

*Penerbit*  
**TOHAR MEDIA**

# PERENCANAAN INFRASTRUKTUR SUMBER DAYA AIR

Burhanuddin Badrun, Zulharnah HR, Ahmad Syarif Sukri,  
Yusman, Fathur Rahman Rustan,  
Dharwati Pratama Sari, Hamkah, Erni Rante Bungin.

# Perencanaan Infrastruktur Sumber Daya Air

## Penulis

Burhanuddin Badrun, Zuharnah HR, Ahmad Syarif Sukri,  
Yusman, Fathur Rahman Rustan, Dharwati Pratama Sari,  
Hamkah, Erni Rante Bungin

## Editor

Sri Gusty

Penerbit

**TOHAR MEDIA**

# Perencanaan Infrastruktur Sumber Daya Air

## Penulis :

Burhanuddin Badrun, Zulharnah HR, Ahmad Syarif Sukri, Yusman, Fathur Rahman Rustan, Dharwati Pratama Sari, Hamkah, Erni Rante Bungin

ISBN : 978-623-8148-18-9

Editor : Sri Gusty

Desain Sampul dan Tata Letak

Ai Siti Khairunisa

Penerbit

CV. Tohar Media

Anggota IKAPI No. 022/SSL/2019

Redaksi :

JL. Rappocini Raya Lr 11 No 13 Makassar

JL. Hamzah dg. Tompo. Perumahan Nayla Regency Blok D  
No.25 Gowa

Telp. 0852-9999-3635/0852-4352-7215

Email : [toharmedia@yahoo.com](mailto:toharmedia@yahoo.com)

Website : <https://toharmedia.co.id>

Cetakan Pertama April 2023

**Hak Cipta dilindungi undang-undang.** Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik termasuk memfotocopy, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit

Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak **Rp. 5.000.000.000,00 (Lima Miliar Rupiah)**
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat 1, dipidana paling lama 5 (lima tahun) dan/atau denda paling banyak **Rp. 500.000.000,00 (Lima Ratus Juta Rupiah)**

## **Kata Pengantar**

*Bismillahirrohmanirohim, Assalamualaikum Warahmatullaahi  
Wabarakatuh*

Alhamdulillah, puji syukur selalu kita panjatkan kehadiran ALLAH SWT. Berkat limpahan rahmat berupa kesehatan yang di berikan kepada kita semua terkhusus kepada semua penulis sehingga penyusunan buku “Perencanaan Infrastruktur Sumber Daya Air” dapat terselesaikan. Shalawat dan salam tidak pernah terhenti tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang menjadi contoh dan teladan bagi umat manusia.

Pengembangan sumber daya air merupakan upaya pendayagunaan sumber-sumber air secara terpadu dengan upaya pengelolaan, pengendalian, dan pelestarian. Di masa lalu pengembangan sumber daya air diartikan sebagai upaya pemanfaatan sumber air untuk memenuhi kebutuhan tertentu, antara lain kebutuhan irigasi, air minum tanpa memikirkan lebih jauh dampak dari eksplorasi sumber air yang ada, serta pembaharuan atau sumber variasi kebutuhan air di masa yang akan datang. Sehingga kedepannya diperlukan pengelolaan perencanaan infrastruktur sumber daya air berkelanjutan di dasarkan pada strategi yang berupaya untuk mencapai kesembaingan dan keserasian antara aspek Ekonomi, Ekologis, dan Sosial Budaya sehingga dapat meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, serta memperbaiki dan melakukan konservasi lingkungan.

Buku Perencanaan Infrastruktur Sumber Daya Air merupakan kumpulan tulisan tentang sumber daya keairan yang dilaksanakan oleh sekelompok orang dengan keahlian tertentu

secara profesional untuk menjunjung tinggi kejayaan profesional dengan tanggung jawabnya terhadap umat manusia dan Tuhan yang Maha Esa. Tim penulis berkesimpulan semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

*Wassalamualaikum Warahmatullaahi Wabarakatuh*

Makassar, 26 Desember 2022

Tim Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Depan \_i

Halaman Penerbit \_ii

Kata engantar \_iii

Daftar Isi \_v

### **Bab 1. Pengembangan Sumber Daya Air \_1**

1.1. Pendahuluan \_1

1.2. Fungsi Pengembangan Air \_1

1.3. Kegiatan dalam Pemberdayaan Sumber Daya Air \_2

1.4. Potensi Sumber Daya Air Indonesia \_2

1.5. Isu Pemanfaatan dan Penanganan Sumber

Daya Air \_3

1.6. Aspek Pengembangan Sumber Daya Air \_4

1.7. Kreteria Utama, Perlindungan dan Pelestarian

PSDA \_5

1.8. Pengawetan Air \_6

1.9. Pengembangan dan Pemanfaatan Sumber

Daya Air \_7

### **Bab 2. Pengertian Sumber Daya Air \_13**

2.1. Pendahuluan \_13

2.2. Pengertian Sumber Daya Air \_15

2.3. Pemanfaatan Sumber Daya Air \_16

2.4. Penutup \_21

### **Bab 3. Infrastruktur Utama Irigasi \_23**

3.1. Pendahuluan \_23

3.2. Bendungan \_25

3.3. Bendung \_29

3.4. Embung \_36

3.5. Penutup \_39

<b>Bab 4. Air Tanah dan Air Permukaan</b>	<b>_41</b>
4.1. Pendahuluan	_41
4.2. Siklus Hidrologi	_42
4.3. Air Tanah	_45
4.4. Air Permukaan	_47
4.5. Penutup	_49
<b>Bab 5. Perencanaan Bangunan Irigasi</b>	<b>_51</b>
5.1. Pendahuluan	_51
5.2. Klasifikasi Jaringan Irigasi	_52
5.3. Kriteria Desain Irigasi	_53
5.4. Sistem Jaringan Irigasi	_53
5.5. Pola Tanam	_55
5.6. Tahapan Pekerjaan Perencanaan Teknis Irigasi	_56
5.7. Rencana Bangunan Utama	_59
<b>Bab 6. Sistem Drainase Perkotaan</b>	<b>_65</b>
6.1. Pendahuluan	_65
6.2. Jenis-jenis Drainase	_68
6.3. Sistem Jaringan Drainase	_69
6.4. Hidrologi untuk Drainase Perkotaan	_71
<b>Bab 7. Perencanaan Bendungan</b>	<b>_77</b>
7.1. Pendahuluan	_77
7.2. Lokasi Penempatan Bendung	_77
7.3. Jenis-Jenis Bendungan sebagai Bangunan Utama	_79
7.4. Merancang Desain Bendung Pelimpah	_86
7.5. Analisis Kontrol dan Kebutuhan Stabilitas Tubuh Bendung	_90
7.6. Bangunan Pelengkap Bendung	_94
7.7. Bangunan Pelindung Sebagai Perkuatan Sungai	_102
7.8. Penetapan Desain Bangunan Utama	_102

**Bab 8. Konsep Perencanaan Waduk \_105**

8.1. Pendahuluan \_105

8.2. Kebutuhan Data \_106

8.3. Analisa Hidrologi \_107

8.4. Ketersediaan Air \_108

8.5. Kebutuhan Air \_108

8.6. Neraca Air \_109

8.7. Kapasitas Tampungan Waduk \_110

8.8. Penutup \_110

**Daftar Pustaka \_111**

**Biografi \_117**

# Perencanaan Infrastruktur Sumber Daya Air

## **Penulis**

Burhanuddin Badrun, Zulharnah HR, Ahmad Syarif Sukri,  
Yusman, Fathur Rahman Rustan, Dharwati Pratama Sari,  
Hamkah, Erni Rante Bungin

## **Editor**

Sri Gusty

# Pengembangan Sumber Daya Air

## 1.1 Pendahuluan

Sumber daya air adalah air, sumber air, dan daya air yang terkandung di dalamnya.

- a) Air adalah semua air yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat.
- b) Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan atau buatan yang terdapat pada, di atas, atau di bawah permukaan tanah.
- c) Daya air adalah potensi yang terkandung dalam air dan atau pada sumber daya air yang dapat memberikan manfaat ataupun kerugian bagi kehidupan dan penghidupan manusia serta lingkungannya.

## 1.2. Fungsi Pengembangan Air

- a) Alokasi air
- b) Pengendalian pencemaran

- c) Pemantauan sumber daya air, penggunaan air dan pencemaran
- d) Pengelolaan informasi
- e) Pengelolaan ekonomi dan keuangan

### **1.3. Kegiatan dalam Pemberdayaan Sumber Daya Air**

#### **1.3.1. Perencanaan (*Planning*)**

- a) Pembangunan Nasional
- b) Peningkatan Nilai Hidup / Kualitas Hidup
- c) Perbaikan Lingkungan
- d) Pemerataan Keseimbangan Pembangunan

#### **1.3.2. Perancangan (*Design*)**

- a) Rancang bangun,
- b) Rencana anggaran biaya, dan
- c) Kelayakan finansial

#### **1.3.3. Konstruksi (*Construction*)**

Rancangan bangunan untuk penyediaan air bagi konsumsi masyarakat secara berkelanjutan

#### **1.3.4. Pengelolaan (*Management*)**

Operasi dan Pemeliharaan

### **1.4. Potensi Sumber Daya Air Indonesia**

#### **1.4.1. Penyebaran Potensi Air Tanah dan Air Permukaan di Indonesia (*Bakorsurtanal 2001*)**

- a) Kalimantan 30.4%
- b) Sumatera 24.6%
- c) Papua 23.8%
- d) Sulawesi 14.8%
- e) Jawa dan Bali 6.4%

#### **1.4.2. Kebutuhan Sumber Daya Air (*Bakorsurtanal 2001*)**

Pada tahun 2000, total pengambilan air diperkirakan mencapai 113.29 km<sup>3</sup>. Pembagian air menurut sektor yang ada:

- a) Pertanian, 92,76 km<sup>3</sup> mengairi 7.9 juta Ha areal pertanaman.
- b) Domestik, 13,13 km<sup>3</sup> dengan perincian 74% RT menggunakan air tanah sebagai sumber air bersih. 3,4% menggunakan air sungai, 21,1% menggunakan air perpipaan, dan 1,4% menggunakan sumber lain
- c) Industri, 7,4 km<sup>3</sup> penggunaan air bersih, di mana sebagian besar masih menggunakan air tanah untuk memenuhi kebutuhannya

#### **1.5. Isu Pemanfaatan dan Penanganan Sumber Daya Air**

- a) Kekeringan terjadi pada musim kemarau dan banjir terjadi pada musim hujan
- b) Persaingan dan perebutan air antara daerah hulu dan hilir atau konflik antar berbagai sektor
- c) Penggunaan air yang berlebihan dan tidak efisien
- d) Penyempitan dan pendangkalan sungai dan danau akibat tekanan tanah untuk pemukiman dan industri
- e) Pencemaran air permukaan dan air tanah
- f) Erosi sebagai akibat penggundulan hutan.

#### **Isu-Isu Kritis dalam Penanganan Sumber Daya Air**

- a) Keseimbangan ketersediaan dan kebutuhan
- b) Standar pelayanan
- c) Kepentingan ekonomi sektor air
- d) Indikator kualitas sumber daya air

- e) Opsi pengembangan di masa yang akan datang
- f) Efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya air
- g) Kinerja keuangan sektor air
- h) Konflik pemanfaatan sumber daya air
- i) Perubahan struktur dan kelembagaan

## **1.6. Aspek Pengembangan Sumber Daya Air**

### **a) Aspek pemanfaatan**

Sebagian besar inilah yang langsung terlintas dalam pikiran ketika berbicara tentang air. Baru setelah terjadi ketidakseimbangan antara kebutuhan dan apa yang tersedia, manusia mulai sadar akan aspek lainnya

### **b) Aspek pelestarian**

Agar pemanfaatan ini dapat berkelanjutan, air perlu dijaga baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Menjaga daerah tangkapan air di hulu dan dataran merupakan salah satu bagian dari pengelolaan, agar perbedaan debit air pada musim kemarau dan musim hujan tidak besar. Begitu juga melindungi air dari pencemaran limbah

### **c) Aspek pengendalian**

Perlu disadari bahwa selain memberikan manfaat, air juga memiliki daya rusak fisik dan kimiawi. Badan air (sungai, kanal, dan lain-lain) digunakan sebagai tempat pembuangan barang-barang yang tidak terpakai, baik berupa cairan (limbah rumah tangga dan industri), maupun benda padat berupa limbah dan pencemaran yang terjadi akibat gangguan terhadap kehidupan manusia. Oleh karena itu, dalam pengelolaan sumber daya air, pengendalian daya rusak berupa banjir dan pencemaran tidak boleh dilupakan.

## **1.7 Kriteria Utama, Perlindungan dan Pelestarian PSDA**

### **a) Efisiensi ekonomi.**

Dengan meningkatnya kelangkaan air dan sumberdaya keuangan, dan dengan sifat sumberdaya air yang tersedia secara terbatas dan mudah tercemar, serta semakin meningkatnya permintaan maka efisiensi ekonomi penggunaan air sudah harus menjadi perhatian.

### **b) Keadilan.**

Air adalah salah satu kebutuhan dasar kehidupan, oleh sebab itu maka semua orang perlu mempunyai akses terhadap air yang mencukupi baik secara kuantitas maupun kualitas untuk mempertahankan kehidupannya.

### **c) Keberlanjutan (*sustainability*) lingkungan dan ekologi.**

Pemanfaatan sumber daya air harus dilakukan sedemikian rupa agar tidak mengorbankan kepentingan generasi yang akan datang atas air.

## **Perlindungan dan Pelestarian Psda**

### **a) Pemeliharaan Kelangsungan Fungsi Resapan Air**

Untuk menjaga keberlangsungan sumber air maka fungsi resapan air harus tetap dijaga

### **b) Pengendalian Pemanfaatan Sumber Air**

Eksplorasi sumber air harus tetap dikontrol yang disesuaikan dengan standar teknis untuk keseimbangan kebutuhan dan ketersediaan air

### **c) Rehabilitasi Hutan dan Lahan**

Untuk meminimalisir dampak dari kerusakan sumber air maka ekosistem hutan dan lahan untuk daerah resapan harus tersedia

#### **d) Pengaturan Daerah Sempadan Sumber Air**

Daerah sempadan sudah seharusnya bebas dari segala aktivitas baik permukiman atau pun komersil untuk menjaga kualitas dan kuantitas sumber air

#### **1.8 Pengawetan Air**

- a) Penyimpanan air yang berlebihan
- b) Penghematan air
- c) Pengendalian penggunaan air tanah

##### **1.8.1. Evaluasi Cadangan Sumber Daya Air**

Cadangan sumberdaya air bersumber dari potensi air yang berasal dari curah hujan, air permukaan dan air tanah. Dengan demikian ketersediaan sumberdaya air sangat tergantung dari berbagai faktor. Manajemen air hujan merupakan salah faktor yang penting dan utama. Kegiatan manajemen air hujan mencakup berbagai hal,yaitu :

- a) Upaya agar air hujan lebih banyak tertahan dan masuk tanah
- b) Air hujan ditampung di permukaan
- c) Air hujan dikelola masuk ke saluran air untuk digunakan untuk berbagai keperluan pembangunan.
- d) Air hujan dimanfaatkan oleh tanaman yang dapat meningkatkan nilai tambah yaitu dikembalikan ke udara.

##### **1.8.2. Muatan Pengembangan Sumber Daya Air**

- a) Ketersediaan dan Kebutuhan Air

Melakukan penelitian ketersediaan dan kebutuhan air dilakukan dengan berbagai analisis dan kebutuhan data termasuk data spasial dan demografi

b) Rekayasa Teknik

Membuat sebuah proyek yang dapat memenuhi kebutuhan yang diharapkan tersedia melalui rekayasa teknik

c) Pengendalian Air

Pengendalian air dengan mengatur laju pasokan air dalam rangka meningkatkan kondisi suatu daerah

### **1.9. Pengembangan dan Pemanfaatan Sumber Daya Air**

Pengembangan wilayah sungai atau pengelolaan sumber daya air mengutamakan pemanfaatan sumber air secara keseluruhan dalam satu wilayah sungai. Beberapa ahli sumber daya air menjelaskan pengertian keseluruhan sebagai satu kesatuan pemanfaatan yang melibatkan air permukaan dan air tanah dalam beberapa hal, pengelolaan sumber daya air dapat mencakup daerah aliran sungai yang berdampingan sehingga terdapat pola pengembangan antar wilayah.

#### **Pemanfaatan Air untuk Irigasi**

Penyediaan air irigasi ditujukan untuk mendukung produktivitas lahan dalam rangka meningkatkan produksi pertanian yang maksimal, diberikan dalam batas tertentu untuk kebutuhan yang lainnya.

- a) Kebutuhan air untuk tanaman
- b) Kebutuhan air akibat perkolasi dan rembesan
- c) Kebutuhan air untuk pergantian lapisan air
- d) Kebutuhan air untuk penyiapan lahan
- e) Curah hujan efektif.

#### **Komponen Irigasi**

- a. Jaringan irigasi adalah saluran dan bangunan yang merupakan satu kesatuan dan diperlukan untuk

- pengaturan air irigasi, mencakup penyediaan, pengambilan, pembagian.
- b. Daerah Irigasi adalah satuan wilayah yang menerima air dari jaringan irigasi yang dapat disingkat D.I
  - c. Jaringan Sekunder adalah saluran pembawa irigasi yang mengambil air dari bangunan bagi di saluran primer yang berada dalam satu jaringan irigasi.
  - d. Jaringan Tersier adalah saluran dan bangunan yang merupakan satu kesatuan dan diperlukan untuk pengaturan air irigasi yang meliputi suplai, intake, distribusi.

### **Pemanfaatan air untuk pembangkit tenaga listrik**

- a) Pada daerah yang memiliki potensi air dibuat bendungan sehingga mempunyai tinggi jatuh yang cukup untuk PLTA
- b) Pemanfaatan SDA untuk PLTA dapat di kategorikan
  - Pemanfaatan aliran sungai secara langsung
  - Pemanfaatan SDA untuk PLTA dengan waduk.
- c) Pembangkit listrik untuk masa depan adalah pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Kecepatan aliran air dari tempat yang tinggi dimanfaatkan dengan menggerakkan baling-baling untuk mengubah energi aliran menjadi energi gerak untuk menggerakkan generator dan menghasilkan listrik.

### **Pemanfaatan Air untuk Air Baku**

Air bersih digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, air rumah tangga, dan industri. Air harus memenuhi persyaratan sesuai dengan kegunaannya. Air harus memenuhi persyaratan sesuai dengan kegunaannya. Pemanfaatan air untuk air baku sumber daya air dari sungai untuk air baku, ditampung untuk memenuhi pola distribusi kebutuhan air yang kadang-kadang

tidak sesuai dengan pola debit aliran. Standar kebutuhan air baku :

- a) Standar kebutuhan air domestik. Kebutuhan air yang digunakan di kawasan perumahan pribadi untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.
- b) Standar kebutuhan air non domestik. Kebutuhan air bersih diluar rumah tangga yang terdiri dari penggunaan komersil dan industri. Penggunaan umum yaitu penggunaan air untuk gedung pemerintahan, rumah sakit, sekolah dan tempat ibadah.

**Tabel 1.1.** Data Kebutuhan Air Domestik

<b>Jumlah Penduduk</b>	<b>Jenis Kota</b>	<b>Jumah Kebutuhan Air (liter/orang/hari)</b>
>2.000.000	Metropolitan	>210
1.000.000-2.000.000	Metropolitan	150-210
500.000-1.000.000	Besar	120-150
100.000-500.000	Sedang	100-1500
20.000-100.000	Kecil	90-100
3.000-20.000	Desa	60-100

**Pemanfaatan Air Untuk Pembangkit Listrik**

- a) Bendungan/waduk

Bendungan/waduk digunakan sebagai tempat penampung air dalam jumlah besar karena turbin membutuhkan pasokan air yang cukup dan stabil. Selain itu, bendungan juga berfungsi sebagai pengendali banjir. Waduk Jatiluhur, misalnya,

memiliki kapasitas air 3 miliar meter kubik dengan volume efektif 2,6 miliar meter kubik.

b) Turbin

Berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. Air akan mengenai sudut-sudut turbin sehingga turbin berputar. Putaran turbin ini dihubungkan dengan generator. Turbin terdiri dari berbagai jenis, seperti turbin francis, kaplan, pelton, dan lain sebagainya.

c) Generator

Memanfaatkan putaran turbin untuk memutar kumparan magnet pada generator sehingga terjadi pergerakan elektron yang menghasilkan arus ac. Transformator digunakan untuk menaikkan tegangan arus bolak-balik (ac) agar tidak banyak listrik yang terbuang saat dialirkan melalui transmisi. Jenis trafo yang digunakan adalah trafo step up.

d) Transmisi

Berfungsi untuk mengalirkan listrik dari PLTA ke rumah-rumah atau industri. Sebelum kita menggunakan listrik, tegangan diturunkan lagi dengan trafo step down.

e) Penstock

Digunakan untuk menyalurkan dan mengarahkan air dari tangki atas ke cerobong turbin.

### **Air Untuk Penggelontoran**

Pemanfaatan air dilakukan untuk penggelontoran sungai yang tercemar oleh limbah industri, limbah rumah tangga. Penggelontoran umumnya dilakukan pada daerah perkotaan dalam rangka pemeliharaan air sungai.

### **Pemanfaatan Air untuk Lalu Lintas Air**

- a) Di Indonesia belum ada kriteria yang jelas mengenai persyaratan lalu lintas air, sehingga pertimbangan utama adalah pertimbangan ekonomi.
- b) Harus diperhatikan: kedalaman (*draft*), lebar, arus.
- c) Lalu lintas air banyak terdapat dipulau yang mempunyai sungai yang besar, panjang, dan hidraulika yang baik, misal: S. Musi, S. Kapuas, S. Mahakam, dll.

### **Pemanfaatan Air Untuk Perikanan**

- a) Dilakukan di sungai, waduk, air payau, air laut.
- b) Dengan Kolam atau keramba
- c) Dapat digunakan juga dalam kegiatan rekreasi (wisata)
- d) Yang perlu diperhatikan:
  - Kualitas air yang sesuai
  - Debit
  - Cara pemberian air, dsb



# Pengertian Sumber Daya Air

## 2.1. Pendahuluan

Air merupakan salah satu karunia Tuhan yang Maha Esa, yang paling dibutuhkan dalam semua aspek kehidupan di bumi. Manusia tidak dapat hidup tanpa air karena air diamanatkan kepada manusia dari Tuhan. Maka dari itu, perlu menjaga air dan sumber-sumbernya dari segala perbuatan yang dapat menimbulkan kerusakan. Untuk meningkatkan pengembangan dan pengelolaan air, lahan dan sumber daya yang ada, diperlukan pengelolaan sumber daya air terpadu (PSDAT) guna mencapai kesejahteraan ekonomi dan sosial yang adil, mutlak dan berkelanjutan bagi ekosistem. Masalah-masalah yang dihadapi secara menyeluruh dari Pengelolaan Sumber Daya Air Secara Terpadu (SPDAT) ialah tentang kependudukan, pemukiman, pencemaran sampah, DAS kritis, kekeringan, hingga banjir. Air dan sumber daya air perlu dilindungi dan dijaga kelestariannya supaya dapat digunakan berkelanjutan. Siklus dari hidrologi terbagi menjadi dua energi pokok yaitu energi dari pancaran matahari dan energi gravitasi. Energi dari pancaran matahari dimulai dengan penguapan, perpindahan, pemekatan hingga kondensasi. Sedangkan energi dari gravitasi

didapatkan melalui hujan kemudian mengalir dari hulu sampai hilir. Sumber daya air memberikan manfaat untuk mensejahterakan masyarakat di segala bidang yakni bidang sosial, bidang ekonomi, bidang budaya, bidang politik hingga bidang ketahanan nasional. Belakangan ini sudah banyak masyarakat memberdayakan air demi mencegah berbagai permasalahan yang ada seperti bertambahnya jumlah penduduk dan dinamisnya permasalahan pertumbuhan sosial dan ekonomi. Penurunan daya dukung lingkungan sumber daya air diakibatkan oleh eksploitasi sumber daya air yang ekspresif karena masifnya peningkatan kebutuhan akan air oleh semua pihak sehingga memicu turunnya kemampuan pasokan air. Gejala degradasi atau penyusutan tanah fungsi dari lingkungan sumber daya air dapat dilihat dari perubahan debit air pada masa sulit saat musim hujan dan kemarau, tercemarnya air, berkurangnya kapasitas air yang signifikan di waduk dan lainnya. Selain air, tanah merupakan sumber daya alam utama yang paling dibutuhkan umat manusia. Tanah terletak pada bagian atas pada permukaan bumi atau yang biasa disebut pedosfer. Dalam E-dukasi.net, pedosfer ini terbentuk dari gejala alam permukaan daratan kemudian menyusun suatu zona dengan bahan lepas yang terdiri dari pecahan dan lapukan batuan campuran bahan organik (Notohadiprawiro,1993). Dokuchaiev (1870) mengatakan dalam jurnal (Vinet and Zhedanov, 2011) bahwa tanah merupakan benda substansial yang berada pada bagian paling atas dari kulit bumi yang berdimensi panjang, lebar, dan dalam. Air dan tanah memiliki peran yang signifikan bagi kehidupan di bumi ini, namun jika tidak ada udara, air dan tanah tidak dapat menjalankan tugasnya masing-masing. Tinggi rendahnya tekanan udara dapat menentukan kualitas sumber daya air dan tanah dan sangat menentukan perkembangan suatu kehidupan.

## 2.2 Pengertian Sumber Daya Air



**Gambar 2.1** Regulasi Sumber Daya Air (THIKA, 2019)

Berbicara mengenai sumber daya air, tanah dan udara yang saling berkaitan satu sama lain, sumber daya air memiliki sifat yang dapat terbarukan. Penurunan kualitas air permukaan dan air tanah disebabkan oleh dua faktor yaitu pencemaran sumber air dan kerusakan lingkungan, kedua masalah tersebut mengurangi kemampuan alam untuk menyediakan air bersih yang cukup untuk berbagai keperluan, terutama kebutuhan sehari-hari. Berbagai gangguan kesehatan sering dialami masyarakat akibat air minum yang tercemar berbagai bahan kimia berbahaya, contohnya ialah logam berat merkuri. Merujuk pada kata Sumber Daya Air, dapat diartikan sesuai dengan makna pada katanya sendiri, yaitu air, sumber air, daya air, dan sumber daya air. Air ialah zat yang terdapat pada lapisan atas tanah contohnya air hujan, air laut yang berada di darat maupun dibawah permukaan tanah contohnya air permukaan dan air tanah. Kata sumber air ini mengacu pada tempat atau penampung air secara alami maupun buatan yang terdapat pada atas hingga bawah tanah. Kemudian daya air merupakan hal yang terkandung potensi dalam air atau sumber daya air yang

dapat memberikan keuntungan dan kerugian bagi kehidupan di bumi. Terakhir, sumber daya air merupakan gabungan kata dari air, sumber air, daya air dengan saling berkaitan satu sama lain yang dikandung di dalamnya. Sumber daya air merupakan sumber daya yang bermanfaat atau mempunyai potensi bagi manusia yang berupa air. Penggunaan air meliputi kegiatan pertanian, industri, domestik, rekreasi dan lingkungan. Jelas, semua manusia membutuhkan air tawar. 97% air di bumi adalah air asin, hanya 3% air tawar, dan lebih dari 2/3 air ada dalam bentuk es di gletser dan tudung es kutub. Air tawar yang tidak membeku ada di dalam tanah sebagai air tanah, dengan kapasitas yang banyak tidak seperti di atas permukaan tanah dan udara. Air tawar merupakan sumber daya terbarukan, meskipun pasokan air tawar terus berkurang. Di beberapa bagian dunia, permintaan akan air telah melebihi persediaan, dan populasi dunia semakin meningkat, sehingga permintaan akan air bersih juga meningkat. Perhatian tertuju pada manfaat global dari melestarikan air untuk jasa ekosistem, terutama karena dunia telah kehilangan lebih dari separuh lahan basah dan nilai jasa ekosistemnya. Ekosistem air tawar dengan keanekaragaman hayati tinggi saat ini menurun lebih cepat dibandingkan ekosistem laut atau darat (Eryani, 2014).

### **2.3 Pemanfaatan Sumber Daya Air**

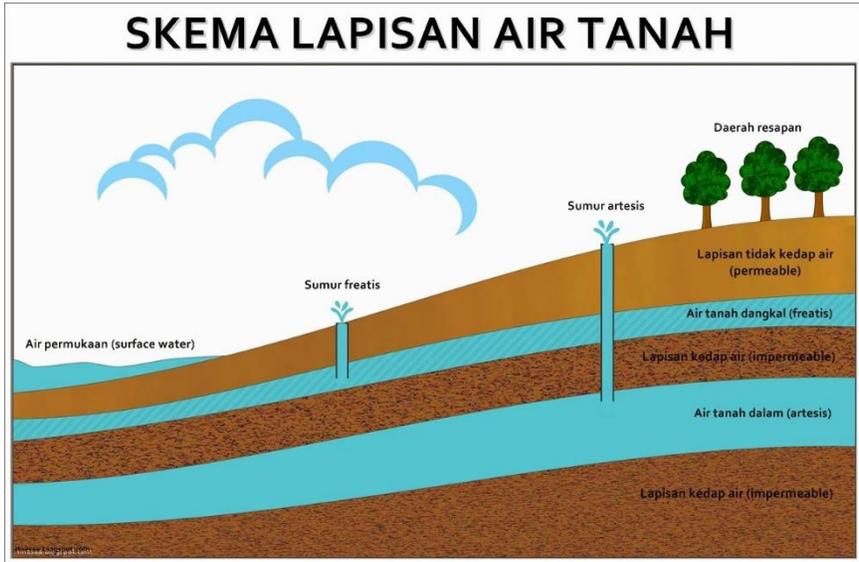
Menurut UUD, sumber daya alam adalah sumber daya alam yang dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat. Untuk merealisasikan hal tersebut, Negara mempercayakan kepada pemerintah pusat dan daerah dengan tugas mengawasi dan mengaturnya. UU-SDA juga mengakui keberadaan dan kelanjutan keberadaan “Hak Ulayat”. Hak ulayat adalah hak yang diwariskan secara turun-temurun dalam masyarakat hukum adat sehingga menjadi bagian dari budaya dan kehidupannya. Kemungkinan besar sumber air tersebut pertama kali ditemukan dan digunakan oleh masyarakat Aborigin secara turun-temurun, sehingga

masyarakat tersebut berhak untuk terus menggunakan air dan sumber tersebut. Hak ulayat baru akan diakui dalam UU-SDA apabila benar-benar masih ada dan telah dikukuhkan dengan peraturan daerah. Karena air merupakan anugerah Tuhan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia, hewan, dan tumbuhan, maka tidak ada “hak milik” atas air. Sebaliknya, lahan bukan untuk pemenuhan kebutuhan hidup dan karenanya memiliki hak milik atas tanah tersebut.

Menurut (David da Silva, Pereira and Vieira, 2020) Sumber daya air adalah sumber daya yang bermanfaat atau mempunyai potensi bagi manusia yang berupa air. Penggunaan air meliputi kegiatan pertanian, industri, domestik dan lingkungan. Manusia mungkin bisa hidup beberapa hari, tapi tidak bisa hidup beberapa hari tanpa minum air, karena sudah pasti sebagian besar zat penyusun tubuh manusia, 73% adalah air. Jadi bukan hal baru jika kehidupan di dunia ini bisa terus berlanjut karena air yang melimpah. Untuk mempertahankan keberadaannya, manusia berusaha menyediakan air yang cukup untuk dirinya sendiri. Selain itu, air juga digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, kebutuhan pertanian dan peternakan, kebutuhan perdagangan, dll.

Hak-hak yang melekat pada sumber daya alam meliputi hak pakai hasil. Akses mengacu pada hak untuk mengakses dan menggunakan air. Lisensi tidak diperlukan jika hak pakai hasil adalah untuk kebutuhan dasar sehari-hari pertanian rakyat untuk individu dan sistem irigasi yang ada. Namun, jika untuk kebutuhan suatu kelompok yang membutuhkan banyak air, atau untuk sistem irigasi baru, maka hak pakai harus diberikan terlebih dahulu. Hak tanam adalah hak atas air yang dialokasikan sesuai kebutuhan usaha, yang dapat digunakan sebagai air baku untuk bahan baku produksi (air minum, air kemasan), maupun penunjang produksi (air pendingin, eksplorasi dan pembersihan tambang), pemanfaatan potensi

(listrik), media (transportasi) dan Pusdiklat Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu untuk Pendidikan dan Pelatihan untuk memenuhi semua kebutuhan bisnis. Hak guna usaha harus mendapat ijin terlebih dahulu yang menyatakan peruntukannya, tempat pengambilan serta besarnya dan waktu alokasi air. Pengusahaan sumber daya alam dapat diberikan izin kepada BUMN, BUMD, badan usaha swasta atau perorangan sesuai dengan peruntukannya. Pengembangan sumber daya alam di wilayah sungai hanya dapat dilakukan oleh BUMN atau BUMD, bekerjasama dengan salah satu pihak. Kegiatan pembangunan tersebut tidak melibatkan penguasaan sumber air, tetapi terbatas pada alokasi hak atas air yang telah ditentukan sebelumnya. Air diperbolehkan digunakan untuk kebutuhan negara lain hanya setelah pasokan air untuk berbagai kebutuhan dalam negeri terpenuhi. Hak pakai air merupakan hak pakai hasil, tidak dapat disewakan atau dialihkan, dan tidak ada "transaksi hak". Jika suatu hak tidak digunakan, maka harus dikembalikan atau diambil kembali oleh yang memberikannya, yaitu pemerintah pusat atau pemerintah daerah (provinsi atau kabupaten) sesuai dengan kewenangannya. Semua air berasal dari hujan yang jatuh ke bumi. Ada yang mengalir sebagai air permukaan, ada yang meresap ke dalam tanah sebagai air tanah, dan ada yang menguap kembali ke udara.



**Gambar 2.2** Skema Lapisan Air Tanah (Barus, 2021)

Pada prinsipnya pemanfaatan air merupakan gabungan (kombinasi) air hujan, air permukaan dan air tanah. Namun, mengingat resapan air tanah membutuhkan waktu yang lama, air permukaan lebih diutamakan. Sementara itu, penggunaan air tanah hanya akan dibatasi jika kebutuhannya sangat mendesak dan tidak dapat dipenuhi oleh air permukaan. Prioritas utama dalam pengalokasian air adalah untuk memenuhi kebutuhan dasar hidup sehari-hari, yaitu kebutuhan rumah tangga dan keagamaan. Dengan kata lain, jika air sangat terbatas, maka kebutuhan pokok harus dipenuhi terlebih dahulu sebelum kebutuhan lainnya terpenuhi.

Dalam buku *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Pelatihan Perencanaan Teknik Sungai* (Arsyad, 2017) dijelaskan mengenai pengelolaan sumber daya air menjadi pelatihan, pusat pengelolaan sumber daya air terpadu dan pembangunan ekonomi dapat berbeda dari satu daerah ke daerah lain, urutan penggunaan air selain kebutuhan dasar ditentukan oleh masing-masing pemerintah daerah. Masalah penghematan sumber daya

air tidak bisa hanya fokus pada air dan sumbernya solusi sebenarnya lebih perlu dilakukan di luar kegiatan pengelolaan sumber daya alam. Kelangkaan air menyebabkan kekeringan terutama karena perubahan cuaca dan rusaknya daerah resapan air yang tidak lagi mampu menyimpan air yang berlebihan dan tidak terkendali menyebabkan banjir terutama karena rusaknya daerah resapan dan pola penggunaan lahan dan pencemaran air yang tidak terkendali menyebabkan penurunan kualitas air, terutama karena polutan masuk dari luar sumber air. Semua alasan utama ini bukan bagian dari pengelolaan sumber daya alam. Karena itu di dalam UU-SDA (Undang undang Sumber Daya AIR 2017, 2017) tidak banyak yang dapat diatur sebagai ketentuan, kecuali cara-cara konservasinya. Pemeliharaan sumber daya air dapat dilakukan pada sumber air, fisik air, dan kualitas air. sumber air dapat berguna sebagaimana dengan fungsinya sebagai resapan air atau wadah air jika dilindungi dan dilestarikan agar tidak rusak sehingga terpelihara. Sedangkan untuk menjaga fisik air perlu adanya pengawetan agar ketersediaan air dapat tercukupi dimasa yang akan datang dengan cara menyimpannya di waduk dan menggunakan air secara baik. kualitas air di kelola untuk mengendalikan pencemaran air guna mencegah hal buruk yang terjadi pada sumber air dan prasarananya.

Konservasi SDA menjadikan pusat Pendidikan dan pelatihan sumber daya air sebagai perlindungan dan pelestarian sumber air. Perlindungan sumber daya air dapat diatasi dengan cara rehabilitasi hutan dan lahan pada kawasan tertentu seperti hutan lindung. Pengendalian pemanfaatan air, pengaturan prasarana dan sarana sanitasi air juga membantu melestarikan sumber daya air. Selain itu, perlindungan sumber daya air dapat memanfaatkan lahan pada sumber air dari kaitan pembangunan. Dengan pengisian air guna pemeliharaan kelangsungan resapan air pada daerah tangkapan air.

## 2.4 Penutup

Sumber daya air adalah kemampuan dan kapasitas potensi air yang dapat dimanfaatkan oleh kegiatan manusia untuk kegiatan sosial ekonomi. Terdapat berbagai jenis sumber air yang umumnya dimanfaatkan oleh masyarakat, seperti air laut, air hujan, air tanah dan air permukaan. Air permukaan adalah sumber air yang paling banyak digunakan oleh masyarakat.

Adanya Pengelolaan Sumber Daya Air Secara Terpadu (SPDAT) yang diselenggarakan secara menyeluruh, terpadu memiliki manfaat yang harus dipertimbangkan seperti penggunaan sumber daya air yang memiliki tujuan saling ketergantungan, dalam konteks hulu-hilir secara interdependensi. Pengelolaan terpadu merupakan proses dengan pertimbangan yang matang memikirkan kepentingan penggunaan air secara bersama. Setiap penggunaan kebijakan ini harus memiliki dampak bagi lingkungan sekitar. Tak hanya itu, SPDAT memiliki mempertimbangkan aspek sosial dan ekonomi yang berkelanjutan. Ruang lingkup pengelolaan sumber daya alam terpadu menguraikan upaya pelaksanaan konservasi-penggunaan-pengelolaan daya rusak sumber daya alam (perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi). Kelembagaan DAS terdiri dari satu atau lebih cekungan dalam satu kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu pulau kurang dari atau sama dengan 2000 kilometer persegi. Jika sungai yang dikelola oleh pemerintah pusat dan dibagi menjadi 2 (dua) implementasi yaitu wilayah sungai berstatus Balai dan kelurahan sungai berstatus Balai besar. Dari ketiga pendekatan pengendalian daya rusak air yaitu pencegahan, penanggulangan dan pemulihan, yang paling utama adalah pencegahannya. Perencanaan untuk mengendalikan daya rusak air harus mempertimbangkan tata ruang sambil merumuskan model-model pengelolaan sumber daya alam.

Tanggung jawab utama untuk kontrol ini adalah kedua pemerintah pusat dan daerah. Pengelolaan sumber daya alam DAS, dengan masyarakat juga terlibat sebagai tanggung jawab bersama. Upaya pencegahan untuk memperkecil potensi terjadinya kerusakan air, baik masyarakat di hulu maupun di hilir, melalui kegiatan fisik berupa bangunan dan kegiatan non fisik berupa pengawasan, pembinaan, dan nasehat kepada masyarakat. Pencegahan lebih diutamakan daripada aktivitas non-fisik. Dalam hal ini perlu kehati-hatian ini guna menjaga keseimbangan antara perlindungan kawasan hulu dan pemanfaatan kawasan hilir, termasuk kemungkinan saling kompensasi antara kedua kawasan tersebut. Upaya pemulihan ditujukan untuk mengembalikan fungsi, termasuk fungsi lingkungan hidup dan fungsi prasarana perairan yang rusak akibat bencana. pengelolaan sumber daya terpadu diperlukan 3 manajemen yang berjalan selaras dan berkelanjutan seperti manajemen aliran sungai yang di naungi oleh instansi kementerian kehutanan dan lingkungan hidup, kemudian manajemen pemanfaatan sumber daya air yang kerjakan oleh kementerian PUPR. Dan manajemen pemanfaatan sumber daya air yang dikelola oleh instansi pemanfaatan air sebagai pemeran utamanya. Ruang lingkup dari pengelolaan sumber daya air terpadu ini memiliki tiga bidang yaitu konsumsi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air, dan pengendalian daya rusak air guna menjaga kelestarian dan ketersediaan air dimasa depan.

# Bab 3

## Infrastruktur Utama Irigasi

### 3.1 Pendahuluan

Perkembangan irigasi sesuai dengan program yang dicanangkan pemerintah mengenai pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi untuk peningkatan dan pendapatan pada bidang kedaulatan pangan dan pengentasan kemiskinan di daerah terkhusus pada daerah pedesaan atau daerah pertanian yang menjadi salah bahagian sektor unggulan yang ada dan tertuang dalam NAWA CITA melalui kemandirian ekonomi. Peningkatan produksi pertanian dalam rangka mendukung peningkatan dalam kedaulatan pangan dan penerapan kebijakan pemerintah Indonesia dalam penentuan dan pemantapan ketahanan pangan dari sektor pertanian dengan sistem irigasi modern diwujudkan melalui perbaikan dan rehabilitasi sistem jaringan irigasi dengan menggunakan strategi peningkatan kapasitas produksi dan peningkatan daerah irigasi. Kebijakan peningkatan daerah irigasi dengan manajemen sistem irigasi yang modern yang mencakup (i) operasional dan pemeliharaan jaringan irigasi partisipatif, (ii) peningkatan dan pemantuan kinerja kelembagaan/organisasi irigasi seperti P3A, dengan sasaran kebijakan implementasi kinerja irigasi meliputi a) program operasional dan pemeliharaan daerah irigasi permukaan, b) peningkatan kinerja komisi irigasi, c) pemantau kinerja irigasi

mulai dari saluran primer, sekunder dan tersier pada daerah irigasi. (Sukri, 2022)

Salah satu pendukung kebijakan pemerintah adalah pembangunan infrastruktur keairan seperti bendungan, bendung, waduk, embung, sebagai bangunan utama dalam mensuplay air ke jaringan irigasi yang melalui bangunan *intake*, dan jika kondisi sungai membawa sedimen maka di perlukan bangunan kantong lumpur untuk mengendapkan sedimen sebelum menuju ke jaringan irigasi primer. Program pengembangan dan pengelolaan sistem irigasi di Indonesia saat ini berfokus pada sistem irigasi yang modern dengan peningkatan model dan pembinaan petugas irigasi dalam pencapain modernisasi sistem irigasi melalui pendekatan: ketersediaan air pada sumber (bangunan utama), infrastruktur irigasi (bangunan bagi/sadap, pintu, bangunan ukur, bangunan pendukung lainnya), pengelolaan sistem irigasi dengan peningkatan sistem operasi dan pemeliharaan irigasi.

Penulis akan membahas beberapa bangunan infrastruktur seperti bendungan, bendung, dan embung sebagai usaha untuk mendistribusikan air dari bangunan utama ke jaringan irigasi yang dipergunakan untuk kebutuhan air tanaman padi, palawija atau dengan peruntukan lainnya. Kebutuhan air pada sistem irigasi di upayakan untuk mewujudkan sistem pengelolaan irigasi partisipatif yang berorientasi pada pemenuhan tingkat layanan irigasi secara efektif, efisien dan berkelanjutan dalam rangka mendukung program pemerintah dalam ketahanan pangan dan air, melalui peningkatan keandalan penyediaan air, prasarana, dan pengelolaan irigasi.

Infrastruktur irigasi merupakan bahagian terpenting dalam suatu sistim daerah irigasi yang merupakan bangunan utama, bangunan penampung, bangunan peninggian muka air dan bangunan pengatur air. Kondisi infrastruktur irigasi yang baik, mampu melayani atau memberikan kebutuhan air ke sistem

irigasi menuju sawah atau daerah pertanian. Berbeda dengan kondisi infrastruktur yang kurang baik, akan terjadi kekurangan pendistribusian air ke jaringan irigasi dan berakibat terjadinya penggiliran penggunaan air, yang berdampak terhadap keberlangsungan kegiatan petani bahkan berdampak sosial di petani akibat ketersediaan air yang kurang dari kebutuhan air yang meningkat, maka diperlukan infrastruktur irigasi yang baik sesuai dengan peruntukannya.

### 3.2. Bendungan

Bendungan adalah suatu bangunan yang dibangun di palung sungai atau di luar palung sungai yang berfungsi untuk menampung air dan dimanfaatkan pada saat surplus air yang digunakan untuk keperluan irigasi, air bersih, pembangkit listrik tenaga air, dan reduksi banjir serta untuk keperluan lainnya. Tipe bendungan bisa di ketahui tergantung dari: ukurannya, tujuan pembangunannya, penggunaannya, berdasarkan jalannya air, berdasarkan konstruksinya, berdasarkan fungsinya dan menurut ICOLD.



**Gambar 3.1** Bendungan Ladongi, Kabupaten Kolaka Timur, Sulawesi Tenggara (Sumber: Ahmad Syarif Sukri, 2022)

Tipe bendungan sebagai berikut:

1. Bendungan berdasarkan ukurannya: terdiri dari bendungan besar dengan tinggi mulai dari 10 meter dengan ketentuan panjang puncak bendungan tidak termasuk spillay di harapkan tidak kurang dari 500 m, kapasitas tampungan

tidak kurang dari 1 juta m<sup>3</sup> dengan debit banjir maksimum yang diperhitungkan > 2.000 m<sup>3</sup>/dt, kondisi bendungan mempunyai kesulitan khusus dibahagian pondasi dan untuk bendungan kecil kondisi bendungan baik panjang, kapasitas tampungan dan debit maksimum lebih kecil atau kurang dari kondisi pada bendungan besar.

2. Bendungan yang berdasarkan tujuan pembangunannya: kondisi ini di bagi dua yaitu bertujuan tunggal (*single purpose dams*) dan serbaguna (*multipurpose dams*), untuk bendungan tujuan tunggal dibangun hanya untuk satu tujuan misalkan bendungan hanya diperuntukan untuk irigasi atau hanya untuk pembangkit tenaga listrik seperti pada bendungan Bakaru Sulawesi Selatan hanya diperuntukkan untuk PLTA. Sedangkan untuk bendungan serbaguna dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan seperti bendungan untuk pembangkit tenaga listrik, irigasi, air minum, pariwisata, perikanan, penanggulangan banjir, seperti bendungan Bili-Bili Gowa sungai Jene'berang Sulawesi Selatan, bendungan Prof. Sutami Karangates sungai Brantas Jawa Timur, dan Bendungan Ladongi Sulawesi Tenggara.
3. Bendungan berdasarkan penggunaannya: yaitu penggunaan pembentuk waduk (*storage dams*), penggunaan penangkap atau pembelok air (*deversion dams*) dan penggunaan memperlambat aliran (*detension dams*) dan apa bila diperuntukkan untuk menangkap sedimen (*debris dam, check dam, atau sabo dam*).
4. Bendungan berdasarkan jalannya air: tipe ini terdiri dari bangunan yang bisa dilewati air (*overflow dams*) seperti bangunan spillway dan bangunan untuk menahan air (*non-overflow dams*) struktur bangunan ini tidak bisa dilewati air sama sekali , yang hanya berfungsi untuk menahan atau menampung air dan biasanya konstruksinya terbuat dari beton atau pasangan batu.

5. Bendungan berdasarkan konstruksinya: terdapat tiga tipe bendungan yaitu urugan, beton, dan tipe lainnya. (1) Tipe urugan (*fill dams, embankment dams*) terdiri dari urugan dengan material yang seragam atau serbasama (*homogeneous dams*), tipe urugan berlapis-lapis (*zone dams, rockfill dams*) susunan kondisi material pembentuk bangunan yang disusun dengan lapisan kedap air (*water tight layer*), lapisan batu (*rock zones, shell*), lapisan *rip-rap* dan lapisan pengering (*filter zones*). Tipe urugan batu dengan lapisan kedap air dimuka (*impermeable face rockfill dams, dekced rockfill dams*). (2) Tipe beton (*concrete dams*), bangunan ini dibangun dari material beton baik dengan menggunakan tulangan maupun dengan rabat beton yang tidak menggunakan tulangan, bendungan ini terdiri dari beton berat sendiri (*concrete gravity dams*) biasanya bentuknya ogee atau berbentuk trapesium, beton dengan penyangga (*concrete buttress dams*) konstruksinya dilengkapi dengan penyangga yang menopang konstruksi bangunan dengan jarak yang tertentu, beton berbentuk lengkung (*concrete arch dams*) bentuk bangunannya didesain berbentuk lengkung bahkan bisa beberapa lengkung di sepanjang bangunan dan bendungan beton kombinasi (*combination concrete dams, mixed type concrete dams*) merupakan kombinasi dari beberapa bentuk dalam satu konstruksi . (3) Tipe lainnya, kondisi tipe ini biasanya diperuntukkan untuk bangunan sementara seperti bangunan untuk mengalihkan aliran, pengarah aliran, atau bangunan darurat untuk memperlancar pekerjaan pada bangunan utama. Biasanya disebut bendungan kecil yang terbuat dari material kayu (*timber dams*), besi (*steel dams*), dan pasangan batu (*masonry dams*).
6. Bendungan berdasarkan fungsinya: bangunan ini terdiri dari bangunan pengelak (*primary cofferdam, dike*), bangunan pengelak (*cofferdam*), bangunan utama (*main dam*), bangunan sisi (*high level dam*) yang berada di sepanjang daerah

genangan ke arah hulu, bangunan ditempat rendah (*saddle dam*) bangunan ini berfungsi sebagai drainase atau pengering dan pencegah terjadinya rembesan pada bangunan utama, tanggul (*dyke, levee*) biasanya ditempatkan pada daerah yang rawan limpasan yang ada di daerah sisi genangan , bangunan limbah industri (*industrial waste dam*) diperuntukkan pada kawasan industri bertujuan untuk mensuplay air , dan bangunan pertambangan (*mine tailing dam, tailing dam*) bangunan yang dibangun berfungsi sebagai konservasi dan cadangan air untuk daerah pertambangan.

7. Bendungan berdasarkan ICOLD yang membagi menjadi 6 (enam) tipe yaitu urugan tanah (*earthfill dams*) sebagai material pembentuk bendungan baik pada zona kedap air maupun pada zona bebas air, bendungan urugan batu (*rockfill dams*) material pembentuk bangunan yang ditumpuk secara teratur dengan berat dan ukuran tertentu, bendungan beton berdasarkan berat sendiri (*concrete gravity dams*) semua material yang terbuat dari campuran beton kondisi ini biasa bangunannya terletak pada daerah sungai yang sempit tetapi ketinggian bangunannya yang lebih tinggi sehingga dapat memperoleh kapasitas tampungan yang besar, bendungan beton dengan penyangga (*concrete buttress dams*) konstruksi bangunannya dilengkapi dengan bangunan penyangga yang tetap menyatu pada konstruksi utama, bendungan beton berbentuk lengkung (*concrete arch dams*) konsis bangunan ini diperlukan stabilitas yang tinggi yang disebabkan tekan hidrostatis aliran akan berfokus di sona lengkung dan berada pada bahagian pertengahan lengkung, dan bendungan beton berbentuk lebih dari satu lengkung (*multiple arch dams*) bangunan ini membutuhkan ketelitian dalam pengerjaannya, dan dibutuhkan analisis stabilitas yang tinggi.

Penentuan tipe bendungan sangat ditentukan oleh faktor tujuan pembangunannya, keadaan klimatologi lokasi bendungan, keadaan hidrologi lokasi bendungan, keadaan topografi lokasi wilayah rencana bendungan, keadaan pada daerah genangan, keadaan geologi setempat, tersedianya bahan bendungan di lokasi atau disekitar lokasi pembangunan bendungan, hubungan dengan bangunan pendukung (pelimpah, pengambilan, pengeluaran), keperluan pengoperasian waduk, keadaan lingkungan lokasi tempat bendungan, gempa bumi, dan biaya proyek bendungan.

### **3.3 Bendung**

Bendung dapat diartikan suatu bangunan air yang dibangun melintang pada palung sungai atau diluar badan sungai (sudetan) yang sengaja dibangun yang berfungsi untuk menaikkan tinggi muka air, dapat dimanfaatkan dan disadap untuk kebutuhan tertentu atau mendapatkan tinggi terjunan, sehingga air dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke tempat yang membutuhkannya. Bendung tetap merupakan bangunan yang terdiri dari ambang tetap yang berfungsi untuk menahan air yang dapat menaikkan elevasi air yang lebih tinggi sehingga pengaliran secara gravitasi dapat dilakukan ke sistem jaringan irigasi, pada muka air banjir di bagian hilirnya tidak dapat diatur elevasinya, sehingga dibutuhkan bangunan peredam energi atau bangunan pengarah aliran serta dibutuhkan perkuatan tebing pada sisinya sehingga tidak terjadi abrasi pada hilir bendung.

Berdasar fungsinya, bendung sesuai dengan peruntukannya dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. Bendung penyadap, berfungsi untuk menyadap aliran sungai dengan menggunakan pintu intake dan dilengkapi dengan pintu penguras sedimen, dengan peruntukan baik untuk irigasi, air baku dan sebagainya.

- b. Bendung pembagi banjir, dibangun biasanya dibangun pada daerah percabangan sungai sehingga dapat mengatur dan mengoperasikan muka air sungai, sehingga pembagian air banjir dapat dilaksanakan baik pada pemisahan antara debit maksimum yang terjadi maupun debit minimum sesuai dengan kapasitas bendung dan sungainya.
- c. Bendung penahan pasang, fungsi bangunan ini adalah mencegah terjadinya intrusi air asin ke daerah daratan, di mana kondisi air di sungai harus lebih tinggi dari pada air pasang surut. Konstruksinya biasa terbuat dari karet atau biasa disebut bendung karet atau bendung kembang kempes dibangun di sungai.

Penentuan dan jenis bendung tergantung dari kondisi struktur dan peruntukannya, sehingga bendung dapat dibedakan atas:

- a. Bendung tetap, bentuk dari bendung ini biasanya berbentuk Ogee dan bulat, jenis ini yang paling sering di rencanakan dan dibangun di Indonesia, karena pelaksanaan mudah.
- b. Bendung gerak, bangunan ini dilengkapi dengan pintu yang berbentuk busur yang dapat digerakkan dengan pengoperasiannya dengan sistem elektrik.
- c. Bendung kombinasi, pengabungan dua kondisi bendung antara bendung tetap dan gerak dengan menggunakan bentuk pelimpah dan pintu bagian atasnya.
- d. Bendung kembang kempis, biasa disebut bendung karet dengan sistem pengoperasiannya yang harus diperhatikan dari pinggir-pinggir menuju ketengah dan jika pelepasan air sungai pengoperasiannya dari tengah ke pinggir dan jumlah balon atau karet berjumlah ganjil, salah satu contoh bendung karet jeneberang yang ditempatkan di hilir sungai jeneberang.
- e. Bendung botto intake, fungsi bangunan ini adalah pengarah aliran, biasanya dibangun terlebih dahulu sebelum dibangun bendung.

Ditinjau dari segi sifatnya bendung dapat pula dibedakan menjadi :

- a. Bendung permanen, bangunan ini yang tidak bisa diubah konstruksinya seperti pasangan batu, beton, dan kombinasi beton dengan pasangan batu.
- b. Bendung semi permanen, bangunan yang berfungsi sementara seperti bendung bronjong, cerucuk kayu.
- c. Bendung darurat, biasa dibangun pada saat terjadi banjir atau kebutuhan masyarakat untuk air sehingga dibuat oleh masyarakat pedesaan seperti bendung tumpukan batu.

Fungsi bendung adalah untuk meninggikan muka air di sungai sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan tertentu sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan secara gravitasi ke saluran irigasi dan sampai pada petak sawah. Tinggi air pada bendung dapat menentukan luas wilayah daerah irigasi, kebutuhan air, lebar dan jumlah pintu, dimensi saluran irigasi, jenis peredam energi yang digunakan di hilir bendung.



**Gambar 3.2** Bendung Lambandia Kabupaten Kolaka Timur Sulawesi Tenggara (Ahmad Syarif Sukri, 2022)

Perencanaan dan pelaksanaan konstruksi bendung sangat ditentukan dari lokasi letak penempatan bendung apakah terletak didalam badan sungai atau di luar badan sungai (sodetan), penentuan letak lokasi bendung berpengaruh pada

luas layanan daerah irigasi, lebar bendung, tinggi mercu, jenis mercu, tinggi ambang intake dan potensi aliran air. Selain itu pemilihan lokasi juga berpengaruh pada saat proses konstruksi dimana penempatan bendung sangat berpengaruh pada kondisi struktur tanah, jenis tanah, proses pengerjaannya, alat dan bahan konstruksi serta waktu pelaksanaannya. Pemilihan lokasi bendung yang tepat memberikan suatu manfaat yang besar baik dari segi manajemen pekerjaannya maupun biaya konstruksinya tapi sebaliknya bila terjadi pemilihan yang kurang tepat dapat berakibat terjadinya gagal konstruksi atau terjadi kendala didalam pekerjaan dan membutuhkan biaya yang tinggi. Sehingga pemilihan lokasi bendung harus dilakukan dengan tepat, dengan memperhatikan beberapa faktor-faktor seperti 1). Topografi daerah lokasi dan disekitarnya biasanya disurvei pengukuran dengan jarak dari AS bendung arah ke hulu-hilir masing-masing 1000 m dan arah kiri- kanan lokasi AS bendung masing-masing 500 m, 2). Kondisi hidrologi menentukan kondisi air banjir dan air minimum serta penentuan tinggi mercu, lebar mercu, lebar penguras dan jenis peredam energi dan data hidrologi minimal 10 tahun data curah hujan, data tinggi air dan data bajir, 3). Morfologi sungai seperti lebar sungai, kedalaman air, debit air, jenis material sungai, 4). Geologi, dan mekanika tanah, kondisi data ini menentukan jenis tanah, jenis batuan, kekuatan dan berat jenis tanah, kedalaman pondasi, zona gempa, dan cara pelaksanaan pondasi, dan 5). Bangunan lain yang akan dibangun seperti rumah jaga, kantong lumpur, pintu penguras, jembatan layanan.

Bendung berdasarkan operasionalnya dapat dibedakan menjadi:

a. Bendung Tetap

Bendung tetap adalah bangunan permanen yang berfungsi menaikkan tinggi muka air dan sebagai penanggulangan banjir yang terdiri dari ambang lebar dengan bentuk Ogee atau bulat. Bangunan ini tidak bisa mengatur debit dan tidak bisa

mengatur elevasi muka air, kondisi ini dipengaruhi dari kondisi morfologi sungai, hidrolis sungai, dan kondisi hidrologi jika terjadi musim penghujan atau terjadi banjir maka elevasi air di mercu bendung akan tinggi dan kondisi kemarau elevasi muka air akan kecil bahkan air tidak melewati pelimpah / mercu bendung.

b. Bendung gerak

Bendung gerak adalah bangunan ini bisa mengatur muka air pada bendung dengan sistem elektrik yang terdiri dari ambang yang dapat bergerak (pintu sorong, radial, dan tipe lainnya), dengan sistem pengalirannya adalah sistem pengaliran dibawah pintu sehingga dapat melakukan pengontrolan muka air banjir.

Penempatan bendung bisa dilakukan pada badan sungai atau diluar badan sungai (sodetan);

a. Badan Sungai

Penempatan bendung pada palung sungai sangat terpengaruh kondisi cuaca dan aliran sungai, jika terjadi banjir maka pelaksanaan terganggu dan memerlukan saluran pengarah, cara kerjanya juga tidak langsung selebar sungai tetapi bertahap atau sebahagian badan sungai, dan biasanya bahagian pekerjaan yang didahulukan adalah yang terdapat pintu penguras.

b. Sodetan atau Kopur

Penempatan bendung diluar badan sungai (sodetan/kopur) salah satu cara yang dilakukan untuk mempermudah pekerjaan mulai dari galian pondasi sampai pekerjaan strukturnya, penempatan ini biasanya dilakukan pada daerah sungai yang berkelok (*mandering*) namun dibutuhkan pekerjaan tambahan seperti pembuatan alur sungai dan tanggul penutup sungai.

Penempatan bendung dapat dilakukan dialur sungai atau diluar alur sungai (sodetan). Pemilihan lokasi bendung ini akan sangat berpengaruh pada kemampuan kerja suatu bendung pada saat proses pelaksanaan konstruksinya dan saat pengoperasiannya. Oleh karena itu sangat perlu diperhatikan faktor yang akan mempengaruhinya, sehingga akan didapatkan suatu lokasi yang tepat dan paling menguntungkan.

Penempatan bendung akan menimbulkan dampak positif baik dari pelaksanaan pekerjaan sehingga penempatan bendung di sodetan memberikan dampak:

- a. Dapat memudahkan pelaksanaan pekerjaan konstruksi, kondisi ini tidak terdapat gangguan aliran sungai baik pada musim penghujan maupun musin kemarau.
- b. Kondisi waktu pelaksanaan konstruksi lebih cepat sesuai dengan waktu kontrak pekerjaan
- c. Dapat menentukan letak dan kondisi penempatan pondasi sesuai dengan kondisi tanah yang lebih baik dan yang di harapkan, penempatan pondasi yang terbaik adalah pada daerah batuan/cadas sehingga kondisi pondasi sangat aman dan kokoh sehingga gaya geser, gaya giling dan gaya uplit presuer aman.
- d. Kondisi penempatan bangunan intake, bangunan katong lumpur dan saluran primer dapat diletakkan sesuai dengan kondisi daerah sodetan tersebut.

Sedangkan dampak negatif penempatan bendung di sodetan akan menimbulkan dampak dari pelaksanaan pekerjaan seperti:

- a) Terjadinya perubahan kondisi morfologi dan aliran sungai
- b) Terdapat kondisi perubahan ekosistem sungai akibat terjadinya perubahan kondisi, letak dan bentuk sungai.
- c) Adanya pengerukan tanah untuk membuat alur aliran sungai baru menuju bendung.

d) Terdapat pekerjaan tambahan yang diperlukan seperti tanggul penutup sungai untuk mengarahkan aliran masuk ke bendung.

Sedangkan untuk penempatan bendung di alur sungai terdapat keuntungan seperti: tidak ada pekerjaan galian tanah dan penutupan sungai. Sedangkan kerugiannya terjadi gangguan aliran selama pelaksanaan konstruksi dan dibutuhkan bangunan pengelak, tanggul dan *cofferdam*. Pada perencanaan dan pembangunan bendung biasanya dilengkapi dengan bangunan utama dan bangunan pendukung seperti:

- a. Tubuh bendung tetap.
- b. Peredam energi.
- c. Pencegah bahaya erosi buluh.
- d. Tembok pangkal bendung.
- e. Tembok sayap udik.
- f. Tembok sayap hilir.
- g. Bangunan pengambilan (*intake*).
- h. Dinding banjir.
- i. Kantong lumpur dan sistem pembilas.
- j. Pintu dan perlengkapan operasi.
- k. Bangunan pengaman bendung berupa rip-rap di hilir bendung.
- l. Jembatan pelayanan.
- m. Tangga.
- n. Penduga muka air.
- o. Tanggul penutup.
- p. Rumah jaga dan gudang.

q. Sarana komunikasi dan operasi.

### 3.4 Embung

Suatu bangunan penampungan yang biasa ditempatkan pada daerah-daerah kering dan sebagai fungsi konservasi (imbuan air tanah) dan saat ini perkembangan penggunaannya seperti untuk irigasi, dan air bersih salah satu bangunan tersebut adalah embung. Embung adalah suatu bangunan tampungan air yang dibangun di daerah depresi dan daerah tertentu dan difungsikan untuk menampung air pada saat musim penghujan dan dimanfaatkan pada saat surflus air untuk memenuhi kebutuhan prioritas masyarakat seperti untuk air bersih, air irigasi, air untuk kebutuhan ternak dan suplay air ke kebun. Penempatan bangunan embung biasanya di tempatkan diluar sungai dan kapasitas tampung embung tergantung dari besar kebutuhan masyarakat, peruntukannya dan tinggi bangunan embung.



**Gambar 3.3** Keadaan Embung Anese Kabupaten Konawe Selatan (Sumber : Ahmad Syarif Sukri, 2022)

Fungsi embung tergantung dari bangunan atau konstruksinya, fungsi embung didasarkan dari keadaan bangunan pelengkapnyanya seperti:

- a. Tubuh embung dibangun sesuai berfungsi dan dibutuhkan pekerjaan menutup lembah atau cekungan (depresi, alur), pekerjaan ini sering lakukan untuk mendapatkan kapasitas tampungan embung yang besar sehingga dibutuhkan

perataan alur sehingga air dapat tertahan di udiknya dan dilengkapi dengan bangunan tanggul pada sisi-sisinya.

- b. Kolam embung atau kolam tampungan yang berfungsi untuk menampung air hujan atau air sungai sesuai dengan tinggi dan luas daerah genangannya
- c. Bangunan intake atau bangunan sadap atau bangunan pengeluaran yang dilengkapi pintu atau kram pengeluaran yang dapat diatur debitnya sesuai kebutuhan air yang diinginkan dan tidak dilengkapi dengan bangunan penguras.
- d. Bangunan pelimpah berbentuk tipe ogee atau bulat berfungsi mengalirkan kelebihan air yang terdapat di kolam tampungan sampai mencapai puncak bangunan intake, kelebihan air ini langsung terbuang ke hilir bangunan ke sungai dan merupakan air yang tidak bisa dimanfaatkan melalui pintu intake.
- e. Pembuatan jaringan distribusi air bisa berupa rangkaian pipa atau saluran terbuka yang berfungsi untuk mensuplay air dari kolam ke tandon atau bangunan box yang terdapat di bahagian hilir embung dan aliran diusahakan secara gravitasi dan bertekanan.

Tipe tubuh embung bisa terbuat dari pasangan batu, beton atau urugan. Pada tulisan ini membahas tipe urugan, tipe urugan embung terdiri dari 1). Urugan Tanah Homogen, 2). Urugan Tanah Berzona, 3). Urugan Batu dengan Inti Kedap Air. Didalam perencanaan terdapat tahapan atau prosedur perencanaan embung sehingga fungsi dan kondisi embung dapat dimanfaatkan sesuai dengan fungsinya, maka tahapan perencanaan sebagai berikut:

- a. Peninjauan dan penentuan letak lokasi, bangunan utama dan potensi genangan embung.

- b. Survey topografi, mekanika tanah dan geologi pada letak bangunan utama, letak tubuh embung dan daerah genangan.
- c. Penentuan tata letak bangunan spillway, intake, tubuh embung dan genangan.
- d. Analisis hidrologi, analisa potensi, dan kebutuhan air.
- e. Penentuan tipe dan material bangunan yang digunakan terutama pada bangunan utama (spillway) dan tubuh embung.
- f. Desain bangunan intake, box dan jaringan distribusi apakah menggunakan sistem terbuka atau tertutup.

Penentuan rencana desain tubuh embung harus memperhatikan kondisi lokasi, mekanika tanah, hidrologi dan peruntukan embung sehingga didalam perencanaan harus memenuhi kriteria perencanaan yaitu:

- a. Harus aman terhadap kegagalan struktur, kondisi ini harus diperhatikan mengenai pergeseran, guling, dan gaya angkat, kondisi konstruksi embung yang direncanakan apakah sudah memenuhi syarat keamanan yang ditetapkan.
- b. Aman terhadap rembesan dan bocoran, potensi rembesan dan kebocoran pada bangunan embung baik pada bangunan utama, intake dan pada tubuh embung harus seminimal mungkin bahkan tidak terjadi sama sekali.
- c. Aman terhadap kegagalan hidraulik, potensi tekanan hidrostatik dan gaya tekanan yang terjadi pada bangunan utama dan tubuh embung sangat besar tergantung dari tinggi dan kecepatan aliran.

Pencegahan limpasan pada puncak tubuh embung harus diperhatikan karena bangunan embung dengan material homogen tidak bisa terjadi aliran diatas, hal ini berpengaruh pada kondisi stabilitas struktur dan dikawatirkan terjadi rembesan pada tubuh embung yang bisa berdampak kebocoran

pada tubuh embung, maka dalam mendesain ketinggian puncak tubuh embung, dan tinggi jagaan harus memenuhi standar perencanaan yang sudah ditetapkan berkisar antara 0.50 m – 1.50 m, atau menggunakan permula  $0,25 H + 0.30$ . Tinggi jagaan pada tubuh embung harus cukup baik dari kondisi aliran banjir maksimum rencana ditambah tinggi gelombang yang terjadi pada daerah genangan.

Perencanaan bangunan pelimpah atau spillway harus mampu melawatkan air banjir maksimum yang terjadi, pemenuhan kapasitas pelimpah atau tinggi genangan dan tinggi energi diatas ambang. Bentuk dan tipe dari pelimpah ditentukan dari kondisi tanah, sungai, genangan, debit banjir dan tinggi energi diatas ambang, apakah menggunakan ambang tajam atau ambang lebar atau menggunakan tipe ogee atau tipe bulat, dengan menggunakan peredam energi atau tidak menggunakan peredam energi.



**Gambar 3.4** Embung Anggoota Kabupaten Konawe

(Sumber: Ahmad Syarif Sukri, 2022)

### 3.5 Penutup

Salah satu bangunan utama dari sistim irigasi dapat berupa bendungan, bendung, dan embung, penggunaan bangunan utama tersebut harus disesuaikan dengan fungsi dan peruntukannya. Perencanaan bangunan utama harus di analisis

secara teliti mulai dari kondisi tanah, geologi, sungai, hidrologi, debit aliran, potensi genangan/ketersediaan dan potensi kebutuhan air serta stabilitas strukturnya. Setiap bangunan utama mempunyai fungsi dan peruntukan yang berbeda-beda, ada yang berfungsi menampung, ada berfungsi untuk meninggikan muka air, dan berfungsi untuk konservasi. Pemanfaatan bangunan utama irigasi yaitu penanggulangan banjir, dan peningkatan taraf sosial masyarakat.

# Bab 4

## Air Tanah dan Air Permukaan

### 4.1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk yang semakin bertambah mengakibatkan kebutuhan akan air bersih juga meningkat, hal ini tidak sebanding dengan jumlah air yang relatif tetap di bumi ini. Air merupakan kebutuhan mendasar dalam menyokong keberlangsungan hidup sehari-hari manusia dan makhluk hidup lainnya. Kebutuhan air bersih tiap orang di pedesaan adalah 60 liter perhari mulai dari mandi, memasak, mencuci hingga minum. Sedangkan untuk perkotaan mencapai 150 liter perhari.

Berdasarkan Biro Sensus Amerika pada tahun 2022 penduduk dunia akan mencapai lebih dari 7.8 miliar dan akan bertambah sekitar 2 miliar menjadi 9,7 miliar di tahun 2050 atau dalam kurung waktu 30 tahun saja. Begitupun juga dengan penduduk Indonesia, di tahun 2020 berjumlah 270,20 juta jiwa yang menjadikan Indonesia sebagai negara ke 4 dengan penduduk terbesar di Dunia. Mayoritas penduduk Indonesia atau sekitar 56% tinggal di pulau Jawa yang luasnya hanya 7% dari luas total wilayah Indonesia. Dengan kejadian tersebut membuat ketidakseimbangan antara kebutuhan dan kesanggupan suatu wilayah untuk dihuni (BPS, 2021).

Selain keberadaan air di bumi yang jumlahnya terbatas, penyebarannya juga tidak merata, ada daerah yang keberadaan airnya melimpah seperti daerah amazon (Amerika selatan) dan Sumatra (Indonesia) yang merupakan daerah hujan tropis, ada juga daerah yang kekurangan air seperti di daerah gurun pasir. Hal tersebut juga terjadi di wilayah Indonesia, bagian barat Indonesia, khususnya Pulau Jawa maupun Sumatera mempunyai air yang lebih melimpah dibandingkan dengan bagian timur Indonesia. Bahkan dalam suatu wilayah ketersediaan air pun tidak merata, daerah yang merupakan daerah bayang-bayang hujan jumlah airnya lebih sedikit, hal ini dikarenakan air hujan akan terhalang oleh daerah yang membayangnya, daerah yang membayangnya berupa pegunungan sehingga hujan tidak sampai ke daerah bayang-bayang hujan dan hanya menjadi angin kering di balik gunung yang menerima hujan dari angin basah. (Imamuddin and Mochammad, 2019).

## **4.2. Siklus Hidrologi**

Siklus hidrologi merupakan serangkaian proses lengkap perputaran dan penyebaran air di muka bumi secara berulang ulang tanpa mengurangi volume air yang ada di bumi. Jika terdapat suatu wilayah yang kekurangan air maka terdapat pula suatu wilayah kelebihan air pada suatu waktu itu. Proses tersebut mulai dari penguapan pada badan air dan penguapan pada permukaan tanah serta penguapan dari permukaan tanaman atau daerah bervegetasi. penguapan ini pada ketinggian tertentu menghasilkan uap air yang akan menjadi awan, kemudian akan terjadi presipitasi dapat dalam hujan, embun dan salju. Air hujan yang jatuh akan tertahan oleh tanaman dengan proses intersepsi dan akan pula sampai ke permukaan tanah menjadi air permukaan dan akan mengalami infiltrasi masuk ke dalam tanah sehingga menjadi air tanah. Air yang tidak masuk ke dalam tanah akan menjadi air permukaan yang dapat mengalami proses penguapan secara kontinue dan bersiklus.

Di dalam tanah, air akan mengisi ruang atau pori tanah hingga keadaan menjadi jenuh air. Keadaan jenuh adalah air yang datang tidak dapat ditampung lagi karena kapasitas tanah untuk menampung air sudah penuh, dan air akan mengalir ke daerah yang lebih kering dan lebih rendah. Jika kapasitas kebasahan tanah (*soil moisture*) ini berlebih maka kelebihan airnya akan mengalir vertikal (berperkolasi) hingga mencapai air tanah. Air yang mengalir itu pada kondisi dan situasi tertentu akan mencapai kubangan atau cekungan seperti saluran, danau, sungai hingga lautan dan sebagainya. Seterusnya air yang sudah melewati tanah yang kapasitas kebasahannya berlebih akan mencari tempat lebih rendah dan lebih kering (Robert J. Kodoatie, 1996).

Sirkulasi air yang terus berputar itu tidak akan pernah berhenti dari atmosfer ke bumi dan kembali ke atmosfer dan seterusnya. Proses perputaran atau siklus air tersebut melalui beberapa tahapan antara lain evaporasi, transpirasi, presipitasi dan kondensasi. Sinar matahari merupakan kunci utama proses siklus hidrologi di bumi ini dapat berjalan secara terus menerus. Air berevaporasi membentuk awan kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk air hujan, hujan es maupun dalam bentuk salju dan kabut. Pada saat air hujan turun ke bumi, air dapat berevaporasi kembali ke udara menjadi uap air kembali. Pada keadaan hujan yang jatuh pada lahan yang bervegetasi maka air jatuh terlebih dahulu pada area vegetasi kemudian masuk ke permukaan tanah yang dinamakan intersepsi, yaitu proses masuknya air melalui pepohonan atau tanaman sebelum akhirnya mencapai permukaan tanah dan berinfiltrasi. Penyebaran air antar daerah yang ada di bumi mengikuti suatu siklus hidrologi. Siklus ini terdiri dari beberapa proses hidrologi antara lain sebagai berikut:

a. *Evaporasi/evapotranspirasi*

Evaporasi adalah proses penguapan air dari permukaan tanah atau dari tanaman (*transpirasi*), sedangkan evapotranspirasi adalah gabungan dari evaporasi dan transpirasi yaitu penguapan dari tanaman atau daerah bervegetasi. Penguapan yang terjadi dari permukaan tanah dapat berasal dari permukaan air laut, danau, sungai, rawa hingga genangan air. Kejadian bermula diakibatkan oleh panasnya sinar matahari yang mampu melepaskan ikatan molekul-molekul air menjadi longgar dan kemudian terpisah menjadi molekul-molekul penyusunnya yaitu oksigen dan hidrogen

b. *Presipitasi*

Presipitasi adalah proses turunnya uap air (awan) yang dalam keadaan jenuh dalam bentuk hujan, salju, dan es. Uap air yang berasal dari proses evaporasi dan evapotranspirasi tersebut bergerak ke udara (*atmosfer*) dan kemudian akan menjadi awan.

c. *Infiltrasi*

Air hujan yang turun setelah menjadi air permukaan maka akan masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi yaitu pada lapisan permukaan tanah. Pada kondisi tanah kering kecepatan infiltrasi air masuk ke dalam tanah tersebut lebih besar daripada kondisi tanah basah. Besarnya kecepatan infiltrasi maksimum yang terjadi pada suatu permukaan tanah disebut kapasitas infiltrasi yang bergantung pada kadar air suatu tanah.

d. *Perkolasi*

Perkolasi merupakan pengisian ruang pori tanah melalui proses gerakan aliran air di dalam tanah. Masuknya air dalam pori tanah terjadi setelah lapisan permukaan tanah mengalami keadaan jenuh air. Jika pori tanah pada lapisan

selanjutnya mengalami kejenuhan maka aliran air akan menuju lapisan tanah yang terletak lebih dalam melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan hingga mencapai batas muka air tanah dan mengisi cadangan air tanah. Proses gerakan air dalam tanah terbagi menjadi dua yaitu gerakan vertikal yang diakibatkan oleh gaya gravitasi dan gerakan horizontal yang diakibatkan oleh gaya kapiler pada tanah.

e. Aliran Permukaan (*Run off*)

Run off terjadi jika intensitas hujan lebih tinggi dibanding dengan kecepatan infiltrasi air pada permukaan tanah. Proses aliran permukaan air yang terdapat pada badan air dan cekungan - cekungan air diakibatkan oleh perbedaan ketinggian permukaan tanah, gaya potensial air dan gaya gravitasi. Kelebihan *run off* pada permukaan tanah akan mengakibatkan banjir.

#### **4.3. Air Tanah**

98% dari jumlah total air tawar yang ada di bumi terdapat sebagai air tanah yang tersembunyi di bawah permukaan tanah dalam pori-pori batuan dan sisanya 2% terdapat dipermukaan bumi sebagai air danau, sungai, rawa dan sebagainya. (UNESCO, 1978 dalam Chow et al, 1988). Indonesia memiliki potensi sumber daya air yang sangat besar, dari total potensi air 3,9 triliun meter kubik per tahun masih ada 3,2 triliun meter kubik per tahun yang belum dimanfaatkan dan baru bisa dikelola sekitar 691,3 miliar meter kubik atau sekitar 20% dan sisanya sekitar 80 persen yang belum dimanfaatkan.

Menurut Undang Undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air (UU No. 7/2004) air tanah adalah air yang berada pada lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Pengertian tentang air tanah banyak dikemukakan oleh ahli diantaranya sebagai berikut:

- Johnson (1972) air tanah adalah semua air yang berada pada bawah permukaan tanah yang biasa dikenal dengan istilah *groundwater*. Air tanah juga bisa dikatakan sebagai air yang terdapat pada lajur jenuh atau *underground water*.
- Soemarto (1989) air tanah adalah air yang terdapat pada rongga-rongga lapisan geologi. Lajur air pada lapisan tanah terbagi menjadi 2 yaitu lajur jenuh (*saturated zone*) dan lajur tidak jenuh. Lajur jenuh terletak di bawah permukaan tanah dan di atasnya merupakan lajur tidak jenuh.
- Wilson (1993) air tanah didefinisikan sebagai proses masuknya air yang bersumber dari hujan yang masuk kedalam tanah dan tertampung pada lapisan bawah permukaan tanah sebagai air tanah.
- Fetter (1994). Air tanah adalah air yang tersimpan pada lajur jenuh. Lajur jenuh terbentuk di pori-pori tanah yang terisi air dengan kedalaman tertentu. Pada batas air lajur jenuh terdapat lapisan yang disebut *water table*. Air tersebut terus bergerak hingga bisa menjadi mata air dan mengalir melalui sungai yang terkumpul di rawa, danau dan laut.
- Kodoatie (1996) Air tanah adalah air yang berasal dari bawah permukaan tanah yang bersumber dari sistem drainase, sumur-sumur dan terowongan. Aliran air tanah mengalir ke permukaan secara alami melalui rembesan dan pancaran.
- Asdak (2002). Air tanah adalah segala bentuk aliran yang ada di bawah permukaan tanah sebagai akibat dari gaya gravitasi, perbedaan kelembaban tanah dan struktur pelapisan geologi. Di bawah permukaan tanah juga terdapat lajur jenuh air yang berada pada bawah air tanah.

Pembentukan air tanah mengikuti daur hidrologi yaitu siklus peredaran air di bumi, yakni proses perpindahan air di alam yang secara alami terjadi secara terus menerus dan berurutan. Air tanah sebagai sumber alam yang sangat melimpah dan dapat

dimanfaatkan untuk berbagai keperluan manusia dan makhluk hidup lainnya. Air tanah memiliki beberapa keunggulan dibanding air permukaan yaitu lebih melimpah dengan jumlah yang tak terbatas, lebih steril dan lebih stabil. Air tanah berfungsi untuk menjaga siklus air global. Air tanah bersumber dari :

1. Air hujan yang meresap ke dalam pori-pori tanah akibat adanya gaya gravitasi hingga mencapai muka air tanah.
2. Air yang meresap dari aliran air permukaan seperti danau, sungai, rawa ke dalam lajur jenuh air.

Air yang ada di dalam tanah dan di permukaan memiliki ketergantungan satu sama lain. Air yang ada di danau dan aliran air sungai merupakan sumber utama untuk menyuplai jaringan air tanah, sebaliknya banyak sungai di permukaan yang sebagian besar alirannya berasal dari air tanah yang keluar melalui pembentukan mata air.

#### **4.4. Air Permukaan**

Jumlah air tawar permukaan yang terkunci di dalam es mencapai 70%. Kurang dari satu persen air tawar dunia mudah diakses oleh manusia hal ini mengakibatkan banyak negara yang mengalami kekurangan air bersih. Namun hal berbeda terjadi pada negara yang menguasai 50% cadangan air tawar dunia yaitu Brasil, Rusia, Kanada, Indonesia, Cina dan Kolombia. Di negara tersebut air tawar melimpah dan dapat dioptimalkan potensinya dengan pengelolaan sumberdaya air yang baik dan berkesinambungan.

Menurut Encyclopaedia Britannica tahun 2015, air permukaan adalah air yang mengalir pada sungai maupun saluran buatan di permukaan tanah yang berasal dari limpasan curah hujan menuju tempat yang lebih rendah akibat adanya gaya gravitasi. Pada mulanya saluran yang dilalui ukurannya relatif pendek dan sempit kemudian aliran tersebut akan mengikis daerah-daerah

yang dialiri sehingga menjadi menjadi besar, lebar, dan panjang hingga menjadi sungai seutuhnya.

Air permukaan merupakan air yang berada pada permukaan tanah baik dalam kondisi diam maupun mengalir. Pada kondisi air permukaan yang tidak terserap akan menjadi aliran yang terkumpul dan mengalir menuju suatu titik, seperti sungai, rawa, danau maupun laut. Air permukaan dibagi dalam dua jenis, yakni perairan laut dan perairan darat.

#### **4.4.1 Perairan Laut**

Perairan laut merupakan air permukaan yang berada di selat, teluk lautan hingga samudera. Samudra merupakan lautan yang sangat luas dan terletak di antara benua. Selat adalah laut dan terletak antara dua pulau yang lebih sempit. Teluk yang merupakan bagian laut yang menjorok ke arah darat. Air yang ada di lautan membentang dengan panjang 24.000 km dan kedalaman rata-rata 3,2 km dengan volume mencapai 1,332 miliar kilometer kubik.

#### **4.4.2 Perairan Darat**

Perairan darat terdiri dari beberapa bentuk, yakni:

- Sungai

Sungai adalah tempat saluran air permukaan tawar yang mempunyai aliran sempit hingga lebar yang bersumber dari mata air hingga air hujan dan bermuara di danau dan laut.

- Danau

Danau adalah tempat badan air tawar yang berukuran luas dan besar yang dibatasi oleh tanah dan berbentuk cekungan-cekungan. Danau bisa terbentuk secara alami maupun buatan. Danau terbentuk secara alami akibat letusan gunung berapi yang meninggalkan kubangan dan terisi air. Danau buatan terbentuk akibat kebutuhan irigasi persawahan dan menjaga keseimbangan air irigasi baik dimusim hujan

maupun di musim kemarau. Kualitas air danau tergantung dari supai air yang bermula ke danau tersebut dan kedalaman air danau berbeda beda di tiap tempat. Air danau sangat penting bagi kehidupan masyarakat. Yakni dapat berfungsi sebagai bahan baku air minum, untuk irigasi persawahan, sumber pembangkit listrik, pengatur dan pengendalian banjir, hingga untuk rekreasi dan sarana olahraga

- Rawa

Rawa merupakan daerah lahan air tawar yang secara permanen terisi oleh aliran air sungai hingga air hujan. Kadar organik pada air rawa cenderung tinggi dibanding tempat lainnya. Hal ini dikarenakan sumber air rawa berasal dari hewan yang mati dan tumbuhan yang melapuk pada badan air dan mengendap. Pohon-pohon yang tidak memiliki akar mendominasi daerah rawa. Rawa bisa terbentuk akibat adanya banjir dan pengeringan air laut, rawa bisa juga terdapat di daerah tropis dan subtropis sebagai rawa bakau.

#### **4.5. Penutup**

Air tanah dan air permukaan merupakan sumber daya yang dapat digunakan untuk keberlangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Air tanah berada dalam keadaan air tawar sedangkan air permukaan berada dalam keadaan air tawar dan air asin. Sebagian besar air tawar di bumi berada dalam permukaan tanah yang disebut sebagai air tanah. Air tanah dan air permukaan memiliki hubungan antar satu sama lain melalui proses hidrologi. Pembentukan air tanah bisa berasal dari air permukaan yang meresap ke pori pori tanah hingga lapisan jenuh air, sedangkan air permukaan juga bisa berasal dari pancaran dan semburan air tanah melalui sumur-sumur dan mata air.



# Perencanaan Bangunan Irigasi

## 5.1. Pendahuluan

Sumber daya yang terdapat di muka bumi dan paling berharga diantara semua jenis sumber daya adalah air. Air dibutuhkan oleh semua makhluk untuk bisa bertahan hidup, dan sampai sekarang belum ada penggantinya. Kelangkaan air disejumlah negara yang seringkali menjadi buah bibir pembicaraan semua media pemberitaan dan dapat dilihat dampaknya sangat memprihatinkan terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup. Banyak cara telah dilakukan oleh berbagai negara untuk menyelesaikan kelangkaan air yang telah terjadi selama bertahun-tahun (Sukri, 2020).

Ketersediaan air yang sudah mulai berkurang baik dari segi jumlah maupun volumenya, perubahan iklim yang menyebabkan musim penghujan menjadi lebih pendek dengan intensitas hujan yang tinggi mengakibatkan kekeringan dan banjir di areal persawahan, ini semua merupakan akibat dari pemanasan global. Selain itu, pemanasan global juga mengakibatkan dampak penurunan hasil produksi petani, berkurangnya distribusi air, dan bertambahnya kebutuhan akan

air, sehingga diperlukan suatu usaha perencanaan, pengembangan dan pengelolaan yang baik.

## 5.2. Klasifikasi Jaringan Irigasi

Didasarkan pada tata pengaturan, cara pengukuran dan ketersediaan fasilitasnya, jaringan irigasi dapat kita klasifikasikan menjadi 3 (tiga) yaitu :

- a. Irigasi sederhana,
- b. Irigasi semi teknis,
- c. Irigasi teknis.

Perbedaan spesifik dari ketiga klasifikasi irigasi yang dituliskan sebelumnya ditampilkan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1.** Klasifikasi Jaringan Irigasi

No.	Jaringan Irigasi	Klasifikasi Jaringan Irigasi		
		Teknis	Semiteknis	Sederhana
1.	Bangunan utama	Permanen	Semi permanen	Sementara
2.	Kemampuan bangunan (ukur dan atur debit)	Baik	Sedang	Buruk
3.	Saluran	Saluran pembawa dan pembuang terpisah	Tidak sepenuhnya terpisah	Saluran menjadi satu
4.	Petak sawah	Sepenuhnya pengembangan	Belum dikembangkan	Tidak terpisah
5.	Efisiensi menyeluruh	50% - 60%	40% - 50%	< 40%
6.	Ukuran petak sawah	Tak dibatasi	Sampai 2.000 Ha	< 500 Ha
7.	Jalan tani	Semua area	Sebagian area	Tidak ada
8.	O & P	Teratur, dan memiliki instansi penanganan	Belum teratur	Tidak ada

Sumber : (Dirjen SDA, 2013)

### **5.3. Kriteria Desain Irigasi**

Di dalam suatu perencanaan teknis atau desain detail jaringan irigasi, perlu ditentukan terlebih dahulu kriteria desain yang akan digunakan diantaranya standar dan prosedur perhitungan desain, rumus-rumus, besaran parameter, dan lain-lain. Kriteria desain ini disusun sesuai dengan standar perencanaan yang telah ditetapkan oleh Dirjen SDA (2013) yang telah disesuaikan kondisi wilayah perencanaan.

Setiap tahapan penanganan proyek baik dalam perencanaan maupun proyek pengembangan bangunan irigasi, dikenal istilah SIDLACOM yang merupakan kependekan dari : Survey, Investigasi (pengukuran/penyelidikan), Design atau perencanaan teknis, *Land Acquisition*/pembebasan lahan, *Construction*/pelaksanaan, *Operation, Maintenance*/pemeliharaan. SIDLACOM secara garis besar merupakan urutan kegiatan yang dilakukan dalam setiap kegiatan perencanaan teknik desain bangunan irigasi.

### **5.4. Sistem Jaringan Irigasi**

Suatu sistem jaringan irigasi terdapat 4 (empat) fungsi pokok yang saling terikat diantaranya : (a) Bangunan utama : bangunan pengambilan air, (b) jaringan pembawa aliran berupa saluran, (c) petak irigasi lengkap dengan pembagian aliran, dan (d) sistem pembuangan kelebihan air.

#### **5.4.1. Bangunan Utama (Bendung)**

Bangunan utama didesain sebagai bangunan yang berfungsi untuk membelokkan aliran sungai ke dalam saluran irigasi. Bangunan utama memiliki beberapa tipe diantaranya: bendung tetap, bendung gerak, pengambilan bebas, bendung saringan bawah, pompa, bendung tipe pelimpah, dan lainnya.

Bangunan utama dari suatu tipe bendung dalam suatu perencanaan memiliki beberapa bagian (Sidharta, 1997), yakni:



akhir saluran ini merupakan bangunan terakhir pada rencana irigasi

- c) Saluran irigasi sekunder, mengalirkan air dari saluran irigasi primer ke petak tersier areal sawah.
- d) Saluran irigasi tersier, saluran ini membawa aliran air dari bangunan sadap ke petak tersier dan kuarter melalui box kuarter dan berakhir di petak sawah.

#### **5.4.3. Petak irigasi**

- a) Petak primer. Sumber air petak primer langsung dari saluran primer. Petak ini terdiri atas beberapa petak sekunder.
- b) Petak sekunder. Petak irigasi ini terdiri dari beberapa petak tersier yang sumber airnya diambil dari bangunan bagi saluran sekunder.
- c) Petak tersier. Layanan air petak ini dialirkan langsung dari bangunan sadap. Ukuran optimal petak tersier berkisar antara 50 – 100 Ha, namun dilapangan bisa dimaksimalkan hingga 150 Ha.
- d) Petak kuarter. Petak ini merupakan petak paling akhir dalam jaringan irigasi yang memiliki ukuran optimum 8 – 15 Ha.

#### **5.4.4. Saluran pembuang**

Saluran pembuang dalam sistem jaringan irigasi hampir mirip dengan saluran pembawa. Umumnya desain saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan kelebihan air secara gravitasi. Ditinjau dari segi ekonomi, saluran pembuang yang dibuat dengan bantuan pompa di nilai tidak layak digunakan dalam desain jaringan irigasi.

#### **5.5.Pola Tanam**

Dalam perencanaan bangunan irigasi, hal yang tidak lupa dijadikan pertimbangan yaitu pola tanam. Pola tanam diartikan sebagai pengaturan urutan jenis tanaman yang diadakan pada

suatu lahan pertanian dalam kurun waktu tertentu (biasanya dipakai satu tahun masa tanam). Tabel 5.2 merupakan contoh pola tanam yang bisa diterapkan pada setiap perencanaan daerah irigasi.

**Tabel 5.2.** Pola Tanam Sawah dalam Satu Masa Tanam

<b>Ketersediaan Air</b>	<b>Pola Tanam</b>
Tersedia cukup banyak air	Padi – Padi – Palawija
Kebutuhan air tercukupi air	Padi – Padi – Bera Padi – Palawija – Palawija
Cenderung kekurangan air	Padi – Palawija – Bera Palawija – Padi – Bera

Sumber : (Sidharta, 1997)

## **5.6. Tahapan Pekerjaan Perencanaan Teknis Irigasi**

Dalam merencanakan bangunan irigasi, terdapat beberapa tahapan-tahapan pekerjaan yang dapat dilakukan:

### **5.6.1. Penentuan Lokasi Perencanaan Bangunan Irigasi**

Penentuan lokasi perencanaan bangunan irigasi, memerlukan tahapan/urutan pekerjaannya yang dapat dilakukan:

- a) Menentukan lokasi perencanaan atas masukan dari publik dan instansi terkait;
- b) Lokasi masukan tersebut lalu di plot ke dalam peta wilayah perencanaan;
- c) Plotting peta daerah yang menjadi masukan tadi, disesuaikan dengan data RTRW setempat dan Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai yang menjadi objek perencanaan;
- d) Setelah mendapatkan persetujuan, maka dilakukan pengecekan lapangan, pengumpulan data, dan konsultasi

publik dengan lembaga terkait untuk mengidentifikasi syarat-syarat yang ditentukan.

### **5.6.2. Perencanaan Peta Lay Out Daerah Irigasi**

Tahapan pelaksanaan pekerjaan perencanaan peta lay out daerah irigasi adalah sebagai berikut:

- a) Pembuatan peta pra lay out sekaligus disesuaikan dengan hasil pengecekan lapangan mencakup sistem saluran, bangunan bagi/sadap, bangunan persilangan, dan diskusi dengan pihak-pihak terkait, pemerintah setempat dan masyarakat petani;
- b) Setelah laporan awal yang berupa peta pra lay out disetujui dan disesuaikan dengan kriteria desain, selanjutnya dibuat draft perhitungan kebutuhan air disawah/*water balance*, draft final lay out serta perhitungan dimensi saluran;
- c) Hasil akhir disajikan bentuk peta lay out lengkap dengan perhitungan kebutuhannya, kemudian diserahkan kepada pemilik proyek.

### **5.6.3. Pra Rencana Bendung**

Tahapan pelaksanaan pra rencana bendung antara lain:

- a) Pengumpulan data lokasi rencana bendung;
- b) Pengecekan kondisi lokasi bendung baik dari segi hidrolis, aliran sungai, geologi, pengukuran lapangan, hasil diskusi dengan masyarakat dan pemerintah setempat, dan penentuan titik lokasi bendung;
- c) Penyajian laporan awal berisi analisis data hidrologi, perhitungan pra rencana bendung, dan penggambaran desain rencana bendung;
- d) Penyajian laporan akhir dan penyerahan hasil pekerjaan.

#### **5.6.4. Perencanaan Saluran dan Bangunan**

Perencanaan saluran dan bangunan memiliki beberapa tahapan diantaranya:

- a) Pengumpulan data berupa peta petak skema, situasi dan profil saluran, konsep lay out saluran;
- b) Pengecekan kondisi lapangan dilakukan dengan pengecekan trase saluran, penentuan lay out saluran, penentuan lokasi bangunan, dan diskusi dengan petani dan pemerintah setempat;
- c) Penyajian laporan awal yang berisi perhitungan data hidrologi, desain saluran, desain bangunan bendung, perhitungan volume pekerjaan, RAB, dan pelaksanaan spek teknis;
- d) Penyajian laporan akhir dan penyerahan hasil pekerjaan.

#### **5.6.5. Final Desain Bendung**

Tahapan final desain bendung diantaranya:

- a) Pengumpulan data berupa laporan hasil pra rencana bendung, hasil penyelidikan geologi tanah dan mekanika tanah, hasil test pemodelan bendung;
- b) Pengumpulan data menghasilkan konsep final desain bangunan utama irigasi. Desain final tersebut kemudian didiskusikan bersama dan dilakukan *checking* lapangan untuk pembuatan laporan awal;
- c) Penyajian laporan awal yang berisi perhitungan data hidrologi/hidrolika bendung, jenis konstruksi yang akan digunakan, analisa stabilitas bendung, volume pekerjaan dan RAB serta gambar desain final.

## 5.7. Rencana Bangunan Utama

Perencanaan bangunan utama irigasi direncanakan dengan memperhitungkan, menganalisis dan mempersiapkan hal-hal antara lain:

a) Kebutuhan data perencanaan;

Adapun data yang perlu disiapkan dalam perencanaan bangunan utama irigasi (bendung) yaitu: data topografi, hidrologi, morfologi sungai, geologi dan mekanika tanah, standar-standar perencanaan, dan data lingkungan sekitar area perencanaan.

b) Penentuan lokasi bendung;

Penentuan lokasi bendung harus memperhatikan kebutuhan topografi daerah irigasi, topografi daerah perencanaan bendung, dan kondisi morfologi sungai, antara lain:

- Seluruh areal bendung dan irigasi yang direncanakan dapat terairi secara gravitasi.
- Elevasi mercu bendung tidak lebih dari tujuh meter dihitung dari elevasi dasar sungai.
- Rencana saluran primer tidak melewati trase saluran yang sulit.
- Demi kelancaran air masuk ke saluran, agar bangunan *intake* dapat direncanakan sedemikian rupa.
- Letak bendung sebaiknya pada aliran sungai yang lurus.
- Biaya pembangunan tidak mahal dan pelaksanaan pekerjaan tidak sulit.

c) Penentuan elevasi mercu bendung;

Perhitungan elevasi mercu mempertimbangkan tinggi muka air rencana dengan tetap memperhitungkan:

- Elevasi sawah terjauh area yang akan diberi air irigasi.
- Elevasi muka air di areal persawahan.
- Kehilangan tinggi energi pada bangunan utama, saluran, boks tersier, bangunan sadap, bangunan-bangunan pada saluran primer (siphon, bangunan terjun dan lainnya).
- Variasi perubahan tinggi muka air akibat eksploitasi di jaringan utama, serta kemiringan saluran utama.

d) Desain lebar efektif bendung;

Lebar bendung di desain sama dengan lebar rerata sungai pada penampang stabil (*straight section*) dimana jarak antar *abutment* antara 1,0 – 1,2 m. Agar biaya kolam olak tidak mahal untuk dibangun, laju aliran per satuan lebar harus dibatasi sekitar 12 – 14 m<sup>3</sup>/det/m' dan ketinggian energi maksimum 3,5 – 4,5 m. Lebar efektif bendung dapat di selesaikan dengan rumus berikut:

$$B_e = B - 2(n \cdot K_p + K_a) \cdot H_1$$

dengan :  $B_e$  = Lebar efektif bendung;

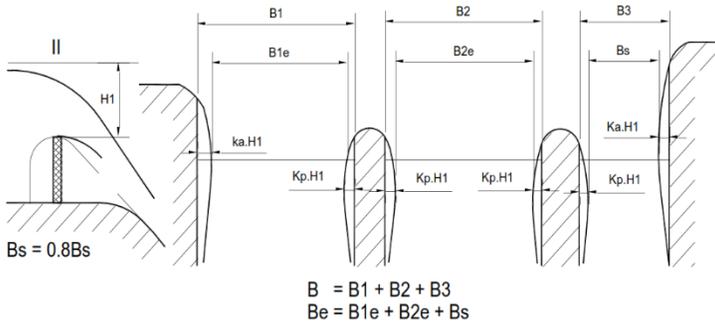
$B$  = Lebar bendung; (lebar total – lebar pilar)

$n$  = Jumlah pilar;

$K$  = Koefisien kontraksi pilar;

$K_p$  = Koefisien kontraksi pangkal bd;

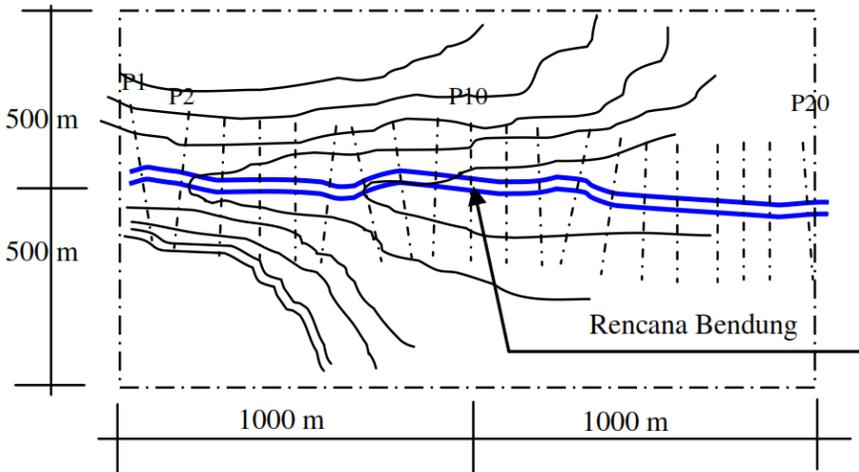
$H_1$  = Tinggi energi.



**Gambar 5.2.** Lebar Efektif Mercu Bendung

Sumber : (Dirjen SDA, 2013)

- e) Perhitungan tinggi muka air di hilir bendung rencana merupakan hal yang penting dilakukan karena muka air banjir (MAB) merupakan dasar perencanaan kolam olak. Kedalaman dasar kolam olak dapat dihitung dengan menggunakan MAB. Peta situasi sungai di area perencanaan bendung yang harus disediakan yaitu 1000 m ke arah hulu dan 1000 m ke arah hilir serta ke arah kiri dan kanan sepanjang 500 m dari titik pusat rencana bendung.



**Gambar 5.3.** Contoh Peta Situasi Sungai Perencanaan Bendung

(Sumber : Dokumen pribadi, 2022)

f) Perencanaan intake pengambilan air;

Pintu *intake* mengatur jumlah air yang masuk dan mencegah masuknya benda padat dan kasar ke saluran. Pada suatu bendung, titik pengambilan air dapat terdiri dari dua bagian, kiri dan kanan, atau hanya satu, tergantung letak daerah irigasi.

g) Analisis kolam olak bendung;

Pemilihan jenis kolam olak tergantung pada: kondisi tanah dasar, beda tinggi muka air antara hulu dan hilir, dan sedimentasi yang dibawa oleh sungai.

Secara umum, konstruksi kolam olak terbagi menjadi 4 (empat) model, yakni:

- Model *Vlughter*;
- Model *Schoklitsch*;
- Model *Bucket* (*Solid bucket*, *slotted* atau *dentated roller bucket*, dan *sky jump*);
- Model USBR I – IV;
- Model *Saint Anthony Falls* (SAF) *Stilling Basin*.

h) Perhitungan pintu penguras;

Pintu penguras terletak antara dinding tegak sebelah kiri atau kanan bendung dengan pilar, atau antara pilar dengan pilar. Lebar pilar antara 1,00 sampai 2,50 m tergantung konstruksi apa yang di pakai dalam perencanaan.

i) Perencanaan lantai muka;

Lantai muka ini direncanakan untuk mengurangi tekanan aliran dibawah bendung. Pengurangan tekanan dapat dihitung dengan beberapa konsep diantaranya:

- Konsep *Bligh*;
- Konsep *Lane*;

- Konsep Khosla.

j) Analisis stabilitas bendung.

Analisis stabilitas bendung dihitung dengan cara membagi gambar potongan dari bendung itu sendiri lalu analisis gaya berat, gaya gempa, tekanan lumpur, gaya hidrostatis dan gaya *uplift-pressure*.



# Sistem Drainase Perkotaan

## 6.1. Pendahuluan

Salah satu dampak penanganan drainase di sebuah kota adalah lajunya pertumbuhan di kawasan tersebut. Contoh nyata yang dapat dirasakan adalah perkembangan kawasan hunian semakin tinggi, yang berdampak pada kurangnya daerah/wilayah resapan air, wilayah kedap air bertambah, sehingga menimbulkan aliran permukaan akan bertambah besar jika terjadi hujan. Hal ini mengakibatkan beban drainase bertambah besar juga yang diakibatkan penambahan aliran permukaan pada saat hujan.

Drainase yang berarti mengalirkan air baik yang ada di atas permukaan tanah maupun yang ada di bawah permukaan tanah. Drainase sangat penting bagi kawasan perkotaan. Perkotaan adalah tempat segala aktivitas makhluk hidup. Kawasan perkotaan adalah suatu wilayah yang memiliki kegiatan utama selain kegiatan sektor pertanian. Karakteristik utama perkotaan adalah terdapat fungsi khusus permukiman yang dominan, adanya pusat-pusat kawasan yang memiliki beragam fungsi mulai dari jasa, pemerintahan, sosial, dan ekonomi (Makkelo, 2018). Drainase perkotaan harus dapat mengalirkan air yang

berlebih di suatu wilayah secepat mungkin. Air yang dimaksud bisa berasal dari air hujan atau air sisa penggunaan aktivitas manusia (limbah) (Bagus & Purbawijaya, 2011).

Sistem drainase memiliki fungsi mengurangi dan membuang kelebihan air dari suatu kawasan ke tempat lain sehingga fungsi kawasan tersebut tidak terganggu oleh adanya kelebihan air. Sistem drainase merupakan suatu bangunan yang terdiri dari beberapa bagian inti yaitu:

1. Saluran penerima (*interceptor drain*);
2. Saluran induk (*main drain*);
3. Saluran pembawa (*conveyor drain*);
4. Saluran pengumpul (*collector drain*); dan
5. Badan air penerima (*receiving waters*).

Selain bangunan inti, di sepanjang sistem drainase juga terdapat beberapa bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, kolam tandon, dan stasiun pompa. Meskipun demikian, bangunan-bangunan tambahan itu tidak harus selalu ada.

Menurut (Grigg, 1996) sistem infrastruktur perkotaan dapat dibagi menjadi sistem air bersih, sistem sanitasi, dan sistem drainase air hujan. Ketiga sistem ini terintegrasi dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain.

- a. Sistem air bersih (*urban water supply*) terdiri dari empat komponen inti yaitu sumber air baku, instalasi pengolahan, sistem distribusi/pengiriman, hingga air bersih dapat digunakan oleh pelanggan. Ilustrasinya dapat dilihat pada Gambar 6.1



**Gambar 6.1** Sistem air bersih (Sumber : Grigg, 1996)

- b. Sistem sanitasi (*sanitation system*) merupakan kelanjutan dari sistem air bersih. Sistem ini mengambil air buangan rumah tangga, dan pengguna di ruang publik. Ilustrasi gambar 6.2 adalah manajemen air buangan.



**Gambar 6.2** Sistem Manajemen Air limbah/kotor (Sumber : Grigg, 1996)

- c. Sistem drainase air hujan merupakan sistem yang mengatur air hujan di permukaan tanah suatu daerah agar dapat dikembalikan ke dalam tanah dalam waktu singkat. Terdapat pula sistem drainase yang kompleks, yaitu sistem yang mengatur sebelum air masuk ke badan air penerima, air tersebut diolah dahulu dalam suatu instalasi. Biasanya instalasi semacam ini berupa Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL). Air yang telah diolah dalam IPAL dan telah memenuhi standar baku mutu yang boleh dimasukkan ke

badan air penerima. Dengan demikian air tersebut tidak akan menimbulkan pencemaran lingkungan sekitar.

## 6.2. Jenis-Jenis Drainase

Jenis drainase dapat dibedakan berdasarkan sejarahnya, fungsinya, konstruksinya, dan letak bangunannya. Berdasarkan sejarahnya, drainase dapat diklasifikasikan menjadi drainase alami dan drainase buatan. Drainase alami terbentuk secara alamiah di mana air mengalir dengan gaya gravitasi yang akhirnya dapat membentuk aliran yang permanen. Sedangkan drainase buatan terbentuk dengan suatu rekayasa berupa menambahkan beberapa bangunan khusus untuk membentuk jaringan yang permanen.

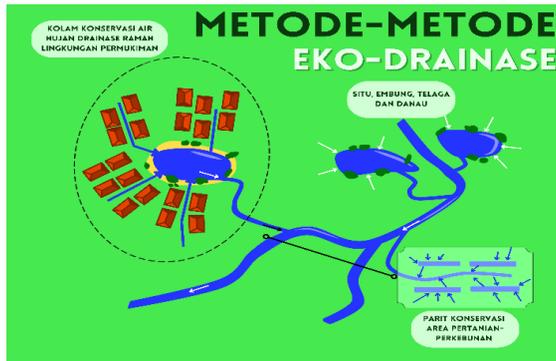
Berdasarkan fungsinya, drainase dibagi menjadi drainase eka guna yang mengalirkan satu jenis air (air hujan atau air limbah) dan drainase multi guna yang mengalirkan lebih dari satu jenis air. Saluran multi guna sering dibangun di tengah kota dengan alasan efisiensi dan kemudahan dalam pemeliharannya.

Berdasarkan konstruksinya, saluran drainase diklasifikasikan menjadi saluran terbuka dan saluran tertutup. Saluran terbuka tidak memiliki penutup saluran. Sedangkan saluran tertutup memiliki penutup yang memang dirancang untuk menjadi bagian dari bangunan saluran tersebut.

Berdasarkan letaknya, sistem saluran drainase dibagi menjadi drainase permukaan (*surface drainage*) dan drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*). Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air limpasan hujan yang berada di atas permukaan tanah. Sedangkan drainase bawah permukaan berfungsi mengalirkan air limpasan hujan melalui suatu jaringan yang dibangun di bawah permukaan tanah.

Kota merupakan pusat kegiatan penduduk dan memiliki infrastruktur serta sarana dan prasana yang memadai. Urbanisasi berdampak pada bertambahnya permukiman secara signifikan.

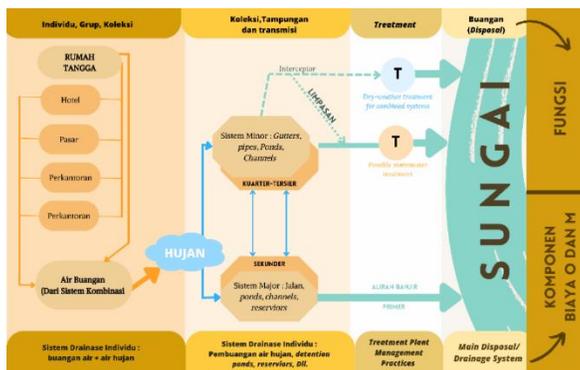
Konsekuensinya, area resapan air hujan pun berkurang dan limpasan permukaan bertambah. Inovasi dalam desain drainase pun berkembang dari yang semula langsung mengalirkan air di suatu wilayah menjadi system yang tidak langsung mengalirkan air atau ditunda pengalirannya. Metode semacam ini disebut eko-drainase. Ilustrasinya eko-drainase dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 6.3** Metode Eko Drainase (Sumber : Grigg, 1996 sudah dimodifikasi)

### 6.3.Sistem Jaringan Drainase

Suatu wilayah kota memiliki sistem jaringan drainase tersendiri, umumnya sistem jaringan drainase dibagi menjadi 2 macam yaitu drainase major/makro dan drainase minor/mikro. Secara umum susunan sistem drainase dapat dilihat pada Gambar 6.4.



**Gambar 6.4** Sistem Manajemen Air limbah/kotor (Sumber : Grigg, 1996 sudah dimodifikasi)

- a. Sistem drainase mayor dikenal juga dengan sebutan 'sistem saluran pembuangan utama', yaitu suatu sistem drainase yang menampung air hujan secara sementara kemudian mengalirkannya. Sistem ini menghubungkan saluran dan sistem pengendalian banjir. Sistem drainase ini memiliki periode ulang 5 - 10 tahun. Di Indonesia periode ulang tersebut menjadi 25 - 50 tahun karena keterbatasan anggaran. Sering kali sistem drainase mayor ini mengakomodasi aliran yang berskala besar. Contohnya ialah saluran drainase primer, kanal-kanal utama, serta sungai. Apabila di daerah yang memiliki topografi tanah yang memadai, aliran air relatif lebih mudah karena air dapat mengalir sangat cepat. Namun di daerah yang memiliki kemiringan tanah yang landai, aliran air mengalir dengan sangat lambat. Salah satu solusi yang untuk mengatasinya adalah dengan merancang dimensi saluran yang lebar yang besar. Saluran drainase primer dan sekunder termasuk sistem drainase mayor.

- b. Sistem Drainase Minor atau Mikro

Drainase mikro adalah saluran yang tidak termasuk dalam drainase mayor. Yang termasuk drainase mikro antara lain saluran di kiri dan kanan jalan atau selokan di sekitar bangunan. Pada sistem ini, debit air yang dapat ditampung relatif tidak terlalu besar. Sistem ini sering kali dianggap sebagai fasilitas pelengkap drainase. Biasanya drainase semacam ini direncanakan dengan periode ulang 2 - 10 tahun saja. Namun masa tersebut tergantung tata guna lahan dan kondisi fisik kawasan. Sistem minor meliputi saluran drainase tersier dan kuartier.



**Gambar 6.5** Sistem Drainase Perkotaan (Sumber : Grigg, 1996 sudah dimodifikasi)

#### 6.4. Hidrologi untuk Drainase Perkotaan

Di Indonesia terdapat beberapa unsur baik berupa Kementerian, Lembaga Negara, Pemerintah Daerah, maupun unsur lainnya yang memiliki peran masing-masing dalam mengelola drainase, termasuk dalam upaya pencegahan banjir. Salah satu unsur Kementerian yaitu Direktorat Jenderal Cipta Karya yang berada di bawah Kementerian PUPR, yang bertugas mengelola drainase perkotaan. Selain itu terdapat pula Direktorat Jenderal Pengairan melindungi banjir kota. Kedua direktorat tersebut secara konsisten mengatur drainase perkotaan dan pencegahan banjir di seluruh wilayah Indonesia

Metode hidrologi juga sangat penting dalam manajemen drainase perkotaan. Terkait hal tersebut, data dan informasi yang berkaitan dengan debit limpasan air sangat diperlukan untuk merencanakan sistem drainase (Asdak, 2018). Apabila besaran debit limpasan sudah didapatkan maka langkah selanjutnya adalah menentukan sistem jaringan drainase beserta ukuran

salurannya. Namun jika volume debit aliran tidak dapat ditentukan, maka dapat diperkirakan dahulu dengan metode hidrologi yang tepat.

### 6.4.1. Periode Ulang

Periode Ulang yaitu peluang disamai atau dilampauinya suatu nilai adalah sama untuk setiap tahunnya. Dalam periode ulang ini terdapat risiko yang dinotasikan (P) yang artinya peluang dilampauinya suatu nilai. Rumus dari Periode ulang adalah sebagai berikut sebagai berikut:

$$P = \frac{1}{T} \dots \dots \dots (6.1)$$

Dimana: T = Periode ulang

Peluang tidak terjadinya risiko dinotasikan (Q) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = 1 - p = 1 - \frac{1}{T} \dots \dots \dots (6.2)$$

Untuk suatu jangka waktu beberapa tahun, peluang adanya timbul resiko telah dirumuskan sebagai berikut:

$$R = 1 - (1 - p)^n \dots \dots \dots (6.3)$$

Dimana:

R = Peluang timbulnya resiko

n = Jumlah tahun

Sedangkan peluang tidak terjadinya resiko telah dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = (1 - p)^n \dots \dots \dots (6.4)$$

Dimana:

Q = Peluang tidak terjadinya risiko

n = Jumlah tahun

Analisa frekuensi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara grafis dan cara analitis. Menerapkan cara grafis dengan mengolah data yang ada pada kertas grafik peluang dan dari hasilnya diperkirakan lengkung frekuensinya. Sedangkan cara analitis, menggunakan beberapa sebaran peluang yang dipakai, seperti sebaran Gumbel dan sebaran Log Pearson III. (Sosrodarsono, 1977)

Pekerjaan perencanaan drainase perkotaan yang meliputi studi dan perencanaan adalah melakukan pengumpulan data. Data - data yang harus dikumpulkan adalah data:

1. Topografi
2. Tanah dan geologi
3. Hidrologi dan Klimatologi
4. Tata Guna Lahan
5. Pasang Surut
6. Kondisi bangunan sekitar.

**6.4.2. Curah Hujan Maksimum**

Dalam mendesain suatu saluran drainase ini data periode ulang tahunan yang disingkat PUH sangat dibutuhkan untuk perhitungan debit limpasan dari daerah tangkapan air yang menuju saluran yang telah dibangun. Pada perencanaan ini PUH 2 tahun untuk saluran tersier, PUH 5 tahun untuk saluran sekunder, dan PUH 10 tahun untuk saluran primer.

**6.4.3. Debit Banjir Maksimum**

Debit banjir dirumuskan secara umum sebagai berikut:

$$Q = C.I.A \dots\dots\dots (6.5)$$

Dimana untuk praktisnya dalam penentuan satuan, maka:

$$Qp = 0.2778.C.I.A \dots\dots\dots (6.6)$$

Keterangan:

$Q_p$  = Debit puncak ( $m^3/det$ )

$C$  = Koefisien Aliran permukaan

$I$  = Intensitas hujan ( $mm/jam$ )

$A$  = Luas Daerah Aliran Sungai ( $km^2$ )

Koefisien Aliran Permukaan ( $c$ ) adalah harga rasio antara aliran permukaan dengan intensitas hujan untuk suatu daerah wilayah tertentu.

**Tabel 6.1 Besarnya Koefisien Pengaliran berdasarkan Tataguna Lahan**

Penggunaan Tanah	Koefisien Pengaliran ( c )
Perkantoran dan fasilitas umum	0.90
Perdagangan	0.70
Perindustrian	
- ringan	0.50
- berat	0.60
Perumahan	
- Padat	0.60
- Sedang	0.40
- jarang	0.30
Tanah dan kebun	0.20
Daerah tidak terbangun	0.10
Jalan tidak beraspal	0.35
Jalan beraspal	0.70

Sumber: (Kodoatie, R. J., dan Sjarief, 2005)

**Tabel 6.2 Koefisien Pengaliran Menurut Kondisi Lahan**

Kondisi lahan	Koefisien Pengaliran ( c )
Perumahan tidak begutu rapat (20 rumah/ha)	0.25 – 0.40
Perumahan dengan kerapatan sedang (20-60 rumah/ha)	0.40 – 0.70
Perumahan cukup rapat (60-150 rumah/ha)	0.70 – 0.80
Taman dan daerah rekreasi	0.20 – 0.30
Daerah industry	0.80 – 0.90
Daerah perniagaan	0.90 – 0.95

*Sumber:*(Umum, 1992)



# Perencanaan Bendungan

## 7.1. Pendahuluan

Struktur utama dapat didefinisikan sebagai: "Setiap struktur yang dirancang untuk mengalihkan air di sungai atau saluran ke drainase. Umumnya, kantong lumpur digunakan untuk mengurangi jumlah sedimen di lingkungan dan memungkinkan pergerakan udara. Salah satu bangunan yang mempunyai tujuan utama untuk membelokkan air dan menampung air ialah bendungan, berikut jenis bendungan yang sudah ada di Indonesia seperti bendung tetap, Bendung Tetap, Bendung Gerak Vertikal, Bendung Karet (bendung gerak horizontal), Bendung Saringan Bawah, Bendung Pengambilan Bebas, dan Bendung Tipe Gergaji

## 7.2. Lokasi Penempatan Bendung

Penilaian lokasi bendung dapat didasarkan pada kondisi dan fungsi lahan yang mempengaruhi banyak faktor, antara lain:

- a. Jenis, bentuk, dan morfologi sungai
- b. Ketinggian yang diperlukan untuk kondisi hidrolis
- c. Merencanakan topografi

- d. Teknik geologi pada lokasi
- e. Pelaksanaan
- f. Tingkat pelayanan dan integritas pelayanan

Faktor-faktor di atas akan sangat mempengaruhi jenis bangunan yang layak digunakan sebagai bangunan bendung dalam berbagai kondisi. Berikut hal-hal yang dapat mempengaruhi pemilihan lokasi bendung, antara lain:

- a. Layanan irigasi yang luas
- b. Topografi
- c. Geoteknik pondasi bendung
- d. Pengaruh terhadap hidraulik
- e. Pengaruh terhadap regime sungai
- f. Saluran induk yang memadai
- g. Cakupan ruang guna pelengkap bendung
- h. Daerah tangkapan air yang besar
- i. dana pembangunan
- j. Mou stakeholder

Pembangunan bendung perlu diperhatikan dari segi karakteristik sungai seperti kemiringan dasar, bahan dasar, dan morfologi sungai.

### **Menganalisis lokasi masalah**

Analisis data yang komprehensif dimulai dari hidrologi, geologi, geoteknik, dan sebagainya yang kesemuanya dilakukan untuk mengurangi kekeliruan dalam jangka panjang. Hal diperlukan untuk data perencanaan dalam membangun bangunan utama jaringan irigasi ialah kebutuhan air multisektor, topografi, hidrologi, morfologi, geologi, mekanisme tanah, standar perencanaan, lingkungan dan ekologi, serta elevasi bendung.

Jumlah air yang dibutuhkan dari berbagai sektor pada permintaan air irigasi tergantung pada daerahnya masing-masing. Untuk memprediksi kebutuhan air selama 25 tahun kedepan harus mempertimbangkan kemungkinan perluasan kota, pemukiman dan pertumbuhan penduduk. Total air pada Kawasan industri diperkirakan bertambah sebesar 10% dari perkiraan awal. Data lapangan yang diperlukan sebagai peta dengan skala 1:50.000 atau lebih terdiri dari peta topografi yang menunjukkan hulu hingga muara sungai. Jika dengan skala 1:2000 maka peta ini dapat sebagai sungai dengan bangunan utama. Kemudian gambar potongan memanjang sungai sebesar 50 meter dengan potongan melintang.

Data hidrologi membutuhkan debit banjir, debit andalan dan neraca air, data morfologi mencakup konstruksi bangunan dengan konsekuensi konstruksi dapat mengubah gerak sungai ke arah horizontal dan mengubah konsentrasi sediman dibelokkan kembali kearah sungai. Data geologi Teknik mempunyai konsekuensi seperti geologi permukaan tanah, dan data mekanika tanah.

### **7.3. Jenis-jenis Bendungan sebagai Bangunan Utama**

Terdapat 6 (enam) bendungan sebagai bangunan utama yang telah di bangun di Indonesia, diantaranya:

#### **a) Bendung Tetap**

Bendung tetap terbagi 2 jenis dilihat dari bentuk ambang pelimpahnya, yaitu ambang tetap lurus dan ambang tetap yang berbelok. Ambang tetap lurus dapat menghubungkan dua titik tepi sungai dari tepi kanan sungai berupa garis lurus. Sedangkan ambang tetap yang memiliki ciri khas berbelok diperlukan bila yang panjang karena besarnya debit air dengan lebar yang kecil dikarenakan bentuk fisik ambang dan karakter hidrolisnya. Oleh karenanya jenis bendung tetap ini disarankan memakai saluran dengan debit relatif stabil, tidak membawa material terapung,

dan efektivitas panjang bendung gergaji terbatas pada kedalaman air pelimpasan tertentu.

### **b) Bendung Gerak Vertikal**

Bendungan gerak vertikal ini ialah tubuh dari bendung ambang tetap yang rendah namun pintu yang dapat digerakkan ke atas dan ke bawah. Bendung gerak vertikal ini memiliki fungsi ganda yaitu mengatur tinggi muka air dari hulu dan meninggikan sungai guna penyadapan air untuk berbagai aktifitas. Bendung gerak vertikal ini terbagi dua berdasarkan tipe pintunya yaitu pintu geser dan pintu radial. Pintu geser atau sorong berguna untuk volume air yang sedang dengan lebar dan tinggi bukaan kecil untuk peralatan angkat lebih murah. Sedangkan pintu radial memiliki bentuk yang melengkung seperti busur dengan daun pintu yang tertanam pada tembok sayap atau pilar.

### **c) Bendung Karet**

Bendungan karet atau biasa disebut dengan bendung gerak horizontal yang memiliki dua bagian utama yaitu badan bendung karet dan pondasi beton berupa plat yang berguna untuk alas rubber tubing yang dapat dikontrol melalui ruang kendali dengan mesin kontraksi rubber tubing. Bendung karet terbuat dari pipa karet dan dapat di aliri udara/air di dalamnya. Fungsi bendung ini, menaikkan muka air dengan mengembungkan lalu menurunkan kemudian mengempiskannya. Proses ini dilengkapi alat pengatur udara atau air untuk memompakan udara dan air masuk kedalam bendung.

### **d) Bendung Saringan Bawah**

Bendung Saringan bawah merupakan tipe bendung luapan memiliki saluran resapan dan filter. Dibangun agar waduk dapat melintasi sungai dari saluran resapan dan membawanya ke jaringan irigasi. Pekerjaan lapangan dapat dilalukan melalui loncatan sedimen dari batu yang terletak di atas bendung.

### **e) Pompa**

Jenis pompa berdasarkan tenaga penggerak seperti:

- (1) Pompa air tenaga manusia (pompa tangan),
- (2) Pompa air pembangkit listrik tenaga air (air terjun dan sungai),
- (3) Pompa air berbahan bakar minyak
- (4) Pompa air listrik.

Pompa digunakan ketika struktur pengalihan lain tidak dapat mengatasi masalah intake gravitasi, atau ketika volume intake air relatif kecil dibandingkan dengan lebar sungai. Pemasangan pompa pemasukan air dapat dilakukan dengan mudah dan cepat. Namun dalam pengoperasian membutuhkan biaya operasi/pemeliharaan yang sangat tinggi, apalagi jika menggunakan bahan bakar dan listrik yang semakin mahal. Pemasangan dibedakan antara pompa stasioner yang dipasang secara permanen di gedung rumah pompa dan pompa yang mudah dipindahkan karena ringan dan mudah dipasang kembali dengan melepas komponennya.

### **f) Pengambilan Bebas**

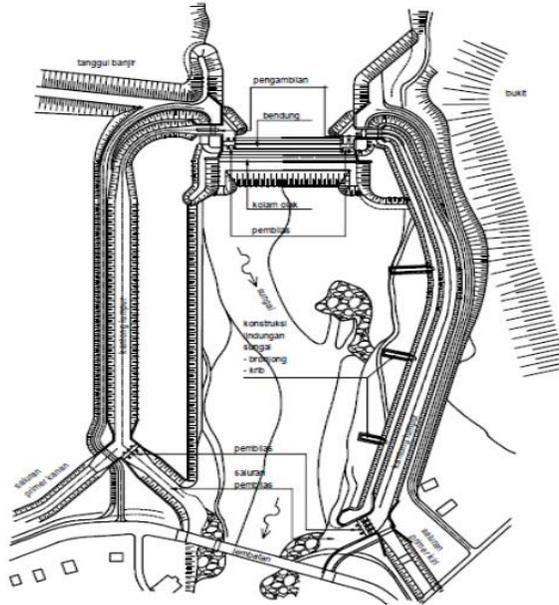
Pengambilan air untuk irigasi dilakukan langsung dari bantaran sungai, yaitu dengan menempatkan bangunan penampung yang sesuai pada belokan luar dan pada tebing sungai yang terjal atau masif. Bangunan intake dilengkapi dengan pintu, ambang rendah, dan filter yang memungkinkan pintu tertutup saat banjir, sehingga mencegah air banjir meluap ke saluran air utama.

### **g) Bendung Tipe Gergaji**

Bendung tipe gergaji ini memiliki syarat harus dibuat di sungai dengan aliran yang stabil, tidak banyak debu dan tidak ada material yang akan di rusak oleh alir.

### 7.3.1. Bagian utama bangunan

Bagian utama dari bagian yang dijelaskan dalam Gambar 7.1.



**Gambar 7.1** Bangunan Utama (Sumber: Langkemme, 2010)

Diuraikan bangunan bendung, bangunan pengambilan, bangunan penguras, dan kantong lumpur hingga perkuatan sungai.

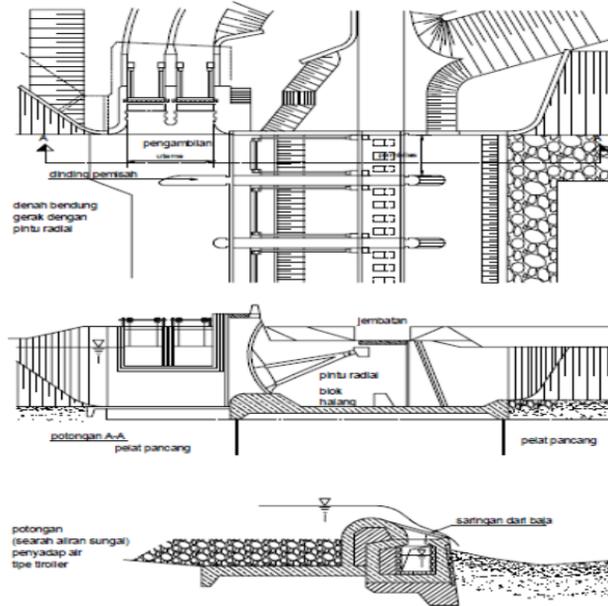
#### a. Bangunan Bendung

Bangunan Bendung memerlukan tempat untuk membelokkan air sungai sampai jaringan irigasi. Bila bangunan tersebut juga akan dipakai untuk mengatur elevasi air di sungai, maka ada dua tipe yang dapat digunakan, yakni:

- (1) Bendung pelimpah dan
- (2) Bendung gerak (*barrage*)

Gambar 7.2 memberikan beberapa tipe denah dan potongan melintang bendung gerak dan potongan melintang bendung

saringan bawah. Bendung gerak dapat mengatur muka air di depan pengambilan agar air masuk tetap sesuai dengan kebutuhan irigasi.

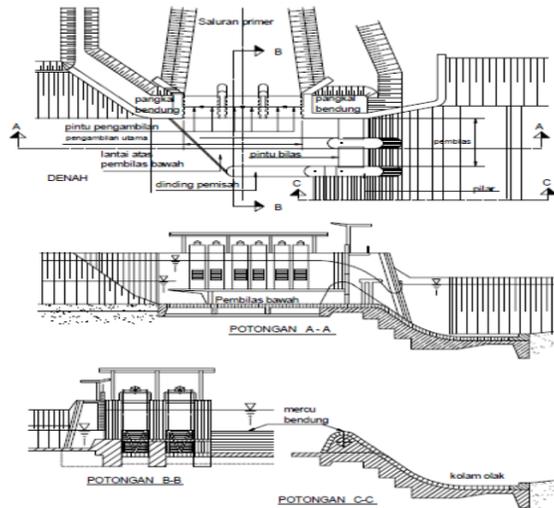


**Gambar 7.2.** Denah, Pot. melintang Bendung Gerak/Saringan Bawah (Sumber: Langkemme, 2010)

Bendung gerak mempunyai kesulitan eksploitasi karena pintunya harus tetap dijaga dan dioperasikan dengan baik dalam keadaan apapun.

b. Pengambilan

Pengambilan (lihat Gambar 7.3) adalah sebuah bangunan berupa pintu air yang membelokkan air irigasi melalui bangunan ini.



**Gambar 7.3.** Bangunan Pengambilan dan Pembilas

(Sumber: Langkemme, 2010)

Pertimbangan utama dalam merencanakan sebuah bangunan pengambilan adalah debit rencana pengelakan sedimen.

#### c. Pembilas

Pada tubuh bendung tepat di hilir pengambilan, dibuat bangunan pembilas (lihat Gambar 7.3) guna mencegah masuknya bahan sedimen kasar ke dalam jaringan saluran irigasi. Pembilas dapat direncanakan sebagai:

- 1). Pembilas pada tubuh bendung dekat pengambilan
- 2). Pembilas bawah (undersluice)
- 3). Shunt undersluice
- 4). Pembilas bawah tipe boks.

Tipe 2) sekarang umum dipakai; tipe 1) adalah tipe tradisional; tipe 3) dibuat di luar lebar bersih bangunan bendung dan tipe 4) menggabung pengambilan dan pembilas dalam satu bidang atas bawah.

#### d. Kantong Lumpur

Kantong lumpur mengendapkan fraksi-fraksi sedimen yang lebih besar dari fraksi pasir halus tetapi masih termasuk pasir halus dengan diameter butir berukuran 0,088 mm dan biasanya ditempatkan persis di sebelah hilir pengambilan. Bahan-bahan yang lebih halus tidak dapat ditangkap dalam kantong lumpur biasa dan harus diangkut melalui jaringan saluran ke sawah-sawah. Bahan yang telah mengendap di dalam kantong kemudian dibersihkan secara berkala. Pembersihan ini biasanya dilakukan dengan menggunakan aliran air yang deras untuk menghanyutkan bahan endapan tersebut kembali ke sungai. Dalam hal-hal tertentu, pembersihan ini perlu dilakukan dengan cara lain, yaitu dengan jalan mengeruknya atau dilakukan dengan tangan.

#### e. Bangunan Perkuatan Sungai

Pembuatan bangunan perkuatan sungai khusus di sekitar bangunan utama untuk menjaga agar bangunan tetap berfungsi dengan baik, terdiri dari:

- 1) Bangunan perkuatan sungai guna melindungi bangunan terhadap kerusakan akibat penggerusan dan sedimentasi.
- 2) Tanggul banjir untuk melindungi lahan yang berdekatan terhadap genangan akibat banjir.
- 3) Saringan bongkah untuk melindungi pengambilan atau pembilas, agar bongkah tidak menyumbat bangunan selama terjadi banjir.
- 4) Tanggul penutup untuk menutup bagian sungai lama atau, bila bangunan bendung dibuat di kopur, untuk mengelakkan sungai melalui bangunan tersebut.

#### f. Bangunan Pelengkap

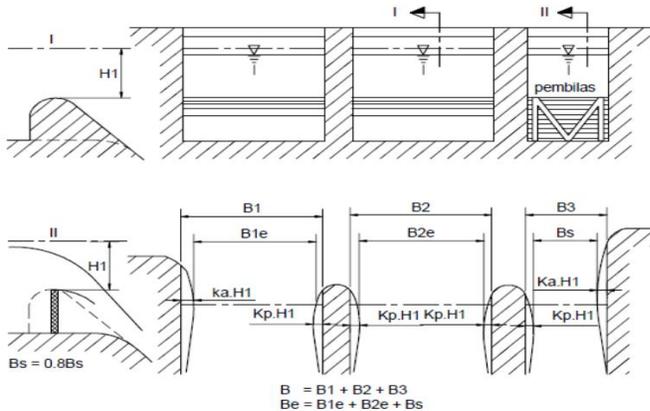
Bangunan-bangunan atau perlengkapan yang akan ditambahkan ke bangunan utama diperlukan:

- 1) Pengukuran debit dan muka air di sungai maupun di saluran,
- 2) Rumah untuk operasi pintu,
- 3) Peralatan komunikasi, tempat teduh serta perumahan, gudang/ruang kerja untuk operasional dan pemeliharaan,
- 4) Jembatan di atas bendung, agar seluruh bagian bangunan utama mudah di jangkau, atau bagian-bagian itu terbuka untuk umum,
- 5) Instalasi tenaga air mikro atau mini, tergantung pada hasil evaluasi ekonomi serta kemungkinan hidrolik.
- 6) Bangunan tangga ikan (*fish ladder*) diperlukan pada lokasi yang senyatanya perlu dijaga keseimbangan lingkungannya sehingga kehidupan biota tidak terganggu.

#### 7.4. Merancang Desain Bendung Pelimpah

Untuk desain bendung diperlukan kondisi tanah dan hasil analisis besaran banjir rencana harus memulai pada ketentuan yang berlaku sesuai standar kriteria perencanaan.

##### a. Lebar Bendung



**Gambar 7.4.** Lebar Efektif Mercu (Sumber: Langkemme, 2010)

Lebar bendung (jarak antar pangkal/abutment), sebaiknya sama dengan lebar rata-rata sungai pada bagian stabil. Lebar maksimum tidak lebih dari 1,2 kali lebar rata-rata sungai pada ruas stabil. Untuk sungai yang mengangkut bahan sedimen kasar/berat, lebar bendung lebih disesuaikan terhadap lebar rata-rata sungai, yakni jangan diambil 1,2 kali lebar sungai sebagaimana Gambar 7.4. Mengantisipasi pengurangan biaya pada suatu bangunan yang diciptakan untuk peredam energi maka sebaiknya dibatasi sampai sekitar 12 - 14 m<sup>3</sup>/dt.m<sup>l</sup>, dengan energi maksimum sebesar 3,5 - 4-5 meter (Gambar 7.5). Lebar efektif mercu ( $B_e$ ) dihubungkan lebar mercu yang sebenarnya ( $B$ ), yakni jarak antara pangkal bendung dan/atau tiang pancang, dengan persamaan:

$$B_e = B - 2(nKa + Kp)H_1$$

dimana:

$n$  : Jumlah pilar

$Kp$  : Koefisien kontraksi pilar

$Ka$  : Koefisien kontraksi pangkal

$H_1$  : Tinggi energi, m

Harga-harga koefisien  $Ka$  dan  $Kp$  diberikan pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1. Harga-Harga Koefisien  $Ka$  dan  $Kp$

Bentuk Pilar	$Kp$
• Berujung segi empat dengan sudut-sudut yang dibulatkan pada jari-jari yang hamper sama dengan 0,1 dari tebal pilar	0,02
• Berujung bulat	0,01
• Berujung runcing	0
Bentuk Pangkal Tembok	$Ka$

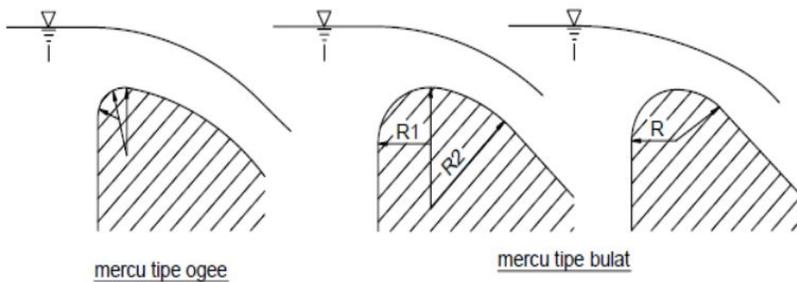
- 
- Segi empat dengan tembok hulu pada  $90^\circ$  kea rah aliran 0,20
  - Bulat dengan tembok hulu pada  $90^\circ$  kea rah aliran dengan  $0,5 H_1 > r > 0.15 H_1$  0,10
  - Bulat dimana  $r > 0.15 H_1$  dan tembok hulu tidak lebih dari  $45^\circ$  kea rah aliran 0
- 

Sumber: Akan, Osman, A. (2006)

Untuk menghitung lebar pembilas sebaiknya diambil 80% dari lebar rencana untuk mengkompensasi perbedaan koefisiensi debit dibandingkan dengan mercu bendung itu sendiri (lihat Gambar 7.4).

#### b. Perencanaan Mercu

Di Indonesia umumnya digunakan dua tipe mercu untuk bendung pelimpah: tipe Ogee dan tipe bulat (Gambar 7.5).



**Gambar 7.5.** Bentuk-Bentuk Mercu (Sumber: Suprpto, 2022)

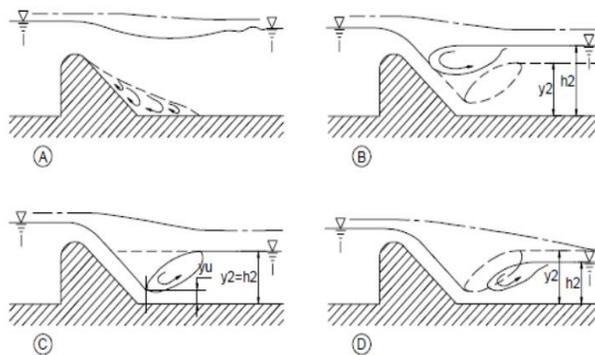
Kedua bentuk mercu tersebut dapat dipakai baik untuk konstruksi beton maupun pasangan batu atau bentuk kombinasi dari keduanya. Kemiringan maksimum muka bendung bagian hilir yang dibicarakan di sini berkemiringan 1 banding 1 batas bendung dengan muka hilir vertikal mungkin menguntungkan jika bahan pondasinya dibuat dari batu keras dan tidak diperlukan kolam olak. Dalam hal ini kavitasasi dan aerasi tirai luapan harus diperhitungkan dengan baik.

Bendung dengan **mercu bulat** (lihat Gambar 7.5) memiliki harga koefisiensi debit yang jauh lebih tinggi (44%) dibandingkan dengan koefisiensi bendung ambang lebar. Pada sungai, ini akan banyak memberikan keuntungan karena bangunan ini akan mengurangi tinggi muka air hulu selama banjir. Harga koefisiensi debit menjadi lebih tinggi karena lengkung streamline dan tekanan negatif pada mercu.

**Mercu Ogee** berbentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi. Oleh karena itu mercu ini tidak akan memberikan tekanan subatmosfir pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit yang lebih rendah, air akan memberikan tekanan ke bawah pada mercu.

c. Peredam energy

Pada aliran bendung sungai di atas, terdapat empat kasus perilaku yang ada  $h_2$ . Gambar 7.6 (A, B, C dan D) masing-masing menyajikan kemungkinan yang terjadi dari pola aliran di atas bendung.

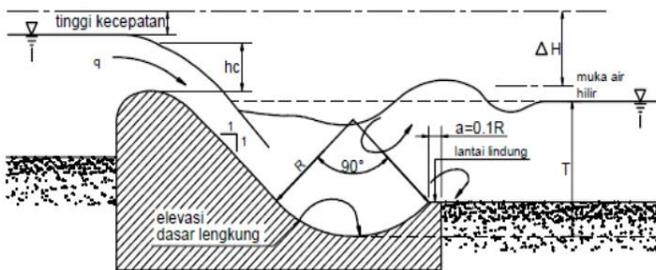


**Gambar 7.6.** Peredam Energy (Sumber: Suprpto, 2022)

Gambar A menunjukkan arus bawah laut yang menyebabkan sedikit turbulensi di permukaan berupa gelombang. Gambar B menunjukkan bahwa lompatan subduksi terjadi karena kedalaman air hilir yang lebih besar daripada kedalaman konjugasi. Gambar C adalah kondisi water jump dimana

kedalaman air di hilir sama dengan kedalaman air konjugat water jump. Gambar D terjadi ketika kedalaman air hilir kurang dari kedalaman sambungan. Dalam hal ini, batu loncatan bergerak ke hilir. Semua tahapan ini dapat terjadi di hilir bendung yang dibangun di sungai. Gambar D adalah situasi yang seharusnya tidak terjadi. Ini karena mata air menyentuh bagian sungai yang tidak terlindungi dan umumnya menyebabkan gerusan yang luas.

Jika kedalaman konjugasi hilir dari loncat air terlalu tinggi dibanding kedalaman air normal hilir, atau kalau diperkirakan akan terjadi kerusakan pada lantai kolam yang panjang akibat batu-batu besar yang terangkut lewat atas bendung, maka dapat dipakai peredam energi yang relatif pendek tetapi dalam. Perilaku hidrolis peredam energi tipe ini terutama bergantung kepada terjadinya kedua pusaran; satu pusaran permukaan bergerak ke arah berlawanan dengan arah jarum jam di atas bak, dan sebuah pusaran permukaan bergerak ke arah putaran jarum jam dan terletak di belakang ambang ujung. Dimensi umum sebuah bak berjari-jari besar diperlihatkan pada Gambar 7.7.



**Gambar 7.7.** Peredam Tipe Bak Tenggelam (Suprpto, 2022)

### 7.5. Analisis Kontrol dan Kebutuhan Stabilitas Tubuh Bendung

Stabilitas tubuh bendung dapat dianalisis dari gaya yang disebabkan dengan berpedoman pada standar kriteria perencanaan seperti tekanan air, tekanan lumpur, gaya gempa, berat bangunan dan reaksi pondasi. Penyebab runtuhnya bangunan gravitasi ialah gelincir, guling dan erosi. Gelincir atau

*sliding* terbagi atas 3 ialah sepanjang sendi horizontal, pondasi, dan kampuh horizontal. Kemudian guling atau *overturning* terletak di dalam bendung, pada dasar pada bidang dibawah dasar, erosi bawah tanah atau biasa disebut *piping*

**7.5.1. Ketahanan terhadap gelincir**

$$\frac{\Sigma(H)}{\Sigma(V - U)} = \tan\theta < \frac{f}{S}$$

dimana:

$\Sigma(H)$  : keseluruhan gaya horizontal yang bekerja pada bangunan, *kN*

$\Sigma(V-U)$ : keseluruhan gaya vertikal (*V*), dikurangi gaya tekan ke atas yang bekerja pada bangunan, *kN*

$\theta$  : Sudut resultante semua gaya, terhadap garis vertikal, derajat

*f* : Koefisien gesekan

*S* : Faktor keamanan

Harga perkiraan untuk koefisien gesekan *f* diberikan Tabel 7.2.

**Tabel 7.2.** Harga-Harga Perkiraan untuk Koefisien Gesekan

Bahan	<i>f</i>
Pasangan batu pada pasangan batu	0,60 – 0,75
Batu keras berkualitas baik	0,75
Kerikil	0,50
Pasir	0,40
Lempung	0,30

Sumber: Suprpto (2022) Untuk bangunan kecil, seperti bangunan-bangunan yang berkurangnya umur bangunan, kerusakan besar dan terjadinya bencana besar belum dipertimbangkan, harga-harga faktor keamanan (*S*) yang dapat diterima adalah: 2,0 untuk kondisi pembebanan normal

dan 1,25 untuk kondisi pembebanan ekstrem. Kondisi pembebanan ekstrem dapat dijelaskan berikut:

- 1) Tak ada aliran di atas mercu selama gempa, atau
- 2) Banjir rencana maksimum.

Apabila, untuk bangunan yang terbuat dari beton, harga yang aman untuk faktor gelincir yang hanya didasarkan pada gesekan saja (persamaan tangen  $\theta$ ) ternyata terlampaui, maka bangunan bisa dianggap aman jika faktor keamanan dari rumus itu yang mencakup geser (persamaan H), sama dengan atau lebih besar dari harga-harga faktor keamanan yang sudah ditentukan.

$$\Sigma(H) \leq \frac{f\Sigma(V - U) + c \cdot A}{S}$$

dimana:

$c$  : Satuan kekuatan geser bahan, kN/m<sup>2</sup>

$A$  : Luas dasar yang dipertimbangkan, m<sup>2</sup>

arti simbol-simbol lain seperti pada persamaan tangen  $\theta$ .

Harga-harga faktor keamanan jika geser juga dicakup, sama dengan harga-harga yang hanya mencakup gesekan saja, yakni 2,0 untuk kondisi normal dan 1,25 untuk kondisi ekstrem. Untuk beton,  $c$  (satuan kekuatan geser) boleh diambil 1.100 kN/m<sup>2</sup> (= 110 Tf/m<sup>2</sup>).

### 7.5.2. Guling

Agar bangunan aman terhadap jungkir balik, gaya resultan dari semua gaya yang bekerja pada bangunan di atas bidang horizontal, termasuk gaya angkat, harus memotong bidang ini di teras. Seharusnya tidak ada traksi pada bidang irisan mana pun. Jumlah tegangan pada bangunan dan pondasi harus dipertahankan pada nilai maksimum yang direkomendasikan. Untuk pondasi, nilai daya dukung yang diberikan pada Tabel 11.1 dapat digunakan. Harga beton sekitar 4,0 N/mm<sup>2</sup> atau 40 kgf/cm<sup>2</sup> dan kekuatan maksimum pasangan bata adalah 1,5-3,0

N/mm<sup>2</sup> atau 15-30 kgf/cm<sup>2</sup>. Setiap bagian bangunan diasumsikan berdiri sendiri dan tidak boleh ada distribusi gaya akibat momen lentur. Oleh karena itu, ketebalan lantai kolam stasioner dihitung sebagai (lihat Gambar 7.8):

$$dx \geq S \frac{Px - Wx}{\gamma}$$

dimana:

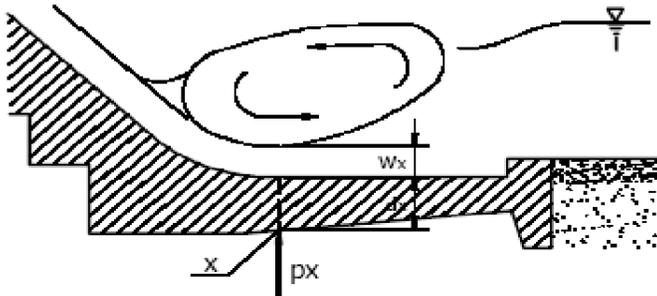
dx : Tebal lantai pada titik x, m

Px : Gaya angkat pada titik x, kg/m<sup>2</sup>

Wx : Kedalaman air pada titik x, m

$\gamma$  : Berat jenis bahan, kg/m<sup>3</sup>

S : Faktor keamanan (= 1,5 untuk kondisi normal, 1,25 untuk kondisi ekstrem)



**Gambar 7.8.** Tebal Lantai Kolam Olak (Sumber: Suprpto, 2022)

### 7.5.3. Stabilitas Terhadap Erosi Bawah Tanah (piping)

Bangunan-bangunan utama seperti bendung dan bendung gerak harus dicek stabilitasnya terhadap erosi bawah tanah dan bahaya runtuh akibat naiknya dasar galian (*heave*) atau rekahnya pangkal hilir bangunan. Bahaya terjadinya erosi bawah tanah dapat dianjurkan dicek dengan jalan membuat jaringan aliran/flownet.

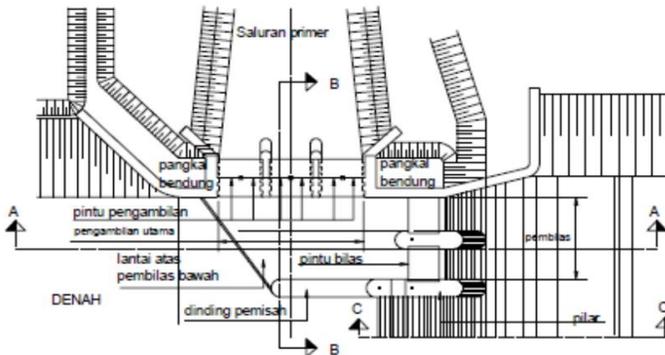
## 7.6. Bangunan Pelengkap Bendung

Bangunan pelengkap bendung dirancang sesuai kebutuhan dan fungsi menurut pedoman kriteria perencanaan. Jenis bangunan pelengkap terdapat pada bendung, diantaranya:

- a) Bangunan pengambilan
- b) Bangunan pembilas
- c) Kantong Lumpur
- d) Bangunan pelindung

### 7.6.1. Bangunan Pengambilan

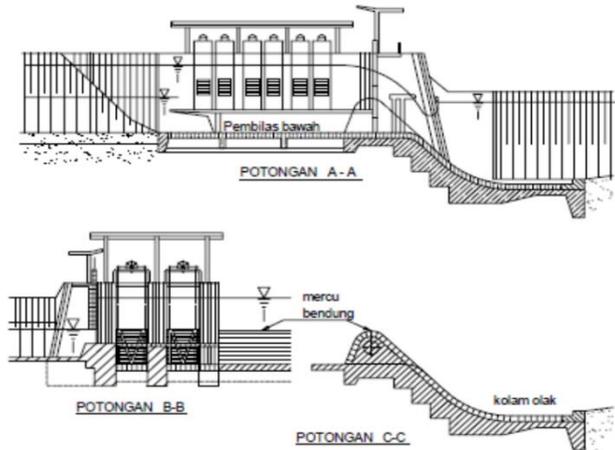
Bangunan pengambilan berfungsi untuk mengelakkan air dari sungai dalam jumlah yang diinginkan dan bangunan pembilas berfungsi untuk mengurangi sebanyak mungkin benda-benda terapung dan fraksi-fraksi sedimen kasar yang masuk ke jaringan saluran irigasi. Penggulungan harus dilakukan sedekat mungkin dengan bendung atau bilas bendung dan gardan. Panen sebaiknya ditempatkan di tepi atau bagian luar tikungan luar sungai untuk meminimalkan intrusi sedimen.



**Gambar 7.9.** Denah Bangunan Pengambilan dan Pembilas  
(Sumber: Suprpto, 2022)

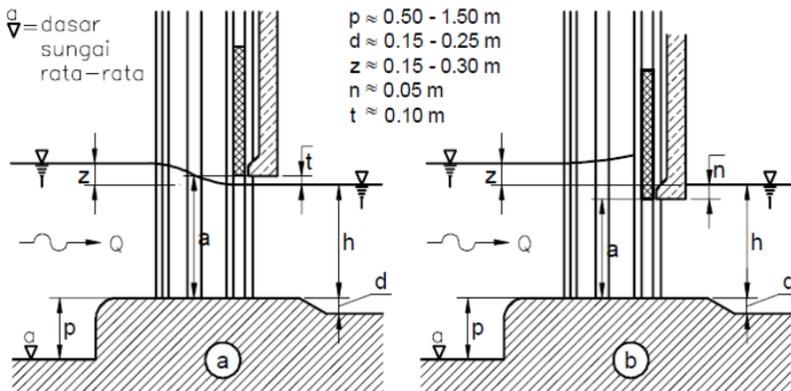
Saat menggunakan bendung pelimpah untuk mengambil air untuk irigasi di kedua sisi sungai, satu sisi (jika tidak terlalu besar) intake dapat dibuat dengan kolom pembilasan dan air

dialirkan melalui siphon berlawanan di badan sisi bendung (lihat Gambar 7.10 dan 7.11).



**Gambar 7.10.** Potongan Melintang & Memanjang Pembilas  
(Sumber: Suprpto, 2022)

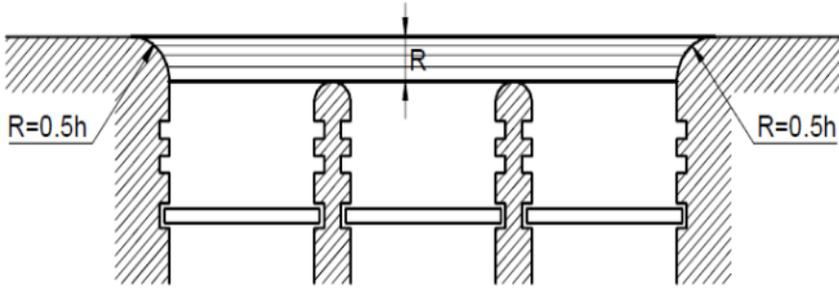
Kalau tidak, bisa membuat bendung dengan mengambil/membilas di kedua sisi. Dalam beberapa kasus, kebutuhan untuk menjembatani dapat memengaruhi tata letak.



**Gambar 7.11.** Tipe Pintu Pengambilan (Suprpto, 2022)

Bila pintu pengambilan dipasang pintu radial, maka  $\mu = 0,80$  jika ujung pintu bawah tenggelam 20 cm di bawah muka air hulu dan kehilangan energi sekitar 10 cm. Untuk yang tidak tenggelam,

dapat dipakai rumus-rumus dan grafik-grafik yang sesuai. Bila pengambilan mempunyai bukaan lebih dari satu, maka pilar sebaiknya dimundurkan untuk menciptakan kondisi aliran masuk yang lebih mulus (lihat Gambar 7.12).



**Gambar 7.12.** Geometri Bangunan Pengambilan (Suprpto, 2022)

Pengambilan hendaknya selalu dilengkapi dengan sponeng skot balok di kedua sisi pintu, agar pintu itu dapat dikeringkan untuk keperluan-keperluan pemeliharaan dan perbaikan.

### 7.6.2. Pembilas

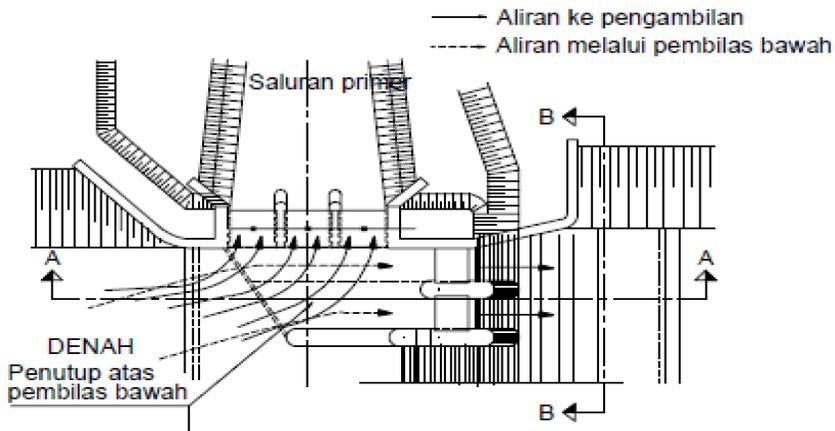
Pengalaman diperoleh dari banyak bendung dan pembilas yang sudah dibangun, telah menghasilkan beberapa acuan menentukan lebar pembilas:

- a) Lebar pembilas ditambah tebal pilar pembagi sebaiknya diukur  $1/6-1/10$  dari lebar bersih bendung (jarak antara pangkal-pangkalnya), untuk sungai yang lebarnya kurang dari 100 m.
- b) Lebar pembilas sebaiknya diambil 60% dari lebar total pengambilan termasuk pilar-pilarnya.

### 7.6.3. Bangunan pembilas

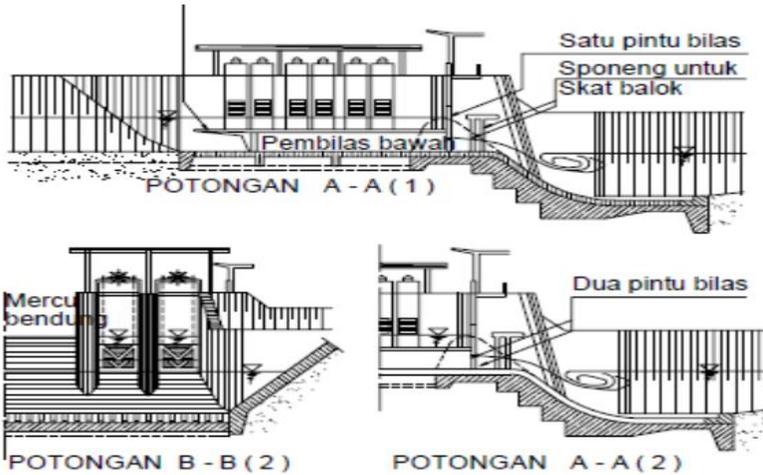
Untuk mencegah masuknya angkutan sedimen dasar fraksi pasir yang lebih kasar ke dalam pengambilan perlu adanya pembilas sawah yang telah di rencanakan. Ujung penutup pembilas dibagi menjadi dua lapisan sebagai mulut pembilas sawah yang ditempatkan di hulu yaitu lapisan atas mengalir ke pengambilan

dan lapisan bawah mengalir di bendung melalui saluran ke pengambilan dan lapisan bawah mengalir. Terbukanya pintu di ujung pembilas bawah akan tetap terbuka selama pembilas bawah direncanakan untuk mencegah masuknya angkutan sedimen dasar fraksi pasir yang lebih kasar ke dalam pengambilan. “Mulut” pembilas bawah ditempatkan di hulu pengambilan di mana ujung penutup pembilas membagi air menjadi dua lapisan: lapisan atas mengalir ke pengambilan dan lapisan bawah mengalir melalui saluran pembilas bawah lewat bendung (lihat Gambar 7.13). Pintu di ujung pembilas bawah akan tetap terbuka selama aliran air rendah pada musim kemarau pintu pembilas tetap ditutup agar air tidak mengalir. Untuk membilas kandungan sedimen dan agar pintu tidak tersumbat, pintu dibuka setiap hari selama sekitar 60 menit.



**Gambar 7.13.** Denah Pembilas Bagian Bawah (Suprpto, 2022)

Untuk menentukan pembilas bawah dari Dimensi rata-rata yang telah direncanakan dari 5-20 meter untuk hanya panjang saluran kemudian 1 sampai 2 meter untuk panjang tinggi saluran dan 0,20-0,35 meter untuk tebal beton bertulang.



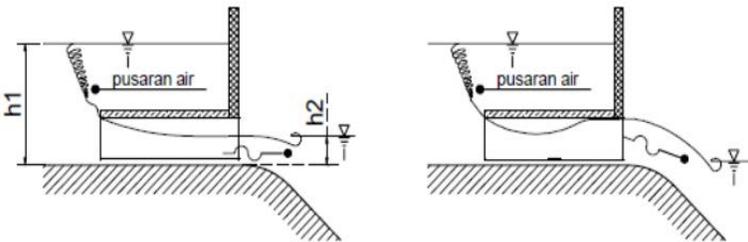
**Gambar 7.14.** Potongan Melintang/Memanjang Pembilas Bawah (Suprpto, 2022)

Jika kehilangan tinggi energi bangunan pembilas kecil, maka hanya diperlukan satu pintu, dan jika dibuka pintu akan memberikan kehilangan tinggi energi yang lebih besar di bangunan pembilas. Bagian depan pembilas bawah biasanya direncanakan di bawah sudut dengan bagian depan pengambilan.

Luas saluran pembilas bawah (lebar X tinggi) sedemikian sehingga harus kecepatan minimum dapat dijaga ( $v = 1,0-1,5$  m/dt). Tata letak saluran pembilas bawah harus direncanakan dengan hati-hati untuk menghindari sudut mati (*dead corner*) dengan kemungkinan terjadinya sedimentasi atau terganggunya aliran. Sifat tahan gerusan dari bahan dipakai untuk lining saluran pembilas bawah membatasi kecepatan maximum yang diizinkan dalam saluran bawah, tetapi kecepatan minimum bergantung kepada ukuran butir sedimen yg akan dibiarkan tetap bergerak. Karena adanya kemungkinan terjadinya pusaran udara, dibawah penutup atas saluran pembilas bawah dapat terbentuk kavitasi, lihat Gambar 7.15. Oleh karena itu, pelat baja bertulang harus dihitung kekuatan sehubungan dengan beton yang ditahannya.

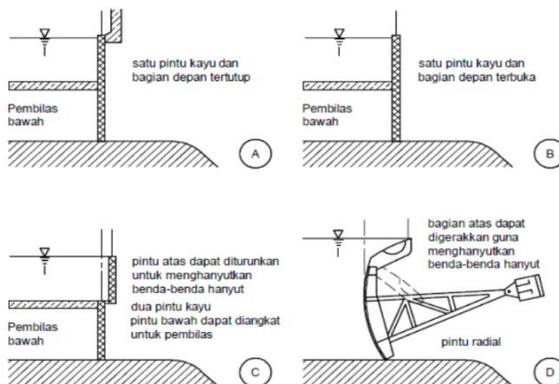
Beberapa macam pintu bilas yang bisa digunakan, yakni:

- a) Satu pintu tanpa pelimpah (bagian depan tertutup, lihat Gambar 7.15a)
- b) Satu pintu dengan pelimpah (bagian depan terbuka, lihat Gambar 7.15b)
- c) Dua pintu, biasanya hanya dengan pelimpah (lihat Gambar 7.15c)
- d) Pintu radial dengan katup agar dapat membilas benda-benda terapung (lihat Gambar 7.15)



**Gambar 7.15.** Pusaran (Vortex) dan Kantong Udara di bawah Penutup Atas Saluran Pembilas Bawah 1 (Suprpto, 2022)

Jika terjadi banjir melewati batas pintu, maka bagian atas pintu harus sesuai dengan rencana sebelumnya sehingga tidak ada getaran dan tirai luapannya terletak pada Gambar 7.16.

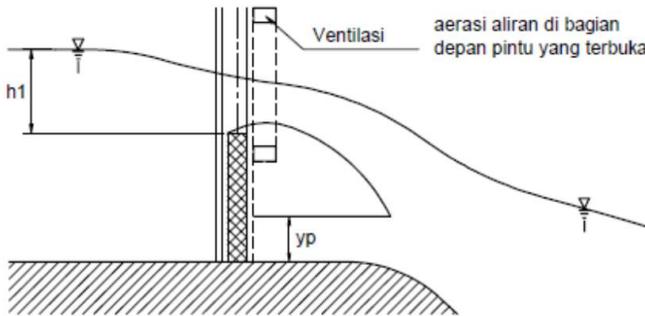


**Gambar 7.16.** Tipe Pintu Bilas

$$q_{udara} = 0,1 \frac{q_{air}}{y_p/h_1^{1.5}}$$

Dengan rumus disajikan diatas, dapat diperkirakan dimensi kebutuhan aerasi dengan  $q_{udara}$  adalah udara diperlukan untuk aerasi per m' lebar pintu,  $m^3/dt$ ,  $q_{air}$  adalah debit di atas pintu,  $m^3/dt.m$ , dan  $y_p$  sebagai kedalaman air di atas tirai luapan, dan  $h_1$  sebagai kedalaman air di atas pintu.

Untuk melindungi benda-benda terapung perlu adanya stang pengangkat dari pintu depan yang terbuka dan penempatan luar yang bersih didalam sponeng. Kecepatan udara maksimum boleh diambil 40-50 m/dt didalam pipa untuk menemukan dimensinya berada.

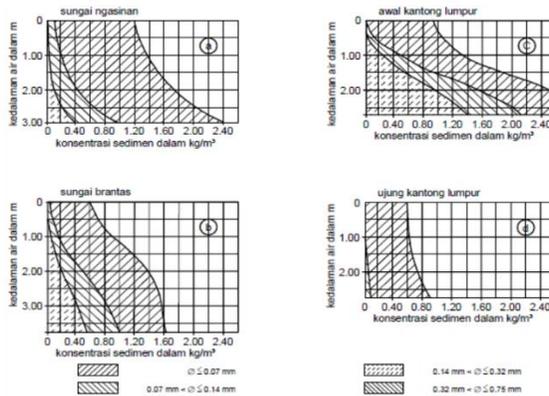


**Gambar 7.17.** Terendamnya Aerasi Pintu Sorong (Suprpto, 2022)

#### 7.6.4. Kantong Lumpur

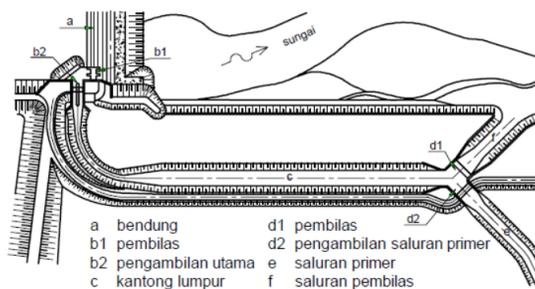
Kantong lumpur terletak dibagian hilir bangunan intake sebelum masuk ke saluran induk. Kantong lumpur dapat mengendapkan sedimen yang lebih besar agar tidak masuk ke jaringan pengairan. Usaha yang telah direncanakan untuk membangun sebuah bangunan ini berguna untuk mencegah sedimen tidak mengendap di dalam saluran irigasi, tepatnya berada pada belakang pengambilan direncanakan sebagai kantong lumpur. Partikel-partikel halus yang masuk ke dalam saluran irigasi ini berguna mengurangi kecepatan aliran untuk memberi kesempatan kepada sedimen untuk mengendap. Kantong

lumpur sendiri memiliki pembesaran potongan melintang terhadap saluran dengan batas panjang tertentu. Bagian dasar saluran diperlebar agar dapat menampung endapan sedimen. Dengan durasi minimal seminggu atau setengah bulan, kantong lumpur harus segera dibersihkan agar dapat berguna kembali. Cara membersihkan supaya sedimennya kembali kesungai ialah membilasnya dengan aliran konsentrasi yang berkecepatan tinggi.



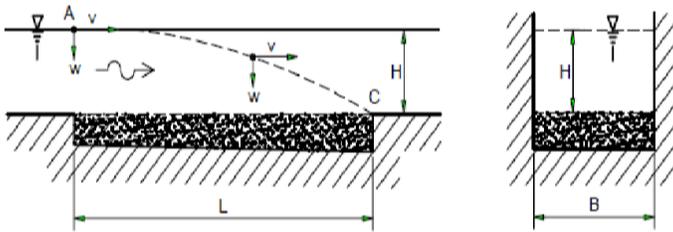
**Gambar 7.18.** Konsentrasi Sedimen Arah Vertikal (Suprpto, 2022)

Gambar 7.18 diatas, disajikan mengenai sebaran ilustrasi sedimen ke arah vertikal pada dua sungai, awal, ujung, dan kantong lumpur di gambar berikut:



**Gambar 7.19.** Tipe Tata Letak Kantong Lumpur (Suprpto, 2022)

Gambar 7.19 menunjukkan bagian utama dari kantong lumpur. Dimensi L sebagai panjang dan dimensi B sebagai lebar. Gambar ini diturunkan dari gambar sebelumnya yakni pada Gambar 7.18. Partikel  $w$  dengan kecepatan endap dan kecepatan air  $v$  harus mencapai dasar pada C melalui kolom A. ini mengakibatkan partikel yang berpindah memerlukan waktu mencapai dasar secara horisontal sepanjang jarak L dalam waktu atau dengan sebutan  $L/v$ .



**Gambar 7.20.** Skema Kantong Lumpur (Suprpto, 2022)

$$LB = \frac{Q}{w}$$

Dengan adanya rumus yang sederhana ini, membuat dimensi-dimensi dapat diperkirakan lebih awal. Perencanaan ini membutuhkan faktor koreksi guna menyesuaikan faktor pengganggu seperti turbelensi air, pengendapan yang terhalang, dan bahan layang yang sangat banyak.

### 7.7. Bangunan Pelindung Sebagai Perkuatan Sungai

Bangunan pelindung pada sungai berguna untuk menjaga bangunan agar tetap berfungsi dengan baik, bangunan perkuatan sungai ini terdiri dari tanggul banjir, saringan bongkah dan tanggul penutup.

### 7.8. Penetapan Desain Bangunan Utama (Bendung)

#### 7.8.1. Pengujian Bangunan Utama Pra Desain

Pengujian model bangunan bendung dapat dilakukan di laboratorium dengan semua data hasil dari perhitungan dapat di transfer dengan menggunakan patokan yang ada. Patokan atau

skala model dapat dilakukan jika jenis aliran yang terjadi pada mercu bendung serta keamanan tubuh bendung. Pengujian model pra design bangunan utama ini berguna untuk mengetahui kondisi lokasi dengan memperkirakan masalah-masalah yang sulit di prediksi nantinya. Masalah tersebut terkait bangunan yang begitu kompleks dengan tolak ukur perencanaan yang ada. Sehingga hasil dari penyelidikan model pra design dapat diketahui besaran biaya guna menghemat anggaran. adanya aturan pendahuluan dibuat untuk eksploitasi dan pemeliharaan bangunan agar bisa belajar dari pengalaman sebelumnya. Kemudian jika biaya pelaksanaan penyelidikan tidak besar dibanding dengan seluruh biaya pelaksanaan bangunan seperti desain atau dimensi bendung, pembangunan ruas sungai, dan debit saluran. Hasil dari uji model yang akan disajikan berupa perilaku yang hidrolis, lokasi dan tata letak umum bagian bendung, pekerjaan pengaturan sungai dari hulu bangunan, bentuk mercu dan pintu utama pelimpah yang tetap termasuk bentuk ambangnya. Peredam energi memerlukan kolam olak dan efisiensi dan masih banyak lagi.

### **7.8.2. Penyempurnaan Desain Bangunan Utama**

Bangunan utama harus memperhatikan desain sebagai penyempurnaan hasil uji model dengan cara penyelidikan model biasa tidak dipakai untuk pemilihan lokasi karena perencanaan hidrolis hanya berperan satu dari sekian banyak kriteria yang menentukan pemilihan lokasi pada area yang akan dibangun nantinya. Di dalam model nantinya terdapat tata letak pendahuluan bangunan utama yang dilakukan untuk pekerjaan-pekerjaan besar dan rumit. Bangunan utama dapat diperbaiki apabila evaluasi hasil model terdapat perbaikan atau penyempurnaan terhadap desain uji model yang dilakukan dengan menganalisis ulang terhadap kelemahan desain didasari dengan hasil uji model. Keuntungan dari evaluasi uji model ini berpengaruh terhadap anggaran yang dapat diketahui

penghematan biaya pelaksanaan. Diperlukan ketelitian terdapat penyempurnaan desain bendung untuk hasil yang lebih optimal berdasarkan hasil dari uji model.

### **7.8.3. Penetapan Desain yang Akurat sebagai Bangunan Utama**

Bahan penetapan disain yang akurat merupakan penyempurnaan dari hasil pradesain bangunan yang telah disepakati bersaaama dengan pihak terkait. Disain hasil penyempurnaan yang didasari oleh uji model merupakan tujuan yang ingin dicapai atas keterangan hasil penyempurnaan. Pihak terkait yang dilibatkan ialah Dinas Pengairan sebagai pihak konsultan dalam konsultasi hasil penyempurnaan pradisain bangunan utama. Indikasi yang bisa menunjukkan disain bangunan utama sudah menjadi desain definitif ialah disain yang sudah mendapatkan persetujuan dari para pihak berkompeten. Maka dari itu, diperlukan akurasi dan ketelitian yang tinggi dalam berdiskusi untuk hasil akhir dari pradesain kepada semua pihak dan penetapan desain definitif sebagai desain akhir.

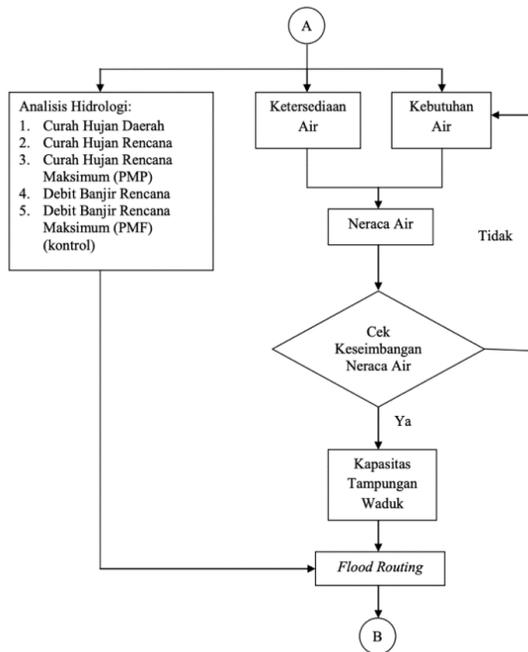
# Konsep Perencanaan Waduk

## 8.1. Pendahuluan

Secara umum waduk adalah suatu tempat dipermukaan tanah yang dapat berfungsi sebagai tempat penampungan air pada saat musim hujan dan tempat menampung kelebihan air serta dapat dimanfaatkan pada saat musim kemarau. Sedangkan waduk secara khusus adalah salah satu sumber air tawar yang dapat menunjang kebutuhan hidup manusia dan kegiatan sosial ekonomi. Pembangunan waduk harus sesuai dengan fungsinya. Fungsi waduk ada yang *single purpose* dan multi purpose. Waduk yang berfungsi tunggal hanya dapat dimanfaatkan untuk satu kegiatan saja seperti untuk PLTA atau irigasi saja. Sedangkan waduk yang berfungsi ganda dimanfaatkan untuk beberapa kegiatan seperti waduk dibangun untuk PLTA, irigasi, air baku dan pariwisata.

Perencanaan waduk pada suatu daerah harus mempertimbangkan beberapa hal. Salah satunya adalah kebutuhan data baik itu data primer dan data sekunder. Data primer dapat diperoleh dengan melakukan percobaan seperti pengukuran di lapangan dan analisa laboratorium. Sedangkan data sekunder dapat diperoleh dengan pengambilan data di berbagai instansi seperti dinas PSDA. Ketersediaan data primer

dan data sekunder sangat mendukung dalam merencanakan suatu waduk. Selain itu dalam merencanakan waduk ada beberapa hal yang perlu diperhatikan seperti kapasitas tampungan waduk yaitu volume tampungan air di dalam waduk pada setiap ketinggian muka air. Untuk mendapatkan hubungan antara volume air dalam waduk dan ketinggian air maka perlu diketahui volume tampungan hidup, volume tampungan mati, tinggi muka air minimum dan maksimum, dan tinggi mercu pelimpah. Variabel - variabel tersebut merupakan dasar dalam perencanaan suatu waduk.



**Gambar 8.1.** Diagram Perencanaan Waduk (Abror *et al.*, 2015)

### 8.2. Kebutuhan Data

Menurut (Abror *et al.*, 2015), dalam perencanaan waduk ada beberapa kebutuhan data yang harus dikumpulkan. Data yang dimaksud adalah peta topografi, data hidrologi, data tanah, geologi, kebutuhan air dan tata guna lahan. Peta topografi digunakan untuk menentukan luas daerah tangkapan hujan dari

waduk sedangkan data hidrologi berupa data hujan digunakan untuk menghitung hujan rata-rata, hujan rancangan, hujan rancangan maksimum (PMP), debit rancangan sesuai kala ulang dan debit rancangan maksimum (PMF). Kemudian data kebutuhan air digunakan untuk mengetahui neraca air. Neraca air dalam perencanaan waduk juga sangat diperlukan untuk mengetahui berapa jumlah air yang akan masuk ke dalam waduk dan berapa jumlah air yang akan digunakan dari tampungan waduk.

Jumlah air yang digunakan dari waduk sangat tergantung dari fungsi waduk. Apakah waduk tersebut hanya digunakan untuk irigasi saja atau untuk beberapa fungsi misalnya untuk PLTA, air baku, irigasi dan lain sebagainya. Oleh karena itu dalam merencanakan suatu waduk, kebutuhan data harus diperhatikan dengan baik agar waduk yang dibuat dapat sesuai dengan fungsinya.

### **8.3. Analisa Hidrologi**

Dalam perencanaan waduk, analisis hidrologi dapat memberikan gambaran tentang potensi sumber daya air. Perencanaan bangunan-bangunan air sama halnya dengan bendungan, waduk juga membutuhkan hasil analisis hidrologi merupakan informasi yang sangat penting untuk pekerjaan perhitungan dimensi bangunan dan karakteristik bangunannya. Tanpa diketahui secara jelas sifat dan besaran hidrologinya, maka tidak akan dapat menentukan sifat dan besaran hidrauliknya. Perancangan hidraulik bangunan diperlukan standar rancangan yang benar, sehingga akan mendapatkan bangunan yang berfungsi secara optimal baik secara struktural maupun fungsionalnya.

Patokan rancangan didapatkan setelah dilakukan pemahaman konsep-konsep dasar hidrologi dan menganalisisnya dengan pemahaman kondisi lapangan atau daerah lokasi rencana proyek. Analisis hidrologi yang dihasilkan dan sebagai informasi

(data) perencanaan hidraulik dari bangunan yang akan dibuat adalah :

- a. Evapotranspirasi
- b. Infiltrasi
- c. Curah hujan
- d. Ketersediaan air
- e. Kebutuhan air
- f. Debit banjir
- g. Patokan rancangan
- h. Volume genangan
- i. Sedimentasi

#### **8.4.Ketersediaan Air**

Ketersediaan air dihitung dengan metode debit bangkitan dengan data hujan yang ada sepanjang pengamatan kemudian diubah menjadi debit dengan menyatakan hubungan antara data hujan dengan data debit yang ada di tahun yang sama. Hubungan tersebut menghasilkan persamaan sebagai berikut (Triatmodjo, 2009).

$$Q = f(p) \dots\dots\dots(8.1)$$

Dari persamaan tersebut dihasilkan perkiraan debit yang mengalir pada lokasi waduk yang tersedia sepanjang data hujan yang digunakan.

#### **8.5.Kebutuhan Air**

Analisis kebutuhan air menggunakan beberapa tahapan dengan menghitung proyeksi jumlah penduduk yang direncanakan kemudian menghitung kebutuhan air berdasarkan peraturan yang berlaku. (Susanto and Yosananto, 2017) Pemakaian air oleh suatu masyarakat bertambah besar dengan kemajuan masyarakat tersebut, sehingga pemakaian air seringkali dipakai

sebagai salah satu tolak ukur tinggi rendahnya kemajuan suatu masyarakat. Dengan memasukkan faktor kebutuhan air lainnya yang menyangkut kebutuhan air non-domestik, faktor pemakaian dan faktor kebocoran yang mungkin terjadi pada sistem penyediaan air yang ada, maka nilai kebutuhan air yang perlu dialirkan menjadi bertambah dan dihitung menggunakan Persamaan berikut:

$$Q_{DPI} = \frac{(1 + N_D) F_P T_L}{(1 - K_B) \times 86400} (J_P K_D) \dots\dots\dots(8.2)$$

dengan:

$Q_{DPI}$  = Kebutuhan air baku rata-rata [liter/detik],

$J_P$  = Jumlah penduduk yang dilayani [jiwa],

$K_D$  = Kebutuhan air domestik per kapita/hari,

$N_D$  = Presentase pemakaian air non domestic,

$K_B$  = Faktor kebocoran,

$F_P$  = Faktor pemakaian

### 8.6. Neraca Air

Neraca air merupakan kesetimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan air yang terdapat di lokasi sehingga mengetahui kekurangan air terjadi pada waktu tertentu dan menjadi acuan dibutuhkannya waduk untuk mensuplai kekurangan air pada masyarakat. Untuk menghitung neraca air pada perencanaan waduk dibutuhkan data-data berupa data tinggi muka air pada stasiun AWLR yang terdekat dengan daerah perencanaan waduk. Selain data AWLR, dibutuhkan juga data statistik berupa jumlah penduduk, jumlah puskesmas, jumlah sekolah, jumlah rumah ibadah, jumlah rumah sakit dan luasan daerah irigasi. Data terukur berupa data AWLR dapat mewakili ketersediaan air dan data statistik akan mewakili kebutuhan air.

## **8.7. Kapasitas Tampungan Waduk**

Setelah perhitungan neraca air dilakukan dan mengetahui kekurangan air selanjutnya kekurangan air tersebut dihitung menjadi volume yang dibutuhkan. Kapasitas tampungan memerlukan data volume tampungan yang tersedia berdasarkan topografi di lapangan dan hasil volume yang di butuhkan berdasarkan kekurangan air yang terjadi.

## **8.8. Penutup**

Bendungan atau waduk tidak saja sebagai tampungan air pada saat musim hujan tetapi dapat dimanfaatkan untuk tujuan lainnya. Tetapi dalam tahap perencanaannya perlu dilakukan studi-studi yang seksama supaya didapat tujuan yang optimal. Tujuan pembuatan waduk yaitu sebagai sarana untuk mengendalikan banjir, melestarikan tanah dan sumber-sumber air serta pengendalian erosi. Rencana pelaksanaan konstruksi dibuat sedemikian rupa sehingga urutan-urutan pelaksanaannya yang efektif dan efisien dan tidak tumpang tindih. Jadwal kerja yang telah dibuat dapat dijadikan pegangan dalam pelaksanaan konstruksi di lapangan. Walaupun demikian kondisi alam terkadang akan merubah jadwal dan sistem kerja. Sehingga diperlukan pengawasan dan tata kerja yang disiplin. Langkah-langkah perencanaan dan perancangan sebuah waduk diperlukan suatu pemahaman tentang berbagai data yang saling terkait. Untuk itu diperlukan pengkajian secara detail sehingga setiap data yang digunakan akan sangat efektif dan efisien untuk digunakan sebagai masukan analisis lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abror, M. T. et al. (2015) 'Perancangan waduk Mundingan di Kota Semarang', *Jurnal karya Teknik Sipil*, 4(4), pp. 406–414. Available at: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>.
- Akan, Osman, A. (2006). *Hydraulic Structures. Open Channel Hydraulics*: 200–265. doi:10.1016/b978-075066857-6/50007-2.
- Arsyad, K. M. (2017) 'modul Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Pelatihan Perencanaan Teknik Sungai', pp. 1–63.
- Asdak, C. (2018). *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. In Gadjah Mada University Press (Edisi Revi).
- Asdak, C. 2002. *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Bagus, I., & Purbawijaya, N. (2011). MANAJEMEN RISIKO PENANGANAN BANJIR PADA SISTEM JARINGAN DRAINASE DI WILAYAH KOTA DENPASAR. In *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* (Vol. 15, Issue 1).
- Barus, H. (2021) RPP Perizinan Berusaha Sumber Daya Air Perlu Perhatikan Keseimbangan Kepentingan Rakyat dan Bisnis, *industry.co.id*. Available at: <https://www.industry.co.id/read/79241/rpp-perizinan-berusaha-sumber-daya-air-perlu-perhatikan-keseimbangan-kepentingan-rakyat-dan-bisnis>.
- BPS (2021) 'Proyeksi Jumlah Penduduk Indonesia'. Available at: [BPS.go.id](https://www.bps.go.id).
- David da Silva, D., Pereira, S. B. and Vieira, E. de O. (2020) 'Integrated Water Resources Management in Brazil', *Integrated Water Resource Management*, pp. 13–26. doi: 10.1007/978-3-030-16565-9\_2.

- Dirjen SDA. (2013). Standar Perencanaan Irigasi "Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi (KP-01)". Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Dirjen SDA. (2013). Standar Perencanaan Irigasi "Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi (KP-02)". Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Eryani, I. (2014) 'Potensi Air Dan Metode Pengelolaan Sumber Daya Air Di Daerah Aliran Sungai Sowan Perancak Kabupaten Jembrana', *Paduraksa*, 3(1), pp. 32–41.
- Fecarotta, O., Carravetta, A., Del Giudice, G., Padulano, R., Pontillo, M., and Brasca, A. (2016). Experimental results on the physical model of an USBR type II stilling basin. *Proc., Riverflow 2016—8th Int. Conf. on Fluvial Hydraulics*, CRC Press/Balkema, Leiden, Netherlands.
- Fetter, C. W., 4th edition., 2001, *Applied Hydrogeology*, United States: Prentice Hall.
- Grigg, N. . (1996). *Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases*. McGraw-Hill.
- Hamid, S., Gharehbaghi, A., Mehdizadeh, S., Kaya, B., and Javad Behmanesh, J. (2017). Experimental Investigation of Discharge Coefficient over Novel Kind of Sharp-Crested V-Notch Weir." *Flow Measurement and Instrumentation* 54 (April 2017),236–242. doi:10.1016/j.flowmeasinst.2017.02.008.
- Hong, Seung Ho, Terry, W. Sturm, and Juan A. González-Castro. (2018). Transitional Flow at Low-Head Ogee Spillway. *Journal of Hydraulic Engineering* 144, no. 2 (February 2018): 04017062. doi:10.1061/(asce)hy.1943-7900.0001398.
- Ikhwanudin, Bagus, P., Fristi, M., Burhan, M. (2021). Planning Weir Jeruk Gulung In Troso Village, Pecangaan district, Jepara Regency. *International Journal of Sustainable*

Building, Infrastructure, and Environment.

- Imamuddin, M. and Mochammad, P. S. (2019) 'Analisis Kebutuhan Air Bersih dan Air Kotor (Study Kasus Kompleks Perumahan Taman Sari Persada, Kelurahan Cibadak, Kecamatan Tanah Sareal, Kota Bogor)', Seminar Nasional Sains dan Teknologi, pp. 1–5. Available at: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/5158>.
- Johnson, Edward E., 1972. Groundwater and Wells. Johnson Division, Universal Oil Products Co.: Saint Paul, Minnesota
- Jonathan. A., Yudianto.D dan Sanjaya.S (2021). Penentuan Pola Operasi Pintu Pelimpah Dalam Rangka Pengendalian Banjir Bendungan Delingan, Jawa Tengah. Jurnal Teknik Hidrolik.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. (2017) Modul Pengantar Perencanaan Embung Pelatihan Perencanaan Embung. Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi. Bandung.
- Kodoatie, R. J., dan Sjarief, R. (2005). Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu. Andi.
- Langkemme Irrigation Project. (2010). Hydraulic Model Test and Related Study Design Note, Nippon Koei, PT. Buana Archicon.
- M. Yanuar J. Purwanto (2018) 'Pengantar Pengelolaan Sumber Daya Air'.
- Makkelo, I. D. (2018). Sejarah Perkotaan: Sebuah Tinjauan Historiografis Dan Tematis. Lensa Budaya: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Budaya, 12(2), 83–101. <https://doi.org/10.34050/JLB.V12I2.3052>
- Mawardi, E. (2007). Desain Hidraulik Bangunan Irigasi. Alfabeta.

## Bandung

- Mawardi, E. (2015). *Desain Hidraulik Bangunan Tetap untuk Irigasi Teknis*. Alfabeta. Bandung
- Mawardi, E. (2017). *Teknologi Bendung Di Indonesia*. Alfabeta. Bandung
- Memed, M., Erman, M., and Syarif, S. (1981). *Pengelak Angkutan Sedimen tipe undersluice dengan perencanaan hidrolisnya*, Jilid I & II. DPMA Bandung.
- Padulano, R., Fecarotta, O., Giudice, G.D., and Carravetta, A. (2017). Hydraulic Design of a USBR Type II Stilling Basin. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, January 2017, 04017001.1-9. DOI: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001150.
- Peraturan Pemerintah No. 42 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumberdaya Air
- PUPR, K. (2021) *Potensi Air Indonesia*.
- Robert J. Kodoatie (1996) *Pengantar Hidrogeologi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Sidharta, S. K. (1997). *Irigasi dan Bangunan Air* . Jakarta: GUNADARMA.
- Soedibyo (1993). *Teknik Bendungan*. Pradnya Paramita. Jakarta
- Soemarto, CD, Ir, B.I.A Dipl H, 1989. *Hidrologi Teknik*, PPMT, Malang.
- Sosrodarsono, S. (1977). *Hidrologi untuk pengairan*. Pradnya Paramita.
- Sosrodarsono, S., Eakada,K (2016) *Bendungan Type Urugan*. Balai Pustaka. Jakarta
- Sosrodarsono, S., Tominaga, M. (2008). *Perbaikan dan Pengaturan Sungai*. Pradnya Paramita. Jakarta

- Sukri, A. S. (2020). Optimization of Wawotobi Irrigation Network System Performance. *International Journal of Applied Engineering Research*, 15(3), 259-267.
- Sukri, A.S. (2022). Aplikasi Perencanaan Irigasi dan Bangunan Air. Sarnu Untung. Jawa Tengah
- Suprpto (2022). Perencanaan Bangunan Utama (Bendung) Diklat Teknis Perencanaan Irigasi Tingkat Dasar. Pusat Pendidikan Dan Pelatihan Sumber Daya Air Dan Konstruksi, Kementerian PUPR.
- Susanto, H. and Yosananto, Y. (2017) 'Analisis Keandalan Tampung Waduk Molintogupo untuk Kebutuhan Air Baku di Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo', *Teknik Sipil Itenas* 1, 3(4), p. 127. Available at: <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/1736>.
- THIKA (2019) AIR TANAH. Available at: [https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=a8p9bt%2FZ&id=E03B8703AFB2BC5FFA005EAAD71E72F60FF528BD&thid=OIP.a8p9bt\\_Z1grGb7St1PCDvwHaE0&mediaurl=https%3A%2F%2F3.bp.blogspot.com%2F-IMr36Lu6gFo%2FUow8vMVaD2I%2FAAAAAAAAAABaA%2FrhpoGJYAqcI%2Fs1600%2Fsk](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=a8p9bt%2FZ&id=E03B8703AFB2BC5FFA005EAAD71E72F60FF528BD&thid=OIP.a8p9bt_Z1grGb7St1PCDvwHaE0&mediaurl=https%3A%2F%2F3.bp.blogspot.com%2F-IMr36Lu6gFo%2FUow8vMVaD2I%2FAAAAAAAAAABaA%2FrhpoGJYAqcI%2Fs1600%2Fsk).
- Tiwari, H. L., and Goel, A. (2014). "Effect of end sill in the performance of stilling basin models." *Am. J. Civ. Eng. Archit.*, 2(2), 60–63.
- Tiwari, Harinarayan, and Sharma, N. (2015). Developments to Improve Hydraulic Competence of Spillways. *Aquatic Procedia* 4 (2015): 841–846. doi:10.1016/j.aqpro.2015.02.105.
- Umum, P. K. P. (1992). Drainase Perkotaan.
- Undang undang Sumber Daya AIR 2017 (2017) 'Undang-undang

Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air', Jdih Bpk Ri Database Peraturan, (011594), p. 50. Available at: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/122742/uu-no-17-tahun-2019>.

Vayghan, V. H., Saber, A., Mortazavian, S. (2019). Modification of Classical Horseshoe Spillways: Experimental Study and Design Optimization. *Civil Engineering Journal*, Vol. 5, No. 10. Islamic Republic of Iran.

Vinet, L. and Zhedanov, A. (2011) 'Yang diambil pengertian SDAir', *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 44(8), pp. 8–33.

Wilson, E.M, 1993, *Engineering Hydrology*, Penerbit ITB, Bandung.

## Biografi



**Ir. Burhanuddin Badrun, M. Sp.** lahir di Palopo pada tanggal 10 Agustus 1956. Berdomisili di Kota Makassar. Menempuh pendidikan S1 Teknik Sipil, di Universitas Hasanuddin. Pendidikan S2 di Teknik PWK Universitas 45 Makassar. Pendidikan S3 diselesaikan di Program Doktorat Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Bosowa Makassar. Selama mengabdikan di Universitas 45 Makassar, sekarang berganti nama menjadi Universitas Bosowa, pernah menjabat sebagai sekretaris jurusan Teknik Sipil tahun 1992, pembantu dekan I Fakultas Teknik tahun 1994 dan pembantu dekan II fakultas teknik di tahun 1996.



**Ir. Zulharnah, MT.**, lahir di Ujung Pandang (sekarang Makassar) pada tanggal 31 Maret 1964 sebagai anak pertama dari tujuh bersaudara, pasangan orang tua Hasan Ramli dan Hj. Hasnah andi Sapati . Pendidikan SMA dilakukan di kota Palopo, dan pada tahun 1983 melanjutkan studi di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia, Makassar. Setelah lulus, bekerja pada Kopersi Ukhuwah Unit Konsultan Teknik (UKT) Universitas Muslim Indonesia hingga tahun 1993 dan juga sebagai asisten pembimbing tugas mata kuliah Irigasi dan Manajemen Proyek di Jurusan Sipil hingga tahun 2002. Sebelumnya, pada saat yang sama di tahun 1994 hingga 1997 aktif di konsultan pengawasan pada proyek peningkatan jalan dan juga di Real Estate/Developer. Pada tahun 1999 dipercayakan sebagai kepala Laboratorium Teknik Sipil di Pusat Pengembangan Aptisi Wilayah IX Sulawesi yang pada

akhirnya terangkat sebagai ASN tenaga kependidikan di LLDIKTI tahun 2014. Pendidikan Pascasarjana diselesaikan di Universitas Hasanuddin, Makassar pada tahun 2013 dalam bidang Teknik Sipil . Sebelumnya pada tahun 2006 penulis pernah mengajar di Universitas Atmajaya, Makassar dan pada tahun yang sama menjadi Instruktur pada Retooling Program Training Batch IV Proyek TPSDP Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pada tahun 2008 penulis mengajar pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil di Universitas Fajar, Makassar hingga tahun 2014. Beberapa Mata Kuliah yang pernah dan masih diajarkan hingga saat ini adalah Menggambar Bangunan Sipil, Hidrologi, Irigasi dan bangunan Air, Drainase Perkotaan serta melakukan penelitian. Sebagai ASN tenaga kependidikan, penulis tetap mengajar sebagai dosen luar biasa di Universitas Fajar hingga tahun 2021. Sebelum memasuki purna bakti, penulis mengajukan permohonan peralihan tugas ke fungsional sebagai dosen DPK Universitas Fajar pada tahun 2021.

Dharwati P. Sari.



**Dr. Ir. AHMAD SYARIF SUKRI, ST., MT., IPM**, dilahirkan di Desa Paitana Kabupaten Jeneponto 07 Januari 1972, menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar 115 Ta'bakang (SD) tahun (1985), SMP 779 Paitana tahun (1988), STM. Negeri 1 Makassar (1991), Sarjana Strata

Satu (S1) Teknik Pengairan tahun (1997), Magister Teknik Sipil Bidang Teknik Keairan (S2) tahun (2001), Doktor Manajemen Rekayasa (S3) Tahun (2020). Penulis sebagai dosen di Universitas Halu Oleo pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil (2002-sekarang) mengajar pada program studi S1, S2 dan S3, Dosen Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Tenggara, Dosen Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Kendari, Dosen Fakultas Teknik Universitas Lakidende , penulis juga aktif sebagai wakil

ketua Himpunan Ahli Teknik Hidrolik Indonesia (HATHI) cabang Sulawesi Tenggara (2017- sampai sekarang), sebagai Ketua Dewan penasehat Persatuan Insiyur Indonesia Cabang Kota Kendari ( 2021-2024), sebagai Ketua Bidang Rekayasa dan Konstruksi Persatuan Insiyur Indonesia wilayah Provinsi Sulawesi Tenggara ( 2021-2024), sebagai tenaga ahli Balai Wilayah Sungai Sulawesi IV (BWS–IV) dari tahun (2010-sampai sekarang), dan penulis juga aktif pada perencanaan Bendung, Irigasi, Sungai, Drainase, Sistem Penyediaan Air Minum dan Perencanaan Pantai. Penulis Buku Aplikasi Perencanaan Irigasi dan Bangunan Air, dan Optimalisasi Kinerja Sistem Jaringan Irigasi, serta aktif menulis di Jurnal Internasional dan Nasional.



**Ir. Yusman, S.Si., M.T.**, lahir di Parepare pada tanggal 13 Maret 1991. Berdomisili di Amparita Kabupaten Sidrap. Menempuh pendidikan S-1 Kimia (S.Si), di Universitas Negeri Makassar, selesai tahun 2012. Gelar S-2 (M.T) Teknik Kelautan diperoleh pada tahun 2016 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui program beasiswa full PraSaintek tahun 2013, pada Konsentasi Teknik Manajemen Pantai. Pada tahun 2017 bergabung menjadi Dosen di Universitas Sulawesi Barat Majene. Mengajar di Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik. Mata kuliah yang diampuh adalah Kimia Dasar, Ekonomi Teknik dan Teknik Pantai. Aktivitas publikasi ilmiah baik nasional maupun internasional dimulai sejak tahun 2017.



**Ir. Fathur Rahman Rustan, ST., MT., IPM.**

Penulis lahir di Kendari, pada tahun 1985. Penulis adalah dosen tetap di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Penulis tercatat sebagai lulusan Sarjana Teknik (S.T.) pada Prodi Teknik Sipil Fak. Teknik Universitas Halu Oleo tahun 2009, Magister Teknik (M.T.) bidang Manajemen Rekayasa dan Sumber Air FTSP ITS Surabaya tahun 2013, dan tahun 2020 mengambil Pendidikan Profesi Insinyur (Ir.) dari Prodi Pendidikan Profesi Insinyur Universitas Hasanuddin Makassar. Penulis telah menghasilkan beberapa artikel penelitian dan menghasilkan beberapa Book Chapter di antaranya: Sistem Irigasi dan Bangunan Air, Pengembangan Sumber Daya Air, Dasar-Dasar Ilmu Ukur Tanah, Perancangan Geometrik Jalan, Ekonomi Teknik, dan Teknik Sipil (Sebuah Pengantar) serta telah memiliki hak kekayaan intelektual berupa hak cipta. Dan saat ini penulis menjabat sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil di perguruan tinggi yang sama.



Dharwati Pratama Sari, Lahir 4 Juli 1990 di Mataram pada tanggal. Ia menyelesaikan Pendidikan sarjana pada Jurusan Teknik Sipil di Universitas Brawijaya tahun 2012 dan jenjang magister double-degree Universitas Brawijaya- National Central University tahun 2014 dengan kekhususan Manajemen konstruksi. Saat ini ia tercatat sebagai dosen tetap pada Fakultas Teknik di Universitas Mulawarman. Mendapat gelar Insinyur (Ir) pada tahun 2020 pada Program Profesi Insinyur FT Universitas Mulawarman.dd Selain mengajar, ia juga aktif dalam kegiatan tridharma lainnya diantaranya penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.



**Dr. Ir. Hamkah, M.T.**, lahir di kota Ujung Pandang pada tanggal 27 Januari 1964. Menyelesaikan kuliah di Universitas Hasanuddin Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil dan mendapat gelar Insinyur (Ir.) pada tahun 1988. Kemudian melanjutkan Program Magister pada Universitas Brawijaya dan menyangang gelar Magister Teknik pada tahun 2004. Lulus pada tahun 2018 di Universitas Hasanuddin Program Doktorat Teknik Sipil. Sejak tahun 1994 bergabung menjadi Dosen Politeknik Negeri Ambon. Tahun 1988 s.d. 1993 bekerja sebagai Kontraktor di PT. Tuju Wali Wali, 1993 hingga kini aktif sebagai Penyedia Jasa Konsultansi dan Instruktur Pengairan, Jalan dan Jembatan di Dinas PUPR Prov. Maluku. Aktifitas menulis buku dimulai tahun 2019 dan baru mencatat 2 buku yang ditulis yaitu berjudul "Rekayasa Perkerasan Jalan Beton" dan "Beton Air Laut".



**Dr. Erni Rante Bungin ST., M.Eng**, lahir di Palopo pada tanggal 15 Juni 1981. Ia menyelesaikan kuliah dan mendapat gelar Sarjana Teknik pada tahun 2004. Ia merupakan alumnus Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar. Pada tahun 2005 mengikuti Program Magister Teknik Sipil dan lulus pada tahun 2017 dari Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Pada tahun 2019, Ia menyelesaikan pendidikan Doktor pada Universitas Hasanuddin Makassar. Tahun 2005 ia diangkat menjadi Dosen Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar dan ditempatkan di Fakultas Teknik pada program studi Teknik Sipil.

Infrastruktur sumber daya air yang membawa berbagai manfaat adalah masa depan suatu negara yang mewujudkan kesejahteraan rakyatnya. Pengelolaan air terpadu melalui infrastruktur sumber daya air mempengaruhi kualitas hidup masyarakat. Mengingat air memegang peranan penting dalam segala bidang, mulai dari kehidupan sehari-hari makhluk hidup termasuk manusia hingga industri. Indonesia, salah satu dari sepuluh negara kaya air dengan cadangan air tawar terbesar di dunia, menghadapi krisis air bersih akibat fluktuasi musiman dan ketidakseimbangan ketersediaan air, selain lemahnya sistem pengelolaan air. Selain itu, ancaman krisis air bersih juga disebabkan oleh kerusakan lingkungan akibat menurunnya daya serap air terkait dengan peningkatan konsumsi air dan pertumbuhan penduduk. Hal ini menyebabkan beberapa daerah memiliki air yang melimpah dan akses yang mudah terhadap air serta risiko banjir yang tinggi, sementara beberapa lainnya mengalami kekeringan, kelangkaan dan berkurangnya akses terhadap air.

Untuk meningkatkan pengembangan dan pengelolaan air, lahan dan sumber daya yang ada, diperlukan pengelolaan sumber daya air terpadu (PSDAT) guna mencapai kesejahteraan ekonomi dan sosial yang adil, mutlak dan berkelanjutan bagi ekosistem. Masalah-masalah yang dihadapi secara menyeluruh dari Pengelolaan Sumber Daya Air Secara Terpadu (SPDAT) ialah tentang kependudukan, pemukiman, pencemaran sampah, DAS kritis, kekeringan, hingga banjir. Air dan sumber daya air perlu dilindungi dan dijaga kelestariannya supaya dapat digunakan berkelanjutan. Buku “Perencanaan Infrastruktur Sumber Daya Air” ini memuat 8 (Delapan) bab, yaitu:

1. Pengembangan Sumber Daya Air
2. Pengertian Sumber Daya Air
3. Infrastruktur Utama Irigasi
4. Air Tanah dan Air Permukaan
5. Perencanaan Bangunan Irigasi
6. Sistem Drainase Perkotaan
7. Perencanaan Bendungan
8. Konsep Perencanaan Waduk

**TOHAR MEDIA**

No Anggota IKAPI : 022/SSL/2019  
Workshop : JL. Rappocini Raya Lr.II A No 13 Kota Makassar  
Redaksi : JL. Muhktar dg Tompo Kabupaten Gowa  
Perumahan Nayla Regency Blok D No 25  
Telp. (0411) 8987659 Hp. 085299993635  
<https://toharmedia.co.id>

ISBN 978-623-8148-18-9

