



“PENGANTAR PERENCANAAN BENDUNG”

Diklat Pelatihan Teknologi
Bendung *Knock Down*

19 Juli 2018

Balai Uji Coba Sistem Diklat SDA dan Konstruksi



Latar Belakang

- Perkembangan teknologi pembangunan mengalami kemajuan pesat.
- Diperlukan konsep pembangunan yang lebih modern yang efektif dan efisien.
- Kerusakan bangunan air akibat degradasi dan gerusan lokal.

Bendung Tetap (*Weir*)



Bendung Juwero, Jawa Tengah

Bangunan melintang sungai atau sudetan, berfungsi untuk meninggikan muka air dengan **ambang tetap dengan material dari beton masif/pasangan** sehingga air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi untuk keperluan irigasi, air minum, industri dll. Kelebihan air dilimpahkan ke hilir yang dilengkapi dengan kolam olak dengan maksud untuk meredam energi akibat pembendungan.



Bendung Gerak (*Barrage*)



Bendung Walahar, Krawang, Jabar



Bendung Pamarayan, Banten

Bangunan melintang sungai atau sudetan, berfungsi untuk meninggikan muka air dengan **ambang tetap yang rendah dilengkapi dengan pintu-pintu** yang dapat digerakkan secara vertikal atau radial, sehingga air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi untuk keperluan irigasi, air minum, industri dll. Kelebihan air dilimpahkan ke hilir dengan membuka pintu.

Bendung Modular (*Knock Down*)



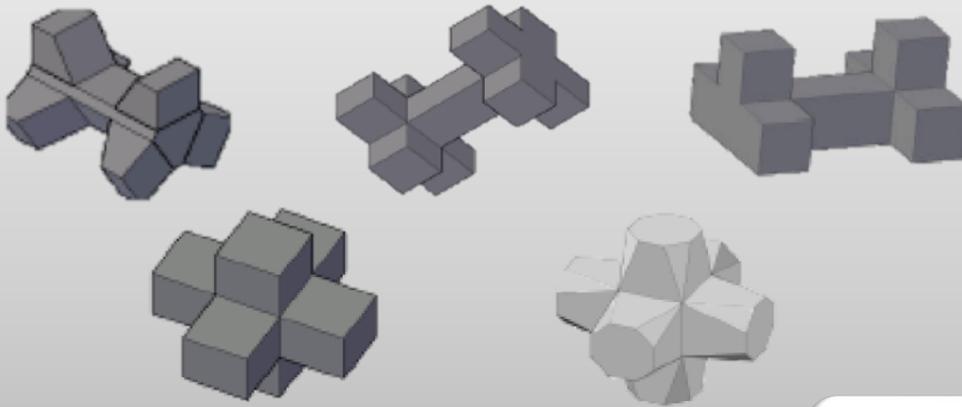
Bendung Cikarag, Majalengka, Jabar



Bangunan Pengendali Sedimen Batujai, Lombok

Bangunan melintang sungai atau sudetan, berfungsi untuk meninggikan muka air/menahan sedimen dengan **ambang tetap dengan material dari susunan blok beton terkunci** sehingga air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi untuk keperluan irigasi, air minum, industri dll. Kelebihan air dilimpahkan ke hilir yang dilengkapi dengan kolam olak dengan maksud untuk meredam energi.

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI BLOK BETON



- Tetrafort – pelindung pantai
- Blok beton kubus kaki 6 – pelindung gerusan lokal

- Blok beton terkunci kaki 6
- pelindung dasar sungai
- Blok beton terkunci kaki 8
- pengendali sedimen
- bendung





PUSAIR

PEMANFAATAN TEKNOLOGI BLOK BETON

- **Bangunan pengaman gerusan lokal
(di Bendung Gerak Pamarayan)**
- **Bangunan pengendali dasar sungai
(di jembatan Cibarusah dan Cibadak)**
- **Bendung Tradisional
(Bendung Cikarag, Bantarujek, Majalengka)**
- **Bangunan pengendali sedimen
(di Batujai, Lombok, Nusa Tenggara Barat)**
- **Bendung Irigasi
(Bendung Tiley, Morotai, Maluku Utara)**



KEUNGGULAN

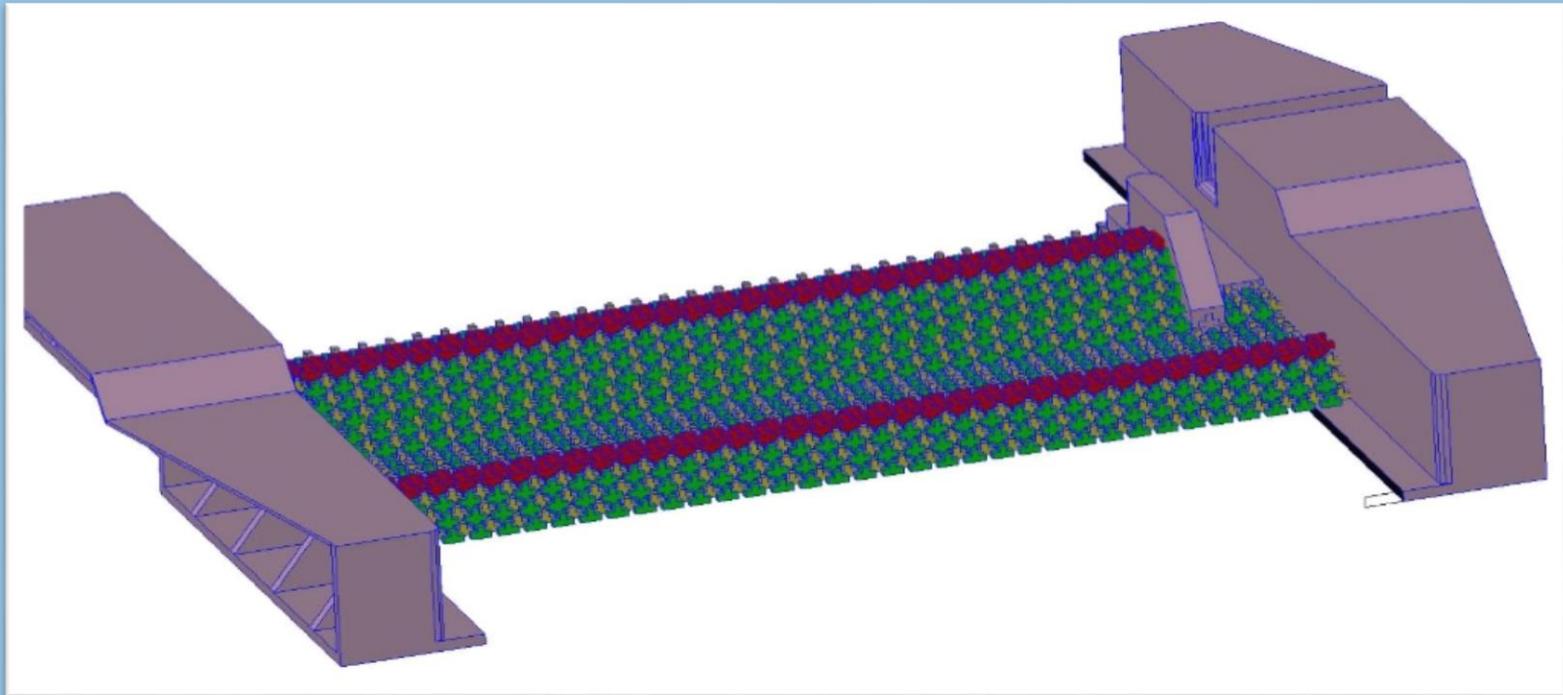
- **Fleksibel**, dapat beradaptasi dengan perubahan dasar sungai,
- **Modular**, kerusakan yang terjadi pada bangunan dapat diganti sesuai dengan bagian yang mengalami kerusakan,
- **Cost-effective**, menekan kebutuhan biaya konstruksi,
- **Time-saving**, menghemat waktu pengerjaan konstruksi.



PERMASALAHAN

- **Lahan**, untuk penempatan blok beton yang belum terpasang,
- **Pemeliharaan**,
 - pembersihan/pembuangan sampah/dahan pohon yang menyangkut,
 - penempatan kembali blok beton yang terbawa arus/aliran sungai

Desain Tiga Dimensi





Data dan Informasi

- 1) Data kebutuhan air
- 2) Data topografi
- 3) Data hidrologi
- 4) Data morfologi sungai
- 5) Data geologi
- 6) Data mekanika tanah
- 7) Standar untuk perencanaan
- 8) Data lingkungan dan ekologi
- 9) Data bahan bangunan



Data Kebutuhan Air

- 1) **Jumlah kebutuhan air irigasi** pada saat kebutuhan puncak dari irigasi untuk luas potensial irigasi dengan pembagian golongan atau tanpa golongan.
- 2) **Jumlah kebutuhan air minum** dengan proyeksi kebutuhan 25 tahun kedepan dengan mempertimbangkan kemungkinan perluasan kota, pemukiman dan pertumbuhan penduduk yang didapat dari institusi yang menangani air minum.
- 3) **Jumlah kebutuhan air baku** untuk industri terutama kawasan-kawasan industri dengan perkiraan pertumbuhan industri 10%.
- 4) **Jumlah kebutuhan air untuk penggelontoran limbah** perkotaan pada saluran pembuang perkotaan.
- 5) **Jumlah kebutuhan air untuk stabilitas aliran sungai** dan kehidupan biota air (dalam rangka penyiapan OP bendung).



Data Topografi

- 1) **Peta Rupa Bumi** sebagai peta dasar dengan skala 1:50.000 atau lebih besar yang menunjukkan hulu sungai sampai muara. Apabila tidak tersedia peta rupa bumi 1:50.000 maka dapat dipergunakan peta satelit sebagai informasi awal lokasi bangunan dan informasi lokasi daerah studi.
- 2) **Peta situasi sungai** dimana ada rencana bangunan utama akan dibuat dengan skala 1:2.000. Peta itu harus meliputi jarak 1 km ke hulu dan 1 km ke hilir dari bangunan utama, dan melebar 250 dari masing-masing tepi sungai termasuk bantaran sungai.
- 3) Gambar **potongan memanjang sungai** dengan **potongan melintang** setiap 50 m. Potongan memanjang dengan skala horisontal 1:2.000; skala vertikal 1:200.
- 4) **Pengukuran situasi bendung** dengan skala 1:200 atau 1:500 untuk areal seluas kurang lebih 50 ha.

Jika tersedia **foto udara** atau **citra satelit** dari berbagai tahun pengambilan akan lebih menguntungkan untuk penyelidikan perilaku dasar sungai.



Data Hidrologi

1) Debit Banjir

- Untuk perhitungan banjir rencana bendung: periode ulang 100 tahun.
- Untuk tanggul banjir udik dan keamanan bangunan utama: periode ulang 1000 tahun.
- Untuk tanggul banjir di hilir bendung: periode ulang 5 – 25 tahun
- Debit banjir dengan periode ulang 1, 5, 25, 50, 100 dan 1000 tahun.

2) Debit Andalan

Harus dihitung berdasarkan data debit aliran rendah, dengan panjang data minimal 20 tahun, untuk menilai luas daerah potensial yang dapat diairi dari sungai yang bersangkutan: biasanya periode ulang 5 tahun.

3) Neraca Air

Neraca air (*water balance*) seluruh sungai harus dibuat guna mempertimbangkan perubahan alokasi/penjatahan air akibat dibuatnya bangunan utama.



Data Morfologi Sungai

1) Data fisik morfologi sungai

- Kandungan dan ukuran sedimen di sungai tersebut
- Tipe dan ukuran sedimen dasar yang ada
- Pembagian (distribusi) ukuran butir dari sedimen yang ada
- Banyaknya sedimen dalam waktu tertentu
- Pembagian sedimen secara vertikal dalam sungai.
- Floting debris

2) Debit Historis

Data historis profil melintang sungai dan gejala terjadinya degradasi dan aggradasi sungai di mana lokasi bendung direncanakan dibangun.



Data Geometrik Sungai

Data geometri sungai yang dibutuhkan berupa bentuk dan ukuran dasar sungai terdalam, alur palung dan lembah sungai secara vertikal dan horisontal mencakup parameter-parameter:

- lebar sungai
- kemiringan dasar dan tebing
- ketinggian

Profil sungai, mencakup profil dasar, tebing alur dan palung sungai, merupakan data topografi.



Data Geologi & Mekanika Tanah

1) Geologi

Geologi permukaan suatu daerah harus diliput pada peta geologi permukaan.

Pada umumnya harus dilakukan pemboran untuk secara tepat mengetahui lapisan dan tipe batuan:

- Untuk merencanakan pondasi bendung.
- Tersedianya batu di daerah sekitar untuk menentukan lokasi bendung
- Keperluan bahan bangunan yang diperlukan (a.l. agregat untuk beton, batu untuk pasangan atau untuk batu candi, pasir dan kerikil).

Untuk memperhitungkan stabilitas bendung, kekuatan gempa perlu diketahui.

2) Mekanika Tanah

Sifat-sifat fisik tanah a.l. berat isi, kadar air, berat jenis tanah asli, konsistensi, distribusi butiran



Syarat-syarat Penentuan Lokasi Bendung

- ❑ Pertimbangan topografi
- ❑ Kemantapan geoteknik pondasi bendung
- ❑ Pengaruh hidraulik
- ❑ Pengaruh regime sungai
- ❑ Tingkat kesulitan saluran induk
- ❑ Lahan untuk bangunan pelengkap bendung
- ❑ Luas layanan irigasi
- ❑ Luas daerah tangkapan air
- ❑ Tingkat kemudahan pencapaian
- ❑ Biaya pembangunan
- ❑ Kesepakatan pemangku kepentingan (*stakeholder*)



PUSAIR

Pertimbangan Topografi

- ❑ Topografi sebaiknya dipilih lembah sempit dan tidak terlalu dalam dengan mempertimbangkan topografi di daerah tangkapan air maupun daerah layanan irigasi.
- ❑ Topografi pada lokasi yang direncanakan sangat mempengaruhi perencanaan dan biaya pelaksanaan bangunan utama: harus cukup tempat di tepi sungai untuk membuat kompleks bangunan utama termasuk kantong lumpur dan bangunan pembilas.
- ❑ Topografi sangat mempengaruhi panjang serta tata letak tanggul banjir dan tanggul penutup,
- ❑ Topografi harus dipelajari untuk membuat perencanaan trase saluran primer yang tidak terlalu mahal.



Pertimbangan Geologi Teknik

- Keadaan geoteknik pondasi bendung harus terdiri dari formasi batuan yang baik dan mantap. Pada tanah aluvial kemantapan pondasi ditunjukkan dengan angka *Standard Penetration Test* (SPT) > 40 . Bila angka SPT < 40 sedang batuan keras jauh di bawah permukaan, dalam batas-batas tertentu dapat dibangun bendung dengan tiang pancang. Namun jika tiang pancang terlalu dalam dan mahal sebaiknya dipertimbangkan pindah lokasi.
- Geoteknik sebaiknya dipilih dasar sungai yang mempunyai daya dukung kuat, stratigrafi lapisan batuan miring ke arah hulu, tidak ada sesar aktif, tidak ada erosi buluh, dan dasar sungai hilir bendung tahan terhadap gerusan air. Di samping itu diusahakan keadaan batuan tebing kanan dan kiri bendung cukup kuat dan stabil serta relatif tidak terdapat bocoran samping.



Pertimbangan Hidraulik

- Kondisi hidraulik sebaiknya dipilih bagian sungai yang lurus.
- Jika bagian sungai lurus tidak didapatkan, lokasi bendung ditolerir pada belokan sungai; dengan syarat posisi bangunan intake harus terletak pada tikungan luar dan terdapat bagian sungai yang lurus di hulu bendung.
- Jika kondisi hidraulik tersebut tidak terpenuhi perlu dipertimbangkan pembuatan bendung di sudetan (kopur) atau dilakukan rekayasa perbaikan sungai (*river training*).
- Jika alternatif sudetan yang dipilih maka bagian hulu bendung pada sudetan harus lurus dan cukup panjang untuk mendapatkan keadaan hidraulis yang cukup baik.



Pertimbangan Regime Sungai

- Regime sungai mempunyai pengaruh yang dominan yaitu pengaruh endapan atau gerusan sungai, kecuali di pegunungan ditemukan lokasi bendung dengan dasar sungai dari batuan yang cukup kuat, sehingga mempunyai daya tahan batuan terhadap gerusan air yang sangat besar, maka regime sungai hampir tidak mempunyai pengaruh terhadap lokasi bendung.
- Khusus untuk bendung modular disarankan lokasi pada ruas bagian tengah dan hilir (*middle – lower reach*) dengan material dasar sungai dominan pasir sampai kerikil.
- Yang perlu dihindari adalah lokasi di mana terjadi perubahan kemiringan sungai yang mendadak, karena pada lokasi ini akan terjadi endapan atau gerusan yang tinggi.



Pertimbangan Saluran Induk

- Lokasi bendung dipilih sedemikian sehingga pembangunan saluran induk dekat bendung tidak terlalu sulit dan tidak terlalu mahal.
- Apabila lokasi bendung dikaki bukit, maka saluran induk biasanya berupa saluran kontur pada kaki bukit yang pelaksanaannya tidak terlalu sulit. Namun hal ini biasanya elevasi mercu bendung sangat terbatas, sehingga luas layanan irigasi juga terbatas. Hal ini disebabkan karena tinggi bendung dibatasi 6-7 m saja.
- Untuk mengejar ketinggian dalam rangka mendapatkan luas layanan yang lebih luas, biasanya lokasi bendung digeser ke hulu → saluran induk harus menyusuri tebing terjal dengan galian yang cukup tinggi. Usahakan ketinggian galian < 8 m dan timbunan < 6 m.
- Apabila volume batuan besar dan harus digali dengan teknik peledakan → biaya mahal, sehingga lokasi bendung digeser sedikit ke hilir untuk mendapatkan solusi yang kompromis antara luas area yang didapat dan kemudahan pembuatan saluran induk.



Pertimbangan Lahan

- Lokasi bendung harus mempertimbangkan lahan untuk keperluan bangunan pelengkap bendung, terutama bangunan penangkap sedimen dan saluran penguras, biasanya memerlukan panjang 300 - 500 m dengan lebar 40 - 60 m, di sisi kiri dan/atau kanan tubuh bendung.
- Khusus untuk bendung modular, perlu lahan untuk penempatan blok beton yang belum terpasang.
- Lahan tambahan diperlukan untuk satu kantor, satu gudang dan 2-3 rumah penjaga bendung. Pengalaman selama ini sebuah rumah penjaga bendung tidak memadai, karena penghuni tunggal akan terasa jenuh dan cenderung meninggalkan lokasi.



Pertimbangan Luas Layanan Irigasi

- Lokasi bendung harus dipilih sedemikian sehingga dapat memberikan luas layanan yang memadai terkait dengan kelayakan sistem irigasi. Lokasi bendung ke arah hulu akan mendapatkan luas layanan cenderung lebih besar dari hilir bendung. Namun demikian justifikasi dilakukan untuk mengecek hubungan antara tinggi luas layanan irigasi.
- Tinggi bendung sebaiknya dibatasi 6 – 7 m.
- Kadang-kadang dengan penurunan tinggi mercu 1 m, dapat menghemat biaya pembangunan dan hanya mengakibatkan pengurangan luas beberapa puluh hektar saja.
- Oleh karena itu kajian tentang kombinasi tinggi bendung dan luas layanan irigasi perlu dicermati sebelum diambil keputusan final.



Pertimbangan Luas Daerah Tangkapan Air

- Lokasi bendung harus dipilih dengan mempertimbangkan luas daerah tangkapan, terkait dengan debit andalan yang didapat dan debit banjir yang mungkin terjadi. Pada percabangan sungai, lokasi bendung harus dipilih sebelah hulu atau hilir cabang anak sungai.
- Pemilihan sebelah hilir akan mendapatkan daerah tangkapan air dan debit andalan lebih besar, yang muaranya akan mendapatkan potensi irigasi lebih besar. Namun pada saat banjir elevasi dekster harus tinggi untuk menampung banjir 100 tahunan ditambah tinggi jagaan (*free board*) atau menampung debit 1.000 tahunan tanpa tinggi jagaan.
- Lokasi di hulu anak cabang sungai akan mendapatkan debit andalan dan debit banjir relatif kecil, namun harus membuat bangunan silang sungai untuk membawa air ke hilirnya.
- Kajian teknis, ekonomis, dan sosial harus dilakukan dalam memilih lokasi bendung terkait dengan luas daerah tangkapan air.



Pertimbangan Kemudahan Pencapaian Lokasi

- Lokasi bendung harus relatif mudah dicapai untuk keperluan mobilisasi alat dan bahan saat pembangunan fisik maupun operasi dan pemeliharaan.
- Kemudahan melakukan inspeksi oleh aparat pemerintah juga harus dipertimbangkan masak-masak.



Pertimbangan Biaya Pembangunan

- Dalam pemilihan lokasi bendung, perlu adanya pertimbangan pemilihan beberapa alternatif lokasi, dengan memperhatikan faktor dominan.
- Faktor dominan tersebut ada yang saling memperkuat dan ada yang saling melemahkan. Dari beberapa alternatif tersebut selanjutnya dipertimbangkan metode pelaksanaannya serta pertimbangan lainnya antara lain dari segi O & P.
- Hal ini antara lain akan menentukan besarnya biaya pembangunan. Biasanya biaya pembangunan ini adalah pertimbangan terakhir untuk dapat memastikan lokasi bendung dan layak dilaksanakan.
- Pada akhirnya dipilih lokasi bendung dengan biaya konstruksi minimal dan memberikan output yang optimal.



Tahapan Perencanaan

- **Perencanaan Hidraulik**
 - lokasi bendung
 - mercu dan tubuh bendung
 - peredam energi
 - bangunan pembilas
 - bangunan pengambil
 - tembok pangkal dan tembok sayap
- **Uji Model Fisik**
- **Perencanaan Struktur (Bangunan Bawah)**
 - analisa stabilitas
 - lantai muka/dinding pancang
 - dinding penahan