

**MODUL OPERASI WADUK**

**PELATIHAN ALOKASI AIR**



2017

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



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

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

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas selesainya validasi dan penyempurnaan Modul Operasi Waduk sebagai Materi Substansi dalam Pelatihan Alokasi Air Modul ini disusun untuk memenuhi kebutuhan kompetensi dasar Aparatur Sipil Negara (ASN) di bidang Sumber Daya Air.

Modul Operasi Waduk disusun dalam 6 (enam) bab yang terbagi atas Pendahuluan, Materi Pokok, dan Penutup. Penyusunan modul yang sistematis diharapkan mampu mempermudah peserta pelatihan dalam memahami operasi waduk dalam alokasi air. Penekanan orientasi pembelajaran pada modul ini lebih menonjolkan partisipasi aktif dari para peserta.

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

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

Ir. K. M. Arsyad, M.Sc

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>v</b>
<b>PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL .....</b>	<b>vi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Deskripsi singkat .....	2
1.3 Tujuan Pembelajaran .....	2
1.3.1 Hasil Belajar .....	2
1.3.2 Indikator Hasil Belajar .....	3
1.4 Materi Pokok dan Sub Materi Pokok.....	3
<b>BAB II PENJELASAN UMUM.....</b>	<b>5</b>
2.1 Lingkup Kegiatan Operasi Waduk .....	5
2.2 Penyusunan Pola Operasi Waduk.....	5
2.2.1 Pertimbangan Penyusunan Pola Operasi Waduk.....	5
2.2.2 Dasar Penyusunan POW .....	8
2.2.3 Kondisi Batas.....	9
2.2.4 Tahun Basah dan Tahun Kering .....	9
2.2.5 Tanggung Jawab Penyusunan POW .....	10
2.2.6 Kaji Ulang POW.....	10
2.3 Rencana Tahunan Operasi Waduk (RTOW) .....	10
2.3.1 Dasar Penyusunan RTOW .....	11
2.3.2 Tanggung Jawab RTOW .....	11
2.3.3 Evaluasi RTOW .....	11
2.4 Pelaksanaan Operasi Waduk.....	12
2.4.1 Operasi Normal .....	12
2.4.2 Operasi Banjir.....	12
2.4.3 Operasi Darurat.....	12
2.5 Laporan Pelaksanaan Operasi Waduk .....	13

2.5.1	Pencatatan Data Hidrologi dan Operasi Waduk.....	13
2.5.2	Evaluasi .....	14
2.5.3	Pelaporan.....	14
2.6	Operasi Pintu dan Katup .....	14
2.7	Latihan .....	16
2.8	Rangkuman .....	16
2.9	Evaluasi .....	17
<b>BAB III POW DAN RTOW WADUK TUNGGAL .....</b>		<b>19</b>
3.1	Penyusunan POW .....	19
3.1.1	Prosedur Penyusunan POW.....	19
3.1.2	Perhitungan Debit Masuk (Inflow) .....	21
3.1.3	Perhitungan Debit Keluar (Kebutuhan Air) .....	23
3.1.4	Keseimbangan Air.....	25
3.1.5	Hasil Penyusunan POW .....	27
3.2	Penyusunan RTOW.....	27
3.3	Latihan .....	28
3.4	Rangkuman .....	28
3.5	Evaluasi .....	28
<b>BAB IV POW DAN RTOW SERI (KASKADE).....</b>		<b>31</b>
4.1	Umum .....	31
4.2	Prinsip Dasar Penyusunan POW SERI ( KASKADE) .....	31
4.2.1	Pembagian Berimbang ( <i>Equal Sharing</i> ).....	31
4.2.2	Persamaan Dasar Simulasi Waduk Kaskade.....	32
4.3	Langkah Penyusunan POW KASKADE .....	34
4.4	Tahapan Penyusunan RTOW KASKADE (RTOWK) .....	36
4.5	Latihan .....	37
4.6	Rangkuman .....	37
4.7	Evaluasi .....	37
<b>BAB V PELAKSANAAN OPERASI WADUK .....</b>		<b>39</b>
5.1	Umum .....	39
5.2	Lingkup Kegiatan.....	39
5.3	Prosedur Pelaksanaan Operasi Waduk .....	40
5.4	Operasi Normal.....	40

5.5	Operasi Banjir.....	42
5.5.1	Batasan Operasi Banjir .....	42
5.5.2	Ketentuan Operasi Banjir .....	43
5.6	Operasi Darurat.....	44
5.7	Peramalan Banjir.....	45
5.7.1	Metode Peramalan Banjir.....	46
5.7.2	Pengumpulan Data.....	46
5.7.3	Stasiun Pengamat .....	47
5.7.4	Pengiriman Data.....	48
5.7.5	Model Perhitungan .....	48
5.7.6	Rekomendasi.....	49
5.8	Peringatan Banjir.....	49
5.9	Pelaporan .....	50
5.9.1	Laporan Operasional Waduk.....	50
5.9.2	Laporan Data Hidrologi & Klimatologi .....	51
5.9.3	Laporan Kejadian banjir .....	52
5.10	Koordinasi Antar Pemangku Kepentingan.....	52
5.11	Latihan.....	53
5.12	Rangkuman .....	53
5.13	Evaluasi.....	53
<b>BAB VI PENUTUP.....</b>		<b>55</b>
6.1	Simpulan .....	55
6.2	Tindak Lanjut.....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>56</b>
<b>GLOSARIUM .....</b>		<b>58</b>
<b>KUNCI JAWABAN .....</b>		<b>64</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Operasi (Rule Curve) Waduk Sutami .....	6
Gambar 2.2. Bendungan dengan pelimpah Tanpa Pintu .....	7
Gambar 3.1. Tahapan Penyusunan POW .....	20
Gambar 3.2. Diagram Alir Perhitungan Debit Andalan .....	23
Gambar 3.3. Skema Model Simulasi .....	26
Gambar 4.1. Skema Dasar Simulasi Waduk Kaskade .....	33
Gambar 5.1. Prosedur Operasi Waduk.....	40
Gambar 5.2. Prosedur Operasi Normal .....	42
Gambar 5.3. Prosedur Operasi Banjir.....	44
Gambar 5.4. Prosedur Operasi Darurat.....	45

## PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

### Deskripsi

Modul Operasi Waduk ini terdiri dari empat kegiatan belajar mengajar. Kegiatan belajar pertama membahas Penjelasan Umum. Kegiatan belajar kedua membahas POW dan RTOW Waduk Tunggal. Kegiatan belajar ketiga membahas POW dan RTOW SERI (KASKADE). Kegiatan belajar keempat membahas Pelaksanaan Operasi Waduk.

Peserta pelatihan mempelajari keseluruhan modul ini dengan cara yang berurutan. Pemahaman setiap materi pada modul ini diperlukan untuk memahami Operasi Waduk. Setiap kegiatan belajar dilengkapi dengan latihan atau evaluasi yang menjadi alat ukur tingkat penguasaan peserta pelatihan setelah mempelajari materi dalam modul ini

### Persyaratan

Dalam mempelajari modul pembelajaran ini, peserta pelatihan diharapkan dapat menyimak dengan seksama penjelasan dari pengajar, sehingga dapat memahami dengan baik materi yang merupakan dasar dari Operasi Waduk. Untuk menambah wawasan, peserta diharapkan dapat membaca terlebih dahulu materi rencana alokasi air tahunan dan rencana alokasi air rinci.

### Metode

Dalam pelaksanaan pembelajaran ini, metode yang dipergunakan adalah dengan kegiatan pemaparan yang dilakukan oleh Widyaiswara/ Fasilitator, adanya kesempatan tanya jawab, curah pendapat, bahkan diskusi

### Alat Bantu/ Media

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

### **Tujuan Kurikuler Khusus**

Setelah mengikuti semua kegiatan pembelajaran dalam mata pelatihan ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan secara sederhana konsep dasar operasi waduk sesuai NSPM yang berlaku, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kegiatan pelaksanaan pengelolaan alokasi air, khususnya dalam menyusun Pola Operasi Waduk dan Rencana Tahunan Operasi Waduk untuk berbagai jenis waduk yang ada serta bagaimana melakukan kegiatan monitoring dan pengendalian operasionalnya untuk segala jenis waduk yang ada.



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di Indonesia pada umumnya selama setahun mengalami dua musim, yaitu; musim hujan dan musim kemarau. Dimana sebagian besar curah hujan jatuh pada musim hujan, selebihnya jatuh pada musim kemarau. Distribusi curah hujan yang tidak seimbang tersebut menyebabkan terjadinya perbedaan jumlah ketersediaan air di sungai pada kedua musim tersebut, akibatnya terjadi berlebihan pada musim hujan (banjir) dan terjadi kekurangan air pada musim kemarau (kekeringan).

Untuk mengendalikan ketidakseimbangan jumlah ketersediaan air tersebut serta untuk mengoptimalkan manfaat airnya di beberapa WS di Indonesia telah dibangun sejumlah bendungan/ waduk.

Manfaat waduk bagi masyarakat meliputi :

- a) Penyediaan Air Irigasi.
- b) Penyediaan Air baku (industri, air minum, dan lain-lain).
- c) Pembangkit listrik.
- d) Pengendalian banjir
- e) Pemeliharaan sungai/ penggelontoran.
- f) Dan lain-lain.

Manfaat pembangunan waduk tersebut dapat optimal apabila pengoperasian waduk dilaksanakan sesuai dengan ketentuan yang ada. Pengoperasian waduk dipengaruhi oleh komponen sistem waduk yang terkait antara lain:

- a) Air tampungan waduk
- b) Bangunan/ fasilitas pengambilan dan pengeluaran
- c) Instrumentasi pengontrol dan pemantauan
- d) Daerah sempadan waduk
- e) Daerah tangkapan waduk
- f) Sistem pengelolaan / manajemen.

Pengoperasian waduk harus dilaksanakan dengan benar, sesuai dengan pedoman yang telah ditetapkan. Untuk itu rencana operasi waduk untuk masing-masing bendungan/waduk harus dibuat oleh pengelola bendungan/waduk dan harus direncanakan berdasarkan kondisi spesifik masing-masing waduk terkini.

Yang menjadikan pertanyaan adalah; apa yang terjadi apabila operasi waduk tidak diatur/ dikendalikan berdasarkan pola dan rencana yang telah ditetapkan/ disepakati?

Pedoman ini disusun berdasarkan pengalaman dan referensi pedoman-pedoman terkait baik nasional maupun internasional dengan penyesuaian-penyesuaian yang diperlukan.

Pedoman ini dimaksudkan sebagai acuan untuk penyusunan Pola Operasi Waduk dan Rencana Tahunan Operasi Waduk. Dengan harapan agar operasi waduk dapat dilaksanakan sesuai tipe waduk masing-masing secara aman dan efisien.

## **1.2 Deskripsi singkat**

Modul pelatihan ini membahas berbagai materi tentang: Penjelasan Umum; POW dan RTOW Waduk Tunggal; POW dan RTOW SERI (KASKADE); Pelaksanaan Operasi Waduk.

## **1.3 Tujuan Pembelajaran**

### **1.3.1 Hasil Belajar**

Setelah mengikuti pembelajaran dalam mata pelatihan ini, peserta pelatihan diharapkan mampu memahami konsep dasar operasi waduk sesuai NSPM yang berlaku, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kegiatan pelaksanaan pengelolaan alokasi air, khususnya dalam menyusun Pola Operasi Waduk dan Rencana Tahunan Operasi Waduk untuk berbagai jenis waduk yang ada serta bagaimana melakukan kegiatan monitoring dan pengendalian operasionalnya untuk segala jenis waduk yang ada.

### 1.3.2 Indikator Hasil Belajar

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta pelatihan diharapkan dapat:

- a) Menjelaskan secara sederhana Lingkup Kegiatan Operasi Waduk, Penyusunan Pola Operasi Waduk, Rencana Tahunan Operasi Waduk (RTOW), Pelaksanaan Operasi Waduk, Laporan Pelaksanaan Operasi Waduk, Operasi Pintu Dan Katup
- b) Menjelaskan secara sederhana POW dan RTOW Waduk Tunggal
- c) Menjelaskan secara sederhana POW dan RTOW Seri (KASKADE)
- d) Menjelaskan secara sederhana Pelaksanaan Operasi Waduk
- e) Menjelaskan secara sederhana Organisasi Pelaksanaan Operasi Waduk

### 1.4 Materi Pokok dan Sub Materi Pokok

#### a) Materi Pokok 1 : Penjelasan Umum

- 1) Kelembagaan
- 2) Lingkup Kegiatan Operasi Waduk
- 3) Penyusunan Pola Operasi Waduk
- 4) Rencana Tahunan Operasi Waduk (RTOW)
- 5) Pelaksanaan Operasi Waduk
- 6) Laporan Pelaksanaan Operasi Waduk
- 7) Operasi Pintu Dan Katup
- 8) Latihan
- 9) Rangkuman
- 10) Evaluasi

#### b) Materi Pokok 2 : POW dan RTOW Waduk Tunggal

- 1) Penyusunan POW
- 2) Penyusunan RTOW
- 3) Latihan
- 4) Rangkuman
- 5) Evaluasi

**c) Materi Pokok 3 : POW dan RTOW SERI (KASKADE)**

- 1) Umum
- 2) Prinsip Dasar Penyusunan POW Seri (Kaskade)
- 3) Langkah Penyusunan POW Kaskade
- 4) Tahapan Penyusunan RTOW Kaskade (RTOWK)
- 5) Latihan
- 6) Rangkuman
- 7) Evaluasi

**d) Materi Pokok 4 : Pelaksanaan Operasi Waduk**

- 1) Umum
- 2) Lingkup Kegiatan
- 3) Prosedur Pelaksanaan Operasi Waduk
- 4) Operasi Normal
- 5) Operasi Banjir
- 6) Operasi Darurat
- 7) Peramalan Banjir
- 8) Peringatan Banjir
- 9) Pelaporan
- 10) Koordinasi Antar Pemangku Kepentingan
- 11) Latihan
- 12) Rangkuman
- 13) Evaluasi

## BAB II

# PENJELASAN UMUM

**Indikator Hasil Belajar:**

*Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan secara sederhana Lingkup Kegiatan Operasi Waduk, Penyusunan Pola Operasi Waduk, Rencana Tahunan Operasi Waduk (RTOW), Pelaksanaan Operasi Waduk, Laporan Pelaksanaan Operasi Waduk, Operasi Pintu Dan Katup.*

### 2.1 Lingkup Kegiatan Operasi Waduk

Kegiatan operasi waduk meliputi:

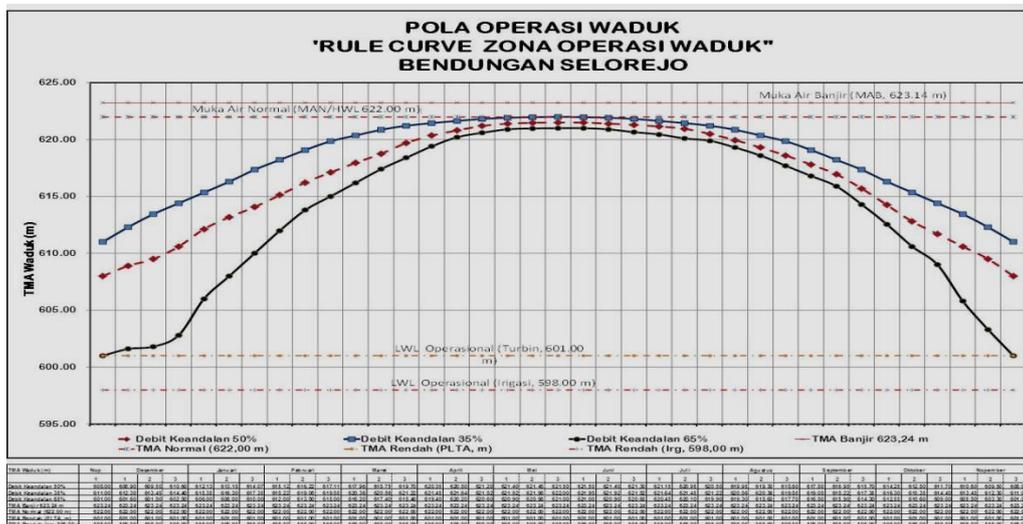
- a) Pengumpulan dan pengolahan data hidrologi (untuk perkiraan air masuk, ketersediaan air waduk, dan peramalan banjir)
- b) Menyusun Pola Operasi Waduk (POW)
- c) Menyusun Rencana Tahunan Operasi Waduk (RTOW)
- d) Melaksanakan dan melakukan evaluasi pelaksanaan operasi waduk
- e) Melaksanakan operasi waduk pada kondisi darurat
- f) Pemeriksaan OP dalam rangka mengetahui: kondisi, kebutuhan pemeliharaan, perbaikan, penggantian biaya OP.
- g) Penyusunan laporan dan dokumentasi

### 2.2 Penyusunan Pola Operasi Waduk

#### 2.2.1 Pertimbangan Penyusunan Pola Operasi Waduk

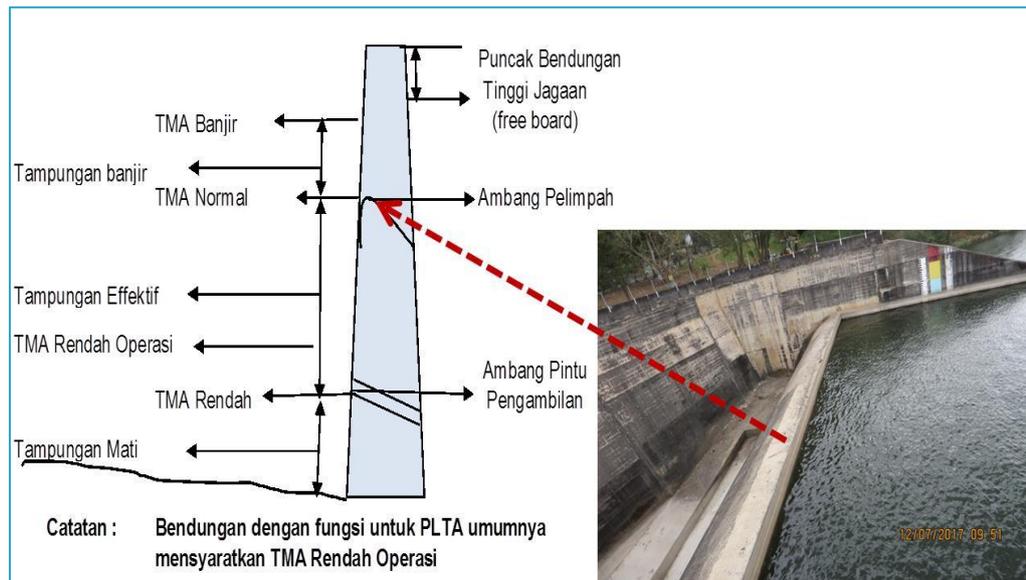
- a) POW harus dibuat sejak awal waduk tersebut mulai dioperasikan dan ditinjau ulang minimal setiap 5 (lima) tahun sekali sesuai dengan perkembangan kondisi waduk maupun perubahan kemanfaatan/fungsinya.
- b) Pola operasi waduk paling sedikit memuat tata cara pengeluaran air dari waduk sesuai dengan kondisi volume dan/ atau elevasi air waduk dan kebutuhan air serta kapasitas sungai di hilir bendungan.
- c) POW dibuat berdasarkan karakteristik dari masing-masing waduk baik “waduk tunggal” maupun “waduk kaskade” dengan fungsi sebagai waduk “eka guna” atau “multi guna”.

- d) POW diwujudkan dalam bentuk “Rule Curve Zona Operasi” yang dibatasi oleh lengkung batas operasi normal atas dan lengkung batas operasi normal bawah serta rencana air masuk dan pengeluaran.
- e) Lengkung batas operasi normal atas dan lengkung batas operasi normal bawah kembali pada posisi Awal (TMA Awal = TMA akhir).



Gambar 2.1. Pola Operasi (Rule Curve) Waduk Sutami

- f) Tampung waduk dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:
  - 1) Tampung efektif (effective storage)
  - 2) Tampung banjir (flood storage)
  - 3) Tampung mati (dead storage)
  - 4) Tampung efektif Operasi



**Gambar 2.2. Bendungan Dengan Pelimpah Tanpa Pintu**

Batasan pemanfaatan tampungan waduk diklasifikasikan sbb :

- 1) Bagi bendungan dengan pelimpah berpintu, pengeluaran air lewat pelimpah harus memperhatikan kapasitas tampungan sungai di hilir.
- 2) Berdasarkan fungsinya, waduk dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu: Waduk Eka Guna (*single purpose*) dan Waduk Multi Guna (*Multi Purpose*)
- 3) Hal yang harus diperhatikan dalam mengoperasikan waduk multiguna adalah konflik kepentingan terutama bila potensi sumber airnya terbatas. Konflik kepentingan terjadikarena setiap jenis kebutuhan memiliki persyaratan dalam mengoptimalkannya, misalnya: PLTA mempertahankan muka air tinggi agar didapatkan energi listrik yang besar, sedangkan irigasi tidak mempertimbangkan MA tetapi volume air yang dikeluarkan. Contoh lain konflik adalah waduk yang mempunyai fungsi pembangkitan tenaga listrik dan pengendalian banjir. Pola operasi waduk untuk pengendalian banjir, mengusahakan agar waduk sebelum musim penghujan dalam kondisi kosong sedangkan waduk yang berfungsi untuk PLTA tetap mempertahankan tinggi muka air yang tetap. Pola operasi yang digunakan dalam kondisi ini adalah kompromi antara berbagai kebutuhan meskipun tidak akan diperoleh hasil yang maksimal.

- 4) Pendekatan yang dapat digunakan didalam pengoperasian waduk adalah sebagai berikut.
- Pola pengoperasian dengan pendekatan tahunan (one year return) artinya waduk pada awal operasi dalam kondisi penuh dan untuk periode satu tahun operasi waduk diusahakan kembali penuh.
  - Pola pengoperasian dengan pendekatan beberapa tahun (multi years return) artinya waduk pada awal operasi dalam kondisi penuh dan tidak merupakan suatu keharusan/target bahwa pada akhir operasi dalam satu tahun elevasinya kembali seperti pada awal operasi. Elevasi muka air dalam kondisi penuh kembali setelah beberapa tahun operasi.

### 2.2.2 Dasar Penyusunan POW

Beberapa hal penting yang diperlukan dalam penyusunan POW adalah:

- a) Jadwal/ prosedur pengisian dan pengeluaran air.
- b) Kondisi aliran air masuk diperhitungan untuk kondisi tahun basah (normal atas) untuk kurva batas atas dan tahun kering (normal bawah) untuk batas bawah.
- c) Kebutuhan air yang harus dipenuhi adalah Rencana Pokok Penyediaan Air. Untuk irigasi sesuai dengan Rencana Tata Tanam Detail (RTTD) yang telah disahkan (Gubernur/ Bupati), sedang untuk kebutuhan air baku (air minum, industri) adalah yang telah secara resmi mendapatkan ijin (Surat Ijin Penggunaan Air). Sedangkan untuk PLTA karena tidak menggunakan air maka alokasinya menyesuaikan kebutuhan air yang lain (irigasi dan air baku).
- d) Untuk waduk seri/ kaskade maka pengeluaran air waduk harus mempertimbangkan pengeluaran waduk lainnya.
- e) Pengeluaran air ke hilir pada saat banjir harus mempertimbangkan kapasitas sungai yang ada di bagian hilir jangan sampai menimbulkan banjir.
- f) Program jadwal pemeliharaan sarana-sarana hidromekanik dan listrik seperti : Unit PLTA, katup, pintu, tail race, dan lain-lain.

- g) Keamanan bendungan harus diperhatikan dalam penurunan muka air waduk yang terlalu cepat atau terlalu rendah yang dapat menimbulkan terjadinya potensi longsor, penurunan, retakan dan lain-lain.
- h) Untuk bendungan dengan pelimpah berpintu, penetapan CWL (Control Water Level) atau penetapan awal masa recovery harus diperhatikan dan diperhitungkan dengan cermat terhadap pengendalian banjir dan pengisian waduk.

### 2.2.3 Kondisi Batas

Beberapa kemungkinan yang membatasi dalam penyusunan POW adalah:

- a) Untuk keperluan pengendalian banjir “control water level” (CWL). Waduk dengan pelimpah berpintu perlu ditetapkan. Tinggi muka air waduk harus dijaga pada waktu-waktu tertentu tidak boleh sampai melebihi CWL, dengan tetap memperhatikan bahwa waduk akan tetap penuh pada saat akhir musim hujan (waktu pengisian).
- b) Untukantisipasi terjadinya kekeringan, CWL waduk perlu ditetapkan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya kekeringan, untuk itu MA waduk dijaga tidak lebih rendah dari CWL yang telah ditetapkan pada waktu/bulan tertentu.
- c) Untuk keperluan pengoperasian operasional turbin, pintu, dan lain-lain memerlukan CWL waduk sebagai batas MA minimum.

### 2.2.4 Tahun Basah dan Tahun Kering

Menurut BMKG, tahun normal adalah tahun pada saat curah hujan berkisar antara 85% sampai 115 % dari curah hujan rata-rata hasil pengamatan. Dengan asumsi hubungan curah hujan dengan debit adalah linear, maka tahun normal adalah tahun pada saat debit berkisar antara 85% sampai 115 % dari debit rata-rata hasil pengamatan.

Dari pengertian diatas, tahun basah adalah tahun pada saat debit lebih besar dari 115% dan tahun kering adalah tahun pada saat debit kurang dari 85% dan debit rata-rata tahun normal berkisar pada kisaran 100%.

Dalam perhitungan simulasi keseimbangan air untuk menetapkan pola operasi waduk didasarkan pada debit dengan tingkat keandalan tertentu. Bila

debit rata-rata tahun normal yang berkisar 100% setara dengan debit andalan 50% maka tahun basah (115% dari rata-rata) setara dengan debit andalan kurang dari 35% dan tahun kering (85% dari rata-rata) setara dengan debit andalan lebih besar dari 65%.

Menurut Puslitbang, tahun kering adalah tahun pada saat curah hujan atau aliran sungainya berkisar antara 0% sampai 33 % dari jumlah curah hujan hasil pengamatan. Sedangkan tahun normal adalah tahun pada saat jumlah debit aliran atau curah hujan hasil pengamatan lebih besar dari 33,33% dan kurang dari 66,67 %. Dan tahun basah adalah tahun pada saat jumlah debit aliran atau curah hujan pengamatan lebih besar dari 66,67% dan kurang dari 100 %.

### **2.2.5 Tanggung Jawab Penyusunan POW**

Penanggung jawab penyusunan POW adalah Pengelola Bendungan yang harus ditinjau dan dievaluasi setiap lima tahun sekali.

Penyusunan POW melibatkan instansi-instansi, stakeholder, wakil-wakil pemanfaat terkait dan dikoordinasikan melalui Tim Koordinasi Pengelola Sumber Daya Air (TKPSDA) Wilayah Sungai yang bersangkutan, serta Dewan Sumber Daya Air Nasional maupun daerah.

### **2.2.6 Kaji Ulang POW**

Kaji Ulang POW harus dilakukan minimal 5 (lima) tahun sekali atau setiap terjadi adanya perubahan kondisi waduk, kondisi hidrologi yang ekstrim dan atau perubahan di tingkat layanan airnya.

## **2.3 Rencana Tahunan Operasi Waduk (RTOW)**

- a) RTOW dimaksudkan sebagai panduan pelaksanaan operasi harian waduk yang disusun setiap tahun berdasarkan data teknis dan kondisi hidrologi terakhir.
- b) RTOW ini digunakan bagi pengelola waduk dalam rangka pengendalian/ pengaturan air harian rutin waduk dalam rangka memenuhi kebutuhan air di hilir selama setahun.

### 2.3.1 Dasar Penyusunan RTOW

Pada prinsipnya dasar dalam penyusunan RTOW adalah sama dengan penyusunan POW, namun ada beberapa hal penting yang membedakan dengan penyusunan POW adalah:

- a) Prakiraan ketinggian muka air pada awal tahun.
- b) Informasi ramalan musim yang dihadapi dari BMKG.
- c) Prakiraan lengkung debit inflow.
- d) Kondisi/kesiapan unit pembangkit listrik dan prasarannya (bila bendungan memiliki PLTA).
- e) Rencana tahunan kebutuhan air (irigasi, air baku, PLTA).
- f) Sasaran khusus produksi listrik/padi yang menetapkan Pemerintah (seperti: pada tahun 2007 pemerintah menargetkan kenaikan produksi padi sebesar 2 juta)
- g) Kebutuhan ketinggian muka air untuk menunjang olah raga atas usulan KONI untuk kegiatan pertandingan nasional, internasional.
- h) RTOW perlu dilakukan evaluasi pada periode menjelang musim kemarau dan pada akhir kemarau (awal musim hujan)

### 2.3.2 Tanggung Jawab RTOW

Penanggung jawab penyusunan POW adalah Pengelola Bendungan yang dibuat setiap tahun sekali.

Proses penyusunan dan penetapan dilakukan dengan berkoordinasi dengan instansi-instansi, stakeholder, wakil-wakil pemanfaat terkait melalui TKPSDA Wilayah Sungai terkait.

### 2.3.3 Evaluasi RTOW

Evaluasi RTOW dilakukan apabila upaya penyesuaian akibat terjadinya penyimpangan tidak bisa dilakukan.

Proses evaluasi RTOW juga harus melibatkan pihak-pihak yang terkait dalam proses penyusunan dan penetapan melalui TKPSDA Wilayah Sungai terkait.

## 2.4 Pelaksanaan Operasi Waduk

Pada dasarnya pelaksanaan operasi waduk (*reservoir operation*) adalah kegiatan pengendalian air waduk yang pelaksanaannya harus dilakukan berdasarkan pedoman “Rencana Tahunan Operas Waduk” yang telah ditetapkan.

Kegiatan pelaksanaan operasi waduk dilakukan pada 3 (tiga) kondisi, yaitu: kondisi normal, kondisi banjir dan kondisi darurat.

### 2.4.1 Operasi Normal

Operasi Normal merupakan operasi rutin sesuai dengan panduan operasi dalam rangka memenuhi kebutuhan air dihilir.

### 2.4.2 Operasi Banjir

Operasi Banjir adalah operasi dalam rangka mengatur muka air waduk agar tetap terjaga pada elevasi yang direncanakan (aman) yang dilakukan dengan cara mengoperasikan pintu pelimpah dan bila perlu pintu pengeluaran lainnya. Operasi banjir lazimnya dilakukan pada bendungan dengan pelimpah berpintu atau pada bendungan pengendali banjir. Dalam pengeluaran air ke bagian hilir perlu memperhatikan kemampuan/ kapasitas sungai yang ada di bagian hilir sehingga tidak menimbulkan bencana banjir.

Operasi waduk dinyatakan siaga banjir apabila ketinggian muka air waduk telah mencapai tinggi tertentu, atau debit keluaran dari waduk telah mencapai besaran tertentu atau banjir di hilir telah melebihi kapasitas palung sungai.

### 2.4.3 Operasi Darurat

Operasi darurat dilakukan dalam rangka merespon keadaan yang mengancam keamanan dan atau keutuhan bendungan sehingga memerlukan penurunan muka air waduk.

Keadaan yang dapat mengancam bendungan antara lain: longsoran besar, amblesan besar, perilaku abnormal, sabotase, keluaran air yang tak terkendali, retakan besar, dan lain-lain.

Operasi dilakukan dengan cara menurunkan air secara cepat lewat pintu-pintu pengeluaran darurat atau pintu pengeluaran yang lain hingga muka air waduk mencapai elevasi yang aman.

## 2.5 Laporan Pelaksanaan Operasi Waduk

Kegiatan pelaksanaan operasi waduk meliputi 3 (tiga) kegiatan pokok, yaitu: pencatatan, evaluasi dan pelaporan.

### 2.5.1 Pencatatan Data Hidrologi dan Operasi Waduk

Kegiatan pencatatan data hidrologi dan operasi waduk meliputi:

- a) Pencatatan data hidrologi dan klimatologi antara lain: debit sungai, curah hujan, evaporasi, suhu, kecepatan angin, dan lain-lain.
- b) Pencatatan data operasional waduk antara lain: tinggi muka air waduk, debit masuk (*inflow*), debit keluar (*outflow*) di masing-masing bangunan fasilitas, energi pembangkitan dan operasional peralatan elektro-mekanikal, dan lain-lain.
- c) Pencatatan dan dilakukan secara jam-jaman. Selanjutnya data tersebut dihitung rata-rata per periode (harian, dasarian, tengah bulanan, atau sesuai dengan periode waktu operasi waduk yang telah ditetapkan), dan data elevasi/ duga muka air setiap akhir periode .

Evaluasi operasional waduk dilakukan terhadap rata-rata per periode debit masuk dan debit keluar serta elevasi muka air setiap akhir periode dibandingkan dengan rencana tahunan operasi waduk yang ada.

Apabila terjadi penyimpangan harus segera dilakukan penyesuaian terhadap pemberian air. Dalam hal penyimpangannya melampaui 20% segera lakukan koordinasi dengan instansi terkait guna penyesuaian, sehingga operasi waduk tetap terkendali sesuai dengan kaidah dan POW yang berlaku.

Semua data hasil pencatatan data hidrologi dan operasi waduk ini hendaknya didokumentasikan dengan baik dan tersimpan dengan aman.

Yang menjadi kendala pada umumnya adalah tidak tersedianya data historis debit inflow. Sehingga untuk mendapatkan debit andalan harus melalui transformasi dari data curah hujan. Yang menjadi pertanyaan berikutnya adalah apa yang harus dilakukan oleh pemilik/ pengelola bendungan pada kegiatan operasional waduk selanjutnya.

### 2.5.2 Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan data hasil pencatatan data hidrologi dan operasi waduk terhadap rencana/ RTOW yang ada, masing-masing terhadap kondisi curah hujan, debit, tampungan waduk maupun pemberian air irigasi dan lain-lain.

### 2.5.3 Pelaporan

Data hasil monitoring baik dasarian, tengah bulanan maupun bulanan harus dilaporkan kepada instansi terkait, yang mana periode penyampaian laporan serta kepada siapa laporan tersebut disampaikan tergantung dari kesepakatan yang dituangkan dalam RTOW.

## 2.6 Operasi Pintu dan Katup

Pada umumnya semua bendungan/ waduk dilengkapi dengan bangunan-bangunan yang disertai peralatan hidromekanik, yaitu: berupa pintu-pintu dan katup termasuk alat penggerak dan kontrolnya, yang berfungsi untuk pengendalian banjir maupun pengendalian air untuk keperluan irigasi, pembangkit listrik dan lain-lain.

Untuk menjamin keselamatan serta menghindari risiko bahaya yang tidak diinginkan, setiap tindakan yang berkenaan dengan pengoperasian peralatan hidromekanik dan elektrik bendungan harus dilengkapi dengan informasi yang jelas mengenai tata-cara, ketentuan dan batas-batas operasi peralatan, termasuk kondisi-kondisi lainnya yang berkaitan dengan pengoperasian peralatan tersebut.

Beberapa jenis kegiatan operasi pintu terdiri dari:

#### a) Operasi Balance dan Unbalance

Pada prinsipnya operasi tidak seimbang dari pintu (pengaman) pada bangunan pengeluaran (bila berhubungan dengan pipa di hilir pintu) tidak boleh dilakukan, kecuali jika pipa di hilir pintu telah dilengkapi dengan pipa pemasok udara atau katup pemasok/pelepas udara yang telah sesuai dengan perhitungan kebutuhan udara yang disetujui serta telah memiliki tata cara uji operasi yang dikembangkan untuk instalasi tersebut.

Kebutuhan dan tata cara uji operasi tidak seimbang harus ditetapkan dan disusun tersendiri, sebelum pengujian di lapangan.

## **b) Pintu Pengambilan**

Pintu pengambilan digunakan untuk PLTA dan atau air baku dan irigasi

### **1) Pintu Pengambilan Untuk PLTA dan atau Air Baku**

Pada umumnya Pintu/ Intake PLTA dibangun pada waduk multiguna dengan tingkat prioritas layanan berada di bawah kepentingan pengendalian banjir, air baku dan irigasi. Sehingga debit pembangkitan yang harus dikeluarkan melalui PLTA tergantung dari kebutuhan air yang lain di hilir.

Untuk dapat mengoperasikan pintu ini dengan baik dan benar diperlukan kurva korelasi antara debit pengaliran dengan bukaan pintu dan tinggi muka air waduk. Di samping itu hendaknya dicantumkan pula bukaan pintu minimum berikut tahapan atau langkah-langkah pengoperasian yang perlu dilakukan.

### **2) Pintu Pengambilan Untuk Irigasi**

Adakalanya pintu pengambilan irigasi menjadi satu kesatuan dengan bendungan itu sendiri, artinya air langsung disadap/diambil dari waduk melalui bangunan pengambilan (intake) selanjutnya dialirkan melalui saluran induknya. Tetapi ada juga yang pengambilan air untuk irigasi dilakukan jauh berada di hilir waduk.

Berapa besarnya air yang harus dikeluarkan melalui pintu ini tergantung dari rencana tahunan operasi yang telah dibuat. Seberapa besar pintu harus dibuka tergantung dari berapa tinggi muka air di hulu (waduk) dan tinggi muka air di hilir (saluran), ukuran pintu dan berapa tinggi/besar pintu tersebut dibuka.

### **3) Hollow Jet Valve (HJV)**

Katup Hollow Jet berfungsi sebagai salah satu prasarana yang mengatur pengeluaran air dari waduk ke bagian hilirnya.

#### 4) Pintu Pelimpah

Pintu pelimpah dimaksudkan untuk mengatur elevasi muka air waduk sehingga tersedia ruang yang cukup di dalam waduk untuk pengendalian banjir.

Pintu pelimpah yang digunakan dapat digolongkan menjadi tipe umum terdiri dari pintu radial, dan pintu sorong.

#### 5) Pintu Darurat (*Emergency Release*)

Pintu darurat berfungsi untuk menurunkan muka air waduk secara cepat pada saat terjadi kondisi darurat. Bentuk pintu darurat dapat berupa pintu keluaran bawah atau pintu tersendiri yang diletakan dekat dasar waduk.

### 2.7 Latihan

1. Dilihat dari fungsinya, apakah bedanya antara bendung dengan bendungan?
2. Apa manfaat waduk pada umumnya?
3. Komponen apa saja yang mempengaruhi operasi waduk? Sebutkan minimal 3 (tiga) saja.

### 2.8 Rangkuman

Pengoperasian waduk harus dilaksanakan dengan benar, sesuai dengan pedoman yang telah ditetapkan. Untuk itu rencana operasi waduk untuk masing-masing bendungan/waduk harus dibuat oleh pengelola bendungan/waduk dan harus direncanakan berdasarkan kondisi spesifik masing-masing waduk terkini.

## 2.9 Evaluasi

**Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan cara memilih jawaban yang paling benar!**

Pilih jawaban yang benar

1. Apakah fungsi bendungan/ waduk pada umumnya?
  - a. Untuk pembangkit listrik
  - b. Pengendalian banjir pada musim hujan
  - c. Menampung air pada saat berlebihan dan melepaskannya pada saat air kurang.
  - d. Ketiganya jawaban benar
  
2. Mengapa operasi waduk harus diatur?
  - a. Supaya bermanfaat sesuai rencana
  - b. Tidak terjadi konflik antar kepentingan
  - c. Terjadi keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan.
  - d. Ketiganya jawaban benar
  
3. Sebutkan peraturan yang mengatur tentang operasi waduk?
  - a. Permen PUPR Nomor 06/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan sumber air dan bangunan pengairan,
  - b. Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan
  - c. PP Nomor 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air
  - d. Ketiganya jawaban benar



## BAB III

### POW DAN RTOW WADUK TUNGGAL

#### Indikator Hasil Belajar:

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan secara sederhana POW dan RTOW Waduk Tunggal

### 3.1 Penyusunan POW

#### 3.1.1 Prosedur Penyusunan POW

a) Pengumpulan data dasar meliputi antara lain:

- Peta Sistem Jaringan Sungai
- Karakteristik dan Fungsi Waduk
- Data Teknis Bendungan dan Waduk
- Fungsi waduk
- Data Kebutuhan Air
- Data Debit masuk (*inflow*)
- POW sebelumnya (jika ada)
- Data Pengeluaran air
- Prakiraan lengkung debit sungai
- Batasan-batasan yang terkait dengan keamanan bendungan

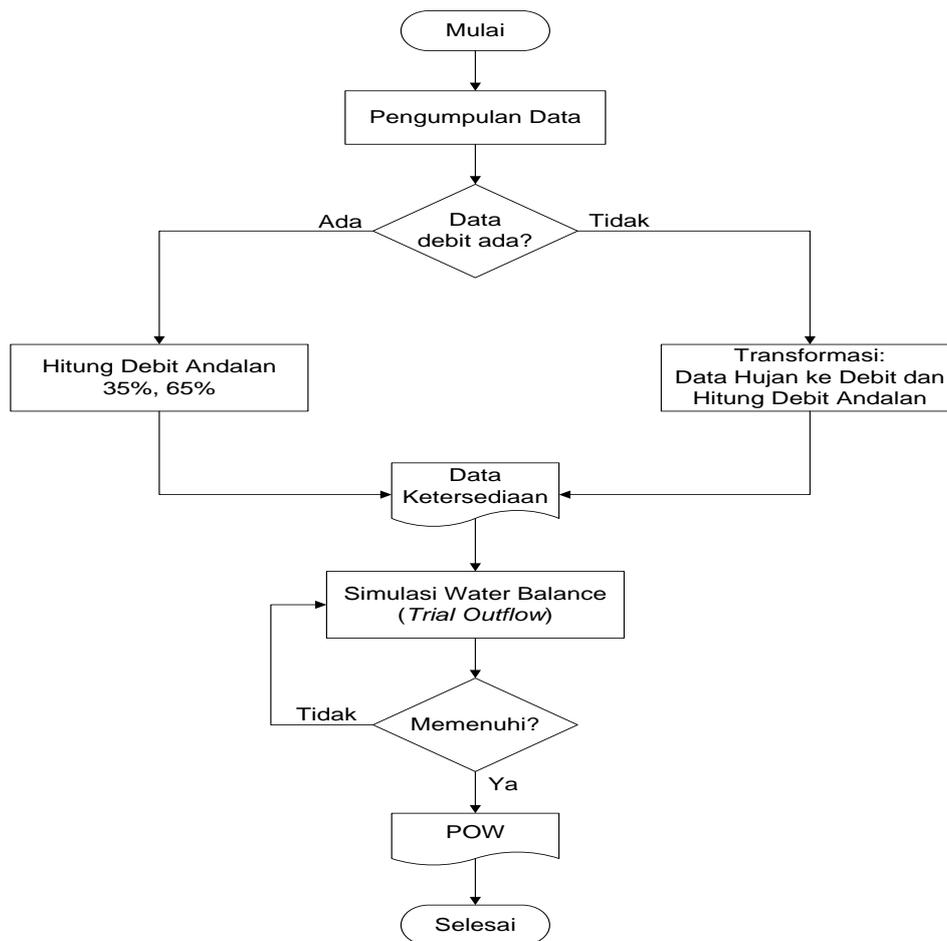
Contoh skema sistem sungai dapat dilihat pada lampiran III dan untuk data teknis waduk pada Lampiran I.

b) Tentukan/ hitung besarnya *inflow* (hasil observasi/ sintetis) yang akan masuk ke waduk setelah dilakukan validasi data, untuk berbagai kondisi sebagai batas lengkung operasi, yaitu;

- 1) kondisi basah atau normal atas waduk dengan tingkat keandalan *inflow* 35%,
- 2) kondisi normal dengan tingkat keandalan *inflow* sebesar 50%,
- 3) dan kondisi kering atau normal bawah dengan tingkat keandalan 65%.

Data *inflow* ini baik dari sungai utama maupun dari aliran local (*remaining basin*), yaitu aliran yang masuk dari anak-anak sungai.

- c) Tentukan hubungan antara Elevasi - Luas dan Volume Waduk berdasarkan hasil pengukuran terakhir. Contoh dapat dilihat pada Lampiran I.
- d) Hitung besarnya evaporasi/ penguapan.
- e) Tentukan alokasi tampungan waduk (tampungan mati, tampungan efektif, dan tampungan banjir) bagi bendungan lama sesuai kondisi terakhir.
- f) Tentukan besarnya kebutuhan air di hilir (hasil penjumlahan kebutuhan air di hilir dari waktu ke waktu).



**Gambar 3.1. Tahapan Penyusunan POW**

- g) Lakukan simulasi keseimbangan air waduk dengan tahapan sebagai berikut:
  - Dilakukan dengan cara coba-coba (*trial and error*) dimulai dengan TMA awal tertentu sampai mendapatkan TMA awal = TMA akhir.
  - Apabila hasil akhir belum memenuhi syarat, maka simulasi harus diulang dengan mengubah besaran *outflow*.

- h) Simulasi dilakukan untuk debit andalan 35% (untuk mendapatkan lengkung operasi normal atas), 50% (untuk kondisi normal) dan 65 % (untuk mendapatkan lengkung operasi normal bawah).
- i) Dari hasil simulasi didapat lengkung operasi normal atas, lengkung operasi normal, dan lengkung operasi normal bawah.

Diagram alir tahapan penyusunan POW dapat dilihat pada Gambar 3.1.

### 3.1.2 Perhitungan Debit Masuk (Inflow)

Data besarnya debit air yang masuk (inflow) ke waduk dapat diperoleh melalui dua cara yaitu pencatatan debit dan atau transformasi data curah hujan. Panjang data debit masuk yang diperlukan minimal sepuluh (10) tahun terakhir:

#### a) Pencatatan Debit

Untuk waduk-waduk yang telah beroperasi cukup lama, karena biasanya telah tersedia data catatan historis data debit inflow selama waduk dioperasikan

Debit lokal adalah debit tambahan yang dapat dimanfaatkan atau diperhitungkan untuk memenuhi kebutuhan air yang tidak langsung masuk ke waduk. Debit lokal ini perlu dipertimbangkan sebagai bagian ketersediaan air selain yang dikeluarkan dari waduk

#### b) Tranformasi dari data curah hujan

Banyak model hidrologi yang dapat digunakan untuk mentransformasi data curah hujan menjadi data aliran. Ada yang sangat sederhana hingga yang rumit. Model hidrologi Dr. Mock dan NRECA dapat dikelompokkan dalam model yang sederhana. Model Tank termasuk agak rumit. Sedangkan model-model yang lebih rumit antara lain: SSARR, Sacramento, atau pun Stanford

Pada model yang sederhana umumnya tidak diperlukan proses kalibrasi untuk mendapatkan hasil keluaran debitnya, tetapi untuk model yang lebih rumit proses kalibrasi sangat diperlukan. Data yang dibutuhkan untuk kalibrasi adalah data debit aktual tercatat.

### c) Penetapan Keandalan Debit

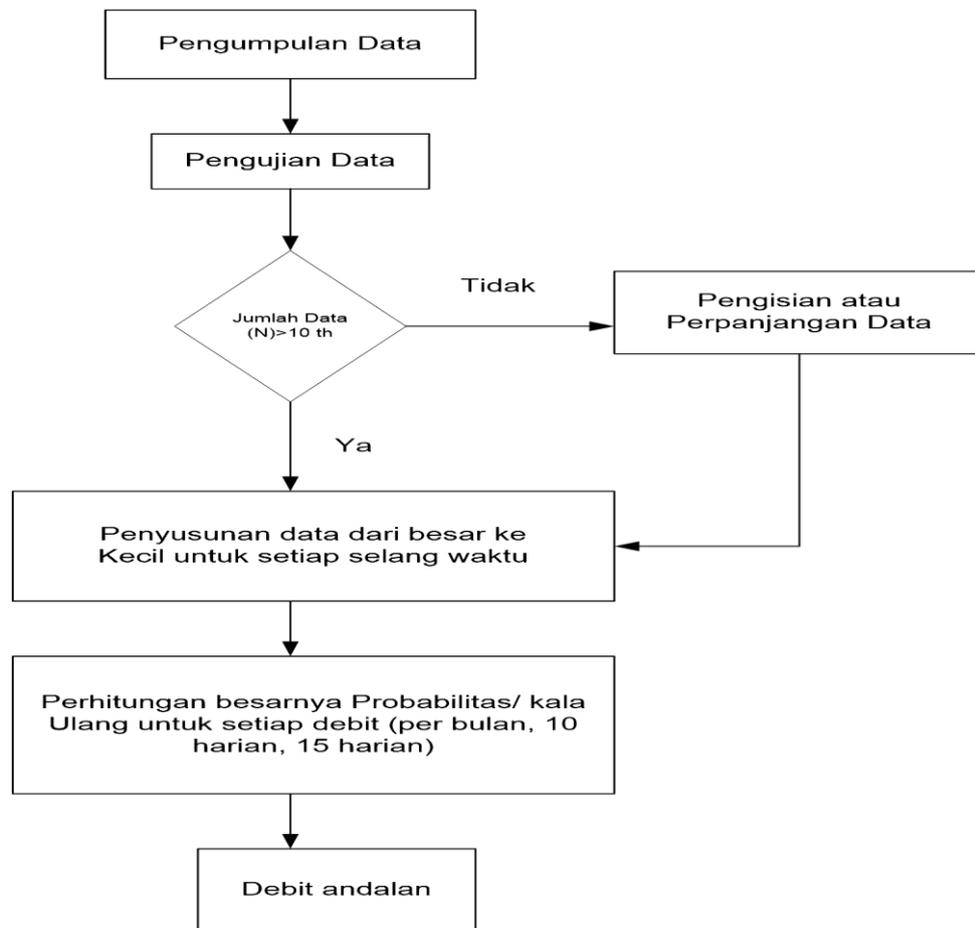
Keandalan Debit adalah ketersediaan air di sungai yang melampaui atau sama dengan suatu nilai yang keberadaannya dikaitkan dengan prosentasi waktu atau kemungkinan terjadi. Data yang diperlukan dalam perhitungan debit andalan adalah data debit bulanan atau harian yang merupakan hasil rekaman pos duga air di lokasi terdekat. Perhitungan debit andalan dimana probabilitasnya digunakan dan disesuaikan untuk perencanaan pola operasi waduk.

Keandalan debit air yang masuk ke waduk diklarifikasikan dalam 3(tiga) kondisi yaitu : masukan air ke waduk pada kondisi tahun basah (normal atas), normal, dan kering (normal bawah).

Tahapan perhitungan debit andalan sebagai berikut:

1. Kumpulkan data debit dengan interval waktu sesuai tujuan perhitungan.
2. Uji data debit yang akan digunakan secara statistik.
3. Periksa panjang pencatatan data debit, jika data yang tersedia lebih dari 10 tahun dapat langsung digunakan, jika panjang pencatatan data kurang dari 10 tahun maka perlu dilakukan pengisian atau perpanjangan data mengikuti pedoman Pd. T-24-2004-A dengan judul pengisian kekosongan data hujan dengan metode korelasi di standarisasi non linier bertingkat.
4. Susun seluruh data debit besar kecil.
5. Tentukan nomor urut data.
6. Hitung probabilitas dari setiap data berdasarkan nomor urut data .
7. Hitung debit andalan berdasarkan probabilitas yang diinginkan, bila probabilitas yang ada tidak sesuai dengan yang diinginkan maka dapat dilakukan interpolasi.

Contoh penghitungan *inflow* untuk kondisi tahun basah, normal, dan kering dapat dilihat pada Lampiran I.



**Gambar 3.2. Diagram Alir Perhitungan Debit Andalan**

### 3.1.3 Perhitungan Debit Keluar (Kebutuhan Air)

Perhitungan debit keluar dihitung berdasarkan kebutuhan air sesuai oleh fungsi dari waduk tersebut. Untuk waduk yang mempunyai manfaat tunggal, keluaran air waduk dihitung hanya untuk pemenuhan suatu kebutuhan saja namun pada waduk yang dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan, keluaran dari waduk merupakan total dari seluruh kebutuhan seperti untuk irigasi, PLTA, air baku, dan perikanan.

Debit keluar waduk merupakan kebutuhan air yang diperlukan selama siklus pola operasi waduk berjalan yang terdiri dari :

## a) Kebutuhan Irigasi

Adalah kebutuhan air irigasi sesuai dengan Rencana Tata Tanam Global (RTTG) atau Rencana Tata Tanam Detail (RTTD) yang telah ditetapkan oleh pejabat yang berwenang untuk mendapat alokasi air dari waduk.

## b) Kebutuhan air baku baik untuk PDAM/ Air minum atau industri

Adalah jumlah kebutuhan air baku yang telah ditetapkan/diijinkan mendapatkan suplai dari waduk.

## 1) Kebutuhan Air Industri

- Kebutuhan air untuk industri umumnya konstan sepanjang tahun, khususnya untuk keperluan industri gula umumnya hanya pada saat giling ( $\pm$  5 bulan setiap tahun)
- Data penggunaan air untuk industri dapat menggunakan data pemakaian atau rencana penggunaan air yang sudah ditetapkan.

## 2) Kebutuhan Air Baku Air Minum

- Kebutuhan air baku umumnya konstan sepanjang tahun
- Data penggunaan air sesuai dengan data pemakaian atas rencana penggunaan air yang telah ditetapkan.

## c) Kebutuhan pemeliharaan sungai/ penggelontoran

## d) Kebutuhan Air Peternakan

## e) Kebutuhan Air Perikanan.

## f) Untuk kebutuhan air untuk PLTA pada waduk multiguna biasanya mengikuti pola kebutuhan air semuanya (irigasi, air baku, pemeliharaan sungai, dan lain-lain)

Data sebagaimana tersebut diatas dapat diperoleh dari Dinas/Instansi terkait. Data kebutuhan air harus dikelompokkan sesuai dengan lokasi pengambilan dan jenis data serta waktu pengambilannya.

### 3.1.4 Keseimbangan Air

#### a) Persamaan Dasar Keseimbangan Air Waduk

Persamaan dasar simulasi neraca air di waduk merupakan fungsi dari masukan, keluaran dan tampungan waduk yang dapat disajikan dalam persamaan sebagai berikut :

$$I - O = \frac{ds}{dt}$$

dengan :

$I$  = debit masuk ( $m^3/det$ )

$O$  = debit keluar ( $m^3/det$ )

$ds/dt$  =  $\Delta S$  adalah perubahan tampungan ( $m^3/det$ )

Atau secara rinci dapat ditampilkan sebagai berikut:

$$S_{t+1} = S_t + R_t - E_t - L_t - O_t - O_s$$

dengan :

$S_t$  = tampungan waduk pada periode  $t$

$S_{t+1}$  = tampungan waduk pada periode  $t+1$

$I_t$  = masukan waduk pada periode  $t$

$R_t$  = hujan yang jatuh di atas permukaan waduk, pada periode  $t$

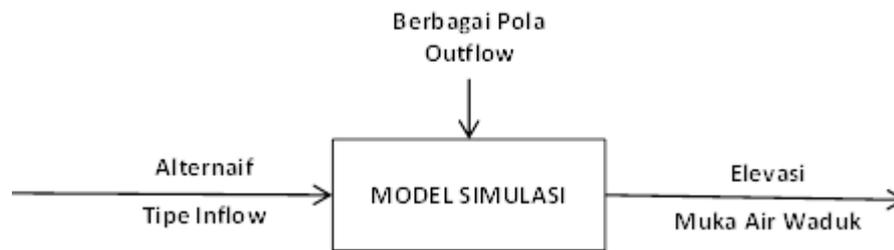
$E_t$  = kehilangan air akibat evaporasi pada periode  $t$

$L_t$  = kehilangan air akibat rembesan dan bocoran

$O_t$  = total kebutuhan air

$O_{St}$  = keluaran dari pelimpah

## b) Pola Perhitungan



**Gambar 3.3. Skema Model Simulasi**

Dalam metode ini muka air waduk disimulasikan dengan berbagai kondisi tipe masukan (*inflow*) dan karakteristik waduk, sehingga didapatkan kurva/ ambang pola pengoperasian.

Skema model simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.3. Ada tiga ambang batas yang akan ditentukan dari hasil simulasi yaitu suatu ambang batas untuk pengoperasian waduk pada kondisi basah, ambang batas untuk kondisi normal dan ambang batas untuk kondisi kering.

Dengan diketahuinya ketiga ambang tersebut maka pengeluaran air dari waduk dapat dikendalikan sehingga tidak sampai waduk dalam kondisi yang sangat kritis pada akhir operasi dan diusahakan agar waduk penuh kembali pada akhir operasi sebelum masuk pada tahun pengoperasian selanjutnya.

Dalam tahap operasional, pengoperasian waduk/ keluaran air dari waduk sangat tergantung pada elevasi waduk pada tiap akhir periode (mingguan, dasarian, tengah bulanan, bulanan). Untuk kondisi muka air masih dalam ambang basah dan normal, pengeluaran air sesuai dengan target. Apabila muka air waduk telah mencapai ambang kering maka pengeluaran air perlu dikurangi secara proposional dan sesuai dengan prioritas yang telah ditetapkan.

Kelebihan dari metode simulasi adalah:

- Dapat mensimulasi masukan data dalam jumlah yang cukup banyak.
- Dapat membandingkan beberapa manajemen kebijaksanaan.

Sedangkan kekurangan dari metode ini adalah :

- Proses harus dilakukan dengan cara coba-coba, sehingga memerlukan banyak waktu.

### 3.1.5 Hasil Penyusunan POW

Hasil penyusunan POW diwujudkan dalam bentuk Rule Curve Zona Operasi Waduk yang merupakan zona (wilayah) operasi waduk yang bersangkutan. Zona operasi merupakan areal yang dibatasi oleh lengkung batas normal atas, lengkung normal, dan lengkung batas normal bawah. Prinsipnya mengandung jadwal pengisian dan pengeluaran air.

## 3.2 Penyusunan RTOW

Data-data teknis bendungan, waduk, jaringan sungai sesuai dengan POW yang ditetapkan

- a) Perhitungan debit masuk (*inflow*) dengan tingkat keandalan sesuai dengan kondisi prakiraan musim oleh BMKG.
- b) Perhitungan debit keluar (*outflow*) berdasarkan kebutuhan air yang berlaku/ditetapkan pada tahun masa berlakunya RTOW tersebut .
- c) Tentukan hubungan antara Elevasi - Luas dan Volume Waduk berdasarkan data yang telah ditetapkan dalam POW
- d) Lakukan simulasi keseimbangan air waduk dengan tahapan sebagai berikut:
  - Kondisi Tinggi Muka Air (TMA) pada awal tahun ditetapkan sesuai dengan kondisi yang ada.
  - Apabila elevasi waduk masih diambang basah atau normal lanjutkan pengoperasian waduk sesuai dengan target kebutuhan untuk bulan/minggu selanjutnya.
  - Apabila elevasi waduk berada pada ambang kering, operasikan waduk sesuai dengan kondisi pola outflow kering atau kurangi besarnya outflow sesuai dengan prioritas.

- Dilakukan dengan cara coba-coba (trial and error) dimulai dengan TMA awal tertentu sampai mendapatkan TMA akhir, diusahakan mencapai TMA normal pola operasi.
- e) Dari hasil simulasi didapat lengkung operasi untuk tahun berjalan.
- f) Pada waduk yang belum tersedia/ dibuatkan POW/ RTOW, permasalahan terjadi karena tidak tersedia catatan debit inflow waduk maupun curah hujan yang lengkap/ memadai. Pertanyaannya bagaimana POW/ RTOW bisa dibuat.

### 3.3 Latihan

1. Apa yang saudara ketahui tentang operasi waduk?
2. Mengapa Pola Operasi Waduk (POW) harus direview (dikaji ulang) minimal 5 (lima) tahun sekali?
3. Kapan POW tersebut di buat?

### 3.4 Rangkuman

Setiap pemilik/ pengelola bendungan harus menyusun/ menyiapkan POW pada awal operasi dan mengkaji ulang setiap 5 tahun sekali serta menyiapkan/ menyusun RTOW setiap tahun sebagai panduan operasional setiap tahunnya.

### 3.5 Evaluasi

**Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan cara memilih jawaban yang paling benar!**

1. Apa yang saudara ketahui tentang Pola Operasi Waduk (POW)?
  - a. Kerangka dasar operasi waduk untuk jangka panjang yang diwujudkan dalam "Rule Curve Zona Operasi".
  - b. Patokan operasi waduk jangka panjang yang harus dipedomani ketika menyusun Rencana Tahunan Operasi Waduk (RTOW)
  - c. Pedoman operasi waduk yang dibuat ketika bendungan selesai dibangun.
  - d. Ketiga jawaban benar

2. Apa yang saudara ketahui tentang operasi Rencana Tahunan Operasi Waduk (RTOW)?
  - a. Rencana operasi waduk tahunan yang disiapkan setiap tahun sejak awal bendungan dioperasikan.
  - b. Rencana operasi tahunan waduk yang disiapkan oleh pembuat bendungan.
  - c. Rencana operasi tahunan waduk yang dibuat setiap tahun berdasarkan perkiraan ketersediaan air dan kebutuhan air selama 1 tahun yang akan berjalan.
  - d. Ketiga jawaban benar
3. Kapan RTOW dibuat?
  - a. Setiap awal musim hujan
  - b. Setiap tahun menjelang RTOW diberlakukan
  - c. Setiap awal tahun
  - d. Ketiga jawaban benar.



## BAB IV

### POW DAN RTOW SERI (KASKADE)

#### Indikator Hasil Belajar:

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan secara sederhana POW dan RTOW SERI (KASKADE).

#### 4.1 Umum

Kegiatan perencanaan operasi waduk kaskade terdiri dari:

- Penyusunan Pola Operasi Waduk (POW)  
POW untuk waduk kaskade merupakan gabungan dari 2 (dua) atau lebih waduk yang pengoperasiannya menjadi satu kesatuan.
- Penyusunan Rencana Tahunan Operasi Waduk  
Rencana operasi tahunan waduk ini digunakan bagi pengelola masing-masing waduk sebagai acuan dalam rangka pengendalian/ pengaturan air harian rutin waduk untuk memenuhi kebutuhan air di hilir selama setahun.

#### 4.2 Prinsip Dasar Penyusunan POW SERI ( KASKADE)

Prinsip dasar untuk penyusunan POW Waduk Kaskade sama seperti yang dilakukan untuk Waduk Tunggal, yang membedakan dan diperlukan untuk pembuatan kaskade adalah kesepakatan untuk melakukan pembagian yang berimbang (*equal sharing*) untuk masing-masing waduk. Sehingga manfaat dari adanya POW Kaskade tersebut dapat memberikan hasil yang optimum secara keseluruhan dari pengoperasian masing-masing waduk-waduk tersebut.

##### 4.2.1 Pembagian Berimbang (*Equal Sharing*)

Salah satu persyaratan dalam pembuatan pola operasi waduk kaskade adalah adanya ketentuan pembagian berimbang (*equal sharing*) di antara waduk-waduk sesuai dengan fungsi masing-masing waduk.

Para pengelola waduk telah menyadari bahwa dalam sistem pembagian berimbang masing-masing waduk tidak dapat beroperasi secara optimum dan dengan produksi optimum karena yang menjadi prioritas operasional utama dari waduk kaskade dengan fungsi multiguna adalah mengamankan

kebutuhan pengairan di daerah hilir untuk irigasi, air minum, rumah tangga, dan produksi listrik.

Dalam operasionalnya waduk kaskade beroperasi secara proporsional berdasarkan volume efektif dari masing-masing waduk terhadap volume efektif totalnya (semua waduk). Dengan perkataan lain, persentase volume efektif tiap bulan masing-masing waduk selalu sama.

Contoh, tiga buah waduk yaitu waduk A, B dan C, dari hulu ke hilir berturut-turut mempunyai volume efektif 500 juta m<sup>3</sup>, 650 juta m<sup>3</sup>, dan 850 juta m<sup>3</sup>. Volume efektif totalnya adalah 2000 juta m<sup>3</sup>.

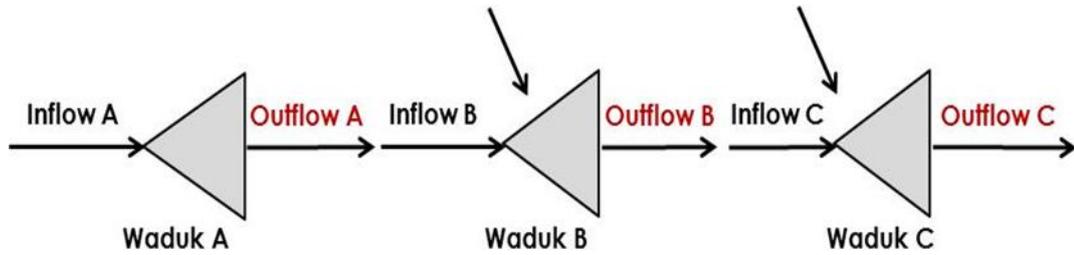
Berdasarkan pembagian berimbang dalam operasional bulanannya tiap waduk mempunyai volume efektif sebagai berikut.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Volume efektif waduk A} & = & \frac{500}{2.000} \times 100\% = 25,00\% \\
 \text{Volume efektif waduk B} & = & \frac{650}{2.000} \times 100\% = 32,50\% \\
 \text{Volume efektif waduk C} & = & \frac{850}{2.000} \times 100\% = 42,50\% \\
 & & \text{-----} \\
 \text{Total} & & = 100,00\%
 \end{array}$$

Waduk A, B dan, C dikatakan seimbang apabila persentase volume efektif masing-masing waduk setelah dioperasikan tetap menunjukkan angka berturut-turut sebesar 25,00%, 32,50%, dan 42,50%.

**4.2.2 Persamaan Dasar Simulasi Waduk Kaskade**

Persamaan dasar simulasi neraca air di waduk merupakan fungsi dari masukan, keluaran dan tampungan waduk yang dapat disajikan dalam persamaan sebagai berikut:



**Gambar 4.1. Skema Dasar Simulasi Waduk Kaskade**

Persamaan dasar:

$$I - O = \frac{ds}{dt}$$

dengan:

I = adalah debit masuk

O = adalah debit keluar

ds/dt =  $\Delta S$  adalah perubahan tampungan

Atau secara rinci dapat ditampilkan sebagai berikut:

$$St+1 = St + It + Rt - Et - Lt - Ot - OSt$$

dengan:

St = tampungan waduk pada periode t

St+1 = tampungan waduk pada periode t+1

It = masukan waduk pada periode t

Rt = hujan yang jatuh di atas permukaan waduk, pada periode t

Et = kehilangan air akibat evaporasi pada periode t

Lt = kehilangan air akibat rembesan dan bocoran

Ot = total kebutuhan air

OSt = keluaran dari pelimpah

Catatan :

Inflow Waduk B = Outflow waduk A ditambah Lokal Inflow Waduk B, demikian juga untuk Waduk C

### 4.3 Langkah Penyusunan POW KASKADE

Pola operasi waduk kaskade adalah suatu bentuk perencanaan penggunaan air dari masing-masing waduk.

Untuk membuat pola operasi tersebut harus mengikuti tahapan sebagai berikut:

- a) Lakukan prediksi debit air masuk ke waduk untuk satu tahun yang akan datang dari masing-masing waduk dengan model stokastik (statistik) yang sesuai dengan karakteristik data debit air masuknya.
- b) Konversikan debit air masuk hasil prediksi menjadi volume. Selanjutnya volume tersebut dikonversi menjadi TMA dari masing-masing waduk untuk bulan Februari sampai dengan Desember, sedangkan TMA pada bulan Januari adalah TMA aktual yang biasa disebut dengan *initial condition*.
- c) Hitung besarnya penguapan (evaporasi) bulanan masing-masing waduk untuk setiap perubahan TMA waduk dengan cara mengalikan tebal evaporasi waduk rata-rata (dalam milimeter) dengan luas permukaan waduk.
- d) Ketahui luas permukaan waduk untuk setiap perubahan TMA waduk dengan menggunakan kurva hubungan antara TMA dengan luas permukaan waduk.
- e) Konversikan volume menjadi TMA atau sebaliknya menggunakan kurva hubungan antara TMA dengan volume tampungan dari masing-masing waduk yang terbaru.
- f) Buat kurva hubungan antara TMA dengan luas permukaan waduk dan kurva hubungan antara TMA dengan volume tampungan berdasarkan hasil pemeruman waduk.

- g) Buat tabel hubungan antara TMA dengan volume waduk dan tabel hubungan antara TMA dengan luas permukaan waduk.
- h) Tentukan TMA maksimum dan minimum setiap waduk. Setiap waduk pada saat operasional tidak boleh melampaui kedua TMA tersebut.
- i) Hitung volume efektif setiap waduk pada TMA normal.
- j) Hitung volume efektif waduk pada setiap TMA dengan menggunakan table kapasitas waduk yang berlaku.
- k) Tentukan batasan-batasan masing-masing waduk dengan mempertimbangkan hal-hal berikut.
  - 1) TMA akhir diupayakan kurang-lebih sama dengan TMA awal.. Jika tidak, terjadi defisit air di waduk.
  - 2) TMA masing-masing waduk  $\leq$  tinggi maksimum operasional waduk yang bersangkutan. Jika tidak, ruang tampungan banjir menjadi berkurang dan bila terjadi banjir akan segera melimpas.
  - 3) TMA masing-masing waduk  $\geq$  tinggi minimum operasional waduk yang bersangkutan. Jika tidak, pembangkit listrik tenaga air (PLTA) di tiap waduk tidak dapat dioperasikan apabila sistem listrik inter-koneksi dalam keadaan darurat.
  - 4) Debit air keluar dari waduk multiguna  $\geq$  kebutuhan pengairan untuk irigasi, air minum, dan industri. Jika tidak, sawah akan mengalami kekeringan, terjadi defisit air minum, dan industri.
  - 5) Volume efektif masing-masing waduk harus proporsional terhadap volume efektif totalnya. Jika tidak, keseimbangan waduk tidak tercapai dan operasional masingmasing waduk terganggu.
- l) Buat batasan atau koridor dari masing-masing pola operasi waduk untuk mengetahui kondisi debit air masuknya. Koridor tersebut terdiri atas dua macam, yaitu pola tahun normal dan pola tahun kering.

#### 4.4 Tahapan Penyusunan RTOW KASKADE (RTOWK)

Tahapan penyusunan RTOWK sama dengan tahapan dalam penyusunan POWK, hal-hal yang berbeda adalah :

- a) Perhitungan besarnya *inflow* yang akan masuk ke masing-masing waduk untuk tahun direncanakan berdasarkan prediksi kondisi musim oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Prinsip dasar perhitungan besarnya debit *inflow* untuk waduk kaskade sama dengan waduk tunggal namun demikian besarnya *inflow* untuk waduk kaskade yang ada dibagian hilir akan sangat dipengaruhi oleh pola *outflow* dari waduk kaskade yang ada di bagian hulu.
- b) Menetapkan TMA awal (*initial condition*) masing-masing waduk.

Data TMA awal adalah data TMA *aktual* pada awal siklus pola operasi waduk direncanakan. Berdasarkan data hubungan antara TMA dengan volume tampungan waduk, maka volume tampungan waduk pada TMA awal dapat diketahui. Selanjutnya data TMA ini dijadikan sebagai acuan untuk melihat kondisi TMA pada akhir siklus pola operasi waduk.

- c) Batasan-batasan.

Secara umum batasan-batasan yang sering diergunakan dalam pengoperasian waduk kaskade adalah:

- 1) TMA awal sama dengan kondisi terakhir periode sebelumnya.
- 2) TMA masing-masing waduk setiap akhir dekade diupayakan selalu berada di dalam "Rule Curve Zona Operasi" atau POWK.
- 3) TMA masing-masing waduk < tinggi maksimum operasional.
- 4) TMA masing-masing waduk > tinggi minimum operasional.
- 5) Debit air keluar dari waduk multiguna > kebutuhan air di hilir.
- 6) Jika terjadi penyimpangan elevasi pada akhir tahun perbedaan elevasi masing-masing waduk maka pada awal tahun koreksi dilakukan secara bertahap di bulan-bulan pada tahun berikutnya.

d) Selama ini yang dikenal sebagai waduk seri/ kaskade adalah Waduk Saguling – Cirata – Juanda/ Jatiluhur (WS Citarum). Di WS Brantas terdapat 4 (empat) waduk yang secara seri (berurutan) di satu sungai Brantas, mulai dari Sengguruh-Sutami-Lahor-Wlingi-Lodoyo. Namun karena karena waduk Sutami-Lahor saling terhubung dan waduk yang lain merupakan waduk harian, maka kelima wadukini tidak dikategorikan seri. Apakah di WS lain ada terdapat waduk seri/ kaskade.

#### 4.5 Latihan

1. Jelaskan dengan singkat kegiatan operasi waduk kaskade!
2. Jelaskan cara menetapkan TMA awal (initial condition) masing-masing waduk!
3. Sebutkan waduk yang termasuk waduk seri/ kaskade!

#### 4.6 Rangkuman

Penyusunan Pola Operasi Waduk (POW): POW untuk waduk kaskade merupakan gabungan dari 2 (dua) atau lebih waduk yang pengoperasiannya menjadi satu kesatuan.

Penyusunan Rencana Tahunan Operasi Waduk: Rencana operasi tahunan waduk ini digunakan bagi pengelola masing-masing waduk sebagai acuan dalam rangka pengendalian/pengaturan air harian rutin waduk untuk memenuhi kebutuhan air di hilir selama setahun.

#### 4.7 Evaluasi

1. Suatu bentuk perencanaan penggunaan air dari masing-masing waduk, merupakan pengertian....
  - a. POW KASKADE
  - b. POW Waduk Tunggal
  - c. TMA
  - d. Semua jawaban benar

2. TMA aktual biasanya disebut....
  - a. Intial condition
  - b. Evaporasi
  - c. Inflow
  - d. POWK
  
3. Kurva hubungan yang digunakan untuk mengetahui luas permukaan waduk untuk setiap perubahan TMA waduk adalah....
  - a. TMA dengan luas permukaan waduk
  - b. Tebal evaporasi dengan luas permukaan waduk
  - c. TMA aktual dengan volume
  - d. Semua jawaban ben

## BAB V

# PELAKSANAAN OPERASI WADUK

### Indikator Hasil Belajar:

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diharapkan mampu menjelaskan secara sederhana Pelaksanaan Operasi Waduk.

### 5.1 Umum

Pada umumnya operasi waduk dilakukan dengan cara mengatur pengeluaran air waduk melalui pintu/ katup:

- Pintu sadap/ intake;
- Pintu pelimpah dan
- Pintu pengeluaran darurat (*emergency release*) yang dapat berupa pintu dari bangunan pengeluaran bawah (*bottom outlet*) atau pintu darurat.

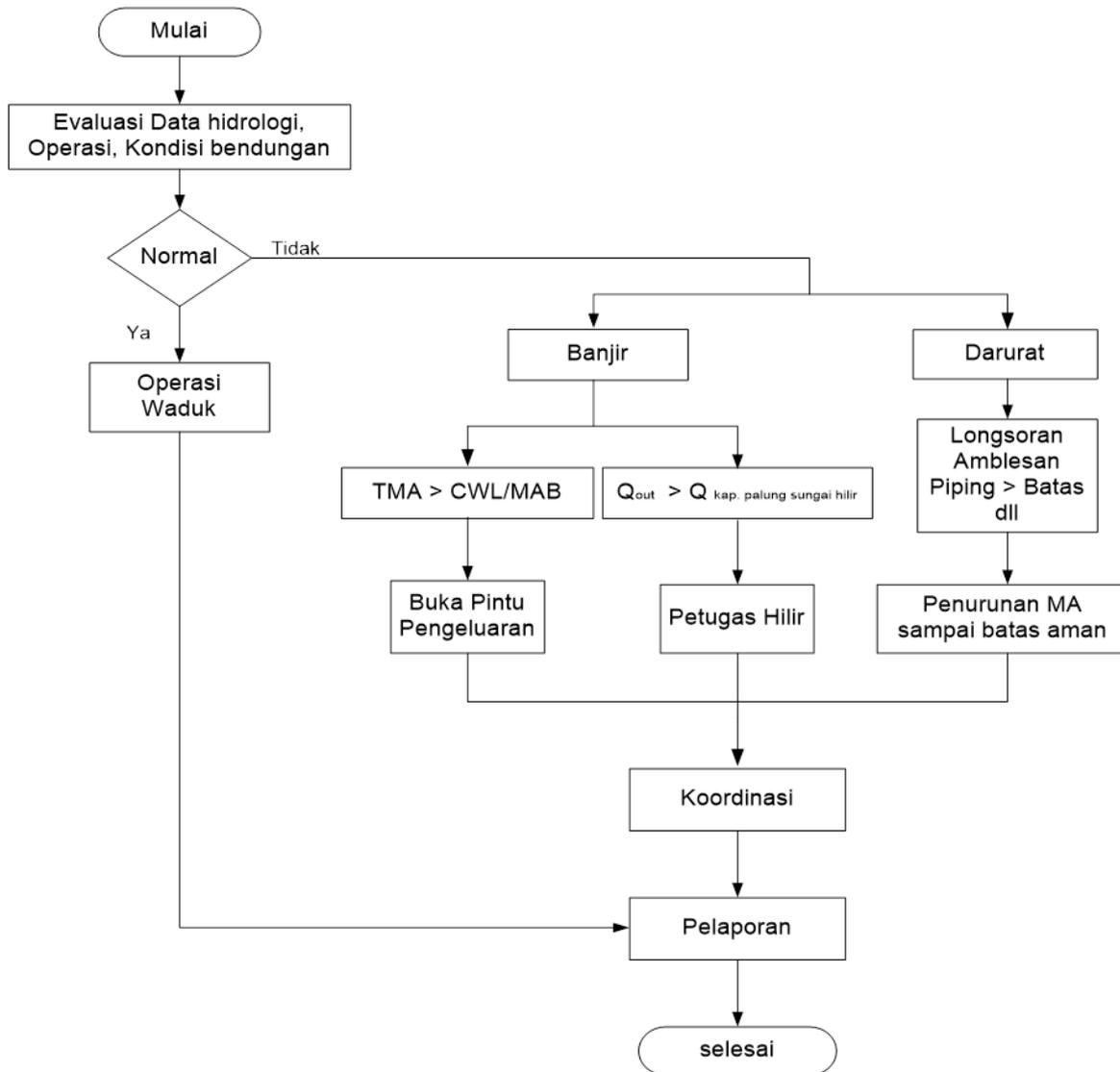
### 5.2 Lingkup Kegiatan

Ruang lingkup kegiatan ini meliputi :

- a) Operasi Normal
  - Prakiraan air masuk
  - Operasi musim kemarau
  - Operasi musim hujan
- b) Operasi Banjir
  - Waduk dengan pelimpah tanpa pintu,
  - Waduk dengan kombinasi pelimpah tanpa pintu dan berpintu
  - Waduk dengan pelimpah berpintu
- c) Operasi Darurat
- d) Evaluasi dan penyesuaian pelaksanaan operasi
- e) Peramalan dan peringatan dini banjir
- f) Pelaporan
- g) Koordinasi antar pemangku kepentingan

### 5.3 Prosedur Pelaksanaan Operasi Waduk

Secara garis besar Prosedur Umum Pelaksanaan Operasi Waduk dapat dilihat pada bagan alir berikut :

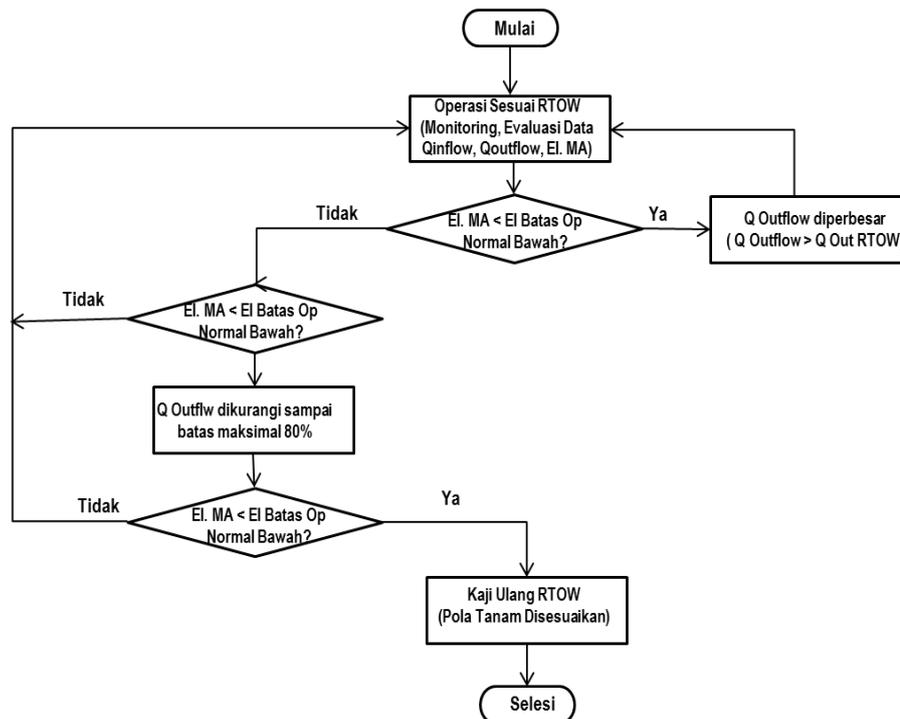


**Gambar 5.1. Prosedur Operasi Waduk**

### 5.4 Operasi Normal

Pada pola operasi normal dibuat berdasar prakiraan dan asumsi-asumsi, kenyataan yang terjadi, sering berbeda dengan rencana, secara rutin kenyataan yang terjadi perlu dipantau dan dievaluasi guna penyesuaian bagi rencana tahunan operasi waduk, langkah-langkah yang perlu diambil bila terjadi ketidak sesuaian kenyataan dengan rencana:

- a) Bila ketinggian muka air waduk tidak sesuai dengan rencana, tetapi masih berada didalam batas-batas zona operasi, pelaksana operasi pada prinsipnya masih dianggap sesuai dengan rencana operasi; penyesuaian-penyesuaian jangka pendek dapat dilakukan sesuai keperluan.
- b) Bila muka air waduk berada diatas “garis operasi normal atas” berarti ada kelebihan air yang dapat dialirkan ke hilir. Bagi bendungan yang memiliki PLTA, setiap pengeluaran air prinsipnya dilewatkan melalui turbin.
  - Sebelum diputuskan untuk pembukaan pintu, untuk waduk kaskade lebih dahulu perlu koordinasi ke pengelola waduk di hulu untuk mengurangi pengeluaran air waduk.
  - Demikian pula bila air waduk melimpas di pelimpah, juga perlu dilakukan langkah koordinasi ke pengelola waduk di hulu seperti diatas. Bila kondisi ini terjadi perlu dilakukan evaluasi efektifitas rencana operasi yang ada.
- c) Bila muka air dibawah “garis operasi normal bawah” pengeluaran air harus dikurangi, dengan mengambil langkah-langkah sebagai berikut:
  - Pertama, teliti apakah kondisi tersebut akibat penahan air di waduk-waduk hulu. Bila benar demikian, koordinasikan dengan pengelola waduk di atas untuk menambah pengeluaran air.
  - Bila penurunan muka air waduk diakibatkan kondisi musim kering, maka harus dilaksanakan pengurangan pengeluaran air dibawah rencana tahunan.
  - Besarnya pengurangan tergantung kebutuhan dan keadaan, dengan dilaksanakan secara bertahap (dengan menggunakan metode empiris praktis) dan diusahakan agar dapat memenuhi kebutuhan minimum yang disepakati, biasanya 80% kebutuhan.
  - Bila pengeluaran terpaksa harus kurang dari kebutuhan pengairan biasanya 80%, harus dilakukan koordinasi dengan instansi terkait untuk persiapan pengaturan distribusi air pada saluran-saluran pengairan di lapangan.



**Gambar 5.2. Prosedur Operasi Normal**

## 5.5 Operasi Banjir

Operasi Banjir adalah operasi dalam rangka mengatur muka air waduk agar tetap terjaga pada elevasi yang direncanakan (aman) yang dilakukan dengan cara mengoperasikan pintu pelimpah dan bila perlu pintu pengeluaran lainnya.

### 5.5.1 Batasan Operasi Banjir

#### a) Elevasi

Elevasi Muka air waduk di atas elevasi Muka Air Banjir (*Normal High Water Level* atau *Control Water Level*)

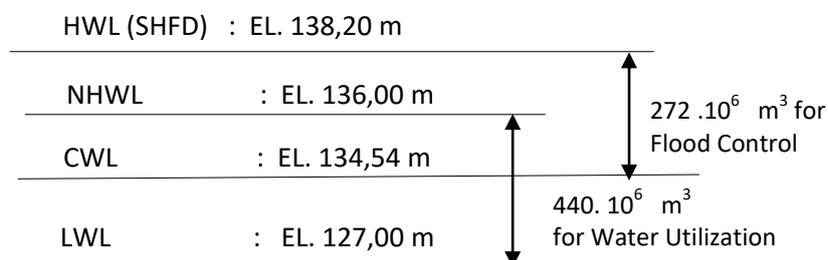
#### b) Kondisi teknis waduk

- Waduk dengan pelimpah tanpa pintu  
Penentuan keadaan kondisi banjir ini didasarkan pada kemampuan daya tampung sungai di hilir bendungan.
- Waduk dengan pelimpah berpintu  
Penentuan keadaan kondisi banjir ini didasarkan jika debit keluar melebihi elevasi ambang pelimpah, sehingga air dilepas melalui pintu *spillway*.

### 5.5.2 Ketentuan Operasi Banjir

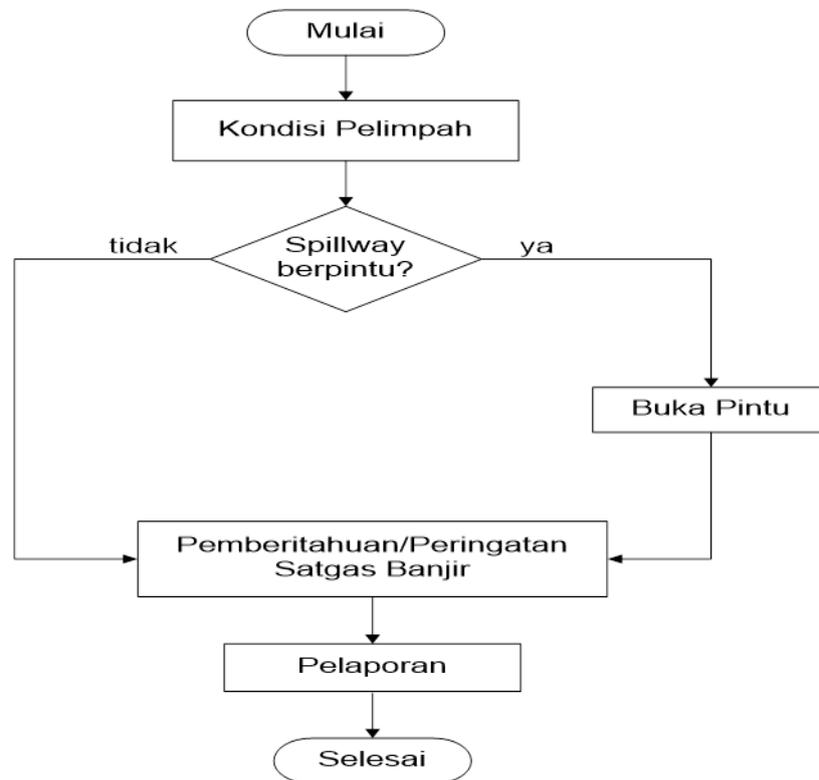
- a) Panduan operasi dan pemeliharaan waduk harus mencantumkan prosedur bagaimana operasi waduk pada saat terjadi banjir serta kriteria penyimpanan air berikut jadwal pengeluarannya sebelum dan selama terjadinya banjir.
- b) Setiap pembukaan pintu pelimpah dalam rangka pengeluaran air harus diawali dengan peringatan gawar banjir pada masyarakat di hilir, agar masyarakat menjauh dari aliran sungai.
- c) Dalam hal keluaran air dari pelimpah diperkirakan akan melebihi kapasitas palung sungai dan menimbulkan banjir di daerah pemukiman, pengelola bendungan berkewajiban melaporkan kepada Pemerintah Daerah setempat.
- d) Pada saat diprediksi akan terjadi limpasan air yang besar diatas pelimpah yang mengakibatkan terlampauinya kapasitas sungai, maka petugas piket banjir harus meng-informasikan ke penjaga pintu suplesi untuk menutup pintu suplesi (bila ada) dan menginformasikan petugas/pejabat di hilir.
- e) Untuk bendungan dengan pelimpah tanpa pintu, apabila keluaran dari pelimpah di perkirakan akan melebihi kapasitas palung sungai dan menimbulkan banjir di daerah pemukiman, pengelola bendungan berkewajiban melaporkan kepada Pemerintah Daerah setempat.

Contoh batasan operasi banjir untuk Waduk Wonogiri:



- Periode banjir 1 Desember – 15 April : elevasi muka air waduk tidak boleh melebihi CWL (*Control Water Level*) elv. + 134,5 m

- Periode Recovery 16 April – 30 April : elevasi muka air waduk tidak boleh melebihi NHWL (*Normal High Water Level*) elv. + 136,0 m
- Periode tidak banjir 1 Mei – 30 Nopember : elevasi muka air waduk tidak boleh melebihi elv. +136,0 m



**Gambar 5.3. Prosedur Operasi Banjir**

## 5.6 Operasi Darurat

Operasi darurat dilakukan dalam rangka merespon keadaan yang mengancam keamanan dan atau keutuhan bendungan sehingga memerlukan penurunan muka air waduk.

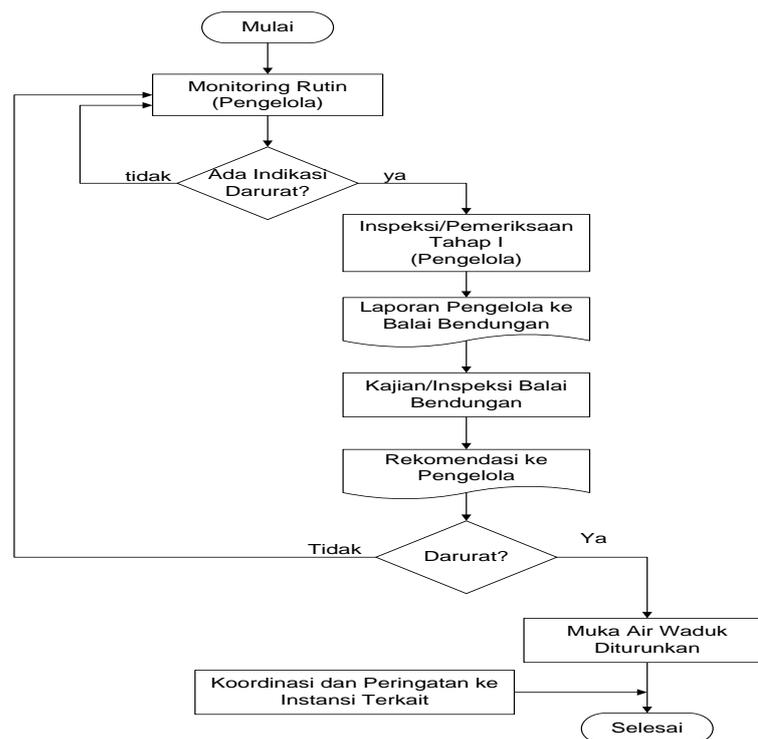
Yang dimaksud dengan keadaan yang dapat mengancam bendungan dan atau keutuhan bendungan adalah: keadaan yang memiliki potensi terjadinya keruntuhan bendungan. Misal terjadinya longsor besar pada lereng tubuh bendungan sehingga stabilitas bendungan pada kondisi yang mengkhawatirkan.

- Amblesan besar sehingga tinggi jagaan berkurang secara signifikan.
- Retakan besar melintang tubuh bendungan yang cukup dalam

- Retakan memanjang tubuh bendungan yang cukup besar sehingga terjadi pergeseran yang cukup besar pada salah satu sisi retakan
- Tidak berfungsinya pintu pelimpah
- perilaku abnormal,
- Terjadinya keluaran air yang tak terkendali,.
- Dan lain sebagainya

Operasi dilakukan dengan cara menurunkan air secara cepat lewat pintu-pintu pengeluaran darurat atau pintu pengeluaran yang lain hingga muka air waduk mencapai elevasi yang aman.

Operasi pintu darurat dilakukan setelah dilakukan evaluasi oleh ahli bendungan dan hasil evaluasi menyimpulkan bahwa keutuhan bendungan dalam kondisi terancam atau bendungan terancam runtuh bila tidak dilakukan penurunan muka air.



**Gambar 5.4. Prosedur Operasi Darurat**

## 5.7 Peramalan Banjir

Sistem peramalan dan peringatan banjir merupakan metode yang untuk memberikan peringatan dini pada masyarakat sehingga dapat mencegah korban jiwa dengan mengadakan pengungsian tepat waktu sebelum terjadinya

banjir. Agar efektif peramalan harus tepat waktu dan akurat serta harus dikombinasikan dengan penyuluhan masyarakat. Peramalan banjir akan memberikan informasi sebagai berikut ini :

- a) waktu terjadinya banjir
- b) lamanya kejadian banjir
- c) waktu dan ketinggian saat banjir puncak

### 5.7.1 Metode Peramalan Banjir

Metode peramalan banjir dapat digunakan sebagai berikut

- a) Metode Hidrometri
- b) Metode Limpasan Hujan

### 5.7.2 Pengumpulan Data

Berikut ini adalah bermacam-macam data yang diperlukan untuk peramalan banjir. Data- data tertentu yang dikumpulkan tergantung model peramalan banjir yang digunakan.

- a) Tinggi muka air sungai  
Tinggi muka air sungai dan variasinya terhadap waktu pada stasiun-stasiun tertentu dicatat dengan interval yang teratur, biasanya 3 sampai 6 jam.
- b) Debit waduk dan elevasi tampungan  
Catatan debit dari stasiun pembangkit tenaga listrik atau bangunan pengeluaran (outlet) bendungan dan tinggi tampungan dari waduk selalu direkam atau dicatat.
- c) Curah hujan  
Kedalaman hujan pada stasiun-stasiun hujan secara normal diukur setiap hari pada jam 9, tetapi pembacaan dilakukan dengan interval durasi 3 sampai 6 jam selama periode banjir.
- d) Peramalan hujan secara kuantitatif  
Jumlah hujan yang jatuh di suluruh DPS secara normal diramalkan untuk 24 sampai 48 jam, tetapi durasinya 6 sampai 12 jam selama periode banjir.

e) Catatan hujan deras

Catatan ini berasal stasiun-stasiun tertentu untuk member tanda pada peramal, adanya kemungkinan banjir yang terjadi disebabkan oleh catatan hujan deras yang turun sejak pencatatan jam 09.00.

### 5.7.3 Stasiun Pengamat

Jenis-jenis stasiun yang diperlukan untuk mengumpulkan data meteorology dan hidrologi adalah sebagai berikut :

a) Stasiun hujan atau meteorologi

Pemilihan lokasi harus dapat mewakili kondisi klimatologi setempat. Agar aman dan mudah melakukan pencatatan stasiun-stasiun diletakkan pada ketinggian tertentu dari tanah.

b) Stasiun pencatat ketinggian muka air

Lokasi stasiun ditentukan berdasar pada metode yang dijelaskan oleh SKSNI-M-101-1990-03 dan dikonsultasikan dengan sub dinas/Sub-Din pengairan dan Puslitbang Air.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan pada pemilihan lokasi stasiun adalah sebagai berikut ini.

- Karakteristik banjir pada sungai yang dipilih
- Stabilitas aliran vertikal dan lateral
- Kemudahan dicapai oleh kendaraan bermotor
- Bangunan-bangunan yang ada yang mendukung pengamatan
- Tersedianya sumber listrik
- Adanya jalur telpon atau radio pengirim
- Terlindungi dari pengrusakan oleh material-material terapung

c) Stasiun peringatan

Stasiun peringatan yang terletak di puncak bangunan-bangunan seperti gedung pemadam kebakaran, pabrik-pabrik, pusat-pusat kegiatan bisnis atau menara dimana alarm banjir diperlukan. Disediakan pula tenaga untuk mendeteksi gangguan alam yang bekerja selama 24 jam.

### 5.7.4 Pengiriman Data

Semua data yang berasal dari stasiun-stasiun tersebut dikirim menggunakan satu atau lebih cara seperti berikut ini :

- a) Telegram
- b) Telex
- c) Telepon dari pengamat
- d) Radio dari pengamat
- e) Radar-telemetri dari sensor jarak jauh (remote sensor)
- f) Land-line telemetri dari sensor jarak jauh

### 5.7.5 Model Perhitungan

- a) Model hidrometri

Model hidrometri digunakan untuk :

- Menghitung korelasi tinggi atau debit suatu stasiun pencatat
- Pendekatan unit hidrograf
- Routing hidrolika menggunakan gelombang dinamik, gelombang menyebar, gelombang kinematik atau model tampungan

Hubungan antara tinggi puncak yang bersesuaian antara 2 stasiun pengukur digambarkan mengikuti persamaan berikut ini ;

$$H_0^{max} = a_0 + a_1 \cdot H_e^{max}$$

dimana :

$H_e^{max}$  = Tinggi puncak pada stasiun hulu

$H_0^{max}$  = Tinggi puncak pada stasiun hilir

$a_1, a_2$  = koefisien

Waktu yang sesuai untuk peramalan adalah perbedaan pada waktu menghubungkan ketinggian puncak antara dua stasiun.

- b) Metode Limpasan Hujan

Metode limpasan hujan “model sacramento” dan “model DPS Stamford” biasanya digunakan untuk peramalan banjir. Model kompleks ini

diciptakan oleh Cramford dan Linsly (1966), penerapan dari dua model ini dibahas lebih detail oleh Burnas et.al (1973), Crawford dan Linsley (1966) serta Sigh (1988).

Peramalan banjir yang paling sederhana dan mudah dilakukan adalah membuat grafik hubungan antara tinggi curah hujan dan debit limpasan (inflow waduk). Sehingga apabila terjadi hujan dengan ketinggian tertentu di daerah hulu waduk, besarnya debit yang mungkin terjadi dapat diperkirakan.

### 5.7.6 Rekomendasi

Mempertimbangkan kemampuan yang ada di Indonesia direkomendasikan tahap system-sistem peramalan banjir sebagai berikut ini :

Tahap I : Pedoman/ pengiriman dengan Phone-Radio yang didasarkan pada model hidrometri atau pengukuran elevasi air.

Tahap II : Pengiriman otomatis dengan telemetric didasarkan pada model hujan aliran.

### 5.8 Peringatan Banjir

Penyampaian informasi banjir dilakukan oleh Petugas OP bendungan/ waduk atau pengelola Bendungan sesuai dengan tingkat siaga kepada instansi terkait (BPBD/ SATKORLAK) untuk mengambil tindakan penanggulangan banjir lebih lanjut sesuai dengan prosedur

Informasi banjir tersebut berasal dari dua sumber seperti tertera didalam diagram pemberitaan banjir yaitu:

- Informasi banjir merupakan hasil prakiraan banjir yang menggunakan fasilitas system prakiraan banjir
- Informasi banjir yang merupakan hasil pengamatan langsung di lapangan berdasarkan kondisi elevasi waduk atau besar debit pengeluaran.

Informasi banjir tersebut kemudian disebarluaskan kepada masyarakat didaerah banjir sesuai dengan mekanisme yang berlaku.

Ada Tiga macam pemberitaan siaga banjir yang berdampak pada daerah rawan banjir. Contoh criteria siaga banjir secara umum adalah sebagai berikut:

- Waspada, apabila tinggi jagaan tinggal 2.00 m.
- Siaga, apabila tinggi jagaan tinggal 1.00 m.
- Awas, apabila tinggi jagaan tinggal 0.50 m.

Untuk keperluan peringatan banjir maka perlu ditetapkan hubungan antara debit outflow waduk/ elevasi waduk dengan kapasitas sungai yang ada dibagian hilir yang merupakan tahapan siaga banjir.

## 5.9 Pelaporan

### 5.9.1 Laporan Operasional Waduk

Hal-hal penting yang perlu mendapatkan laporan harus dicantumkan di dalam Panduan O & P Bendungan dalam bentuk petunjuk pelaksanaan yang jelas dan rinci, antara lain mengenai : tipe dan format laporan, frekuensi laporan, siapa yang membuat laporan .dan untuk siapa laporan tersebut ditujukan. Agar lebih jelas, seyogyanya dilampirkan pula contoh-contoh bentuk laporan berikut format salinannya.

Biasanya laporan operasional wasuk terdiri dari 2 (dua) jenis; yaitu yang bersifat internal dan eksternal

#### a) Laporan Internal

Mengingat setiap waduk mempunyai parameter (komponen) yang berbeda-beda, maka setiap waduk format laporannya juga bisa berbeda-beda. Sebagai salah satu contoh laporan hasil pelaksanaan operasi waduk dicatat dalam formulir, contoh :

- Form - 1 : Laporan Harian Operasi Waduk (Lampiran – 3)
- Form - 2 : Laporan Bulanan Operasi Waduk (Lampiran – 3)
- Form - 3 : Laporan Kejadian Banjir (Lampiran – 3)

## b) Laporan Eksternal

Format laporan mengacu pada Surat Edaran Dirjen SDA Nomor : 04/2012 tentang Petunjuk Teknis Penyusunan Neraca Air dan Penyelenggaraan Alokasi Air yang terdiri atas 9 (sembilan) format laporan, masing-masing:

- Form A-01 : Rincian Penggunaan Air
- Form A-02 : Rencana Neraca Air
- Form A-03 : Realisasi Alokasi Air Pada Lokasi Pengambilan
- Form A-04 : Ketersediaan Air Waduk/ Embung (Pelaksanaan)
- Form A-05 : Realisasi Perkembangan Tanam dan Panen Padi Rendeng (Pelaksanaan)
- Form A-06 : Realisasi Alokasi Air Pada Lokasi Pengambilan
- Form A-07 : Ketersediaan Air Waduk/ Embung (Pemantauan)
- Form A-08 : Pola VS Aktual Operasi Waduk
- Form A-09 : Realisasi Perkembangan Tanam dan Panen Padi Rendeng (Pemantauan)

### 5.9.2 Laporan Data Hidrologi & Klimatologi

Khusus mengenai laporan hidrometeorologi, hendaknya dilengkapi informasi mengenai.:

- Lokasi dan nomor stasiun-stasiun pengamatan.
- Peralatan yang digunakan serta jenis data yang dilaporkan.
- Cara-cara pengoperasiannya, manual atau otomatis.
- Kondisi peralatan dan keandalan/keakurasian pembacaan.
- Frekuensi pembacaan / pengumpulan data.

Sedangkan laporan data hidrologi hendaknya mencakup data-data :

- Elevasi muka air waduk.
- Kapasitas tampungan waduk.
- Debit air yang keluar dan masuk ke waduk
- Keadaan cuaca/ Iklim
- Kualitas air waduk

### 5.9.3 Laporan Kejadian banjir

Dalam rangka operasi pengendalian banjir tahunan (normal) di daerah hilir, perlu diperhatikan pula "Pedoman Siaga Banjir" yang sudah ada dan berlaku pada sistem sungai yang bersangkutan mencakup jadwal piket banjir harian. Dalam kondisi darurat, pedoman siaga ini biasanya sudah dicantumkan di dalam pedoman Rencana Tindak Darurat (RTD). Dalam hal ini perlu berkoordinasi dengan Badan Penanggulangan Bencana Daerah Tingkat Propinsi (BPBD Propinsi) dan Daerah Kabupaten/ Kota (BPBD Kabupaten/ Kota).

Dalam keadaan banjir, maka pelaksanaan operasi waduk dicatat pada Form-3 pada Lampiran - 3 "Laporan Operasi Waduk pada Saat Banjir". Data Formulir 3 (data laporan banjir) harus dikirim segera ke Kantor Pusat Pengelola Bendungan setelah banjir berakhir untuk bisa dianalisis.

### 5.10 Koordinasi Antar Pemangku Kepentingan

Kegiatan pengelolaan bendungan seringkali terkait dengan instansi lain, pemerintah maupun swasta, dan terutama dengan masyarakat pengguna air. Hubungan ini bisa bersifat informal ataupun formal melalui kontrak kerjasama. Hubungan yang paling erat adalah hubungan antara pengelola dengan masyarakat pengguna air, termasuk dengan pengguna tenaga listrik yang biasanya tergabung di dalam Tim koordinasi yang disebut TKPSDA (Panitia Pelaksana Tata Pengaturan Air) wilayah sungai yang bersangkutan.

Kerjasama antar instansi beserta kegiatan-kegiatannya antara lain adalah:

- a) Dinas PU SDA Propinsi atau Kabupaten, meliputi : pola pengoperasian waduk, waktu dan pola tanam, penyediaan air irigasi, pengendalian banjir.
- b) PT. PLN, meliputi : pola pengoperasi waduk, produksi tenaga listrik, elevasi minimum air waduk.
- c) Dinas Perikanan, meliputi : kualitas air waduk, elevasi minimum muka air waduk
- d) Dinas Pariwisata, meliputi : pengelolaan lahan pariwisata, rekreasi
- e) Kepolisian : sekuriti

- f) Lingkungan hidup, meliputi: kualitas air, ijin pembuangan limbah, bahan-bahan berbahaya/beracun
- g) PDAM, meliputi : pola operasi waduk, kualitas air
- h) Lain-lain.

### 5.11 Latihan

1. Jelaskan kegiatan operasi banjir!
2. Jelaskan pengertian operasi banjir!
3. Jelaskan keadaan yang dapat mengancam bendungan dan atau keutuhan bendungan!

### 5.12 Rangkuman

Pada umumnya operasi waduk dilakukan dengan cara mengatur pengeluaran air waduk melalui pintu/ katup:

- Pintu sadap/ intake;
- Pintu pelimpah dan
- Pintu pengeluaran darurat (*emergency release*) yang dapat berupa pintu dari bangunan pengeluaran bawah (*bottom outlet*) atau pintu darurat.

### 5.13 Evaluasi

1. Berikut ini yang merupakan ruang lingkup kegiatan operasi normal.....
  - a. Waduk dengan pelimpah tanpa pintu,
  - b. Waduk dengan kombinasi pelimpah tanpa pintu dan berpintu
  - c. Waduk dengan pelimpah berpintu
  - d. Operasi musim hujan
2. Berikut ini yang merupakan ruang lingkup kegiatan operasi banjir.....
  - a. Prakiraan air masuk
  - b. Operasi musim kemarau
  - c. Operasi musim hujan
  - d. Waduk dengan kombinasi pelimpah tanpa pintu dan berpintu

3. Model hidrometri digunakan untuk....
  - a. Menghitung korelasi tinggi atau debit suatu stasiun pencatat
  - b. Pendekatan unit hidrograf
  - c. Routing hidrolika menggunakan gelombang dinamik, gelombang menyebar, gelombang kinematik atau model tampungan
  - d. Semua jawaban benar

## BAB VI

# PENUTUP

### 6.1 Simpulan

Pengoperasian waduk harus dilaksanakan dengan benar, sesuai dengan pedoman yang telah ditetapkan. Untuk itu rencana operasi waduk untuk masing-masing bendungan/ waduk harus dibuat oleh pengelola bendungan/ waduk dan harus direncanakan berdasarkan kondisi spesifik masing-masing waduk terkini.

Setiap pemilik/ pengelola bendungan harus menyusun/ menyiapkan POW pada awal operasi dan mengkaji ulang setiap 5 tahun sekali serta menyiapkan/ menyusun RTOW setiap tahun sebagai panduan operasional setiap tahunnya.

Disamping itu pemilik/ pengelola bendungan juga harus mampu melakukan kegiatan pengendalian operasionalnya.

Pengaturan tentang operasi waduk sudah diatur dalam Permen PUPR Nomor: 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan, khususnya pada Pasal 46 sampai dengan Pasal 52.

### 6.2 Tindak Lanjut

Setelah mengikuti pembelajaran dalam modul ini, peserta diharapkan membaca literatur terkait operasi waduk yang tertera dalam daftar pustaka.

## DAFTAR PUSTAKA

UU Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan

UU Nomor 23 tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah

Kepres Nomor 12 Tahun 2012 tentang Penetapan Wilayah Sungai

PP Nomor 22 Tahun 1982 tentang Tata Pengaturan Air

PP Nomor 20 Tahun 2006 tentang Irigasi

PP Nomor 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air

Permen PUPR Nomor 27/PRT/M/2015 tentang Bendungan

Permen PUPR Nomor 04/PRT/M/2015 tentang Kriteria dan Penetapan Wilayah Sungai.

Permen PUPR Nomor 06/PRT/M/2015 tentang Eksploitasi dan Pemeliharaan sumber air dan bangunan pengairan,

Permen PUPR Nomor 09/PRT/M/2015 tentang penggunaan sumber daya air

Permen PUPR Nomor 18/PRT/M/2015, tentang luran eksploitasi dan pemeliharaan bangunan pengairan,

Keputusan Direktur Jenderal Sumber Daya Air Nomor : 199/KPTS/D/2003, tentang Pengesahan Pedoman Operasi , Pemeliharaan dan Pengamatan Bendungan

Keputusan Direktur Jenderal Sumber Daya Air Nomor : 05/KPTS/2003, tentang:

- A. Pedoman Kajian Keamanan Bendungan
- B. Pedoman Kriteria Umum Desain Bendungan
- C. Pedoman Inspeksi dan Evaluasi Keamanan Bendungan

Standar Perencanaan Irigasi, Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Direktorat Irigasi dan Rawa, Februari 2013.

- Ir. C.D. Soemarto, B.I.E., Dipl. HE, Hidrologi Teknik,, Penerbit Usaha Nasional-Surabaya, 1995.
- Ir. Suyono Sosrodarsono dan T. Kensaku, Bendungan Type Urugan, Pradnya Paamita, Jakarta, 1989.
- Sri Harto, B.R, Mengenal Dasar Hidrologi Terapan, Biro Penerbit Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gajah Mada Yogyakarta, 1981.

## GLOSARIUM

- Air** : 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
- Bendungan** : Bangunan yang berupa urugan tanah, urugan batu, beton, dan/atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (tailing), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.
- Balai Bendungan** : Unit Pelaksana Teknis bidang keamanan bendungan yang dibentuk untuk memberikan dukungan teknis dan administratif kepada instansi teknis keamanan bendungan/ KKB.
- Control Water Level (CWL)** : Batas muka air maksimum yang harus dijaga agar pada waktu tertentu tidak boleh terlewati. Biasanya CWL diperuntukkan pada bendungan yang dilengkapi dengan bangunan pelimpah berpintu.
- Daerah Aliran Sungai (DAS)** : Suatu kesatuan wilayah tata air yang terbentuk secara alamiah terutama dibatasi oleh punggung-punggung bukit di mana air meresap dan atau mengalir dalam satu sistem pengaliran melalui lahan, anak sungai, dan sungai induknya.
- Debit aliran** : Volume air yang mengalir melalui penampang melintang sungai atau saluran dalam satuan waktu tertentu.
- Debit andalan** : Debit yang diperkirakan selalu ada/ tersedia dengan tingkat keandalan tertentu pada waktu tertentu.
- Kurva TMA-Luas Permukaan** : Garis lengkung/grafik yang menggambarkan hubungan antara TMA waduk dengan luas permukaan waduk.
- Kurva TMA-Volume** : Garis lengkung/ grafik yang menggambarkan hubungan antara TMA waduk dengan volume waduk.

- Komisi Keamanan Bendungan (KKB)** : Instansi teknis keamanan bendungan yang bertugas membantu menteri dalam penanganan keamanan bendungan.
- Kapasitas Tampunguan (*Storage Capacity*)** : Kemampuan suatu waduk dalam menampung sejumlah air sampai pada ketinggian normal.
- Kondisi/ keadaan darurat** : Suatu kondisi/keadaan suatu kejadian yang dapat mengancam keamanan dan keutuhan bendungan serta membahayakan jiwa serta harta penduduk di hilir bendungan/waduk.
- Kondisi normal** : Suatu kondisi dimana kegiatan operasi waduk dilaksanakan sesuai dengan jadwal, tidak ada perbedanan antara ketersediaan air (persediaan air waduk dan debit inflow) sesuai rencana. Begitu juga dengan bangunan fasilitas yang ada dalam kondisi siap operasi.
- Luas genangan** : Luas permukaan air yang tergenang dalam suatu waduk atau danau.
- Muka air waduk maksimum (FWL, MAB)** : Elevasi muka air dalam waduk yang diijinkan dan tingginya telah ditentukan terhadap jagaan minimal yang telah disepakati/ ditentukan.
- Muka air waduk normal (HWL)** : Elevasi muka air maksimum dalam waduk pada kondisi eksploitasi normal.
- Muka air waduk minimum (LWL operasional)** : Batas elevasi muka air rendah operasional yang digunakan sebagai batas terendah pada kondisi normal, yang di bawahnya masih tersedia cadangan volume tampungan air yang disediakan pada saat kondisi kering.
- Muka air waduk minimum (LWL)** : Batas elevasi muka air terendah rendah yang merupakan batas elevasi muka air terendah pintu pengambilan/ keluaran bisa dioperasikan.
- NSPM** : Kependeakan dari Norma (peraturan), Standar (SNI), Pedoman dan Manual.

- Operasi** : Kegiatan pengaturan, pengalokasian, serta penyediaan air dan sumber air untuk mengoptimalkan pemanfaatan prasarana sumber daya air.
- Operasi waduk** : Merupakan kegiatan pengendalian air yang masuk ke waduk dalam rangka memenuhi berbagai kebutuhan air dan pengendalian banjir di hilir sesuai dengan pola dan rencana operasi yang telah ditetapkan.
- Pemeliharaan** : Kegiatan untuk merawat sumber air dan prasarana sumber daya air yang ditujukan untuk menjamin kelestarian fungsi sumber air dan prasarana sumber daya air.
- Pemerintah daerah** : Kepala daerah beserta perangkat daerah otonom yang lain sebagai badan eksekutif daerah.
- Pemerintah Pusat** : Perangkat Negara Kesatuan Republik Indonesia yang terdiri atas Presiden beserta para menteri.
- Perencanaan** : Suatu proses kegiatan untuk menentukan tindakan yang akan dilakukan secara terkoordinasi dan terarah dalam rangka mencapai tujuan pengelolaan sumber daya air.
- Pola Operasi Waduk (POW)** : Kerangka dasar operasi waduk untuk jangka panjang dan menjadi patokan/ acuan pelaksanaan pembuatan Rencana Tahunan Operasi (RTOW). POW diwujudkan dalam “Rule Curve Zona Operasi” yang dibatasi oleh lengkung batas operasi normal atas dan lengkung batas operasi normal bawah, serta rencana air masuk dan keluar.
- Pemilik bendungan** : Pemerintah, pemerintah provinsi, pemerintah kabupaten/kota, atau badan usaha, yang bertanggung jawab atas pembangunan bendungan dan atau pengelolaan bendungan beserta waduknya.
- Pengelola bendungan** : adalah instansi pemerintah yang ditunjuk oleh pemilik bendungan, atau badan usaha yang ditunjuk oleh pemilik bendungan, atau pemilik bendungan yang menyelenggarakan pengelolaan bendungan beserta waduknya.

- Pembagian berimbang (*equal sharing*)** : Pengoperasian waduk kaskade secara proporsional berdasarkan volume efektif tiap waduk terhadap volume efektif total semua waduk.
- Rencana Tindak Darurat (RTD)** : Kondisi bahaya/rawan di suatu wilayah (hilir bendungan) yang disebabkan oleh adanya keruntuhan bendungan dan atau keluaran air yang melebihi kapasitas sungai.
- Rencana Tahunan Operasi Waduk (RTOW),** : Rencana operasi waduk selama satu tahun yang disusun setiap awal tahun berdasarkan keseimbangan antara perkiraan ketersediaan dan kebutuhan air selama setahun.
- Tampungan Efektif** : Suatu wadah yang terletak antara tinggi muka air normal dengan tinggi muka air minimum.
- Tampungan mati (*dead storage*)** : Suatu wadah yang terletak di bawah tinggi muka air minimum. Wadah tersebut direncanakan untuk kantong lumpur.
- Tampungan waduk bersih (*Net Reservoir Storage*)** : Prosentase volume efektif saat ini terhadap volume efektif waduk maksimum.
- Tinggi muka air (TMA) Waduk** : Elevasi permukaan air di waduk atau danau yang diukur dengan alat ukur yang dipasang di tepinya. TMA waduk biasanya dihubungkan dengan volume atau luas permukaan air waduk atau danau.
- Tahun normal** : Berdasarkan Kepmen PU. 360/KPTS/M/2004 adalah tahun pada saat debit air yang masuk ke waduk merupakan debit rata-rata pengamatan dari data pengamatan yang terjadi, yang deviasinya berkisar antara nilai rata-rata +  $\sigma$  sampai -  $\sigma$ . Nilai  $\sigma$  adalah standar deviasinya dan  $y$  adalah suatu besaran yang tergantung dari resiko dan tingkat akurasi yang diinginkan.

- Tahun normal** : Menurut BMKG adalah besaran curah hujan berkisar antara 85% sampai 115 % dari curah hujan rata-rata hasil pengamatan
- Tahun basah** : Berdasarkan Kepmen PU. 360/KPTS/M/2004 adalah tahun pada saat debit air yang masuk ke waduk merupakan debit yang lebih besar atau sama dengan debit rata-rata ditambah dengan  $\sigma$
- Tahun basah (atas normal)** : Menurut BMKG adalah besaran curah hujan lebih besar dari 115 % curah hujan rata-rata hasil pengamatan
- Tahun kering** : Berdasarkan Kepmen PU. 360/KPTS/M/2004 adalah tahun pada saat debit air yang masuk ke waduk merupakan debit yang lebih kecil atau sama dengan debit rata-rata dikurangi dengan  $\sigma$ .
- Tahun kering (bawah normal)** : Menurut BMKG adalah besaran curah hujan kurang dari 85 % curah hujan rata-rata hasil pengamatan.
- Unit pengelola bendungan,** : adalah unit yang merupakan bagian dari pengelola bendungan yang ditetapkan oleh pemilik bendungan untuk melaksanakan pengelolaan bendungan beserta waduknya.
- Volume waduk,** : Sejumlah massa air yang tertampung dalam suatu waduk pada ketinggian tertentu.
- Volume efektif** : Sejumlah air waduk yang terletak antara tinggi muka air normal dengan tinggi muka air minimum yang dapat dipergunakan untuk untuk operasional.
- Waduk** : adalah wadah buatan yang terbentuk sebagai akibat dibangunnya bendungan.
- Waduk tunggal** : Suatu tampungan waduk yang pemanfaatan/fungsinya tidak berhubungan dengan waduk yang lain
- Waduk Seri (Kaskade)** : Beberapa waduk yang dibangun pada satu sungai yang sama dan operasinya dalam satu system integrasi.

- Waduk eka guna** : Suatu waduk yang pemanfaatan airnya hanya digunakan untuk satu jenis kebutuhan saja.
- Waduk multi guna** : Suatu waduk yang pemanfaatan airnya dapat digunakan untuk memenuhi berbagai jenis kebutuhan, seperti irigasi, PLTA, pengan dalian banjir, penyediaan air baku, dan lain-lain.
- Wilayah sungai (WS)** : Kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km<sup>2</sup>.

## KUNCI JAWABAN

### A. Latihan Materi Pokok 1 : Penjelasan Umum

1. Dilihat dari fungsinya, apakah bedanya antara bendung dengan bendungan?

Jawaban:

- Bendung, untuk menaikkan muka air pada ketinggian tertentu
- Bendungan, untuk menampung/ menyimpan saat air lebih dan mengeluarkan pada saat air kurang.

2. Apa manfaat waduk pada umumnya?

Jawaban:

Pengendalian banjir, pembangkit listrik, irigasi, dan lain-lain.

3. Komponen apa saja yang mempengaruhi operasi waduk? Sebutkan minimal 3 (tiga) saja.

- a. Tampungan waduk
- b. Bangunan fasilitas
- c. Instrumen pengontrol dan pemantauan
- d. Daerah tangkapan waduk
- e. Daerah sempadan waduk

### B. Evaluasi Materi Pokok 1 : Penjelasan Umum

1. C
2. D
3. B

### C. Latihan Materi Pokok 2 : POW dan RTOW Waduk Tunggal

1. Apa yang saudara ketahui tentang operasi waduk?

Jawaban:

Operasi waduk merupakan kegiatan pengendalian air yang masuk ke waduk dalam rangka memenuhi kebutuhan air dan pengendalian banjir di hilir sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan.

2. Mengapa Pola Operasi Waduk (POW) harus direview (dikaji ulang) minimal 5 (lima) tahun sekali?

Jawaban:

Karena selama 5 tahun setidaknya kondisi hidrologi dan tampungan waduk sudah mengalami perubahan.

3. Kapan POW tersebut di buat?

Jawaban:

POW dibuat sejak awal bendungan/ waduk dioperasikan dan ditinjau minimal setiap 5 (lima) tahun sekali.

#### **D. Evaluasi Materi Pokok 2 : POW dan RTOW Waduk Tunggal**

1. D
2. C
3. B

#### **E. Latihan Materi Pokok 3: POW dan RTOW SERI (KASKADE)**

1. Jelaskan dengan singkat kegiatan operasi waduk kaskade!

Jawaban:

- a. Penyusunan Pola Operasi Waduk (POW)

POW untuk waduk kaskade merupakan gabungan dari 2 (dua) atau lebih waduk yang pengoperasiannya menjadi satu kesatuan.

- b. Penyusunan Rencana Tahunan Operasi Waduk

Rencana operasi tahunan waduk ini digunakan bagi pengelola masing-masing waduk sebagai acuan dalam rangka pengendalian/pengaturan air harian rutin waduk untuk memenuhi kebutuhan air di hilir selama setahun.

2. Jelaskan cara menetapkan TMA awal (initial condition) masing-masing waduk!

Jawaban:

Data TMA awal adalah data TMA aktual pada awal siklus pola operasi waduk direncanakan. Berdasarkan data hubungan antara TMA dengan

volume tampungan waduk, maka volume tampungan waduk pada TMA awal dapat diketahui. Selanjutnya data TMA ini dijadikan sebagai acuan untuk melihat kondisi TMA pada akhir siklus pola operasi waduk.

3. Sebutkan waduk yang termasuk waduk seri/kaskade!

Jawaban:

Waduk Saguling – Cirata – Juanda/ Jatiluhur (WS Citarum). Di WS Brantas terdapat 4 (empat) waduk yang secara seri (berurutan) di satu sungai Brantas, mulai dari Sengguruh-Sutami-Lahor-Wlingi-Lodoyo.

#### **F. Evaluasi Materi Pokok 3: POW dan RTOW SERI (KASKADE)**

1. A
2. A
3. A

#### **G. Latihan Materi Pokok 4: Pelaksanaan Operasi Waduk**

1. Jelaskan kegiatan operasi banjir!

Jawaban:

- a. Waduk dengan pelimpah tanpa pintu,
- b. Waduk dengan kombinasi pelimpah tanpa pintu dan berpintu
- c. Waduk dengan pelimpah berpintu

2. Jelaskan pengertian operasi banjir!

Jawaban:

Operasi Banjir adalah operasi dalam rangka mengatur muka air waduk agar tetap terjaga pada elevasi yang direncanakan (aman) yang dilakukan dengan cara mengoperasikan pintu pelimpah dan bila perlu pintu pengeluaran lainnya.

3. Jelaskan keadaan yang dapat mengancam bendungan dan atau keutuhan bendungan!

Jawaban:

Keadaan yang memiliki potensi terjadinya keruntuhan bendungan. Misal terjadinya longsoran besar pada lereng tubuh bendungan sehingga stabilitas bendungan pada kondisi yang mengkhawatirkan.

#### **H. Evaluasi Materi Pokok 4: Pelaksanaan Operasi Waduk**

1. D
2. D
3. D