geologi, Hidrologi dan Lingkungan. Untuk tahapan perencanaan embung dijelaskan urutan perencanaan sejak penentuan lokasi embung, pekerjaan pengukuran dan penyelidikan geoteknik embung, tata letak embung, analisis hidrologi serta penentuan tipe dan tinggi tubuh embung.

### B. Tindak Lanjut

Sebagai tindak lanjut dari pelatihan ini, peserta diharapkan mengikuti kelas lanjutan untuk dapat memahami dan menerapkan detail Perencanaan Embung dan ketentuan pendukung terkait lainnya, sehingga memiliki pemahaman yang komprehensif mengenai Perencanaan Embung.

## EVALUASI FORMATIF

Evaluasi formatif adalah evaluasi yang dilakukan diakhir pembahasan modul pengantar perencanaan embung pada Pelatihan Perencanaan Embung. Evaluasi ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana pemahaman peserta pelatihan terhadap materi yang disampaikan dalam modul.

### A. Soal

Anda diminta untuk memilih salah satu jawaban yang benar dari pertanyaan-pertanyaan di bawah ini!

1. Bangunan atau konstruksi embung dan bangunan pelengkapya terdiri dari beberapa bagian yaitu .....
  - a. tubuh embung, tubuh urugan, kolam embung, pelimpah
  - b. tubuh embung, air, kolam embung, alat sadap, pelimpah
  - c. tubuh embung, kolam embung, alat sadap, pelimpah, jaringan distribusi
  - d. tubuh embung, tubuh urugan, kolam embung, alat sadap, pelimpah, jaringan distribusi
  - e. tubuh embung, tubuh urugan, air, kolam embung, alat sadap, pelimpah, jaringan distribusi
  
2. Berikut ini kriteria umum yang harus dipenuhi dalam desain tubuh embung, kecuali....
  - a. aman terhadap kegagalan hidrologi
  - b. aman terhadap banjir
  - c. aman terhadap bencana alam
  - d. aman terhadap kegagalan struktur
  - e. aman terhadap kegagalan konstruksi
  
3. Konstruksi zona pada tubuh/badan embung dimaksudkan untuk....
  - a. meningkatkan keamanan bendungan dalam rangka memperkuat tubuh embung, serta pengendalian rembesan dan retakan
  - b. mendorong berkembangnya system pengelolaan sumber daya air yang melibatkan swasta dan masyarakat

- c. mengantisipasi kehilangan air akibat penguapan dan resapan (infiltrasi).
  - d. memenuhi kebutuhan dengan urutan prioritas : penduduk, ternak dan kebun
  - e. menahan limpasan air banjir akibat gelombang
4. Berikut ini merupakan tahapan atau prosedur dalam merencanakan embung, kecuali....
- a. penentuan lokasi dan tempat embung
  - b. pengukuran dan penyelidikan sederhana geoteknik
  - c. penentuan tata letak
  - d. analisis hidrologi
  - e. penentuan kriteria embung
5. Berikut ini merupakan keperluan perencanaan embung dalam pengumpulan data klimatologi adalah.....
- a. aliran air atau debit sungai
  - b. curah hujan jam-jaman, harian, bulanan, tahunan
  - c. kelembaban udara dan penguapan
  - d. temperatur
  - e. kecepatan air

## B. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Untuk mengetahui tingkat penguasaan peserta pelatihan terhadap materi yang di paparkan dalam materi pokok, gunakan rumus berikut :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban Yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan :

- 90 - 100 % : baik sekali
- 80 - 89 % : baik
- 70 - 79 % : cukup
- < 70 % : kurang

Diharapkan dengan materi yang diberikan dalam modul ini, peserta dapat memahami dan menerapkan pengantar perencanaan embung. Proses berbagi dan diskusi dalam kelas dapat menjadi pengayaan akan materi pengantar perencanaan embung. Untuk memperdalam pemahaman terkait materi pengantar perencanaan embung, diperlukan pengamatan pada beberapa modul-modul mata pelatihan terkait atau pada modul-modul yang pernah Anda dapatkan serta melihat variasi-variasi modul-modul yang ada pada media internet, sehingga terbentuklah pemahaman yang utuh akan Perencanaan Embung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Pusat Litbang Pengairan. Balitbang PU, DEPT. PU, bekerja sama dengan AFH, Maret 1994, Pedoman Kriteria Desain Embung Kecil untuk Daerah Semi Kering di Indonesia.
- Komisi Keamanan Bendungan , (Balai Keamanan Bendungan) Maret 2003, Pedoman Kriteria Umum Desain Bendungan
- Utah Department of Natural Resources Division of Water Rights, Dam Safety Section, April 2003 , Dam Safety Guidelines for Small Low Hazard Dams.

## GLOSARIUM

- Air** : Semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, seperti air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat.
- Air permukaan** : Semua air yang terdapat pada permukaan tanah, seperti air sungai, air saluran (stream), mata air (spring), air danau, air waduk, air telaga, dan air di kolam retensi.
- Cekungan** : Depresi , alur.
- Cut off Trench** : Dinding haling.
- DAS** : Daerah Aliran Sungai.
- Daerah Aliran Sungai** : Suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktifitas daratan.
- Daya air** : Potensi yang terkandung dalam air dan atau sumber daya air yang dapat member manfaat ataupun kerugian bagi kehidupan manusia dan lingkungannya.
- Erosi** : Hal menjadi aus (berlubang) karena geseran air (tentang batu).

<b>Infiltrasi</b>	: Resapan.
<b>Konservasi</b>	: Pemeliharaan dan perlindungan sesuatu secara teratur untuk mencegah kerusakan dan kemusnahan dengan jalan mengawetkan; pengawetan; pelestarian;
<b>Overtopping</b>	: Peluapan
<b>Piping</b>	: Erosi buluh
<b>Sedimentasi</b>	: Pengendapan atau hal mengendapkan benda padat karena pengaruh gaya berat.
<b>Siklus</b>	: Putaran waktu yang di dalamnya terdapat rangkaian kejadian yang berulang-ulang secara tetap dan teratur; daur.
<b>Sumber Daya Air</b>	Air, sumber air, dan daya air yang dikandung di dalamnya.

## KUNCI JAWABAN

Berikut ini merupakan kumpulan jawaban atau kata kunci dari setiap butir pertanyaan yang terdapat di dalam modul. Kunci jawaban ini diberikan dengan maksud agar peserta pelatihan dapat mengukur kemampuan diri sendiri.

Adapun kunci jawaban dari soal latihan pada setiap materi pokok, sebagai berikut:

### Latihan Materi Pokok 1

1. **Perencanaan embung dimaksudkan agar dapat membangun konstruksi embung yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air bagi keperluan :**
  - a. domestik , untuk penduduk
  - b. air untuk ternak
  - b. air untuk kebun
  - c. konservasi DAS atau sub DAS (imbuhan air tanah)
2. **Perencanaan Embung serta waduknya yang dimaksud dalam Modul ini meliputi:**
  - a. Tubuh/badan embung dengan tinggi 10 meter yang diukur dari fondasi terdalam;
  - b. Tubuh/badan embung dengan tinggi 10 meter yang disebut dalam butir 1 dengan ketentuan, daya tampung waduk maksimum 100.000 m<sup>3</sup>
3. **Aman terhadap kegagalan struktur** makssudnya untuk mencegah terjadinya limpasan diatas puncak tubuh embung, maka dalam mendesain ketinggian puncak tubuh embung, tinggi jagaan harus didesain memenuhi standar sesudah terjadinya penurunan. Tinggi jagaan tubuh embung harus cukup untuk menahan limpasan air banjir akibat gelombang.

### Latihan Materi Pokok 2

1. **Cara pembuatan dinding halang pada embung diatas fondasi satuan batu** yaitu harus dibuat paritan dinding halang di bagian tengah dari potongan tubuh embung. Dinding halang di desain mempunyai kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 1 H untuk kedalaman sampai 3,5 m dan kemiringan tidak lebih curam dari 1 V : 1,5 H untuk kedalaman yang lebih besar. Lebar dasar dari dinding halang

harus sama dengan setengah dari tinggi tubuh embung sampai mencapai batuan atau sampai lapisan kedap air untuk mencegah terjadinya rembesan.

2. **Berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik, dapat ditentukan tata letak tubuh embung dan bangunan pelengkapny.** Tempat tubuh embung dipilih pada lembah yang paling sempit, dengan arah sumbu sedemikian sehingga panjang puncak tubuh embung pendek. Fondasi batu lebih disukai dalam memilih tempat embung daripada fondasi tanah tebal. Pelimpah saluran terbuka ditempatkan terpisah dari tubuh embung dan dipilih di celah bukit atau dinding sadle di kolam embung. supaya galian tidak banyak. Pada pelimpah saluran terbuka, topografi yang agak landai dan fondasi batu lebih sesuai karena resiko kerusakan akibat erosi lebih kecil. Pada tubuh embung pasangan batu atau beton, pelimpah ditempatkan menyatu dengan tubuh embung.
3. **Kesesuaian antara tipe tubuh embung dengan jenis fondasi, bentuk lembah dan bahan bangunan**

<b>Tipe tubuh Embung</b>	<b>Jenis fondasi</b>	<b>Ukuran Lembah</b>	<b>Jenis Bahan Bangunan</b>
1) Urugan	(1) batu atau (2) tanah	(1) lebar Atau (2) sempit	(1) lempung atau tanah berlempung dan / atau (2) pasir sampai batu pecah
2) Komposit Kombinasi pasangan batu / beton dengan urugan tanah	batu	lebar	(1) lempung atau tanah berlempung dan / atau (2) pasir sampai batu pecah

### **Latihan Materi Pokok 3**

1. **Indonesia mempunyai iklim tropik basah yang dipengaruhi** oleh angin monsun barat dan monsun timur.
2. **Data klimatologi untuk perencanaan lokasi embung akan ditetapkan pada 2 (dua) wilayah, yaitu :**
  - a. Indonesia Wilayah Barat terdiri dari Jawa, Sumatra, Kalimantan
  - b. Indonesia Wilayah Timur terdiri dari Sulawesi, Maluku, Papua, Nusa Tenggara

3. **Pengumpulan data klimatologi bagi keperluan perencanaan embung meliputi antara lain:**
- a. Aliran air atau debit sungai
  - b. Curah hujan jam-jaman, harian, bulanan, tahunan
  - c. Sedimentasi
  - d. Kelembaban udara dan penguapan
  - e. Temperatur
  - f. Kecepatan angin

Adapun kunci jawaban dari soal evaluasi formatif, sebagai berikut :

1. **c** (tubuh embung, kolam embung, alat sadap, pelimpah, jaringan distribusi)
2. **d** (aman terhadap kegagalan struktur)
3. **a** (meningkatkan keamanan bendungan dalam rangka memperkuat tubuh embung, serta pengendalian rembesan dan retakan)
4. **e** (penentuan kriteria embung)
5. **e** (kecepatan air)