

Bendung Karet



Djoko Luknanto
pengajar DTSL FT UGM

**Model
Matematika
Numeris**

Cara kerja bendung karet

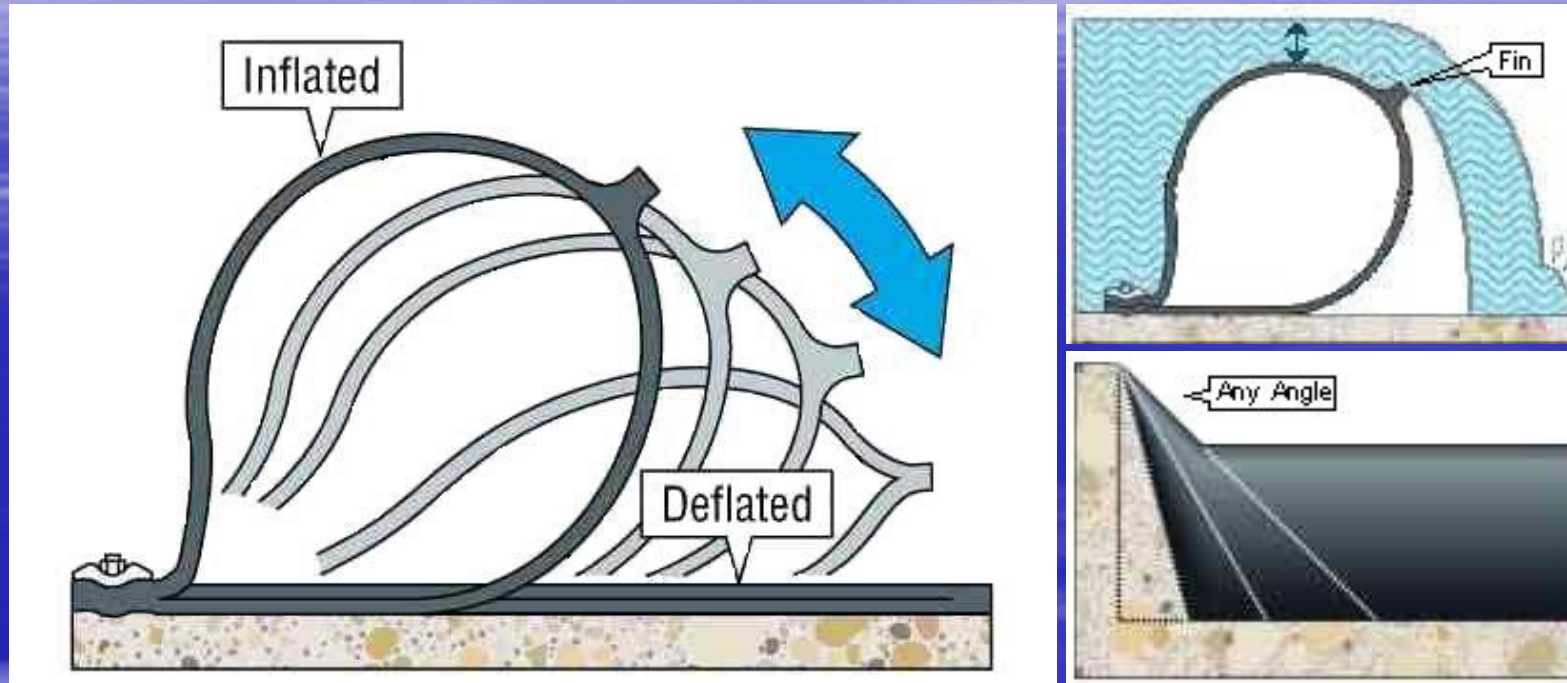


- dikempiskan
 - saat musim hujan
 - saat air berlebih



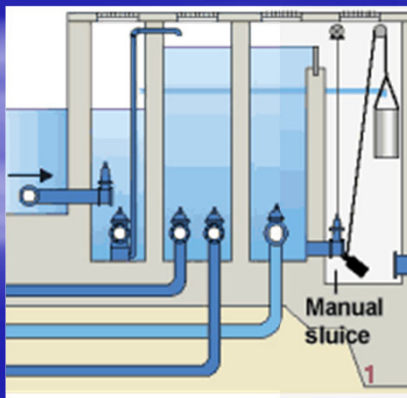
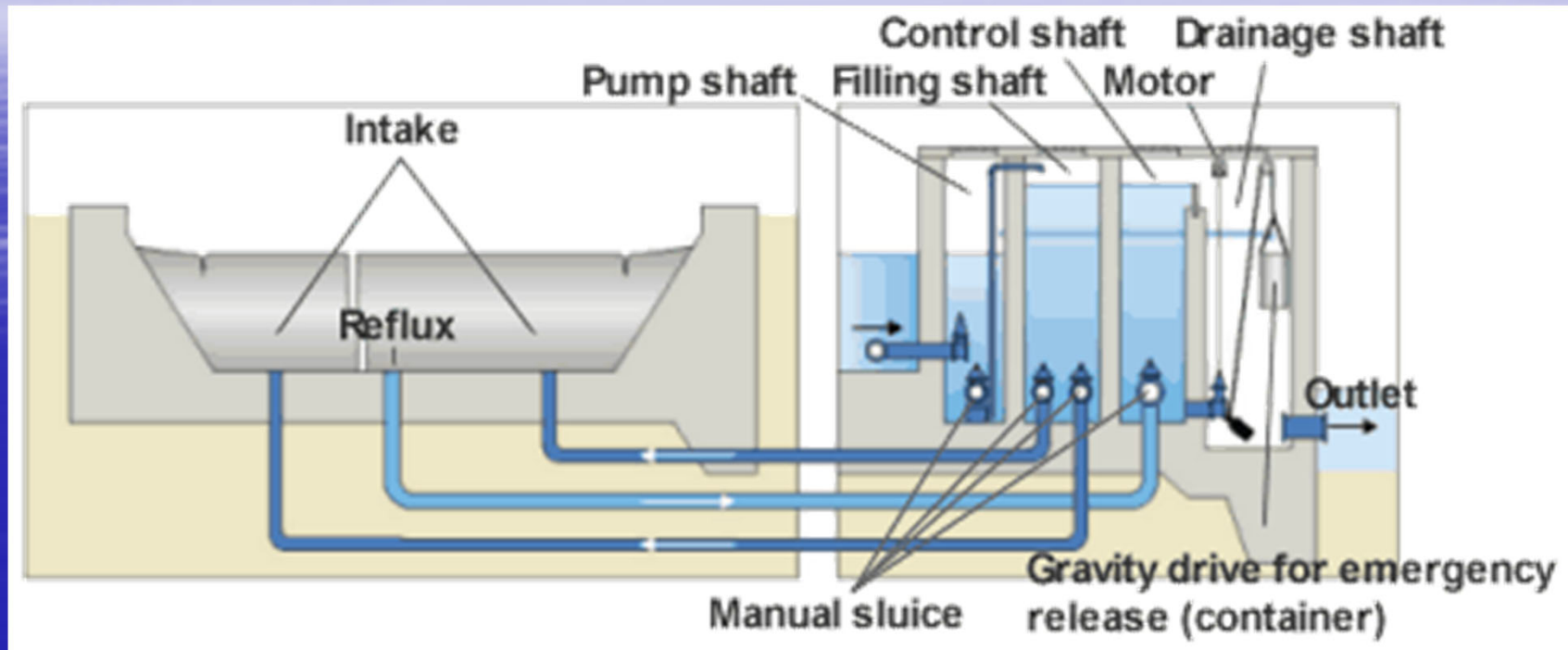
- dikembangkan
 - saat musim kemarau
 - saat air kurang

Sifat hidraulis bendung



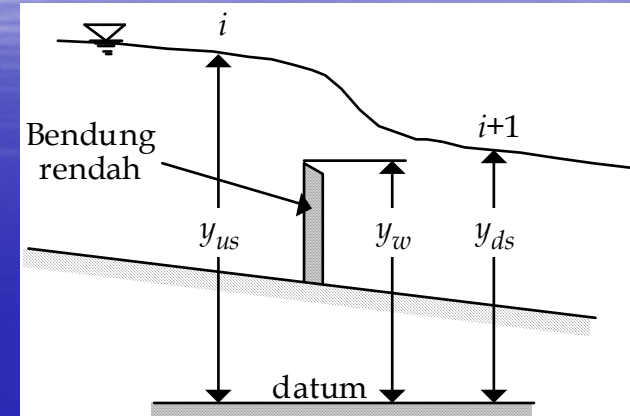
- Elevasi mercu berubah menurut waktu $H(t)$
- Koefisien debit berubah menurut waktu $C_d(t)$
- Lebar bendung berubah menurut waktu $L(t)$

Sistem pengatur bendung karet



- Sistem pengatur inilah yang menyebabkan C_d , B , H bendung karet berubah-ubah tergantung waktu.

Model matematis bendung karet



- Arus bebas:

$$y_{ds} - y_w \leq \frac{2}{3} (y_{us} - y_w)$$

- Debit dihitung:

$$Q = C_d B \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g} (y_{us} - y_w)^{1.5}$$

- Arus menyelam:

$$y_{ds} - y_w > \frac{2}{3} (y_{us} - y_w)$$

- Debit dihitung:

$$Q = C_d B \sqrt{2g} (y_{us} - y_{ds})^{0.5} (y_{ds} - y_w)$$

Model matematis sungai

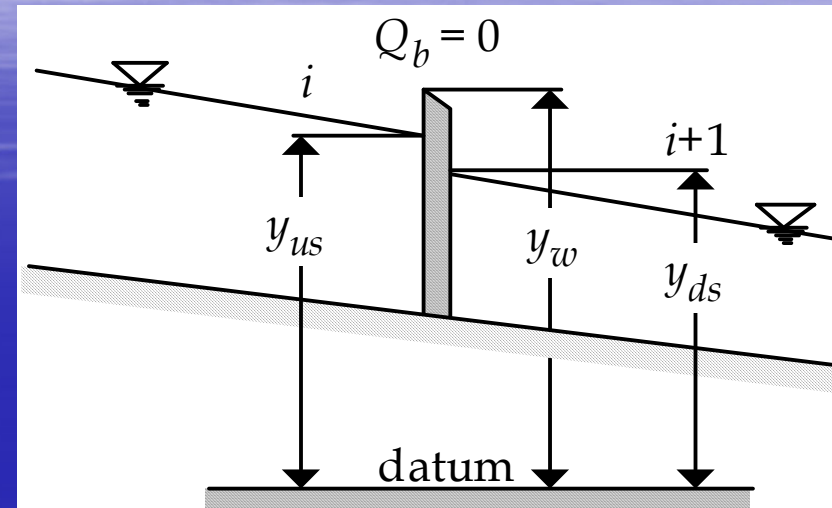
- Pada penggal sungai normal, sungai dimodelkan dengan persamaan matematis:
 - Konservasi massa

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q_{lateral}$$

- Konservasi momentum

$$\underbrace{\frac{\partial Q}{\partial t}}_{\text{suku 1}} + \underbrace{2\alpha \frac{Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x}}_{\text{suku 2}} - \underbrace{\alpha \left[\frac{Q}{A} \right]^2 \frac{\partial A}{\partial x}}_{\text{suku 3}} + \underbrace{gA \frac{\partial y}{\partial x}}_{\text{suku 4}} + \underbrace{gA S_f}_{\text{suku 5}} = 0$$

Pemutusan topologi



- Pada saat air di hulu dan di hilir bendung karet tidak berhubungan, maka dilakukan pemutusan topologi

$$L_i = 0, M_i = 0 \text{ dan } N_i = \frac{-Q_i^n - F_i}{E_i}$$

$$E_{i+1} = 0 \text{ dan } F_{i+1} = -Q_{i+1}^n$$

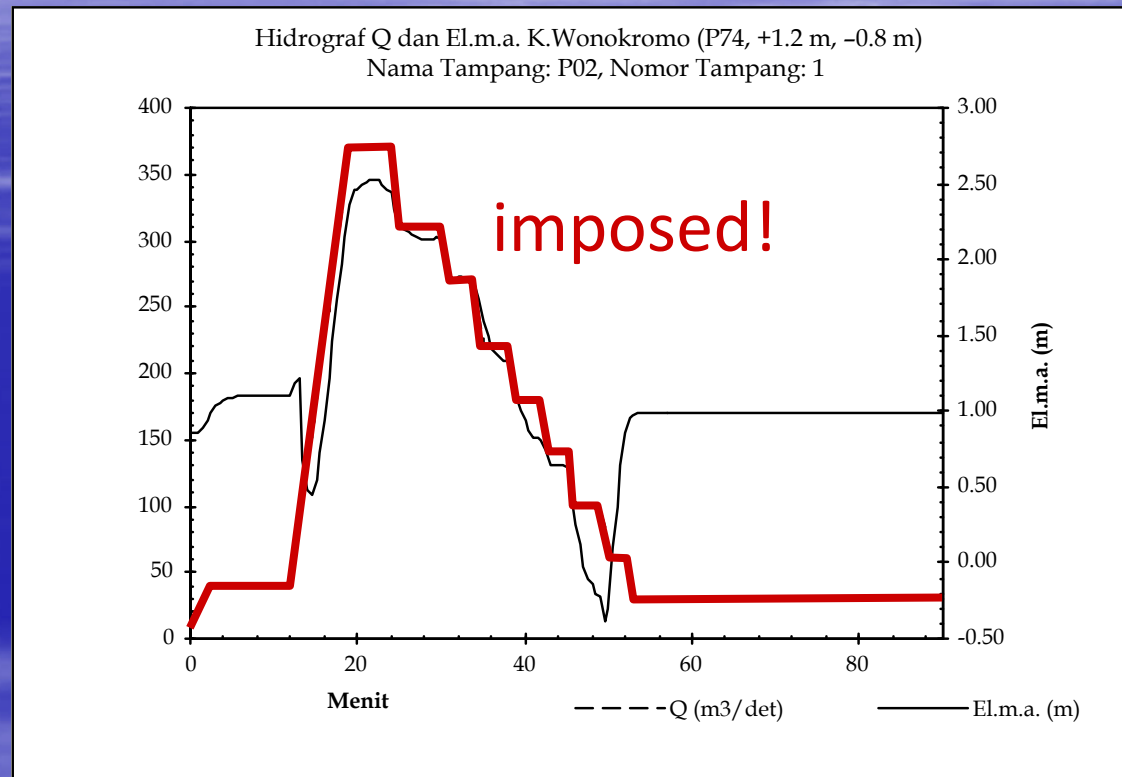
Pemodelan Matematik Numeris

- Pada penggal normal sungai, diskritisasi persamaan konservasi massa dan momentum digunakan.
- Pada penggal sungai di lokasi bendung karet digunakan diskritisasi:
 - persamaan bendung karet arus bebas atau menyelam, dan
 - pemutusan topologi, jika debit yang melalui bendung karet sama dengan nol.

Aplikasi di S. Wonokromo

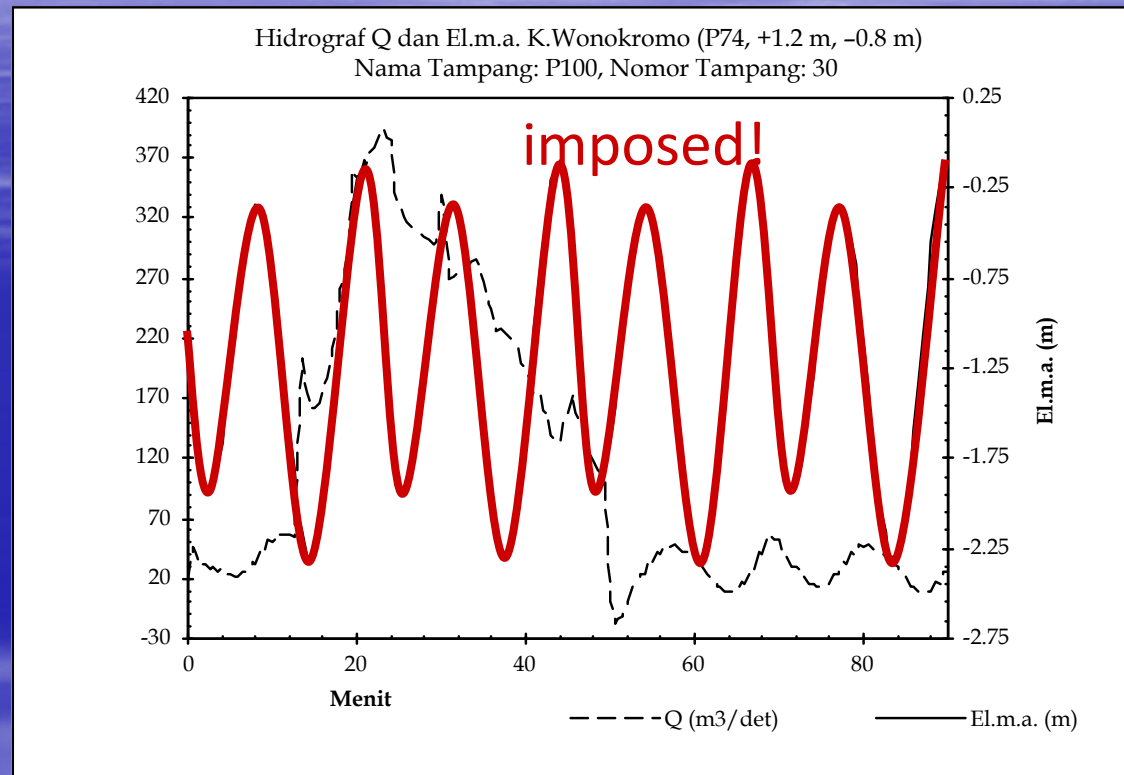
1. Debit rancangan yang keluar dari pintu air Jagir sebagai kondisi batas hulu,
2. Pasang surut rancangan di Selat Madura sebagai kondisi batas hilir,
3. Tampang lintang dan panjang Sungai Wonokromo sepanjang 9.8 km,
4. Kekasaran dasar sungai,
5. Karakteristik bendung karet yang dirancang: (a) data saat kembang: elevasi mercu +0.431 m, koefisien debit 0.8, lebar mercu 54.70 m, (b) data saat kempis: elevasi mercu -3.169 m, koefisien debit 0.8, lebar mercu 44.11 m

Batas hulu Pintu Jagir



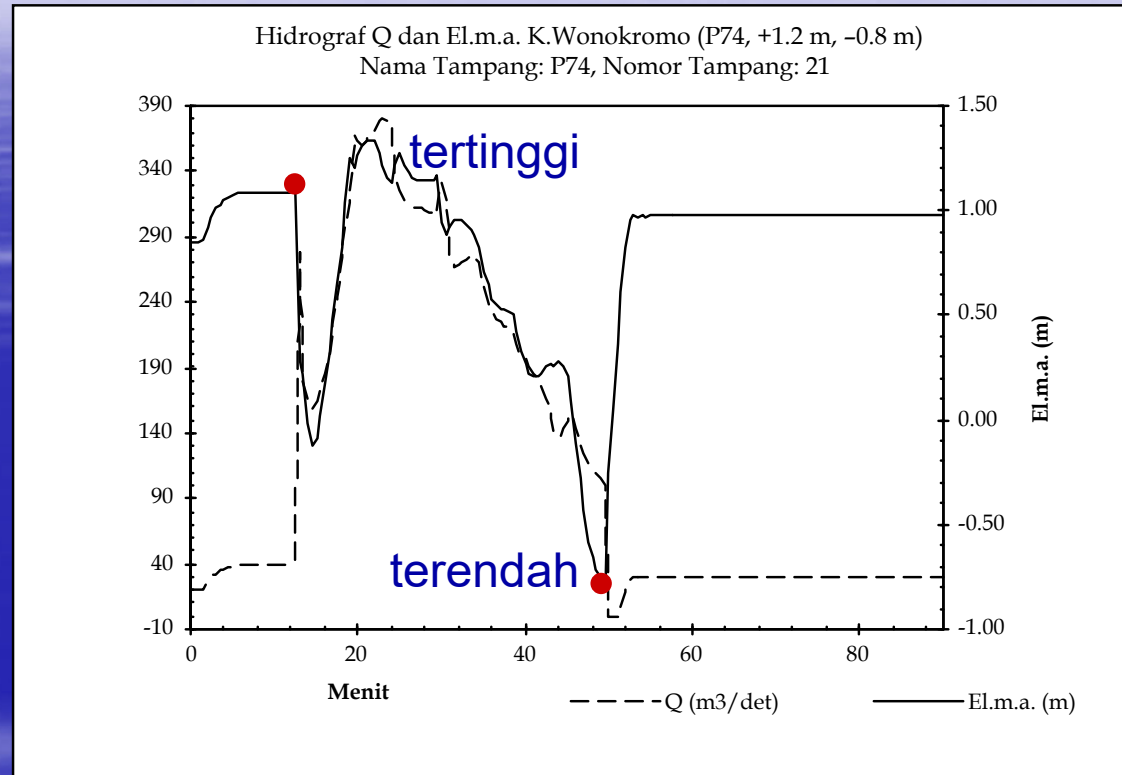
Debit dasar 20 m³/d dan debit puncak 370 m³/d

Batas hilir pasut Selat Madura



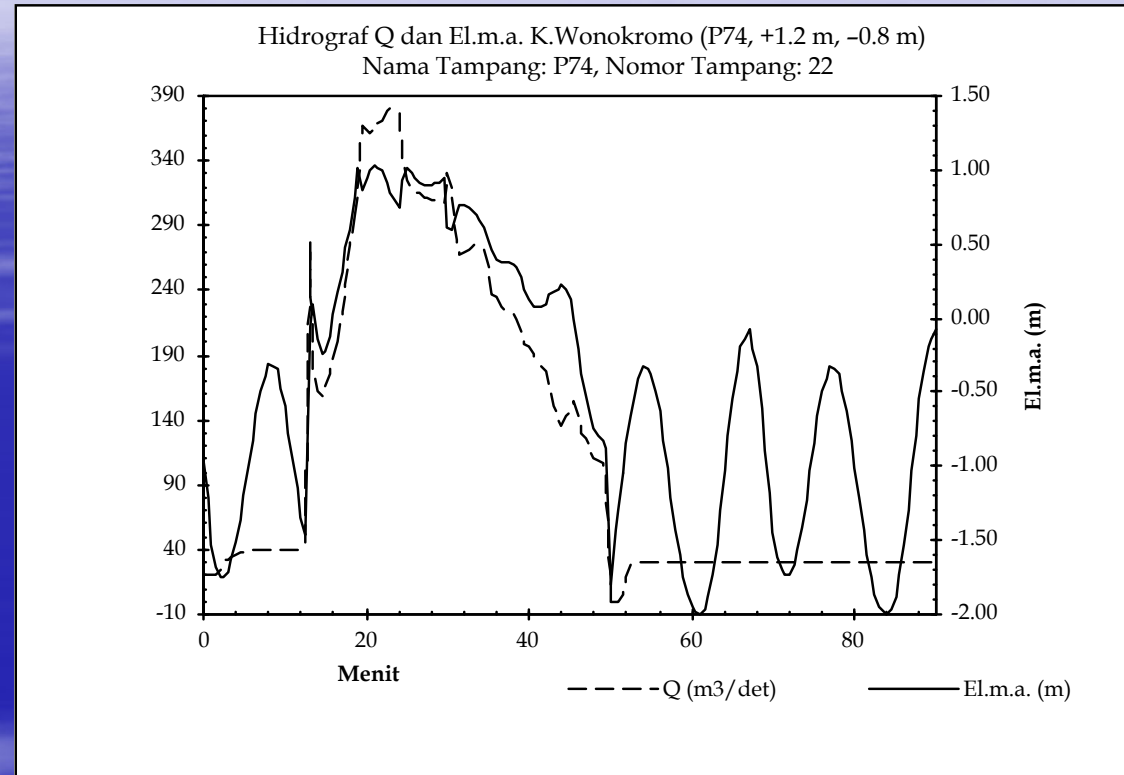
Elevasi pasang surut rancangan di Selat Madura.

Hasil: hidrodinamika hulu bendung



- Pada saat elevasi muka air sungai lebih tinggi dari elevasi kontrol maks **+1,20 m**, bendung karet Kempis.
- Pada saat elevasi muka air sungai lebih rendah dari elevasi kontrol min **-0,80 m**, bendung karet kembang.

Hasil: hidrodinamika hilir bendung



- Pada saat elevasi muka air sungai lebih tinggi dari elevasi kontrol maks **+1,20 m**, bendung karet Kempis.
- Pada saat elevasi muka air sungai lebih rendah dari elevasi kontrol min **-0,80 m**, bendung karet kembang.

Kesimpulan

- Dengan adanya model numerik bendung karet ini, maka simulasi perancangan elevasi kontrol dapat dilakukan lebih cepat dengan puluhan simulasi, tanpa membutuhkan waktu simulasi yang lama. Dalam hal ini model numerik akan lebih menguntungkan dibandingkan model fisik, karena kemudahan mengganti parameter elevasi kontrol.
- Model yang dihasilkan mampu menggambarkan hidrodinamika aliran sepanjang sungai baik pada saat bendung karet kembang, Kempis, serta pada saat tidak ada debit yang limpas mercu bendung karet.
- Penanganan pemutusan topologi pada saat bendung karet tidak melimpaskan air, dengan cara mereformulasikan kondisi batas hulu dan hilir pada lokasi bendung karet (pada saat tidak melimpaskan air), kedalam formulasi asli “sapuan ganda” menghasilkan suatu penyelesaian yang sangat sederhana namun sangat efisien.