



UMY
UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA



MODUL PRAKTIKUM PERANCANGAN KEAIRAN



NAMA :
NIM :
KELAS :
ASISTEN :

LEMBAR PENGESAHAN

MODUL PRAKTIKUM PERANCANGAN KEAIRAN

TSH 6705

SEMESTER GENAP 2019/2020

TIM PENYUSUN

Ketua : Nursetiawan, S.T., M.T., Ph.D

Anggota : Puji Harsanto, S.T., M.T, Ph.D.

Dr. Wilis Diana, S.T., M.T.

Ir. Mandiyo Prio, M.T.

Modul Praktikum Perancangan Keairan ini digunakan dalam pelaksanaan Praktikum Perancangan Keairan Semester Genap Tahun Ajaran 2019/2020 Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Modul ini telah disetujui dan diperiksa oleh tim asisten praktikum dan dosen Mata Kuliah Perancangan Keairan.

Yogyakarta, 2-Februari-2020

Ketua Program Studi



Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan Modul Praktikum Perancangan Keairan. Modul ini disusun sebagai panduan untuk mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dalam Praktikum Mata Kuliah Perancangan Keairan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan modul ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Akan tetapi, modul ini masih jauh dari sempurna dan tidak memuat semua materi yang mencakup semua materi perancangan keairan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kualitas modul yang lebih baik.

Semoga modul ini bermanfaat untuk para mahasiswa yang sedang bersemangat menuntut ilmu.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Februari 2020

Tim Dosen dan Tim Asisten
Praktikum Perancangan Keairan

**DAFTAR PENYUSUN MODUL
PRAKTIKUM PERANCANGAN KEAIRAN**

Tim Dosen Periode 2019/2020

No.	Nama Dosen	Jabatan
1	Nursetiawan, S.T., M.T., Ph.D.	Dosen Koordinator
2	Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D.	Dosen Mata Kuliah
3	Dr. Willis Diana, ST, M.T.	Dosen Mata Kuliah
4	Ir. Mandiyo Priyo, M.T.	Dosen Mata Kuliah
5	Dr. M. Heri Zulfiar, S.T., M.T.	Dosen Mata Kuliah

Tim Asisten Periode 2019/2020

No.	NIM	Nama Asisten	Jabatan
1	20160110135	Lambang Prasetyo	Koordinator
2	20160110066	Risky Dwi Erlinda	Anggota
3	20160110070	Suci Kusumaningsih	Anggota
4	20160110095	M. Ghutsni Faisal	Anggota
5	20160110172	Fahmi Fahrudin H	Anggota
6	20160110174	M. Abidzar	Anggota
7	20160110182	Sonia Dina R	Anggota
8	20160110202	M. Farhan Yazid	Anggota
9	20160110230	I'anutul Hamdiyah	Anggota
10	20160110232	Danu Adi H	Anggota

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR PENYUSUN MODUL.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan.....	2
1.3. Pedoman Teknis Praktikum	2
1.4. Acuan Normatif	3
BAB 2 BAGIAN–BAGIAN BENDUNG	4
2.1. Bagian-Bagian Utama Bendung	4
2.2. Bangunan Pelengkap.....	8
BAB 3 DATA PERENCANAAN	9
3.1. Data Perencanaan.....	9
3.2. Rekomendasi Syarat Pemilihan Lokasi Bendung	14
BAB 4 ANALISIS HIDROLOGI.....	16
4.1. Analisis Daerah Aliran Sungai (DAS).....	16
4.2. Analisis Curah Hujan.....	17
4.3. Analisis Frekuensi Curah Hujan	20
4.4. Perhitungan Debit Limpasan.....	24
4.5. Perhitungan Debit Banjir Rancangan.....	28
BAB 5 ANALISIS HIDRAULIKA	33
5.1. Analisis Hidraulika Pada Kondisi Existing.....	33
BAB 6 PERENCANAAN HIDROLIS (PELIMPAH)	36
6.1. Tipe Pelimpah	36
6.2. Lebar Efektif	38
6.3. Tinggi Pelimpah.....	40
6.4. Tinggi Tekan Di Atas Mercu	Error! Bookmark not defined.
6.5. Penggambaran Lengkung Mercu	41

6.6.	<i>Freeboard (Elevasi Drezrek)</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB 7	PERENCANAAN HIDROLIS (KOLAM OLAKAN)	43
7.1.	Tinggi Tekan Di Atas Mercu	Error! Bookmark not defined.
7.2.	Tipe Aliran	43
7.3.	Bilangan Froude	45
7.4.	Panjang Loncatan dan Kedalaman Hilir	45
7.5.	<i>Freeboard Hilir (Elevasi Drezrek)</i>	46
BAB 8	ANALISIS GEOTEKNIK	47
8.1.	Analisis Stabilitas Bendung	47
8.2.	Stabilitas Dinding Penahan Tanah	50
BAB 9	STANDAR MUTU BANGUNAN	61
9.1.	Persyaratan Bahan	61
9.2.	Berat Volume	61
9.3.	Beton	62
9.4.	Tulangan	64
BAB 10	GAMBAR DESAIN	66
10.1.	Ukuran Kertas	66
10.2.	Jenis dan Ketebalan Garis	67
10.3.	Jenis dan Ukuran Huruf	69
10.4.	Tata Letak dan Skala	69
10.5.	Tata Letak Simbol dan Keterangan Gambar	72
BAB 11	METODE KONSTRUKSI	74
11.1.	Jenis Pekerjaan	74
11.2.	Lokasi Pekerjaan	75
11.3.	Waktu Pelaksanaan Proyek dan Durasi Pekerjaan	76
BAB 12	RENCANA ANGGARAN BIAYA	79
12.1.	Perhitungan Volume Pekerjaan	79
12.2.	Harga Satuan Dasar (HSD)	80
12.3.	Harga Satuan Pekerjaan (HSP)	81
12.4.	Renacana Anggaran Biaya	82
DAFTAR PUSTAKA		

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sungai mempunyai peranan yang penting bagi kehidupan manusia. Salah satunya adalah sebagai sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi, penyediaan air minum, kebutuhan industri dan lain-lain. Kebutuhan air bagi kepentingan manusia semakin meningkat sehingga perlu dilakukan penelitian atau penyelidikan masalah ketersediaan air sungai dan kebutuhan area di sekelilingnya, agar pemanfaatan dapat digunakan secara efektif dan efisien, maka dibuatlah pembangunan bendung.

Pengaliran air dari sumber air berupa sungai atau danau ke jaringan irigasi untuk keperluan irigasi pertanian, pasokan air baku dan keperluan lainnya yang memerlukan suatu bangunan disebut dengan bangunan utama (Bendung).

Bendung atau Weir (*Diversion Structure*) merupakan bangunan (Komplek bangunan) melintasi sungai yang berfungsi mempertinggi elevasi air sungai dan membelokkan air agar dapat mengalir ke saluran dan masuk ke sawah untuk keperluan irigasi.

Untuk kepentingan keseimbangan lingkungan dan kebutuhan daerah di hilir bendung, maka aliran air sungai tidak diperbolehkan disadap seluruhnya. Namun harus tetap dialirkan sejumlah 5% dari debit yang ada.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia/SNI 03-2401-1991 tentang Pedoman Perencanaan Hidrologi dan Hidraulik untuk bangunan di sungai adalah Bangunan ini dapat didesain dan dibangun sebagai bangunan tetap, atau kombinasinya, dan harus dapat berfungsi untuk mengendalikan aliran dan angkutan muatan disungai sedemikian sehingga dengan menaikkan muka airnya, air dapat dimanfaatkan secara efisien sesuai dengan kebutuhannya.

Fungsi Utama dari bendung adalah untuk meningkatkan elevasi muka air dari sungai yang dibendung sehingga air bisa disadap dan dialirkan ke saluran lewat bangunan pengambilan (*intake structure*).

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia, terdapat 6 (enam) bangunan utama yang sudah pernah atau sering dibangun di Indonesia, antara lain: 1) Bendung Tetap 2) Bendung Gerak Vertikal 3) Bendung Karet (bendung gerak horizontal) 4) Bendung Saringan Bawah 5) Bendung Pengambilan.

1.2. Maksud dan Tujuan

Praktikum keairan dilakukan oleh mahasiswa semester enam Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan maksud dan tujuan sebagai berikut:

- a. melakukan pemodelan matematis menggunakan software ArcGIS untuk pemetaan suatu daerah yang selanjutnya digunakan untuk menganalisa aspek hidrologi pada daerah tersebut dari data curah hujan suatu wilayah menjadi debit banjir rancangan sebagai *input* data pada aspek hidraulika,
- b. melakukan pemodelan matematis menggunakan *software HEC-RAS* untuk menganalisa aspek hidraulika yang terjadi pada aliran.
- c. memahami, mengerti dan mengetahui perencanaan daerah aliran sungai untuk kebutuhan air irigasi, terutama dalam bidang perencanaan bangunan pengambilan air dan bangunan pelengkapannya mulai dari tahap awal sampai akhir perencanaan serta uji keamanan bangunan terhadap tekanan air sungai.

1.3. Pedoman Teknis Praktikum

Teknis pelaksanaan Praktikum Perancangan Keairan adalah sebagai berikut:

- a. Mahasiswa membuat suatu Peta DAS, yang memuat beberapa kriteria seperti Peta DAS dengan pembagian luasan stasiun hujan, Peta DAS dengan pembagian Tata Guna Lahan, dan Peta DAS dengan standar yang berlaku menggunakan *software ArcGIS 10.1* atau versi lainnya yang dapat dipakai,
- b. Mahasiswa menganalisis data dari Peta DAS tersebut untuk keperluan perhitungan Debit Limpasan Permukaan dan Debit Banjir,

Mahasiswa melakukan pemodelan hidraulika menggunakan *software HEC-RAS 4.1* atau versi lainnya untuk menganalisis perilaku hidraulika dari aliran terhadap penampang sungai menggunakan data debit yang diperoleh dari analisis hidrologi dan data *cross section* sungai untuk menggambarkan kondisi *existing* sungai tersebut,

Mahasiswa merancang cara merancang bangunan bendung untuk sungai untuk menaikkan muka air sungai sehingga dapat dialirkan ke daerah layan.

Mahasiswa menganalisis stabilitas tebing sungai ketika sungai tersebut harus dinormalisasi dan menambahkan struktur penahan tanah untuk memperkuat tebing sungai tersebut apabila dibutuhkan,

Mahasiswa melakukan analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan memperhatikan metode konstruksi yang tepat,

Laporan Praktikum diperiksa oleh asisten praktikum sesuai dengan ketentuan yang berlaku yang akan disampaikan saat tutorial praktikum.

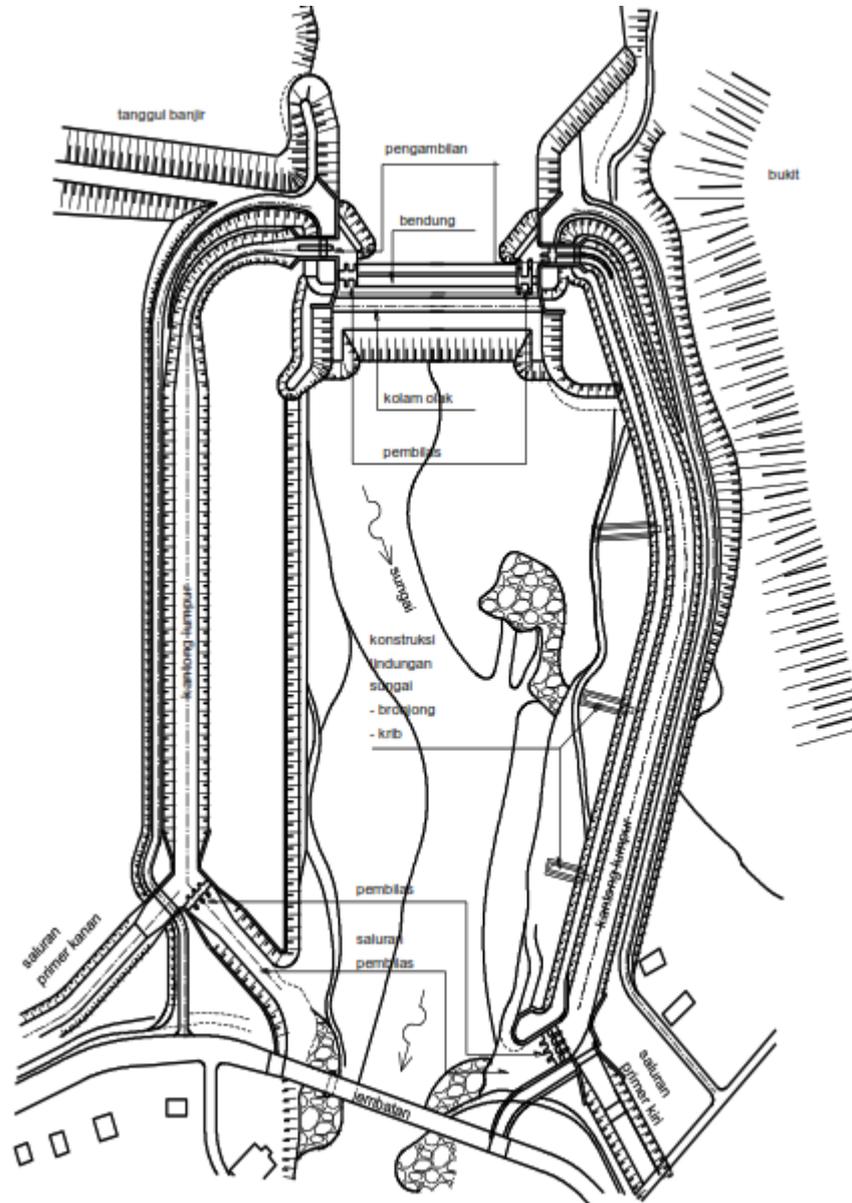
1.4. Acuan Normatif

Acuan normative yang digunakan dalam Praktikum Keairan:

- a. SNI 1724:2015 tentang Analisis Hidrologi, Hidraulik, dan Kriteria Desain Bangunan di Sungai,
- b. SNI 2415:2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana,
- c. Permen No.11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum,
- d. SNI 65502.2 – 2010 tentang Spesifikasi Penyajian Peta Rupa Bumi (Tema Penutup Lahan),
- e. Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum 2013, Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan (KP-02),
- f. Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum 2013, Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan (KP-04),
- g. Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum 2013, Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan (KP-06),

BAB 2 BAGIAN-BAGIAN BENDUNG

2.1. Bagian-Bagian Utama Bendung



Gambar 2.1. Bagian Utama

a. Bangunan Bendung

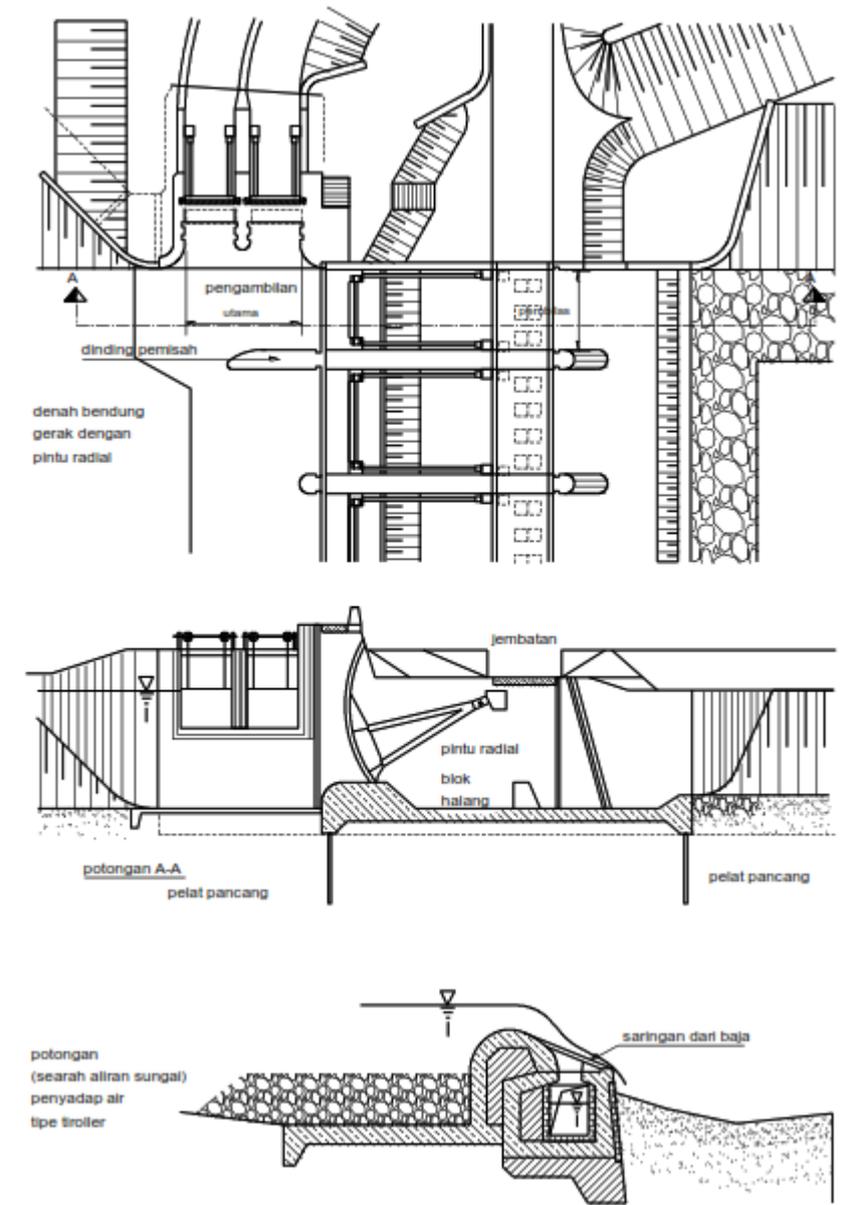
Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-02, bangunan bendung adalah bagian dari bangunan utama yang benar-benar dibangun di dalam air. Bangunan ini diperlukan untuk memungkinkan dibelokkannya air sungai ke jaringan irigasi, dengan jalan menaikkan

muka air di di sungai atau dengan memperlebar pengambilan di dasar sungai seperti pada tipe bendung saringan bawah (*bottom rack weir*).

Bila bangunan tersebut juga akan dipakai untuk mengatur elevasi air di sungai, maka ada dua tipe yang dapat digunakan, yakni:

- 1) bendung pelimpah
- 2) bendung gerak (*barrage*)

Gambar 2.2 memberikan beberapa tipe denah dan potongan melintang bendung gerak dan potongan melintang bendung saringan bawah.



Gambar 2.2. Denah dan Potongan Melintang Bendung Gerak dan Bendung Saringan Bawah

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-02, bendung adalah bangunan pelimpah melintang sungai yang memberikan tinggi muka air minimum kepada bangunan pengambilan untuk keperluan irigasi. Bendung merupakan penghalang selama terjadi banjir dan dapat menyebabkan genangan luas di daerah-daerah hulu bendung tersebut.

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-02, bendung gerak adalah bangunan berpintu yang dibuka selama aliran besar; masalah yang ditimbulkannya selama banjir kecil saja. Bendung gerak dapat mengatur muka air di depan pengambilan agar air yang masuk tetap sesuai dengan kebutuhan irigasi. Bendung gerak mempunyai kesulitan eksploitasi karena pintunya harus tetap dijaga dan dioperasikan dengan baik dalam keadaan apa pun.

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-02, bendung saringan bawah adalah tipe bangunan yang dapat menyadap air dari sungai tanpa terpengaruh oleh tinggi muka air. Tipe ini terdiri dari sebuah parit terbuka yang terletak tegak lurus terhadap aliran sungai. Jeruji Baja (saringan) berfungsi untuk mencegah masuknya batu-batu bongkah ke dalam parit. Sebenarnya bongkah dan batu-batu dihanyutkan ke bagian hilir sungai. Bangunan ini digunakan di bagian/ruas atas sungai di mana sungai hanya mengangkut bahan-bahan yang berukuran sangat besar.

Untuk keperluan-keperluan irigasi, bukanlah selalu merupakan keharusan untuk meninggikan muka air di sungai. Jika muka air sungai cukup tinggi, dapat dipertimbangkan pembuatan pengambilan bebas; bangunan yang dapat mengambil air dalam jumlah yang cukup banyak selama waktu pemberian air irigasi, tanpa membutuhkan tinggi muka air tetap di sungai.

Dalam hal ini pompa dapat juga dipakai untuk menaikkan air sampai elevasi yang diperlukan. Akan tetapi, karena biaya pengelolannya tinggi, maka harga air irigasi mungkin menjadi terlalu tinggi pula.

b. Intake

Pengambilan (lihat Gambar 2.3) adalah sebuah bangunan berupa pintu air. Air irigasi dibelokkan dari sungai melalui bangunan ini. Pertimbangan utama dalam merencanakan sebuah bangunan pengambilan adalah debit rencana pengelakan sedimen.

c. Pembilas

Pada tubuh bendung tepat di hilir pengambilan, dibuat bangunan pembilas (lihat Gambar 3) guna mencegah masuknya bahan sedimen kasar ke dalam jaringan saluran irigasi. Pembilas dapat direncanakan sebagai ini.

- 1) Pembilas pada tubuh bending dekat pengambilan
- 2) Pembilas bawah (*Undersluice*)
- 3) *hunt undersluice*
- 4) Pembilas bawah tipe boks

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

Perencanaan pembilas dengan dinding pemisah dan pembilas bawah telah diuji dengan berbagai penyelidikan model.

d. Kantong lumpur

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

e. Lantai muka

Lantai muka pada bendung sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya tekanan yang terjadi akibat gaya tekan ke atas dibawah lantai dan tekanan air di atas lantai muka, yang dapat mengakibatkan erosi di bawah tanah dan kehilangan beda tinggi energi per satuan panjang pada jalur rembesan.

f. Kolam olak

Kolam olakan adalah sebuah bangunan yang terletak di hilir bendung yang dibuat sedemikian rupa yang berfungsi untuk menahan energi jatuh air dari atas mercu bendung, sehingga pada daerah hilir ini scouring atau gerusan dapat dikurangi.

g. Perkuatan sungai

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

- 1) Banunan perkuatan sungai guna melindungi bangunan terhadap kerusakan akibat penggerusan dan sedimentasi. Pekerjaan-pekerjaan ini umumnya berupa krib, matras batu, pasangan batu kosong dan dinding pengarah.
- 2) Tanggul banjir untuk melindungi lahan yang berdekatan terhadap genangan akibat banjir.
- 3) Saringan bongkah untuk melindungi pengambilan atau pembilas, agar bongkah tidak menyumbat bangunan selama terjadi banjir.
- 4) Tanggul penutup untuk menutup bagian sungai lama atau, bila bangunan bendung dibuat di kopur, untuk mengelakkan sungai melalui bangunan tersebut.

2.2. Bangunan Pelengkap

a. Pintu Air

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-02, pintu air merupakan struktur bendungan yang berguna untuk mengatur aliran air baik masuk maupun keluar yang terdiri dari daun pintu, rangka pengatur arah gerakan, angker dan *hoist*. Daun pintu yang berguna untuk menahan tekanan air, sedangkan rangka pengatur gerakan berguna untuk menjaga agar daun pintu bergerak sesuai dengan perencanaan. Bagian angker sendiri berfungsi untuk menopang rangka pengatur arah gerakan. Hal ini berguna untuk memindahkan muatan dari pintu air ke dalam konstruksi beton. Dan bagian *hoist* berguna untuk mengatur daun pintu agar mudah untuk dibuka maupun ditutup.

b. *Trashrack*

Saringan yang dipasang pada bagian muka pintu pengambilan sipon, pompa dll, untuk menyaring sampah dan benda-benda yang terapung.

c. Jembatan/jembatan inspeksi/akses

Jembatan di atas bendung, agar seluruh bagian bangunan utama mudah di jangkau, atau agar bagian-bagian itu terbuka untuk umum.

BAB 3

DATA PERENCANAAN

3.1. Data Perencanaan

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-02, data-data yang dibutuhkan untuk perencanaan bangunan utama dalam suatu jaringan irigasi adalah:

- a. Data kebutuhan air multisektor: merupakan data kebutuhan air yang diperlukan dan meliputi jumlah air yang diperlukan untuk irigasi pertanian, jumlah kebutuhan air minum, jumlah kebutuhan air baku untuk rumah tangga penggelontoran limbah kota dan air untuk stabilitas aliran sungai dan kehidupan biota alami.
- b. Data topografi: peta yang meliputi seluruh daerah aliran sungai peta situasi untuk letak bangunan utama; gambar-gambar potongan memanjang dan melintang sungai di sebelah hulu maupun hilir dari kedudukan bangunan utama.
- c. Data hidrologi: data aliran sungai yang meliputi data banjir yang andal. Data ini harus mencakup beberapa periode ulang; daerah hujan; tipe tanah dan vegetasi yang terdapat di daerah aliran. Elevasi tanah dan luas lahan yang akan didrain menyusut luas.
- d. Data morfologi: kandungan sedimen, kandungan sedimen dasar (bedload) maupun layang (suspended load) termasuk distribusi ukuran butir, perubahan-perubahan yang terjadi pada dasar sungai, secara horisontal maupun vertikal, unsur kimiawi sedimen.
- e. Data mekanika tanah: bahan pondasi, bahan konstruksi, sumber bahan timbunan, batu untuk pasangan batu kosong, agregat untuk beton, batu belah untuk pasangan batu, parameter tanah yang harus digunakan.
- f. Standar untuk perencanaan: peraturan dan standar yang telah ditetapkan secara nasional, seperti PBI beton, daftar baja, konstruksi kayu Indonesia, dan sebagainya.
- g. Data lingkungan dan ekologi.
- h. Data elevasi bendung sebagai hasil perhitungan muka air saluran dan dari luas sawah yang diairi.

3.1.1. Data Kebutuhan Air Multisektor

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-02, data-data jumlah kebutuhan air yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. Jumlah kebutuhan air irigasi pada saat kebutuhan puncak dari irigasi untuk luas potensial irigasi dengan pembagian golongan atau tanpa golongan.
- b. 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.

- c. Jumlah kebutuhan air baku untuk industri terutama kawasan-kawasan industri dengan perkiraan pertumbuhan industri.
- d. Jumlah kebutuhan air untuk penggelontoran limbah perkotaan pada saluran pembuang perkotaan.
- e. Jumlah kebutuhan air untuk stabilitas aliran sungai dan kehidupan biota air.

3.1.2. Data Topografi

Menurut Standar Perencanaan Irigasi KP-02. data-data topografi yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- a. Peta Rupa Bumi sebagai peta dasar dengan skala 1:50.000 atau lebih besar yang menunjukkan hulu sungai sampai muara. Garis-garis ketinggian (kontur) setiap 25 m sehingga dapat diukur profil memanjang sungai dan luas daerah aliran sungainya. Dalam hal tidak tersedia peta rupa bumi 1:50.000 maka dapat dipergunakan peta satelit sebagai informasi awal lokasi bangunan dan informasi lokasi daerah studi. Namun demikian peta satelit ini tidak bisa menggantikan peta rupa bumi skala 1:50.000.
- b. Peta situasi sungai di mana ada rencana bangunan utama akan dibuat. Peta ini sebaiknya berskala 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. Garis ketinggian setiap 1,0 m, kecuali di dasar sungai garis ketinggian setiap 0,50 m. Peta itu harus mencakup lokasi alternatif yang sudah diidentifikasi serta panjang yang diliput harus memadai agar dapat diperoleh informasi mengenai bentuk denah sungai dan memungkinkan dibuatnya sodetan/kopur dan juga untuk merencana tata letak dan trase tanggul penutup. Peta itu harus mencantumkan batas-batas yang penting, seperti batas-batas desa, sawah dan seluruh prasarannya. Harus ditunjukkan pula titik-titik tetap (*Benchmark*) yang ditempatkan di sekitar daerah yang bersangkutan, lengkap dengan koordinat dan elevasinya.
- c. Gambar potongan memanjang sungai dengan potongan melintang setiap 50 m. Potongan memanjang skala horisontalnya 1:2000; skala vertikalnya 1:200. Skala untuk potongan melintang 1:200 horisontal dan 1:200 vertikal. Panjang potongan melintangnya adalah 50 m tepi sungai. Elevasi akan diukur pada jarak maksimum 25 m atau untuk beda ketinggian 0,25 m tergantung mana yang dapat dicapai lebih dahulu. Dalam potongan memanjang sungai, letak pencatat muka air otomatis (AWLR) dan

papan duga harus ditunjukkan dan titik nolnya harus diukur.

- d. Pengukuran situasi bendung dengan skala 1 : 200 atau 1 : 500 untuk areal seluas kurang lebih 50 ha (1.000x500 m²). Peta tersebut harus memperlihatkan bagian-bagian lokasi bangunan utama secara lengkap, termasuk lokasi kantong lumpur dan tanggul penutup dengan garis ketinggian setiap 0,25 m.

3.1.3. Data Hidrologi

a. Debit banjir

Data-data yang diperlukan untuk perencanaan bangunan utama adalah:

- 1) Data untuk menghitung berbagai besaran banjir rencana,
- 2) Data untuk menilai debit rendah andalan, dan
- 3) Data untuk membuat neraca air sungai secara keseluruhan

Banjir rencana maksimum untuk bangunan bendung diambil sebagai debit banjir dengan periode ulang 100 tahun. Banjir dengan periode ulang 1.000 tahun diperlukan untuk mengetahui tinggi tanggul banjir dan mengontrol keamanan bangunan utama.

Analisa perhitungan bentuk mercu dan permukaan tubuh bendung bagian hilir didasarkan atas debit yang paling dominan terhadap daya gerus dan daya hisap, yang ditetapkan debit dengan periode ulang 5-25 tahun.

Sedangkan analisa perhitungan kolam olak didasarkan atas debit dominan yang mengakibatkan efek degradasi dasar sungai di hilir kolam olak. Debit dominan ini sangat dipengaruhi oleh daya tahan formasi material dasar sungai terhadap gerusan, yang ditetapkan debit dengan periode ulang 25-100 tahun.

Untuk bangunan yang akan dibuat di hilir waduk, banjir rencana maksimum akan diambil sebagai debit dengan periode ulang 100 tahun dari daerah antara dam dan bangunan bendung, ditambah dengan aliran dari outflow waduk setelah dirouting yang disebabkan oleh banjir dengan periode ulang 100 tahun.

Elevasi tanggul hilir sungai dari bangunan utama didasarkan pada tinggi banjir dengan periode ulang 5 sampai 24 tahun. Periode ulang tersebut (5-25 tahun) akan ditetapkan berdasarkan jumlah penduduk yang terkena akibat banjir yang mungkin terjadi, serta pada nilai ekonomis tanah dan semua prasarannya. Biasanya di sebelah hulu bangunan utama tidak akan dibuat tanggul sungai untuk melindungi lahan dari genangan banjir.

Saluran pengelak, jika diperlukan selama pelaksanaan, biasanya direncana berdasarkan banjir dengan periode ulang 25 tahun, kecuali kalau perhitungan risiko menghasilkan periode ulang lain yang lebih cocok (lihat Bab 10.2 KP-02).

Rangkaian data debit banjir untuk berbagai periode ulang harus andal. Hal ini berarti bahwa harga-harga tersebut harus didasarkan pada catatan-catatan banjir yang sebenarnya yang mencakup jangka waktu lama (sekitar 20 tahun).

Apabila data semacam ini tidak tersedia (dan begitulah yang sering terjadi), kita harus menggunakan cara lain, misalnya berdasarkan data curah hujan di daerah aliran sungai. Jika ini tidak berhasil, kita usahakan cara lain berdasarkan data yang diperoleh dari daerah terdekat (untuk penjelasan lebih lanjut, lihat KP-01, Perencanaan Jaringan Irigasi). Debit banjir dengan periode-periode ulang berikut harus diperhitungkan 1, 5, 25, 50, 100, 1000 tahun.

b. Debit andalan

Debit andalan dihitung berdasarkan data debit aliran rendah, dengan panjang data minimal 20 tahun, debit andalan dibutuhkan untuk menilai luas daerah potensial yang dapat diairi dari sungai yang bersangkutan.

Perhitungan debit rendah andalan dengan periode ulang yang diperlukan (biasanya 5 tahun), dibutuhkan untuk menilai luas daerah potensial yang dapat diairi dari sungai yang bersangkutan.

Adalah penting untuk memperkirakan debit ini seakurat mungkin. Cara terbaik untuk memenuhi persyaratan ini adalah dengan melakukan pengukuran debit (atau membaca papan duga) tiap hari. Jika tidak tersedia data mengenai muka air dan debit, maka debit rendah harus di hitung berdasarkan curah hujan dan data limpasan air hujan dari daerah aliran sungai.

3.1.4. Data Morfologi

a. Morfologi

Data-data fisik yang diperlukan dari sungai untuk perencanaan bendung adalah sebagai berikut ini.

- 1) Kandungan dan ukuran sedimen di sungai tersebut.
- 2) Tipe dan ukuran sedimen dasar yang ada.
- 3) Pembagian (distribusi) ukuran butir dari sedimen yang ada.
- 4) Banyaknya sedimen dalam waktu tertentu.

Data historis profil melintang sungai dan gejala terjadinya degradasi dan agradasi sungai dimana lokasi bendungan direncanakan dibangun.

b. Geometrik sungai

Data geometric sungai yang dibutuhkan berupa bentuk dan ukuran dasar sungai terdalam, alur palung dan lembah sungai secara vertikal dan horizontal mencakup parameter-parameter yang disebut di bawah.

- 1) Lebar
- 2) Kemiringan
- 3) Ketinggian

Profil sungai, mencakup profil dasar, terbing alur dan palung sungai. Data tersebut merupakan data topografi.

3.1.5. Data Geologi Teknik

a. Geologi

Geologi permukaan suatu daerah harus diliputi pada peta geologi permukaan. Peta daerah dengan skala 1: 100.000 atau 1:50.000 , peta semidetil dengan skala 1:25.000 atau 1:5.000, peta detail dengan skala 1:2.000 atau 1:100.

Peta-peta tersebut harus menunjukkan geologi daerah yang bersangkutan, daerah pengambilan bahan bangunan, detail-detail geologis yang perlu diketahui oleh perekayasa, seperti: tipe batuan, daerah geser, sesar, daerah pecahan dan kemiringan lapisan. Berdasarkan pengamatan dari sumuran dan paritan uji, perubahan-perubahan yang terjadi dalam formasi tanah maupun tebal dan derajat pelapukan tanah penutup (*overburden*) harus diperkirakan.

Dalam banyak hal, pemboran mungkin diperlukan untuk secara tepat mengetahui lapisan dan tipe batuan. Hal ini sangat penting untuk pondasi bendung. Adalah perlu untuk mengetahui kekuatan pondasi maupun tersedianya batu di daerah sekitar untuk menentukan lokasi bendung itu sendiri, dan juga untuk keperluan bahan bangunan yang diperlukan, seperti misalnya agregat untuk beton, batu untuk pasangan atau untuk batu candi, pasir dan kerikil. Untuk memperhitungkan stabilitas bendung, kekuatan gempa perlu diketahui.

b. Data Mekanika Tanah

Cara terbaik untuk memperoleh data tanah pada lokasi bangunan bendung ialah dengan menggali sumur dan parit uji, karena sumuran dan paritan ini akan memungkinkan diadakannya pemeriksaan visual dan diperolehnya contoh tanah yang

tidak terganggu. Apabila pemboran memang harus dilakukan karena adanya lapisan air tanah atau karena dicatat dalam borlog. Kelulusan tanah harus diketahui agar gaya angkat dan perembesan dapat diperhitungkan.

3.1.6. Areal Layanan

Lokasi bendung harus dipilih sedemikian, sehingga luas layanan dan pengembangan irigasi dapat layak. Lokasi bendung kearah hulu akan mendapatkan luas layanan cenderung lebih besar dari hilir bendung. Namun demikian justifikasi dilakukan untuk mengecek hubungan antara tinggi luas layanan irigasi. Beberapa bendung yang sudah definitif, kadangkala dijumpai penurunan 1 m, yang dapat menghemat biaya pembangunan 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.

3.2. Rekomendasi Syarat Pemilihan Lokasi Bendung

- a. Topografi dipilih lembah sempit dan tidak terlalu dalam dengan mempertimbangkan topografi di daerah tangkapan air maupun daerah layanan irigasi.
- b. Geoteknik: 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. Disamping itu diusahakan keadaan batuan tebing kanan dan kiri bendung cukup kuat dan stabil serta relatif tidak terdapat bocoran samping.
- c. Hidraulik: 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 yang terakhir inipun tidak terpenuhi perlu dipertimbangkan pembuatan bendung di kopur atau dilakukan rekayasa perbaikan sungai (*river training*).
- d. *Regime* sungai: Hindari lokasi bendung pada bagian sungai dimana terjadi perubahan kemiringan sungai secara mendadak, dan hindari bagian sungai dengan belokan tajam. Pilih bagian sungai yang lurus mempunyai kemiringan relatif tetap sepanjang penggal tertentu.
- e. Saluran induk: Pilih lokasi bendung sedemikian sehingga pembangunan saluran induk dekat bendung tidak terlalu sulit dan tidak terlalu mahal. Hindari trace saluran menyusuri tebing terjal apalagi berbatu. Usahakan ketinggian galian tebing pada saluran induk kurang dari 8 m dan ketinggian timbunan kurang dari 6 m.

- f. Ruang untuk bangunan pelengkap: Lokasi bendung harus dapat menyediakan ruangan untuk bangunan pelengkap bendung, utamanya untuk kolam pengendap dan saluran penguras dengan panjang dan lebar masing-masing kurang lebih 300– 500 m dan 40 – 60 m.
- g. Luas layanan irigasi: Lokasi bendung harus sedemikian sehingga dapat memberikan luas layanan yang memadai terkait dengan kelayakan sistem irigasi. Elaborasi tinggi bendung (yang dibatasi sampai dengan 6 – 7 m), menggeser lokasi bendung ke hulu atau ke hilir, serta luas layanan irigasi harus dilakukan untuk menemukan kombinasi yang paling optimal.
- h. 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 menghantam bendung. Hal ini harus dikaitkan dengan luas layanan yang didapat dan ketinggian lantai layanan dan pembangunan bangunan melintang anak sungai (Jika ada).
- i. Pencapaian mudah: 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.
- j. Biaya pembangunan yang efisien : dari berbagai alternatif lokasi bendung dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang dominan, akhirnya dipilih lokasi bendung yang biaya konstruksinya minimal tetapi memberikan output yang optimal.
- k. Kesepakatan stakeholder: apapun keputusannya, yang penting adalah kesepakatan antar pemangku kepentingan lewat konsultasi publik. Untuk itu direkomendasikan melakukan sosialisasi pemilihan lokasi bendung.

BAB 4

ANALISIS HIDROLOGI

Menurut SNI 1724:2015, ilmu hidrologi adalah ilmu yang berhubungan dengan air yang terdapat di bumi, keterdapatannya, peredaran dan sebarannya, persifatan kimia dan fisiknya, reaksi dengan lingkungannya, termasuk hubungannya dengan makhluk hidup serta proses yang mengedalikan penyusutan dan pengisiulangan sumber daya air di daratan dan berbagai fase daur hidrologi.

Software ArcGIS dapat digunakan untuk mempermudah pemetaan daerah aliran sungai (DAS) dan menganalisis karakteristik DAS seperti luas DAS, luas lahan, kemiringan, dan panjang sungai. *Software* tersebut merupakan salah satu *software* yang dikembangkan oleh ESRI (*Environment Science & Research Institute*) yang merupakan kompilasi fungsi-fungsi dari berbagai macam *software GIS* yang berbeda seperti *GIS desktop*, *server*, dan *GIS berbasis web*. Fitur yang digunakan untuk pemetaan dan analisis hidrologi adalah *ArcMap*. *ArcMap* memiliki kemampuan utama untuk visualisasi, membangun data *base* spasial yang baru, memilih (*query*), *editing*, menciptakan desain-desain peta, analisis dan pembuatan tampilan akhir dalam laporan-laporan kegiatan.

Pembahasan tentang analisis hidrologi dalam praktikum ini terbatas pada hidrologi terapan. Mata kuliah Hidrologi Terapan yang sudah dilaksanakan pada semester sebelumnya akan dilanjutkan pembahasannya di Praktikum Perancangan Keairan. Modul ini hanya membahas *output* atau keluaran tentang analisis hidrologi dengan penggunaan *software ArcGIS*, sehingga untuk langkah-langkah pengerjaannya akan disampaikan pada saat tutorial sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

4.1. Analisis Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai adalah suatu daerah yang dibatasi oleh pemisah topografi yang menerima hujan, menampung, menyimpan dan mengalirkan ke sungai dan seterusnya ke danau atau ke laut. Sehingga dapat didefinisikan Daerah Aliran Sungai adalah sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas alam seperti punggung bukit-bukit atau gunung, maupun batas buatan seperti jalan atau tanggul dimana air hujan yang turun di wilayah tersebut memberi kontribusi aliran ke titik kontrol (*outlet*). *Software ArcGIS* dapat digunakan untuk penentuan batas DAS.

- 2) Penempatan alat ukur tersebar merata
- 3) Variasi data curah hujan antar stasiun setiap tahunnya tidak terlalu besar
- 4) Hujan yang terjadi dalam DAS bersifat homogen.

Metode ini merupakan cara yang paling sederhana, akan tetapi memberikan hasil yang tidak teliti. Rumus perhitungan metode aljabar adalah sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{\sum Ri}{n}$$

Dimana:

\bar{R} = Hujan rata-rata (mm)

R_i = Hujan masing-masing stasiun (ha)

n = Jumlah stasiun

b. Metode *Polygon Thiessen*

Metode ini didasarkan pada cara rata-rata timbang, dimana masing-masing stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua stasiun dengan planimeter, sehingga dapat dihitung luas daerah tiap stasiun (Sosrodarsono dan Takeda, 1976).

Hal-hal yang diperhatikan dalam metode ini adalah sebagai berikut:

- 1) Jumlah stasiun pengamatan minimal tiga buah.
- 2) Penambahan stasiun akan mengubah seluruh jaringan.
- 3) Topografi daerah tidak diperhitungkan.
- 4) Stasiun hujan tidak tersebar merata.

Metode ini memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu, dan luas tersebut merupakan faktor koreksi bagi hujan. Rumus umum perhitungan hujan rata-rata dengan metode *Thiessen* adalah sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{A_1 \cdot R_1 + A_2 \cdot R_2 + \dots + A_n \cdot R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Jika $\frac{A_1}{A} = p_1$ merupakan persentase luas pada pos I yang jumlahnya untuk

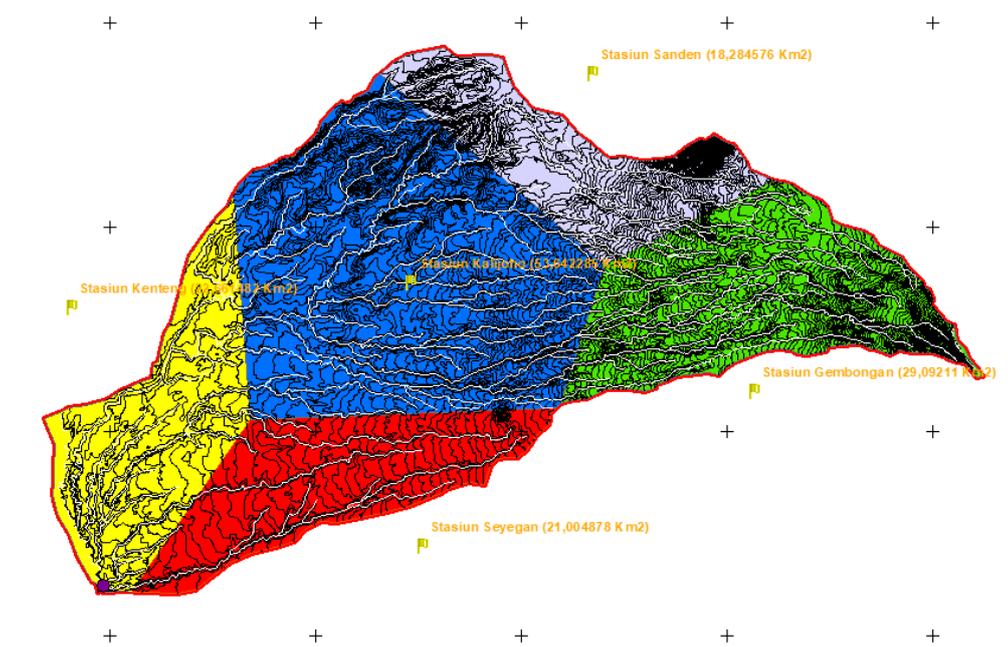
seluruh luas adalah 100% maka:

A = luas areal

\bar{R} = tinggi curah hujan rata-rata areal

R_1, R_2, R_n = Curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah titik titik pengamatan.

A_1, A_2, A_n = Bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan.



Gambar 4.2. Poligon *Thiessen* pada DAS

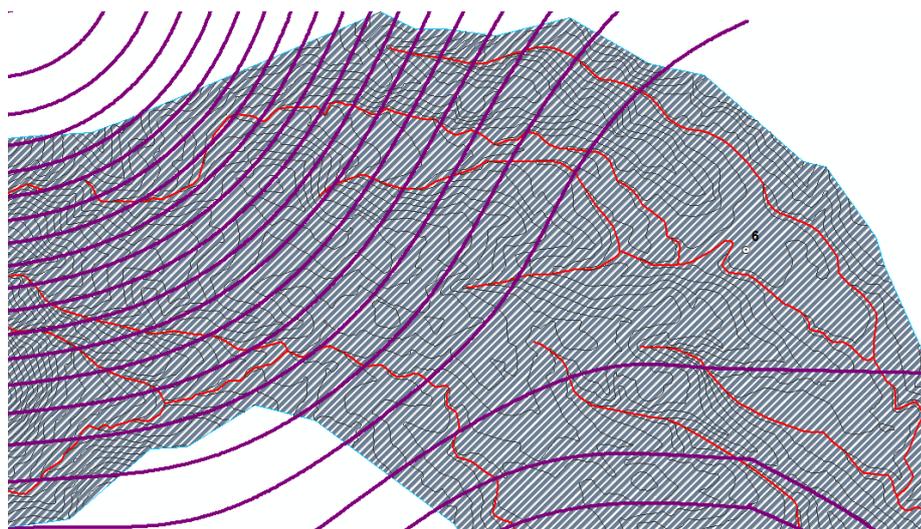
c. Metode *Isohyet*

Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah tangkapan hujan ditinjau tidak merata. Pada setiap titik di suatu kawasan dianggap hujan sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada stasiun mewakili suatu luasan (Sosrodarsono dan Takeda, 1976)

Metode ini digunakan dengan ketentuan:

- 1) Digunakan pada daerah datar dan pegunungan
- 2) Jumlah stasiun harus banyak

- 3) Bermanfaat untuk hujan yang singka



Gambar 4.3. Metode *Isohyet* pada DAS

Dengan cara ini kita harus menggambar dulu kontur tinggi hujan yang sama. Kemudian luas bagian di antara isohyet-isohyet yang berdekatan kontur, dan nilai rata-ratanya dihitung sebagai nilai rata-rata timbang nilai kontur, sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{R_i + R_{i+1}}{2} \cdot A_i}{A}$$

\bar{R} = Hujan rata-rata areal (mm)

A = $A_1 + A_2 + \dots + A_n$ = Luas area total

R = $R_1 + R_2 + \dots + R_n$ = Curah hujan pada isohyet 0, 1, 2, ..., n

$A_i + A_{i+1} + \dots + A_n$ = Luas daerah tangkapan Curah hujan pada isohyet

4.3. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis Frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi, rata-rata sekali setiap N tahun atau dengan perkataan lain tahun berulangnya N tahun. Kejadian pada suatu kurun waktu tertentu tidak berarti akan terjadi sekali setiap 10 tahun akan tetapi terdapat suatu kemungkinan dalam 1000 tahun akan terjadi 100 kali kejadian 10 tahunan.

Beberapa metode perhitungan frekuensi curah hujan antara lain:

- Metode distribusi normal
- Metode distribusi log-normal
- Metode distribusi frekuensi gumbel
- Metode distribusi frekuensi log pearson type III

Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut:

a. Parameter statistik

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata (\bar{X}), standar deviasi (S_d), koefisien variasi (C_v), koefisien kemiringan (C_s) dan koefisien kurtosis (C_k). Perhitungan parameter tersebut didasarkan pada data catatan tinggi hujan harian rata-rata maksimum 15 tahun terakhir.

1) Nilai rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

\bar{X} = nilai rata-rata curah hujan

X_i = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

N = jumlah data curah hujan Standar deviasi

2) Standar deviasi

$$S_d = \frac{\sum_{i=1}^n \{x_i - \bar{X}\}^2}{n - 1}$$

S = standar deviasi curah hujan

X = nilai rata-rata curah hujan

X = nilai pengukuran dari suatu curah hujan ke-i

n = jumlah data curah hujan

3) Koefisien Variasi

$$C_v = \frac{S_d}{X}$$

Dimana:

C_v = koefisien variasi curah hujan

S_d = standar deviasi curah hujan

X = nilai rata-rata curah hujan

4) Koefisien Kemencengan

Koefisien kemencengan (coefficient of skewness) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (assymetry) dari suatu bentuk distribusi. Besarnya koefisien kemencengan (coefficient of skewness) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini:

$$\text{Untuk populasi} \quad : C_v = \frac{\alpha}{\sigma^3}$$

$$\text{Untuk sampel} \quad : C_v = \frac{a}{S_d^3}$$

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{X_i - \mu\}^3$$

$$a = \frac{1}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \{X_i - \bar{X}\}^3$$

Dimana:

C_s = koefisien kemencengan curah hujan

σ = standar deviasi dari populasi curah hujan

S_d = standar deviasi dari sampel curah hujan

μ = nilai rata-rata dari data populasi curah hujan

\bar{X} = nilai rata-rata dari data sampel curah hujan

X_i = curah hujan ke i

n = jumlah data curah hujan

α, a = parameter kemencengan

Kurva distribusi yang bentuknya simetris maka $C_s = 0.00$, kurva distribusi yang bentuknya menceng ke kanan maka C_s lebih besar nol, sedangkan yang bentuknya menceng ke kiri mak C_s kurang dari nol.

b. Pemilihan jenis sebaran

Masing-masing sebaran memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat statistic masing-masing sebaran tersebut. Beberapa tipe sebaran yang bisa digunakan adalah:

Tabel 4.1. Jenis sebaran (CD. Soemarto, 1999)

Jenis sebaran	Syarat
Normal	$C_s \approx 0$
	$C_k = 3$
Gumbel tipe I	$C_s \leq 1,1396$
	$C_k \leq 5,4002$
Log pearson tipe III	$C_s \neq 0$
Lognormal	$C_s \approx 3C_v + C_v^2 = 3$
	$C_k = 5,383$

Dalam modul ini akan dibahas tentang sebaran dengan metode Gumbel tipe I dan Log pearson tipe III.

1) Sebaran Gumbel tipe I

Langkah-langkah perhitungan curah hujan rencana dengan Metode Gumbel adalah sebagai berikut:

a) Hitung standar deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(Xi - Xrt)^2}{(n-1)}}$$

Dimana :

Sx = Standar deviasi

Xi = Curah hujan rata-rata

Xr = Harga rata – rata

n = Jumlah data

b) Hitung nilai faktor frekuensi (K)

$$K = \frac{Yt - Yn}{Sn}$$

Dimana :

K = Faktor frekuensi

Yn = Harga rata – rata *reduce variate*

Sn = *Reduced standard deviation*

Yt = *Reduced variated*

c) Hitung hujan dalam periode ulang T tahun

$$Xt = Xrt + (Sdev.K)$$

Dimana :

Xt = Hujan dalam periode ulang tahun

Xr = Harga rata – rata

K = Faktor Frekuensi

Sx = Standar deviasi

2) Distribusi Log Pearson Tipe III

Langkah-langkah perhitungan kurva distribusi Log Pearson III adalah:

- a) Tentukan logaritma dari semua variant X
- b) Hitung nilai rata-ratanya

$$\overline{\log x} = \frac{\sum \log x}{n}$$

- c) Hitung nilai deviasi standarnya dari Log X

$$S \overline{\log x} = \frac{\sum(\log x - \overline{\log x})}{n-1}$$

- d) Hitung nilai koefisien kemencengan

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(S \overline{\log x})^3}$$

Sehingga persamaan garis lurusnya dapat ditulis :

$$\log Rt = \overline{\log X} + Gt(\overline{S \log X})$$

- e) Harga faktor Gt untuk sebaran Log Pearson II dapat dihitung dengan Interpolasi.
- f) Menentukan anti log dari log Rt, untuk mendapat nilai Rt yang diharapkan terjadi pada tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai Csnya.

4.4. Perhitungan Debit Limpasan

Debit limpasan dalam perancangan keairan digunakan untuk input data *steady flow* pada *software HEC-RAS* yang akan dibahas pada bab tiga di laporan ini. Debit limpasan terdapat tiga jenis yaitu limpasan permukaan, limpasan antara, dan limpasan air tanah. Perhitungan debit limpasan dilakukan lebih detail pada limpasan permukaan yang dapat dicari dengan metode rasional. Menurut Ponce (1989) (dalam Triatmodjo, 2014) Metode rasional banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) kecil. Suatu DAS disebut kecil apabila distribusi hujan dapat dianggap seragam dalam ruang dan waktu, dan biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi.

Pemakaian metode rasional sangat sederhana dan sering digunakan dalam perencanaan drainasi perkotaan. Metode rasional didasarkan pada persamaan berikut:

$$Q_{tr} = 0,278 \times C \times I_{tr} \times A$$

Keterangan:

Q_{tr} : Debit puncak (m^3/s)

I_{tr} : Intensitas hujan dengan t_c (mm/jam)

A : Luas daerah tangkapan (km^2)

C : Koefisien aliran

Nilai 0,278 adalah perkalian untuk konversi satuan untuk menyetarakan satuan debit puncak.

Berikut langkah-langkah perhitungan metode rasional:

- a. Cari nilai Koefisien aliran (C) dapat menggunakan nilai yang terdapat pada buku Hidrologi Terapan karya Bambang Triatmodjo.

Tabel 4.2. Koefisien aliran, C (Triatmodjo, 2015)

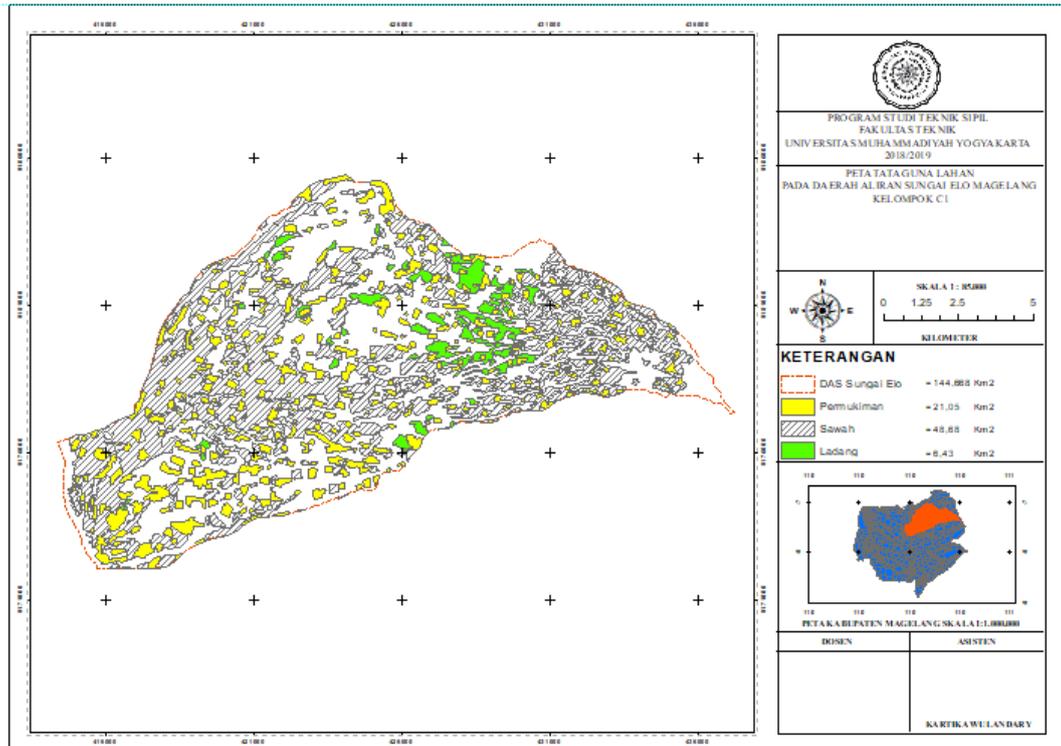
Tipe daerah aliran	C
Rerumputan	
Tanah pasir, datar, 2%	0,05 – 0,10
Tanah pasir, sedang, 2-7%	0,10 – 0,15
Tanah pasir, curam, 7%	0,15 – 0,20
Tanah gemuk, datar, 2%	0,13 – 0,17
Tanah gemuk, sedang, 2-7%	0,18 – 0,22
Tanah gemuk, curam, 7%	0,25 – 0,35
Perumahan	
Daerah Single Family	0,30 – 0,50
Multi Unit Terpisah	0,4 – 0,6

Pemilihan nilai koefisien aliran dipengaruhi oleh tipe daerah aliran yang dapat dilihat melalui wilayah peta DAS yang sudah ada dari *software ArcGIS* yang sudah dibuat. Jika tata guna lahan yang ditemukan lebih dari satu, maka nilai koefisien aliran yang digunakan adalah koefisien aliran rata-rata (\bar{C}).

$$\bar{C} = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{A_{total}}$$

Keterangan:

- C : koefisien aliran rata-rata
 Ci : koefisien aliran tiap jenis *land use*
 Ai : luasan *land use* (m²)
 Atotal : luasan total *land use* (m²)

Gambar 4.4. Contoh peta *land use*

Table

CLIPTATAGUNALAHAN_Dissolve2

OBJECTID *	Shape *	REMARK	SUM LUAS
1	Polygon ZM	Danau/Situ	0.004761
2	Polygon ZM	Gedung/Bangunan	0.001369
3	Polygon ZM	Permukiman dan Tempat Kegiatan	21.054355
4	Polygon ZM	Sawah	0.017975
5	Polygon ZM	Sawah Tadah Hujan	48.688097
6	Polygon ZM	Sungai	0.115043
7	Polygon ZM	Tegalan/Ladang	6.43725

(0 out of 7 Selected)

CLIPTATAGUNALAHAN_Dissolve2

Gambar 4.5. Contoh output luasan *land use*

Sehingga dapat diperoleh nilai C sebesar 0.3 seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.3. Nilai koefisien aliran rata-rata

Tata guna lahan	A (km ²)	C	C.A
Perkebunan/Kebun	5.3535	0.25	1.33839
Permukiman	4.3466	0.6	2.60798
Sawah	0.0012	0.25	0.00031
Sawah Tadah Hujan	14.504	0.25	3.62598
Tegalan/Ladang	8.4164	0.3	2.52493
Hutan	6.39	0.25	1.59705
Rata-rata C			0.3

- b. Intensitas hujan dapat dicari berdasarkan rumus mononobe dengan waktu konsentrasi (tc) sebagai durasi hujannya. Rumus tersebut, yaitu:

$$I_{tr} = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$tc = \frac{0.06628L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Keterangan:

I_{tr} : Intensitas hujan (mm/jam)

R₂₄ : Curah hujan harian (mm)

tc : Waktu konsentrasi (jam)

L : Panjang lintasan terpanjang (km)

S : Kemiringan lahan

Contoh perhitungan intensitas curah hujan pada curah hujan rencana kala ulang 5 tahun pada metode rasional:

Diketahui:

$$X_t (R_{24}) = 88,3597 \text{ mm}$$

$$S = 0,1036$$

$$L = 26,3714 \text{ km}$$

$$tc = \frac{0.06628L^{0.77}}{S^{0.385}} = \frac{0.06628 \times 26.3714^{0.77}}{0.1036^{0.385}} = 1.9709$$

$$I_t = \frac{88.3597}{24} \times \left(\frac{24}{1.9709} \right)^{\frac{2}{3}} = 160.5603 \text{ mm/jam}$$

Lakukan perhitungan intensitas hujan untuk kala ulang berikutnya.

Tabel 4.4. Nilai intensitas hujan.

T	Xt	I
5	88.35974	19.4862
10	108.7249	23.97738
20	128.007	28.22972
25	134.4643	29.65375
50	153.5564	33.8642
100	172.5075	38.04351

- c. Setelah itu hitung debit limpasan dengan metode rasional, misal pada kala ulang 5 tahun:

$$Q_{tr} = 0,278 \times C \times I_{tr} \times A$$

$$Q_{tr} = 0,278 \times 0,3 \times 19.486 \times 39.01$$

$$Q_{tr} = 63.397 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 4.5. Perhitungan debit limpasan

Kala Ulang	Q
5	63.397
10	78.009
20	91.844
25	96.477
50	110.175
100	123.772

4.5. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Perhitungan debit banjir dalam perancangan keairan digunakan untuk input data *unsteady flow* pada *software HEC-RAS* yang akan dibahas pada bab tiga di laporan ini. Debit banjir dalam perhitungan disajikan juga dalam bentuk hidrograf, menurut Triatmodjo (2008) hidrograf adalah kurva yang memberi hubungan antara parameter aliran dan waktu.

Berikut adalah langkah pembuatan hidrograf banjir:

- 1) Langkah awal perhitungan debit banjir adalah pembuatan hidrograf satuan sintetis. Dalam praktikum ini digunakan Metode Nakayasu dalam pembuatan hidrograf satuan sintetis. Bentuk HSS Nakayasu diberikan oleh persamaan berikut:

$$T_g = 0,4 + 0,058 L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$T_g = 0,21 L^{0,7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$T_r = 0,5 T_g \text{ sampai } T_g$$

$$T_p = T_g + 0,8 T_r$$

$$T_{0,3} = \alpha T_g$$

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{A \times Re}{0,3 T_p + T_{0,3}} \right)$$

Dengan,

Q_p = debit puncak banjir

A = Luas DAS (km²)

Re = curah hujan efektif (1 mm)

T_p = waktu permulaan banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0,3}$ = waktu dari puncak banjir sampai 0,3 kali debit puncak (jam)

T_g = waktu konsentrasi

T_r = satuan waktu dari curah hujan (jam)

α = koefisien karakteristik DAS (misal diambil nilai 2)

L = panjang sungai utama (km)

Misalkan, diketahui data DAS:

Luas = 39,01 km²

Panjang sungai = 26,3714 km

Maka:

$T_g = 0,4 + 0,058 \times 26,3714 = 1,9295$ jam

$T_r = 0,75 \times 1,9295 = 1,4472$ jam

$T_p = 1,4472 + 0,8 \times 1,4472 = 3,0873$ jam

$T_{0,3} = 2 \times 1,4472 = 6,9464$ jam

$$Q_p = \frac{1}{3,6} \left(\frac{39,01 \times 1}{0,3 \times 3,0873 + 6,9464} \right) = 2.2645 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kurva naik ($0 < t < T_p$)

$$Q_t = Q_p \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2,4}$$

Tabel 4.6. Kurva naik

t (jam)	Q (mm ³ /detik)
0	0
1	0.1514
2	0.7988
3	2.2645
3.0873	4.2163

Kurva turun I ($T_p < t < T_p + T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{(t-T_p)/T_{0,3}}$$

Tabel 4.7. Kurva turun I

t (jam)	Q (mm ³ /detik)
4	1.7033
5	1.2468
6	0.9127
6.9464	0.6793

Kurva turun II ($T_p + T_{0,3} < t < T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(0,5T_{0,3})]/(1,5T_{0,3})}$$

Tabel 4.8. Kurva turun II

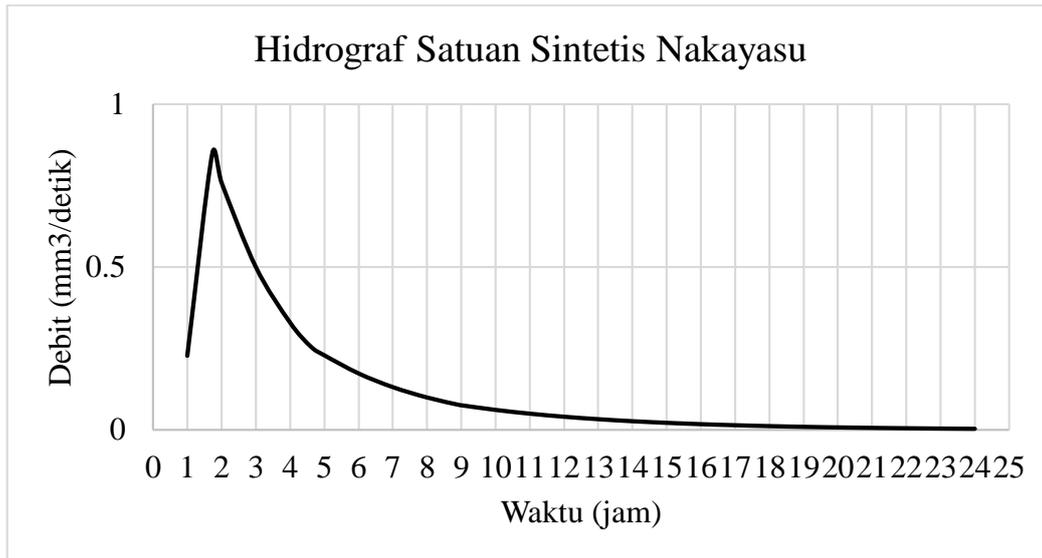
t (jam)	Q (mm ³ /detik)
7	0.6718
8	0.5457
9	0.4432
10	0.3599
11	0.2924
12	0.2375
12.7350	0.2038

Kurva turun III ($t > T_p + T_{0,3} + 1,5T_{0,3}$)

$$Q_t = Q_p \times 0,3^{[(t-T_p)+(1,5T_{0,3})]/(2T_{0,3})}$$

Tabel 4.9. Kurva turun III

t (jam)	Q (mm ³ /detik)
13	0.1955
14	0.1673
15	0.1431
16	0.1225
17	0.1048
18	0.0896
19	0.0767
20	0.0656
21	0.0561
22	0.0480
23	0.0411
24	0.0352



Gambar 4.6. Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

- 2) Dalam perhitungan debit banjir rancangan, diperlukan masukan berupa hujan rancangan yang didistribusikan ke dalam kedalaman hujan jam-jaman yang disajikan dalam bentuk *hyetograph* (data aliran). Metode yang dipakai dalam perhitungan distribusi hujan adalah metode *Alternating Block Method (ABM)*.

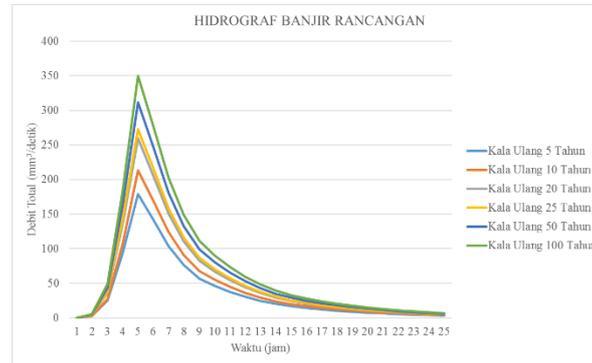
Semisal dipakai kala ulang 100 tahun dengan hujan rencana 172,5075 mm/hari, maka langkah perhitungannya sebagai berikut:

- 1) waktu konsentrasi (T_g) dalam perhitungan HSS Nakayasu diperoleh hasil 1,9296 sehingga distribusi hujan dipakai 2 jam dengan interval 1 jam.
- 2) selanjutnya diambil nilai intensitas hujan 1 jam dan 2 jam dari perhitungan IDF sehingga diperoleh nilai 59,8049 untuk I_t 1 jam dan 37,6748 untuk I_t 2 jam.
- 3) kalikan durasi hujan dengan intensitas hujannya ($Durasi \times I_t$) kemudian dari hasil perkalian tersebut hitung ΔP yaitu selisih antara perhitungan durasi $\times I_t$ dan buat persentasenya.
- 4) hujan rencana pada kala ulang 100 tahun sebesar 172,5075 dikalikan dengan persentase yang didapat dari ΔP sehingga didapat nilai urutan hujan (P_i).

Tabel 4.10. Perhitungan distribusi hujan jam-jaman (metode ABM)

Durasi (jam)	I_t (mm/jam)	Durasi* I_t (mm)	ΔP	%	P_i	Urutan Hujan
1	59.8049	59.8049	59.8050	79.37	136.9	35.5882
2	37.6748	75.3496	15.5446	20.63	35.59	136.9193
Total ΔP			75.3496			

- 3) Dari hasil perhitungan debit awal dikalikan dengan distribusi hujan jam-jaman tersebut kemudian didapat hasil hidrograf banjir rencana untuk kala ulang 5, 10, 20, 25, 50, dan 100 tahun.



Gambar 4.7. Hidrograf Banjir Rancangan

Misal dalam perhitungan kala ulang 100 tahun didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 4.11. Perhitungan debit banjir rancangan

t (jam)	Q (mm ³ /detik)	P1	P2	Qtotal
0	0.0000	0		0
1	0.1514	5.38636	0	5.38636
2	0.7988	28.4294	20.7231	49.1525
3	2.1139	75.2292	109.377	184.606
4	1.7033	60.6184	289.431	350.049
5	1.2468	44.3723	233.219	277.591
6	0.9127	32.4802	170.714	203.195
7	0.6718	23.9083	124.962	148.87
8	0.5456	19.4187	91.9829	111.402
9	0.4432	15.7722	74.71	90.4822
10	0.3600	12.8104	60.6806	73.491
11	0.2924	10.4048	49.2857	59.6906
12	0.2375	8.45095	40.0307	48.4816
13	0.1955	6.95924	32.5135	39.4728
14	0.1673	5.95409	26.7744	32.7285
15	0.1431	5.09411	22.9073	28.0014
16	0.1225	4.35835	19.5987	23.957
17	0.1048	3.72886	16.768	20.4968
18	0.0896	3.19028	14.3461	17.5364
19	0.0767	2.7295	12.274	15.0035
20	0.0656	2.33527	10.5013	12.8365
21	0.0561	1.99797	8.98452	10.9825
22	0.0480	1.7094	7.68685	9.39625
23	0.0411	1.4625	6.5766	8.03911
24	0.0352	1.25127	5.62672	6.87799

BAB 5

ANALISIS HIDRAULIKA

Hidraulika adalah ilmu yang mempelajari sifat dan hal-hal yang terkait dengan aliran dan material yang dibawanya, termasuk gaya-gaya yang ditimbulkan. Analisis hidraulika diperlukan untuk memperkirakan kondisi aliran yang terjadi pada suatu wilayah. Analisis tersebut terkait dengan debit banjir rancangan yang sudah dibahas pada bab sebelumnya yang disimulasikan ke dalam penampang sungai. Sesuai dengan rumus debit, kecepatan aliran sungai dapat diketahui setelah debit banjir dan kondisi penampang sungai diinputkan. Parameter-parameter perhitungan hidraulika tersebut dapat digunakan untuk menentukan langkah selanjutnya untuk mencegah atau menanggulangi dampak terburuk dari perubahan aliran sungai tersebut.

Cara yang paling sederhana dalam analisis hidraulika adalah dengan pemodelan. Terdapat beberapa langkah pemodelan seperti pemodelan matematis dan pemodelan fisik. Dewasa ini perhitungan matematis telah berkembang dalam bentuk program komputer dan bahkan mampu menampilkan bentuk 2D maupun 3D yang dapat dijadikan contoh pemodelan menggantikan pemodelan fisik. Pemodelan menggunakan software ini dinilai lebih ekonomis dan praktis karena tidak membutuhkan banyak ruangan dan waktu pengerjaan yang relatif lebih singkat.

5.1. Analisis Hidraulika Pada Kondisi Existing

Aspek yang akan dibahas dalam analisis hidraulika pada praktikum ini adalah dengan dilakukannya pemodelan menggunakan metode pemodelan matematis menggunakan software HEC-RAS. Software HEC-RAS merupakan sebuah pemodelan sungai yang mempermudah kita dalam menganalisis sungai dengan analisis hidraulika, data hujan yang digunakan oleh input HEC-RAS bisa didapatkan dengan aplikasi HEC-HMS yang fungsinya sebagai analisis Hidrologi. kedua aplikasi tersebut saling berhubungan dan saling melengkapi antara Hidrologi dengan Hidraulika. HEC-RAS adalah program yang dibuat untuk analisa sungai dengan asumsi hidrolis satu dimensi (1D) dengan tampilan tiga dimensi (3D). Program ini dapat menganalisa aliran steady dan unsteady serta dapat menampilkan kondisi muka air penampang saluran.

Input data yang diperlukan berupa bentuk penampang yang dimiliki sungai pada setiap potongan, data curah hujan, dan debit banjir rancangan untuk kala ulang tertentu.

Software HEC-RAS akan menampilkan bentuk sungai secara visual dalam bentuk 2D yang dihubungkan sehingga seolah menjadi bentuk 3D. Selain itu, software ini juga dapat menampilkan beda tinggi muka air antara analisa aliran tetap (*steady flow*) dan analisa aliran tidak tetap (*unsteady flow*).

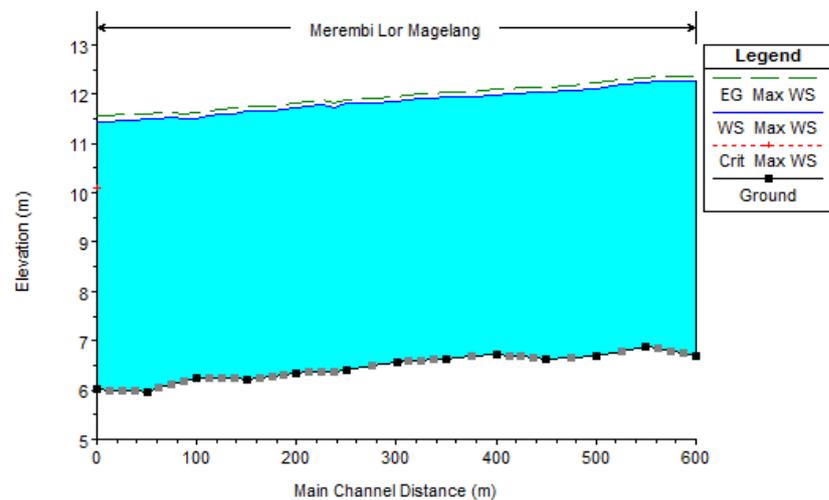
Misalnya suatu input data yang didapat dari analisis hidrologi sebagai berikut. Perhitungan debit pada aliran *steady* menggunakan Metode rasional, dengan debit puncaknya sebesar 123.772 m³/s, sehingga terjadi banjir setinggi kurang lebih 2 m Sedangkan pada data *unsteady* diinput debit selama 24 jam dengan kala ulang 100 tahun.

Tabel 5.1. Data *unsteady* dengan kala ulang 100 tahun

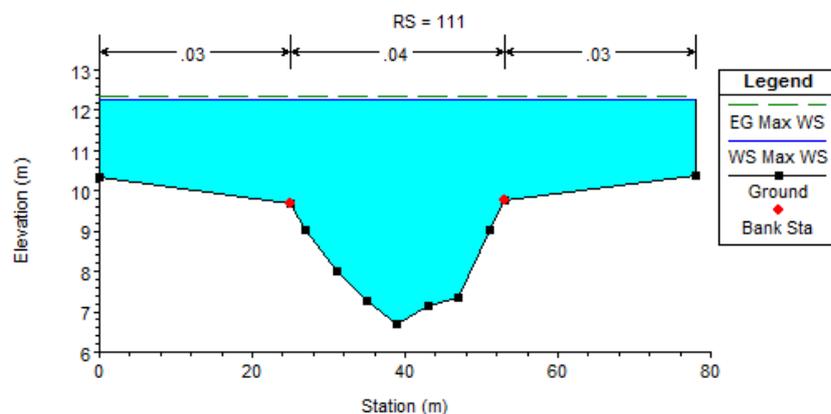
Jam	Debit (m ³ /s)
0	0.1
1	4.795
2	43.753
3	164.326
4	311.594
5	247.096
6	180.872
7	132.516
8	99.163
9	80.542
10	65.418
11	53.133
12	43.156
13	35.136
14	29.133
15	24.925
16	21.325
17	18.245
18	15.61
19	13.355
20	11.426
21	9.776
22	8.364
23	7.156
24	6.122

Nilai debit maksimumnya 311.594 m³/s yang menghasilkan banjir setinggi kurang lebih 2 m.

Lokasi pekerjaan pada analisis ini ditentukan berdasarkan peta topografi, yaitu pada data Sungai Seijang. Berdasarkan data survei pada sungai ini didapat panjang sungai sebesar 26.371 m dengan membuat 10 cross pada HEC-RAS. Dari data yang sudah diinput pada geometric data untuk kondisi eksisting menghasilkan kemiringan sungai dari hulu ke hilir yang tidak beraturan (gambar 3.1). Pada gambar 3.2 menampilkan kondisi eksisting sungai yang meluap, hal ini disebabkan besarnya curah hujan rata-rata dan debit sungai yang tinggi serta penampang sungai yang mengecil pada bagian tengah sungai. Sedangkan pada gambar 3.3 menampilkan penampang memanjang sungai.



Gambar 5.1. Kemiringan dasar sungai dari hulu ke hilir sebelum normalisasi



Gambar 5.2. Potongan melintang sungai

BAB 6

PERENCANAAN HIDROLIS (PELIMPAH)

Dalam perencanaan hidrolis pada modul ini mengacu pada Standar Perencanaan Irigasi KP-02.

6.1. Tipe Pelimpah

6.1.1. Tipe Pelimpah Berdasarkan Fungsi

Berdasarkan fungsinya maka bangunan pelimpah merupakan bangunan hidraulik yang menyalurkan aliran normal dan atau aliran banjir, serta melindungi kesatuan bangunan pada bendungan. Bangunan pelimpah mempunyai dimensi hidraulik untuk dapat menyalurkan Banjir Desain dengan aman. Besaran Banjir Desain akan sama atau lebih kecil dari Banjir Maksimum Boleh Jadi.

a. Pelimpah Utama (*Service Spillway*)

Berdasarkan fungsinya maka bangunan pelimpah merupakan bangunan hidraulik yang menyalurkan aliran normal dan atau aliran banjir, serta melindungi kesatuan bangunan pada bendungan. Bangunan pelimpah mempunyai dimensi hidraulik untuk dapat menyalurkan Banjir Desain dengan aman. Besaran Banjir Desain akan sama atau lebih kecil dari Banjir Maksimum Boleh Jadi.

b. Pelimpah Tambahan (*Auxiliary Spillway*)

Pelimpah tambahan jarang digunakan dan dapat menjadi pelimpah sekunder yang dioperasikan untuk membantu pelimpah utama. Pada masa operasi diperkenankan terjadi kerusakan struktur atau erosi sampai tingkat yang diijinkan pada pelimpah tambahan akibat pengeluaran air sampai dan termasuk debit desain. Pelimpah tambahan diperlukan apabila kapasitas pelimpah utama tidak mencukupi untuk mengalirkan banjir desain.

c. Pelimpah Darurat (*Emergency Spillway*)

Pelimpah darurat didesain untuk memberikan perlindungan tambahan terhadap peluapan bendungan dan dimaksudkan untuk digunakan pada kondisi ekstrim seperti kesalahan operasi atau tidak berfungsinya pelimpah utama atau kondisi darurat lain atau pada waktu terjadinya banjir yang sangat besar, atau Banjir Maksimum Boleh Jadi. Seperti juga pada pelimpah tambahan (*auxiliary*), maka pada pelimpah darurat di

perkenankan terjadi kerusakan struktur dan atau erosi sampai tingkat yang di ijin, akibat pengeluaran air sampai dan termasuk debit desain.

6.1.2. Tipe Pelimpah Berdasarkan Bentuk

a. Pelimpah Luncur (*Cute*)

Pelimpah tipe ini umumnya di gunakan dalam kaitannya dengan bendungan tipe urugan tanah atau batu, meskipun pelimpah luncur juga digunakan pada bendungan beton *gravity*. Bendungan umumnya terletak di lembah (*canyon*) yang sempit dan tidak tersedia ruang cukup untuk pelimpah bebas. Pelimpah luncur umumnya di tempatkan pada tumpuan yang berdekatan dengan bendungan, meskipun dapat pula di tempatkan pada lokasi pelana yang jauh dari lokasi struktur bendungan.

b. Pelimpah Samping (*Side Channel Spillway*)

Pelimpah tipe ini digunakan pada kondisi yang sama seperti pelimpah luncur. Disebabkan bentuknya yang unik, maka pelimpah samping dapat di tempatkan pada tumpuan bendungan yang sempit. Pelimpah samping umumnya tanpa pintu. Karakteristik aliran adalah sama dengan aliran melalui ambang bebas, kecuali pada debit aliran tinggi yang mungkin merendam sebagian puncak pelimpah. Pelimpah jenis ini mempunyai keuntungan lain, mempunyai saluran yang sempit, akibat terjalnya lereng tumpuan, ambang pelimpah dapat didesain cukup panjang untuk mengakomodasi debit banjir desain.

c. Pelimpah Corong (*Shaft*)

Pelimpah corong termasuk salah satu dari berbagai konfigurasi desain mercu, dengan dan tanpa pintu, seluruhnya merupakan transisi ke sistem conduit atau terowongan di hilir mercu. Sistem conduit tertutup pada pelimpah corong merupakan pengganti saluran luncur pelimpah yang digunakan pada pelimpah konvensional.

d. Pelimpah Sipon (*Siphon*)

Pelimpah sipon dibangun dengan satu atau lebih sipon pada ketinggian mercu, kadang-kadang di gunakan untuk menyediakan pengaturan muka air otomatis dalam batas yang pendek atau bila kapasitas debit hanya diperlukan pada periode waktu yang singkat.

e. Pelimpah Labirin

Karakteristik pelimpah labirin yaitu adanya perubahan alinyemen dari tata letak untuk memperpanjang mercu di banding dengan mercu konvensional pada ruang lateral yang sama. Perubahan alinyemen membentuk satu seri dari *weir* bentuk V yang terhubung satu sama lain.

f. Pelimpah Inlet Bak Terjun (*Box Inlet Drop Spillway*)

Pelimpah tipe bak terjun (*drop*) vertikal atau tipe jatuh bebas merupakan salah satu dari bentuk aliran yang jatuh bebas dari daerah waduk. Tipe ini sesuai untuk bendungan tipe busur yang tipis, aliran air dapat mengalir bebas, atau sepanjang bagian mercu yang sempit.

g. Pelimpah Konduit / Terowongan

Pelimpah konduit/ terowongan merupakan saluran tertutup yang dapat berupa *shaft* vertikal atau miring atau horisontal yang melalui formasi tanah atau batuan. Sebagai bangunan/ambang pengendali dapat berupa hampir semua jenis ambang pelimpah dengan bukaan vertikal atau miring, lubang *glory* atau saluran samping, dan lain-lain. Terowongan biasanya didesain untuk aliran sebagian penuh, kecuali untuk lubang *glory*. Tipe ini biasanya dilengkapi dengan aerasi. Bila saluran tertutup dibangun di bawah bendungan, bangunan tersebut disebut sebagai pelimpah konduit. Jenis pelimpah ini biasanya cocok untuk bendungan pada lokasi di lembah yang lebar, dimana konduit pengelak dibuat di dekat aliran sungai.

6.2. Lebar Efektif

Lebar bendung, yaitu jarak antara pangkal-pangkalnya (*abutment*), sebaiknya sama dengan lebar rata-rata sungai pada bagian yang stabil. Di bagian ruas bawah sungai, lebar rata-rata ini dapat diambil pada debit penuh (*bankful discharge*): di bagian ruas atas mungkin sulit untuk menentukan debit penuh. Dalam hal ini banjir mean tahunan dapat diambil untuk menentukan lebar rata-rata bendung. Lebar maksimum bendung hendaknya tidak lebih dari 1,2 kali lebar rata-rata sungai pada ruas yang stabil.

Untuk sungai-sungai yang mengangkut bahan-bahan sedimen kasar yang berat, lebar bendung tersebut harus lebih disesuaikan lagi terhadap lebar rata-rata sungai, yakni jangan diambil 1,2 kali lebar sungai tersebut. Agar pembuatan bangunan peredam energi tidak terlalu mahal, maka aliran per satuan lebar hendaknya dibatasi sampai sekitar 12-14 m³/dt.m¹, yang memberikan tinggi energi maksimum sebesar 3,5 – 4,5 m.

Lebar efektif mercu (B_e) dihubungkan dengan lebar mercu yang sebenarnya (B), yakni jarak antara pangkal-pangkal bendung dan/atau tiang pancang, dengan persamaan berikut:

$$B_e = B - 2 (nK_p + K_a) H_1 \dots\dots\dots ()$$

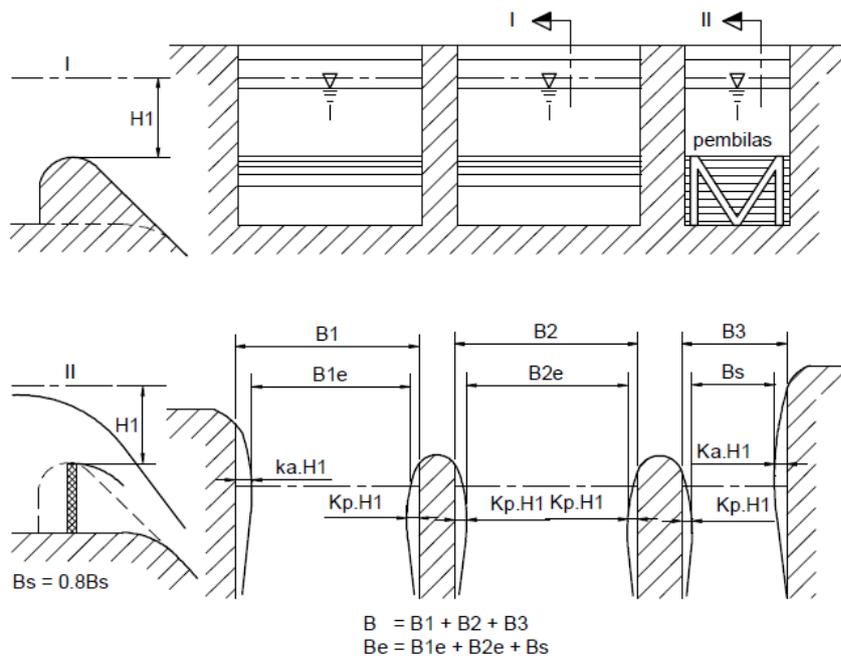
di mana: n = jumlah pilar

K_p = koefisien kontraksi pilar

K_a = koefisien kontraksi pangkal bendung

H_1 = tinggi energi, m

Harga – harga koefisien K_a dan K_p diberikan pada tabel 1



Gambar 6.1. Lebar Efektif Mercu

Tabel 6.1. Harga-harga koefisien K_a dan K_p

Bentuk Pilar	K_p
Untuk pilar berujung segi empat dengan sudut – sudut yang dibulatkan pada jari-jari yang hampir sama dengan 0,1 dari tebal pilar	0,02
Untuk pilar berujung bulat	0,01
Untuk pilar berujung runcing	0
Bentuk Pangkal Tembok	K_a
	0,2
Untuk pangkal tembok segi empat dengan tembok hulu pada 90° kearah aliran	0,1

Untuk pangkal tembok bulat dengan tembok hulu pada 900 0
kearah aliran dengan $0,5 H_1 > r > 0,15 H_1$

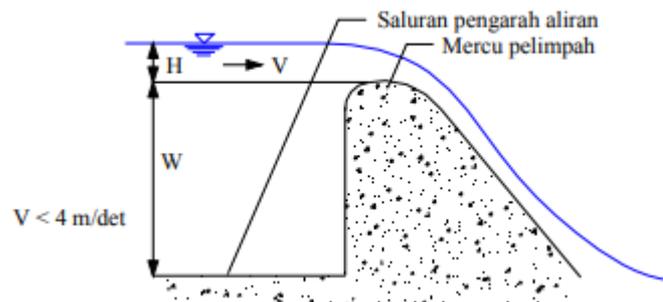
Untuk pangkal tembok bulat dimana $r > 0,5 H_1$ dengan
tembok hulu tidak lebih dari 450 kearah aliran

Dalam memperhitungkan lebar efektif, lebar pembilas yang sebenarnya (dengan bagian depan terbuka) sebaiknya diambil 80% dari lebar rencana untuk mengkompensasi perbedaan koefisiensi debit dibandingkan dengan mercu bendung itu sendiri (lihat Gambar 1).

6.3. Tinggi Pelimpah

Saluran pengarah aliran dimaksudkan agar aliran air senantiasa dalam kondisi hidrolika yang baik dengan mengatur kecepatan alirannya tidak melebihi 4 m/det dengan lebar semakin mengecil ke arah hilir. Apabila kecepatan aliran melebihi 4 m/det, maka aliran akan bersifat helisoidal dan kapasitas alirannya akan menurun. Disamping itu aliran helisoidal tersebut akan mengakibatkan peningkatan beban hidrodinamis pada bangunan pelimpah tersebut (Sosrodarsono,1976).

Berdasarkan pengujian-pengujian yang ada saluran pengarah aliran ditentukan sebagai berikut, seperti pada Gambar 2 :



Gambar 6.2. Kedalaman saluran pengarah aliran terhadap puncak mercu

Dari analisis data sebelumnya di mana didapat :

- Elevasi mercu spillway = 72,18 m
- Ketinggian air di atas mercu (H) = 1,79 m, elevasi 73,97 m
- Q_{out} yang melewati spillway (Q) = 106,85 m³/det
- Lebar ambang mercu embung (b) = 20 m
- Maka :

$$W \geq \frac{1}{5} \cdot H \quad (\text{Sosrodarsono, 1976})$$

$$W = \frac{1}{5} \times 1,26 = 0,248 \text{ m}$$

dipakai $W = 1,5 \text{ m}$

6.4. Penggambaran Lengkung Mercu

Untuk merencanakan permukaan ambang *ogee* dipakai metode yang dikembangkan oleh *Civil Engineering Department U.S. Army* atau biasa disebut rumus lengkung *Harold*.

Rumus lengkung *Harold* :

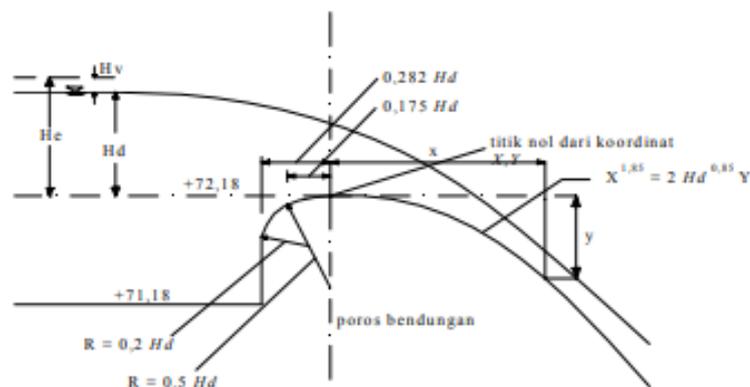
$$X^{1,85} = 2 \times h_d^{0,85} \times Y \qquad Y = \frac{X^{1,85}}{2 \times h_d^{0,85}} \quad (\text{Sosrodarsono, 1976})$$

Dimana :

X = jarak horizontal dari titik tertinggi mercu bendung ketitik dipermukaan mercu disebelah hilir

Y = jarak vertical dari titik tertinggi mercu bendung ketitik dipermukaan mercu disebelah hilir

h_d = tinggi tekanan rencana



Gambar 6.3. Penampang mercu pelimpah

$$h_d \text{ mercu pelimpah} = 3,14 - 1,50 = 1,64 \text{ m}$$

$$R1 = 0,5 h_d = 0,5 \times 1,64 = 0,82 \text{ m}$$

$$R2 = 0,2 h_d = 0,2 \times 1,64 = 0,328 \text{ m}$$

$$X_{\text{hulu1}} = 0,175 h_d = 0,175 \times 1,64 = 0,287 \text{ m}$$

$$X_{\text{hulu1}} = 0,282 h_d = 0,282 \times 1,64 = 0,462 \text{ m}$$

Tabel 6.2. Koordinat penampang ambang bendung pelimpah

Koordinat Lengkung		Elevasi Lengkung
X	Y	
0,2	0,017	72,163
0,4	0,060	72,120
0,6	0,128	72,052
0,8	0,217	71,963
1	0,328	71,852
1,2	0,460	71,720
1,4	0,612	71,568
1,6	0,783	71,397
1,8	0,974	71,206
2	1,184	70,996
2,2	1,412	70,768
2,4	1,659	70,521
2,6	1,923	70,257
2,8	2,206	69,974
3	2,506	69,674
3,2	2,824	69,356
3,4	3,159	69,021
3,6	3,512	68,668
3,8	3,880	68,300

BAB 7 PERENCANAAN HIDROLIS (KOLAM OLAKAN)

Dalam perencanaan hidrolis pada modul ini mengacu pada Standar Perencanaan Irigasi KP-02.

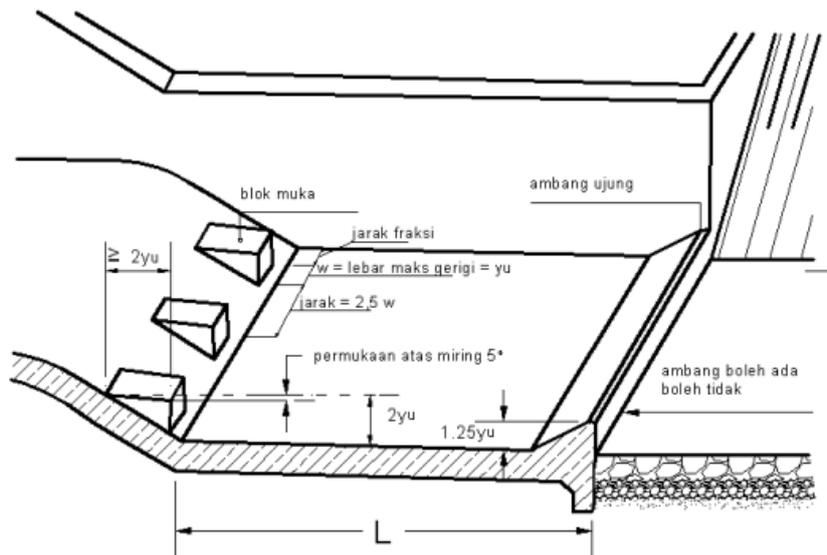
7.1. Tipe Aliran

7.1.1. Kolam Olakan Untuk Bilangan Froude Antara 2,5 dan 4,5

- a. Kolam olak USBR tipe IV, dilengkapi dengan blok muka yang besar yang membantu memperkuat pusaran. Tipe kolam ini bersama-sama dengan dimensinya ditunjukkan pada Gambar 1.1. Panjang kolam, L, dapat diketemukan dari :

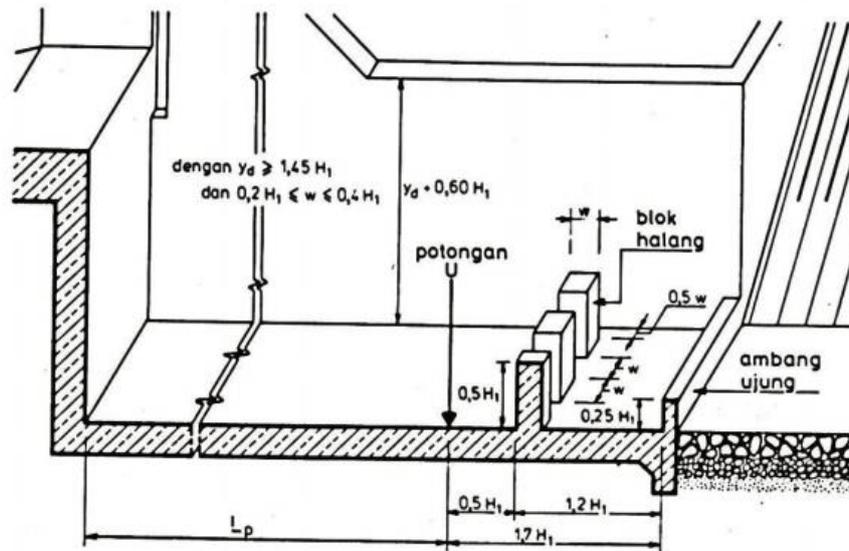
$$L = 2 y_u (\sqrt{1 + 8Fr_u^2} - 1)$$

Kedalaman minimum air hilir adalah 1,1 kali $y_d = y_2 + n \geq 1,1 y_d$ menurut USBR, 1973.



Gambar 7.1. Dimensi Kolam Olak Tipe IV (USBR, 1973)

- b. Kolam olak tipe-blok-halang (baffle-block-tipebasin)(Donnelly and Blaisdell, 1954), yang ukurannya ditunjukkan pada Gambar 6-5. Kelemahan besar kolam ini adalah bahwa pada bangunan ini semua benda yang mengapung dan melayang dapat tersangkut. Hal ini menyebabkan meluapnya kolam dan rusaknya blok-blok halang. Juga, pembuatan blok halang memerlukan beton tulangan.

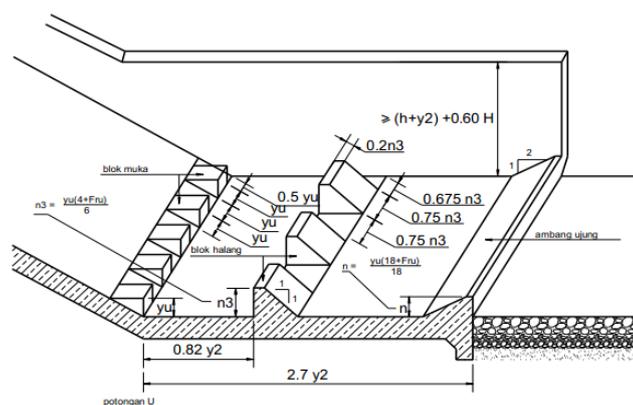


Gambar 7.2. Dimensi Kolam Olak Tipe Blok-Halang (Bos, Reploge and Clemmens, 1984)

7.1.2. Kolam Olak Untuk Bilangan Froud $\geq 4,5$

Untuk bilangan-bilangan Froude diatas 4,5 loncatan airnya bisa mantap dan peredaman energi dapat dicapai dengan baik. Kolam olak USBR tipe III khusus dikembangkan untuk bilangan-bilangan itu. Pada Gambar 1.3. Ditunjukkan dimensi-dimensi dasar kolam olak USBR tipe III.

Apabila penggunaan blok halang dan blok muka tidak layak (karena bangunan itu dibuat dari pasangan batu) kolam harus direncana sebagai kolam loncat air dengan ambang ujung. Kolam ini akan menjadi panjang tetapi dangkal.



Gambar 7.3. Kolam USBR tipe III (Bradley dari Peterka. 1957)

7.2. Bilangan Froude

Akibat gaya tarik bumi terhadap keadaan aliran dinyatakan dengan perbandingan gaya inersia dengan gaya tarik bumi. Perbandingan ini ditetapkan sebagai bilangan Froude (Chow, 1985).

Karakteristik aliran berdasarkan bilangan Froude (Fr)

a. Aliran Subkritik (Fr < 1,0)

Dengan ciri fisik yaitu kecepatan aliran lambat, kurang dari kecepatan perambatan gelombang $((g.h)^{0,5})$ dan perambatan penjalaran gelombang ke hilir dan ke hulu.

b. Aliran Kritis (Fr = 1,0)

Apabila gaya grafitasi dan gaya kelembaman berada dalam keadaan seimbang (Anggrahini,1997:4).Penjalaran gelombang pada aliran ini hanya ke hilir.

c. Aliran Superkritik (Fr > 1,0)

Dengan ciri fisik yaitu kecepatan aliran deras, lebih besar daripada kecepatan perambatan gelombang dan perambatan penjalaran gelombang ke arah hilir.

Menghitung Bilangan Froude

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Dimana :

Fr : bilangan Froude

v : kecepatan aliran rata-rata (m/dt)

g : percepatan gaya grafitasi bumi (m/dt²)

h : kedalaman aliran (m)

7.3. Panjang Loncatan dan Kedalaman Hilir

a. Perbedaan muka air di hulu dan di hilir (Z)

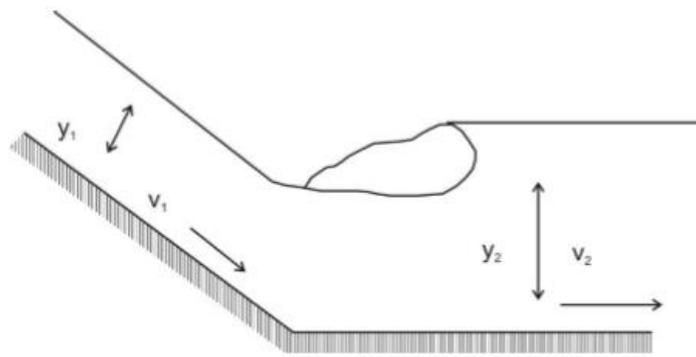
Perbedaan muka air di hulu dan di hilir (Z) ditetapkan = $Y_2/3$

Dimana tinggi muka air di ruang olak Y_2 dipengaruhi oleh besarnya nilai Froude Number (Fr) aliran masuk.

Untuk $F_1 = 1,7$ sampai $5,5$; maka $Y_2' = (1,1 - F_1^2) Y_2$.

Untuk $F_1 = 5,5$ sampai 11 ; maka $Y_2' = 0,85 Y_2$.

Untuk $F_1 = 11$ sampai 17 ; maka $Y_2' = (0,1 - F_1^2) Y_2$



Gambar 7.4. Diagram hidrolis kolam olak

b. Kehilangan energy

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{(Y_1 - Y_2)^2}{4 \times Y_1 \times Y_2}$$

c. Efisiensi Loncatan

$$E_2/E_1 = \frac{(8F_1^2 + 1)^{3/2} - 4F_1^2 + 1}{8F_1^2(2 + F_1^2)}$$

d. Tinggi Loncatan Air

$$\text{Tinggi loncata air } h_j = Y_2 - Y_1$$

e. Panjang ruang olak L_B

$$L_B = \frac{4,5 Y_2}{F_1 \times 0,76}$$

Dimana :

$$F_1 = \text{Froude Number di udik loncatan air} = \frac{V_1}{\sqrt{gY_1}}$$

V_1 = Kecepatan aliran di udik loncatan air (m/dtk)

Y_1 = Tinggi aliran di udik loncatan air (m)

7.4. Freeboard Hilir (Elevasi Drezrek)

Tinggi jagaan pada kolam olak (*stilling basin freeboard*) biasanya disediakan pada dinding kolam olak supaya tidak terjadi limpasan (*overtopping*) yang diakibatkan oleh lonjakan, percikan dan semprotan, dan ombak karena turbulensi loncatan hidrolis. Tinggi jagaan untuk kolam olak dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Fr (m) = 0,3(v + d_2)$$

Dimana:

Fb = tinggi jagaan (m)

C = koefisien (0,1 untuk saluran persegi dan 0,13 trapesium)

V = kecepatan aliran (m/s)

d = kedalaman air dalam saluran (m)

BAB 8

ANALISIS GEOTEKNIK

8.1. Analisis Stabilitas Bendung

8.1.1. Gaya-Gaya Berat Sendiri

Gaya berat sendiri adalah gaya yang ditimbulkan karena berat sendiri yang dimiliki oleh konstruksi bangunan tersebut. Arah kerja dari gaya berat ini adalah arah vertikal ke bawah melalui titik beratnya. Berat bangunan bergantung pada bahan yang dipakai untuk membuat bangunan itu.

Rumus yang di gunakan :

$$G = v \cdot \gamma$$

Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal. '

dimana :

G = Massa Bangunan

V = volume (m³)

γ = berat jenis (t / m³)

8.1.2. Gaya Tekan Air (Hidrostatik)

Gaya hidrostatik disebabkan oleh gaya tekan air yang menggenangi tubuh bendung. Gaya mirip dengan tekanan tanah aktif. Gaya ini dibagi dalam dua kondisi muka air:

Rumus yang digunakan :

$$W_1 = \frac{\gamma a \cdot a \cdot h}{2}$$

$$W_2 = \frac{\gamma a \cdot h^2}{2}$$

8.1.3. Gaya Tekan Lumpur

Pada saat bendung sudah dapat digunakan, terdapat endapan lumpur yang dibawa aliran air yang kemudian mengendap di muka bendung. Tekanan lumpur yang bekerja terhadap muka hulu bendung atau terhadap pintu dapat dihitung sebagai berikut:

$$W_{s1} = \frac{\gamma_s \cdot h^2}{2} \cdot \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)$$

$$W_{s2} = \left(\frac{a \cdot h}{2} \right) \cdot \gamma_s$$

Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal. '

dimana :

W_s = Gaya tekan lumpur

γ_s = Berat jenis lumpur (kN)

h = dalamnya lumpur (m)

φ = sudut gesekan ($^\circ$)

8.1.4. Gaya Uplift

Arah dari gaya uplift pressure adalah tegak lurus dengan bidang kontakannya.

Rumus yang digunakan :

$$P_x = H_x - \left(\frac{L_x}{L} \right) \cdot \Delta H$$

Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal."

Dimana :

P_x = gaya angkat pada titik X (kg/m²)

L = panjang total bidang kontak bendung dengan tanah bawah (m)

L_x = jarak sepanjang bidang kontak dari hulu sampai X (m)

ΔH = beda tinggi energi (m)

H_x = tinggi energi di hulu bendung (m)

L dan L_x adalah jarak relatif yang dihitung menurut cara Lane, bergantung kepada arah bidang tersebut. Bidang yang membentuk sudut 45° atau lebih terhadap bidang horisontal dianggap vertikal.

8.1.5. Gaya Gempa

Harga – harga gaya gempa diberikan dalam bagian Parameter Bangunan. Harga – harga tersebut didasarkan pada peta Indonesia yang menunjukkan berbagai daerah dan rediko. Faktor minimum yang akan dipertimbangkan adalah 0,1 g perapatan gravitasi sebagai harga percepatan. Faktor ini hendaknya dipertimbangkan dengan cara mengalikannya dengan massa bangunan sebagai gaya horisontal menuju kearah yang paling tidak aman , yakni arah hilir.

Rumus yang digunakan :

$$G' = f \cdot G$$

Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal. "

dimana :

G' = Gaya Gempa

f = koefisien gempa

G = Massa Bangunan

8.1.6. Stabilitas Geser

Tangen θ , sudut antara garis vertikal dan resultante semua gaya, termasuk gaya angkat yang bekerja pada bendung diatas semua bidang horisontal, harus kurang dari koefisien gesekan yang diizinkan pada bidang tersebut.

$$FK = \frac{\sum V \cdot f}{\sum H} \geq 1,5$$

Sumber : KP-02, "Kriteria Perencanaan Bagian hal.

Dimana :

$\Sigma(H)$ = jumlah gaya horisontal yang bekerja pada bangunan (kN)

$\Sigma(V)$ = jumlah gaya vertikal (V), dikurangi gaya tekan keatas yang bekerja pada bangunan (kN)

f = koefisien gasekan ("KP – 02)

Tabel 8.1. Nilai Koefisien Gesekan

Bahan	F
Pasangan batu pada pasangan batu	0,60 – 0,75
Batu keras berkualitas baik	0,75
Kerikil	0,5
Pasir	0,4
Lempung	0,3

8.1.7. Stabilitas Guling

Kestabilan terhadap guling dikontrol berdasarkan besarnya kedudukan gaya resultan yang ditimbulkan oleh beban yang bekerja. Dengan istilah lain titik tangkap gaya resultan pada dasar pondasi harus selalu diusahakan agar terletak didalam bidang inti.

$$\frac{M_t}{M_g} \geq 1,5$$

Sumber : Pondasi, Zainal Nur Arifin Ing. Dipl. Ir. Sri Respati hal.

Dimana :

M_t = momen tahanan (tm)

M_g = momen guling (tm)

8.1.8. Kontrol Eksentrisitas

Tanah tidak dapat menahan gaya tarik, maka bila dari hitungan secara teoritis akan terjadi tegangan tarik, tegangan tarik tersebut diabaikan. Untuk menghindari perbedaan penurunan yang besar dan agar lebih ekonomis, maka diusahakan agar seluruh dasar dinding hanya menerima tegangan tekan saja. Untuk mencapai hal itu, maka titik tangkap gaya resultan pada dasar pondasi harus selalu diusahakan agar terletak didalam didalam bidang inti (*kern*).

Dengan rumus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$M/N \leq B/6$$

$$e \leq B/6$$

8.2. Stabilitas Dinding Penahan Tanah

8.2.1. Analisa Stabilitas Eksternal

a. Stabilitas terhadap Penggeseran

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

- 1) Gesekan antara tanah dengan dasar fondasi
- 2) Tekanan tanah pasif bila didepan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

Faktor aman terhadap penggeseran (F_{gs}), didefinisiakan sebagai:

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5$$

Untuk tanah granuler ($c=0$)

$$\begin{aligned} \sum R_h &= Wf \\ &= W \operatorname{tg} \delta_b ; \text{ dengan } \delta_b \leq \varphi \end{aligned}$$

Untuk tanah kohesif ($\varphi = 0$)

$$\sum R_h = c_a \beta$$

Untuk tanah $c - \varphi$ ($\varphi > 0$ dan $c > 0$):

$$\sum R_h = c_a \beta + W \operatorname{tg} \delta_b$$

dengan,

$$\sum R_h = \text{tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran}$$

$$W = \text{berat total dinding penahan dan tanah di atas pelat fondasi (kN)}$$

$$\delta_b = \text{sudut gesek antara tanah dan dasar fondasi, biasanya diambil } 1/3 - (2/3) \varphi$$

$$c_a = \text{ad} \times c = \text{adhesi antara tanah dan dasar dinding (kN/m}^2\text{)}$$

c = kohesi tanah dasar (kN/m²)

a_d = faktor adhesi

B = lebar fondasi (m)

ΣR_h = jumlah gaya-gaya horizontal (kN)

$Z = \text{tg } \delta_b$ = koefisien gesek antara tanah dasar dan dasar fondasi.

Faktor aman terhadap penggeseran dasar fondasi (F_{gs}) minimum, diambil 1,5. Bowles (1997) menyarankan:

$F_{gs} \geq 1,5$ untuk dasar granuler

$F_{gs} \geq 1,5$ untuk dasar kohesif.

b. Stabilitas terhadap Penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah dibelakang dinding penahan cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah diatas plat fondasi.

$$F_{gl} = \frac{\Sigma M_w}{\Sigma M_{gl}}$$

Dengan,

$$\Sigma M_w = Wb_1$$

$$\Sigma M_{gl} = \Sigma P_{ah} h_1 + \Sigma P_{av} B$$

ΣM_w = momen yang melawan penggulingan (kN.m)

ΣM_{gl} = momen yang mengakibatkan penggulingan (kN.m)

W = berat tanah diatas pelat fondasi + berat sendiri dinding penahan tanah (kN)

B = lebar kaki dinding penahan (m)

ΣP_{ah} = jumlah gaya-gaya horizontal (kN)

ΣP_{av} = jumlah gaya-gaya vertikal (kN)

Faktor aman terhadap penggeseran dasar fondasi (F_{gs}) minimum, diambil 1,5. Bowles (1997) menyarankan:

$F_{gs} \geq 1,5$ untuk dasar granuler

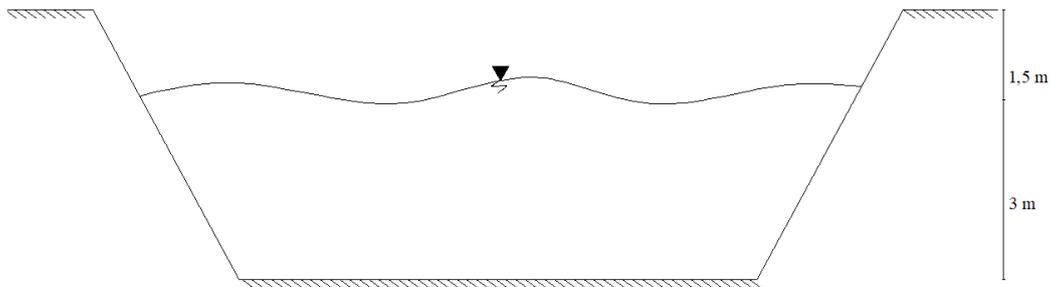
$F_{gs} \geq 1,5$ untuk dasar kohesif.

c. Stabilitas terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah

Beberapa persamaan kapasitas dukung tanah telah digunakan untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah, seperti persamaan-persamaan kapasitas dukung Terzaghi (1943), Mayerhof (1951, 1963), Vesic (1975) dan Hansen (1970)

Contoh Perhitungan:

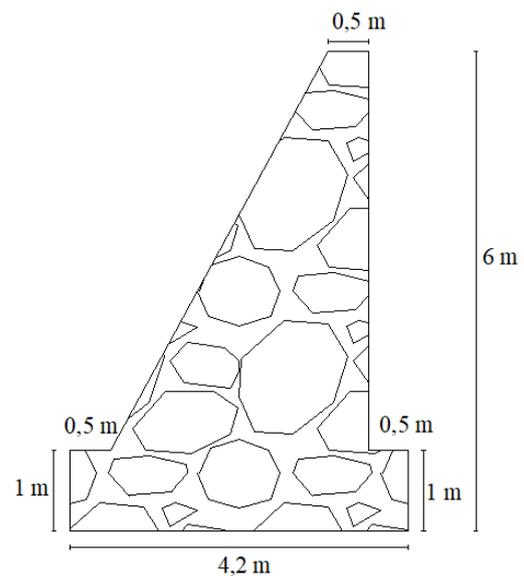
Penampang sungai akan diberikan struktur perkuatan, kondisi eksisting sungai tersebut, sebagai berikut:

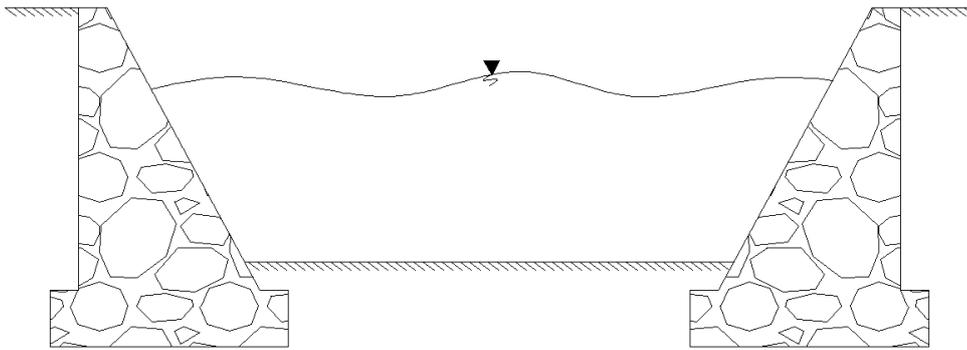


Langkah perhitungan:

1. Bentuk Dinding Penahan Tanah

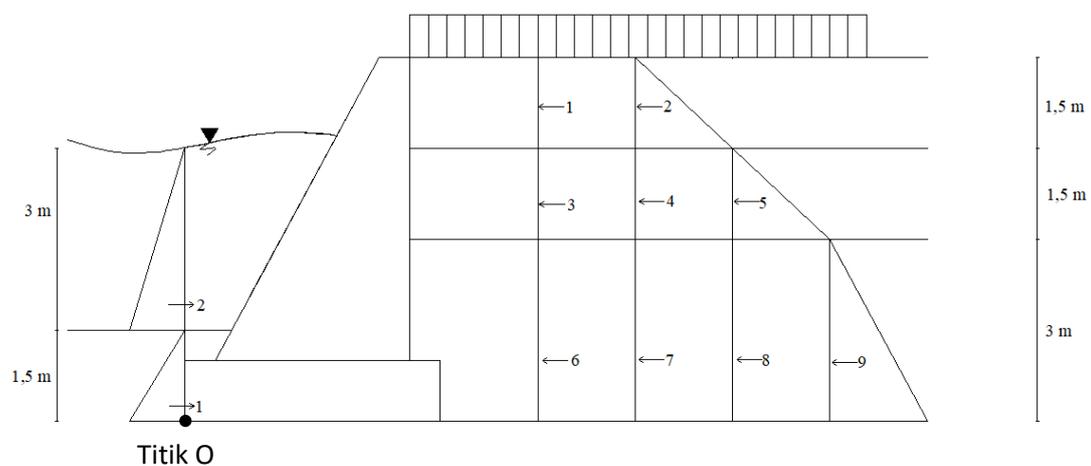
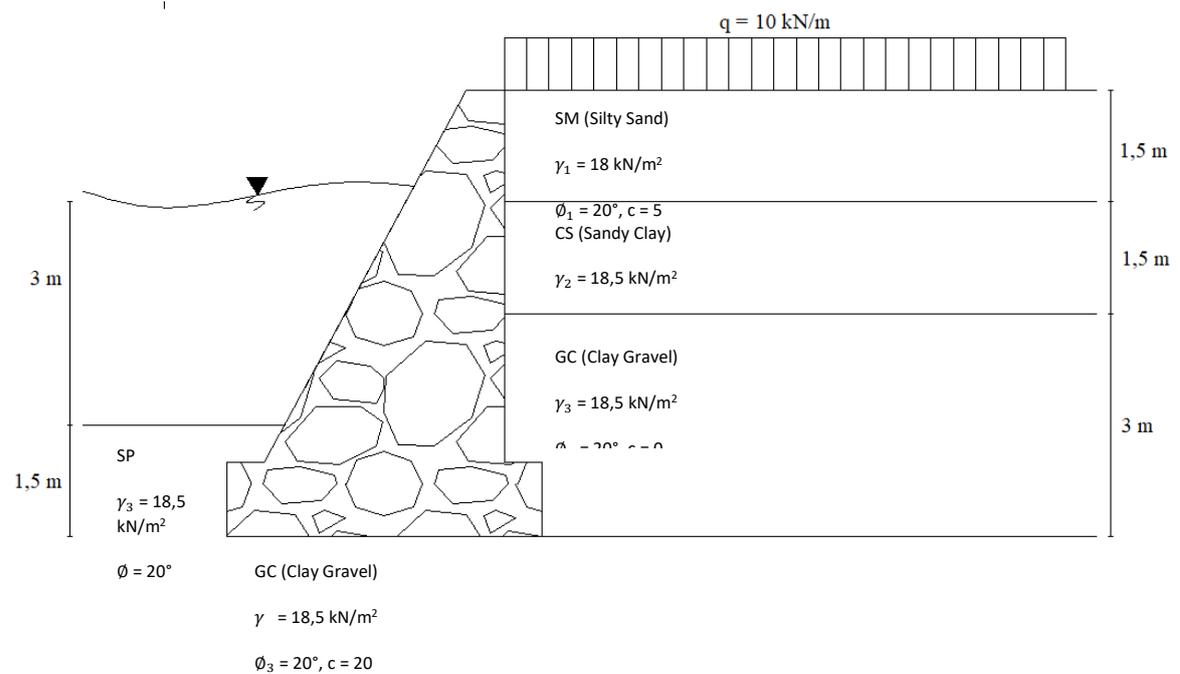
$$\begin{aligned}
 H &= 6 \text{ m} \\
 B &= 0,5 \sim 0,7 H \\
 &= 0,7 \times 6 \text{ m} = 4,2 \text{ m} \\
 D &= H/8 \sim H/6 \\
 &= 6 / 6 \text{ m} = 1 \text{ m} \\
 d &= D/2 \\
 &= 1 \text{ m} / 2 = 0,5 \text{ m} \\
 b &= 0,3 \sim H/12 \\
 &= 6 \text{ m} / 12 \\
 &= 0,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$





2. Tekanan Lateral Tanah sebagai Gaya Horizontal

Jika diketahui jenis tanah pada tiap lapisan, sebagai berikut:



Menghitung nilai K_a (koefisien tekanan aktif) dan K_p (koefisien tekanan tanah pasif) dengan menggunakan Metode Rankine (1857).

Karena Sudut gesek tanah tiap lapisan adalah sama, maka

$$K_{a1} = K_{a2} = K_{a3} = \tan^2 (45 - \phi/2)$$

$$K_{a1} = K_{a2} = K_{a3} = (45 - 20^\circ/2)$$

$$K_{a1} = K_{a2} = K_{a3} = 0,49$$

$$\begin{aligned} K_p &= \tan^2 (45 + \phi/2) \\ &= \tan^2 (45 + 25^\circ/2) \\ &= 2,04 \end{aligned}$$

Tabel 8.2. Gaya Horizontal dan Momen Tanah Aktif

No	Tekanan Tanah Lateral Aktif Total, Pa (kN)	Jarak ke O (m)	Momen (Pa×jarak)
1.	$q.K_{a1}.h_1 = 10.0,49.1,5 = 7,35$	5,25	38,61
2.	$1/2.h_1^2.\gamma.K_{a1}-2.c_1.h_1.(k_{a1})^{0.5}+2.c_1^2/\gamma=$ $1/2. 1,5^2.18.0,49-2.5.1,5.(0,49)^{0.5}+2.5^2/18 = 2.2$	5	11,02
3.	$q.K_{a2}.h_2 = 10.0,49.1,5 = 7,35$	3,75	27,58
4.	$(\gamma_1.h_1.K_{a2}).h_2-2.c_2.h_2.(k_{a2})^{0.5}+2.c_2^2/\gamma=$ $(18.1,5.0,49)1,5-2.15.1,5.(0,49)^{0.5}+2.15^2/18,5=$ 12.67	3,75	47,52
5.	$1/2.h_2^2.\gamma_2.K_{a2}-2.c_2.h_2.(k_{a2})^{0.5}+2.c_2^2/\gamma=$ $1/2.1,5^2.18,5.0,49-2.15.1,5.(0,49)^{0.5}+2.15^2/18,5=$ 3.02	3,5	10,57
6.	$q.K_{a3}.h_3 = 10.0,49.3 = 14,71$	1,5	22,06
7.	$(\gamma_1.h_1.K_{a2}).h_3 = (18.1,5.0,49).3 = 39,71$	1,5	59,57
8.	$(\gamma_2.H_2.K_{a3}).h_3 = (18,5.1,5.0,49).3 = 40,82$	1,5	61,23
9.	$1/2.h_3^2.\gamma_3.K_{a3} = 1/2. 3^2.18,5.0,49 = 40,82$	1	40,82
$\Sigma Pa = 168,658$			$\Sigma MDa = 318,966$

Tabel 8.3. Gaya Horizontal dan Momen Tanah Pasif

No	Tekanan Tanah Lateral Pasif Total, Pp (kN)	Jarak ke O (m)	Momen (Pp×jarak)
1.	$1/2.h_p^2.\gamma'.K_p= 1/2. 1,5^2.11,19.2,04 = 25,6761$	0,5	12,838
2.	$1/2.h_a^2.\gamma_w = 1/2.3^2.9,81 = 44,145$	2,5	110,363
$\Sigma Pp = 69,821$			$\Sigma MDp = 123,201$

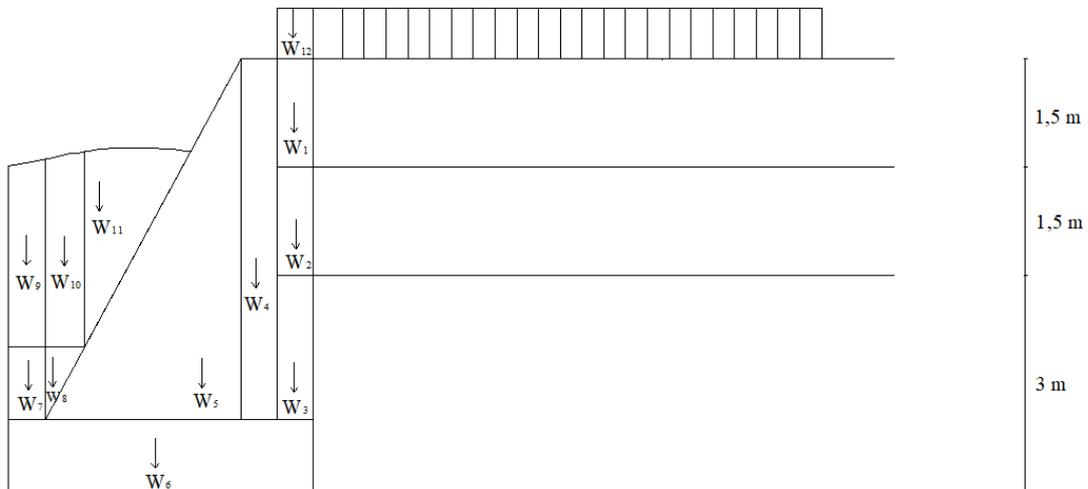
Total Gaya Horizontal

$$\begin{aligned} \Sigma Ph &= \Sigma Pa - \Sigma Pp \\ &= 168,658 - 69,821 \\ &= 98,8372 \text{ kN} \end{aligned}$$

Total Momen Mengakibatkan Penggulingan

$$\begin{aligned}\Sigma M_g &= \Sigma MD_a - \Sigma MD_p \\ &= 318,966 - 123,201 \\ &= 195,765 \text{ kNm}\end{aligned}$$

3. Berat DPT sebagai Gaya Vertikal



$$\gamma_{\text{batu kali}} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_1 = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = \gamma_3 = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_p = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_{\text{dasar}} = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 20 - 9,81 = 10,19 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_{\text{depan DPT}} = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 21 - 9,81 = 11,19 \text{ kN/m}^3$$

Tabel 8.4. Gaya-gaya Vertikal dan Momen Tanah Aktif

No	Berat, W (kN)	Jarak ke O (m)	Momen (W×jarak)
1.	p.l. $\gamma_1 = 1,5 \cdot 0,5 \cdot 18 = 13,5$	3,95	53,33
2.	p.l. $\gamma_2 = 1,5 \cdot 0,5 \cdot 18,5 = 13,88$	3,95	54,81
3.	p.l. $\gamma_3 = 2 \cdot 0,5 \cdot 18,5 = 18,50$	3,95	73,08
4.	p.l. $\gamma_{\text{batu kali}} = 0,5 \cdot 5 \cdot 20 = 50$	3,45	172,50
5.	$\frac{1}{2}$.a.t. $\gamma_{\text{batu kali}} = \frac{1}{2} \cdot 2,7 \cdot 5 \cdot 20 = 135$	2,3	310,50
6.	p.l. $\gamma_{\text{batu kali}} = 4,2 \cdot 1 \cdot 20 = 84$	2,1	176,40
7.	p.l. $\gamma' = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 11,19 = 2,8$	0,25	0,70
8.	$\frac{1}{2}$.a.t. $\gamma_p = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 0,27 \cdot 18,5 = 0,76$	0,59	0,45
9.	p.l. $\gamma_w = 0,5 \cdot 3 \cdot 9,81 = 14,72$	0,25	3,68
10.	p.l. $\gamma_w = 0,27 \cdot 3 \cdot 9,81 = 7,95$	0,64	5,05
11.	$\frac{1}{2}$.a.t. $\gamma_w = \frac{1}{2} \cdot 1,62 \cdot 3 \cdot 9,81 = 23,84$	1,72	40,88
12.	Beban Merata = $q \cdot L = 10 \times 0,5 = 5$	3,95	19,75
$\Sigma W = 369,927$			$\Sigma M_w = 911,108$

$$\begin{aligned}\phi &= 25^\circ \\ c &= 20 \\ Cd &= ad \times c \\ &= \frac{1}{3} \sim \frac{2}{3} c \\ &= \frac{2}{3} \times 20 = 13,33 \\ \delta b &= \frac{1}{3} \sim \frac{2}{3} \phi \\ &= \frac{2}{3} \times 25 = 16,67\end{aligned}$$

Untuk tanah c- ϕ ($\phi > 0$ dan $c > 0$)

$$\begin{aligned}\Sigma Rh &= Cd \times B + W \tan \delta b \\ &= 13,33 \times 4,2 + 369,927 \times \tan (16,67) \\ &= 166,749 \text{ kN}\end{aligned}$$

4. Perhitungan Stabilitas

a. Stabilitas terhadap penggeseran

Faktor Ketahanan Geser (Fgs) dengan SF=1,5

$$\begin{aligned}Fgs &= \frac{\Sigma Rh}{\Sigma Ph} \\ &= \frac{166,749}{98,8372} \\ &= 1,687 > 1,5 \text{ (Aman) } \sim \text{Dimensi tidak perlu di perbesar}\end{aligned}$$

b. Stabilitas terhadap penggulingan

Faktor Ketahanan Penggulingan (Fgl) dengan SF=1,5

$$\begin{aligned}Fgl &= \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mg} \\ &= \frac{911,108}{195,765} \\ &= 4,654 > 1,5 \text{ (Aman) } \sim \text{Dimensi tidak perlu di perbesar}\end{aligned}$$

c. Stabilitas terhadap Kerentuhan Kapasitas Dukung Tanah

1) Jarak eksentrisitas (x_e)

$$x_e = \frac{\Sigma Mw - \Sigma Mg}{\Sigma W} = \frac{911,108 - 195,765}{369,927} = 1,934 \text{ m}$$

2) Eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - x_e = \frac{4,2}{2} - 1,934 = 0,1663 \text{ m} < B/6 = 4,2/6 = 0,7 \text{ m}$$

3) Tebal Efektif (B')

$$B' = B - 2e = 4.2 - (2 \times 0,1663) = 3,8675 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 A' &= B' \times 1 \text{ (tinjauan tiap 1 m)} \\
 &= 3,8675 \times 1 = 3,8675 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

4) Faktor Kemiringan Beban

$$\begin{aligned}
 \Sigma H = \Sigma P &= 98,8372 \text{ KN} & \phi = 25 \rightarrow N_c = 20,72 & C = 20 \\
 \Sigma V = \Sigma W &= 369,927 \text{ KN} & N_q = 10,66 \\
 & & N_\gamma = 6,76
 \end{aligned}$$

Dari tabel faktor kapasitas dukung Hansen (1961)

$$\begin{aligned}
 i_q &= \left(1 - \frac{0,5 H}{\Sigma W + (A' \times C \times \cotan \phi)} \right)^5 \\
 &= \left(1 - \frac{0,5 \times 98,8372}{369,927 + (3,378 \times 20 \times \cotan (25))} \right)^5 \\
 &= 0.616 > 0 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i_c &= i_q - \left(\frac{1 - i_q}{N_q - 1} \right) \\
 &= 0.389 - \left(\frac{1 - 0.616}{10.66 - 1} \right) \\
 &= 0.5767
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i_\gamma &= \left(1 - \frac{0,7 H}{\Sigma W + (A' \times C \times \cotan \phi)} \right)^5 \\
 &= \left(1 - \frac{0,7 \times 98,8372}{369,927 + (3,378 \times 20 \times \cotan (25))} \right)^5 \\
 &= 0,50093 > 0 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

5) Daya Dukung Tanah Dasar

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= (i_c \times C \times N_c) + (i_\gamma \times 0.5 \times B' \times \gamma \times N_\gamma) \\
 &= (0.5767 \times 20 \times 20.72) + (0,50093 \times 0.5 \times 3,378 \times 10,19 \times 6,76) \\
 &= 305,716 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

6) Tekanan yang Bekerja pada Tanah Dasar

$$\begin{aligned}
 q_{max} &= \frac{qW}{B'} \\
 &= \frac{369,927}{3,378} \\
 &= 109,543 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

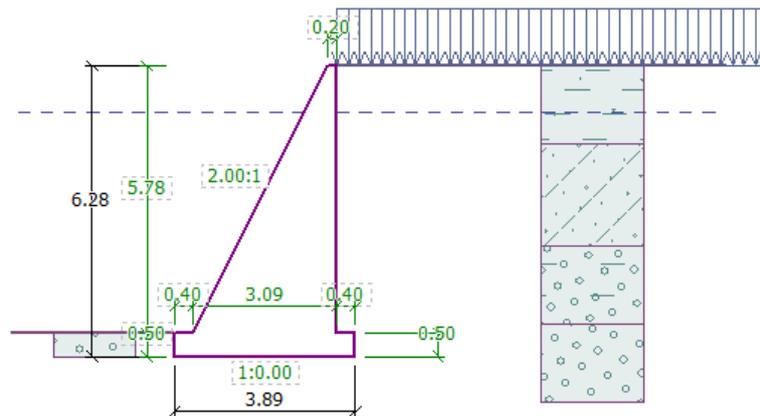
7) Faktor daya dukung tanah dengan SF = 3

$$F = \frac{q_{ult}}{q_{max}} = \frac{305,716}{109,543} = 3,196 > 3 \text{ (Aman)} \sim \text{Dimensi tidak perlu di perbesar}$$

8.2.2. Analisis Stabilitas Eksternal (Struktur Dinding Penahan Tanah)

Stabilitas internal meninjau kekuatan atau kapasitas dukung dari material penyusun tubuh struktur dinding penahan tanah. Perhitungan stabilitas internal dilakukan dengan meninjau tiap potongan tubuh struktur dinding penahan tanah. Agar hasil lebih akurat, pertimbangkan juga daerah kritis yang memungkinkan tubuh struktur dinding penahan tanah mengalami keruntuhan. Analisis stabilitas internal pada praktikum ini dibantu dengan menggunakan software GEO5 untuk memudahkan perhitungannya. Sedangkan untuk menentukan dimensi dari tubuh struktur dinding penahan tanah dapat menggunakan beberapa literatur yang mendukung.

Program *GEO5* merupakan salah satu program bantu yang berguna untuk membantu analisis dan perhitungan kestabilan tanah dan berbagai macam permasalahan di bidang geoteknik lainnya. Sama seperti bab-bab sebelumnya, dalam modul ini akan dibahas mengenai output yang akan dicapai dari analisis menggunakan *GEO5* sedangkan langkah-langkah pemodelan untuk *GEO5* akan disampaikan pada saat tutorial praktikum sesuai jadwal yang telah ditentukan.

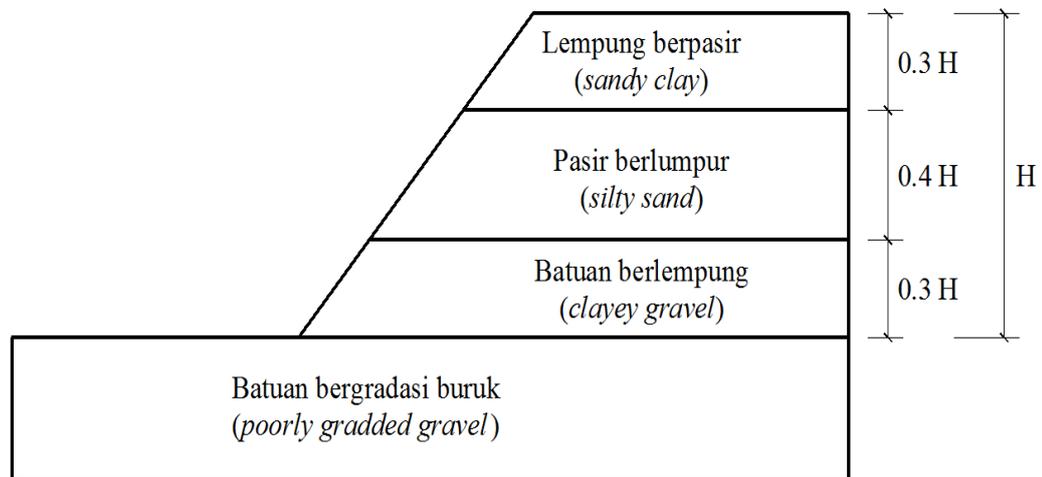


Gambar 8.1. Contoh dimensi dinding penahan tanah

8.2.3. Analisis Stabilitas Lereng (*Overall*)

Perencanaan normalisasi sungai ini terdapat data lapisan tanah pada daerah bantaran sungai dan di bawah dasar sungai. Pada daerah bantaran sungai tersebut akan dibuat *dinding* penahan tanah sebagai penahan bantaran sungai untuk mencegah kelongsoran pada daerah bantaran sungai tersebut. Lapisan tanah yang terdapat pada daerah bantaran sungai adalah lapisan tanah lempung berpasir (*sandy clay*), lapisan pasir berlumpur (*silty sand*), lapisan batuan berlempung (*clayey gravel*), dan lapisan batuan bergradasi buruk (*poorly graded*

gravel). Berikut adalah contoh sketsa lapisan tanah masing-masing jenis tanah pada bantaran sungai tersebut.



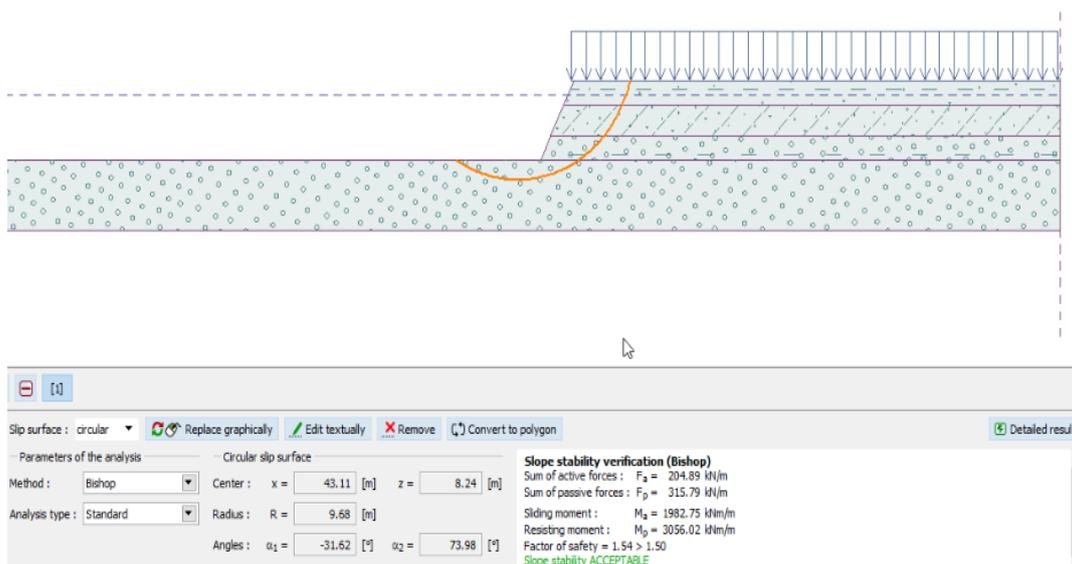
Gambar 8.2. Contoh sketsa Lapisan Tanah

Dari *setiap* lapisan tersebut yang telah diketahui jenis tanahnya, misal data diasumsikan seperti tabel berikut.

Tabel 8.5. Parameter Tanah

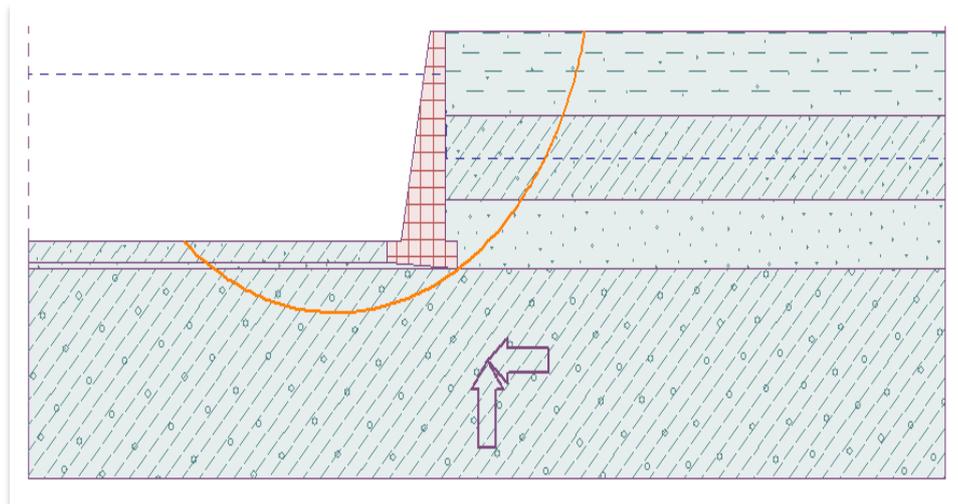
Parameter	Sandy Clay (CS)	Silty Sand (SM)	Clayey Gravel (GC)	Poorly Graded Gravel (GP)
Γ	18,5 kN/m ³	18 kN/m ³	19.50 kN/m ³	20 kN/m ³
δ	20°	20°	20°	20°
γ_{sat}	30 kN/m ³	30 kN/m ³	30 kN/m ³	30 kN/m ³

Hasil analisis kestabilan lereng yang aman yaitu diatas batas aman yang telah ditentukan, yaitu *Safety Factor (SF)* $\geq 1,50$.



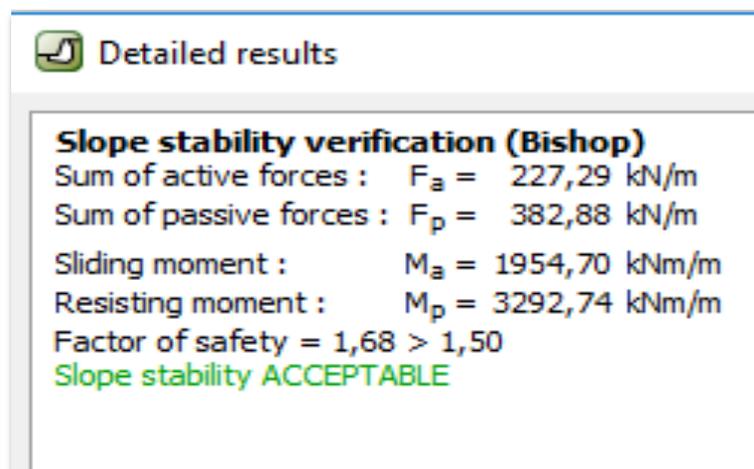
Gambar 8.3. Contoh hasil analisis kestabilan lereng

Gambar di atas merupakan hasil analisis dengan kestabilan lereng yang diijinkan. Sehingga tidak perlu perkuatan pada lereng tersebut. Jika pada bagian teks bagian bawah tertulis “Slope stability NOT ACCEPTABLE” dan berwarna merah, maka diperlukan perkuatan lereng tersebut. Dinding penahan tanah sebagai struktur perkuatan harus mampu menahan gaya horizontal (gaya lateral tanah aktif) dan gaya vertical (berat dari struktur DPT) sehingga dinding penahan tanah tidak roboh atau mengguling, tidak mengalami penggeseran, dan tidak mengalami keruntuhan struktur. Hasil running dari penambahan struktur DPT dari program ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8.4. Bidang longsor

Hasil dari penggunaan *GEOS* ini adalah untuk mengetahui aman atau tidaknya dinding penahan tanah yang digunakan secara cepat dan mampu mengetahui hasil nilai analisis total tekanan aktif dan pasif tanah, momen geser, momen tahanan dan *Safety Factor* yang digunakan seperti terdapat pada gambar dibawah ini.



Gambar 8.5. Hasil *Running*

BAB 9

STANDAR MUTU BANGUNAN

9.1. Persyaratan Bahan

Bahan-bahan bangunan yang cocok sudah diterangkan dengan jelas dalam bentuk persyaratan-persyaratan. Berikut daftar-daftarnya :

- a. PUBI-1982 Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia PUBI-1982 memberikan persyaratan untuk 115 macam bahan bangunan.
- b. SNI T-15-1991-03 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton dengan bagian-bagian dari SNI T-15-1991-03 memberi kan persyaratan bahan-bahan yang dipakai produks beton dan tulangan, seperti semen, agregat, zat tambahan (*admixtures*), air dan baja tulangan.
- c. NI-7 Syarat-syarat untuk kapur penggunaannya disesuaikan Standar Nasional Indonesia seperti :
 - Spesifikasi Kapur untuk Stabilisasi Tanah SNI 03-4147-1996
 - Spesifikasi Kapur Kembang untuk Bahan Bangunan SNI 03-6387-2000
 - Spesifkasi Kapur Hidrat untuk Keperluan Pasangan Bata SNI 03-6378-2000
- d. NI-S Peraturan Semen Portland
- e. NI-10 Bata Merah sebagai Bahan Bangunan
- f. NI-5 atau PKKI-1961 Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia
- g. NI-13 Peraturan Batu Belah.

SII Standar Industri Indonesia, adalah standar untukberbagai bahan yang tersedia di pasaran Indonesia.

9.2. Berat Volume

Berat volume yang akan digunakan untuk perhitungan perencanaan diberikan pada Tabel dbawah ini, berat tabel colume dalam tabel ini adalah menurut PPI-1983 atau NI-18 (Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung). Berat Volume γ (kN/m³) adalah berat volume massa ρ (kg/m³) kali percepatan gravitas g (m/dt³).

Bahan	Kg/m ³
Baja	7.850
Batu galian, batu kali	1.500
Batu koral	1.700

Besi tuang	7.250
Beton	2.200
Beton bertulang	2.400
Kayu (kelas I)	1.000
Kayu (kelas II)	800
Kerikil	1.650
Mortel/adukan	2.150
Pasangan bata	1.700
Pasangan batu	2.200
Pasir (kering udara sampai lengas)	1.600
Pasir (basah)	1.800
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lengas)	1.700
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000

9.3. Beton

Beton harus dipakai dan direncanakan sesuai dengan persyaratan yang saat ini yaitu SK SNI T-15-1991-03 Kementerian Pekerjaan Umum.

Tabel 9.2. Perbedaan perhitungan struktur beton dengan PBI-1971 atau NI-2 PBI-1971 dan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum

PBI-1971 atau NI-2 PBI-1971	SK SNI T-15-1991-03 Kementerian Pekerjaan Umum
1. Menggunakan metode elastic atau cara nyang variaabelnya tergantung pada mutu beton dan waktu pembebanan serta keharusan pemasangan tulangan rangkap bagi balok-balok yang ikut menentukan kekuatan struktur	1. Menggunakan metode kekuatan ultimit. 2. Konsep hitungan keamanan dan beban lebih realistik . 3. Menggunakan satuan SI dan notasi disesuaikan dengan yang dipakai dalam kalangan internasional
2. Diperkenalkan perhitungan ultimit yang belum merupakan keharusan dipakai, dimungkinkan sebagai alternative	4. Ketentuan penulangan lebih rinci.
3. Diperkenalkan dasar perhitungan tahan gempa	

Untuk kepentingan mutu disamping pertimbangan ekonomis, beton yang dipakai dan direncanakan sesuai yang tercantum dalam SK SNI T-15-1991-03 Kementerian Pekerjaan Umum seperti dalam Tabel di bawah ini

Tabel 9.3. Perbedaan perhitungan struktur beton dengan PBI-1971 atau NI-2 PBI-1971 dan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum

Kuat Tekan	Mutu (MPa)	Perbandingan Susunan Bahan Beton Berdasarkan Konversi Berat	Keterangan
f_c'	10	1 PC : 2Psr : 3 Kerikil	Boleh berdasarkan volume
f_c'	< 20	1 PC : 3/2 Psr : 5/2 Kerikil	dari konversi berat. <i>Slump</i> tidak boleh melebihi 100 mm untuk kedap air
f_c'	≥ 20	Penakaran Campuran Beton harus berdasarkan berat	

Berdasarkan tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan sesuai SNI 7394-2008 diuraikan dalam tabel dibawah ini. Mutu beton, *slump*, dan susunan bahan campuran beton sesuai perbandingan berat bahan ini hasil tes laboratorium di Pusat Penelitian dan Pengembangan Bangunan Bandung. Maka untuk pelaksanaan campuran beton di luar Bandung disarankan untuk diadakan tes uji bahan di daerah masing-masing untuk menyesuaikan komposisi bahan dan kekuatan yang dihasilkan.

Tabel 9.4. Mutu Beton, *slump* dan Susunan Bahan Campuran Beton Sesuai Perbandingan Beraat Berdasarkan SNI 7394-2008

Kuat Tekan	Mutu (MPa)	Nilai K	Perbandingan Susunan Bahan Beton Berdasarkan Konversi Berat (Kg)				<i>Slump</i> (Cm)	Perbandingan Susunan Bahan Beton Berdasarkan Konversi Volume		
			PC	Pasir	Krikil (Maks Ø 30mm)	Air (Liter)		PC (ZAK)	Pasir (Kotak)	Krikil (Maks Ø 30mm) (Kotak)
f_c	7,4	100	247	869	999	215	12 ± 2	5,00	4,33	4,5
f_c	9,8	125	276	828	1012	215	12 ± 2	5,50	4,50	5,0
f_c	12,2	150	299	799	1017	215	12 ± 2	6,00	4,00	5,0
f_c	14,5	175	326	760	1029	215	12 ± 2	6,50	3,80	5,0
f_c	16,9	200	352	731	1031	215	12 ± 2	7,00	3,65	5,0
f_c	19,3	225	371	698	1047	215	12 ± 2	7,50	3,50	5,0
f_c	21,7	250	384	692	1039	215	12 ± 2	8,00	3,50	5,0
f_c	24,0	275	406	684	1026	215	12 ± 2	8,00	3,45	5,0
f_c	26,4	300	413	681	1021	215	12 ± 2	8,25	3,33	5,0
f_c	28,8	325	439	670	1006	215	12 ± 2	9,00	3,33	5,0
f_c	31,2	350	448	667	1000	215	12 ± 2	9,00	3,33	5,0

Untuk memudahkan pelaksanaan di lapangan mutu beton, *slump* dan susunan bahan campuran beton sesuai perbandingan berat berdasarkan SNI 7394-2008 dikonversi kedalam ukuran volume dengan langkah sebagai berikut :

- a. Ditetapkan 1 zak semen di pasaran yang beratnya 50 kg
- b. Buat kotak untuk menakar pasir dan kerkil dengan ukuran 0,50 m x 0,50 m x 0,50 m, maka volume kotak = 0,125 m³.

9.4. Tulangan

Penutup beton bertulang sebaiknya diambil sesuai yang tertera dalam Tabel dibawah ini. Jenis dan baja tulangan yang digunakan dalam SK SNI T-15-1991-03. Kementerian Pekerjaan Umum sesuai SI 0136-80 dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 9.5. Penutup Beton Minimum

Tipe Konstruksi	Penutup Minimum (mm)	
	Tampak	Tak Tampak
Pelat	15	20
Dinding	20	25
Balok	25	20
Kolom	30	35

Di lingkungan yang korosif, misalnya bangunan-bangunan yang kontak langsung dengan air laut, air alkali atau tanah, harga-harga dari Tabel sebaliknya di tambah dengan 10 mm. Penutup tulangan beton hendaknya diambil jangan diambil kurang dari besarnya diameter barang-barang tulangan beton.

Tabel 9.6. Jenis dan Kelas Baja Tulangan (SII 0136-80)

Jenis	Kelas	Simbol	Batas Ulur Minimum N/mm ² (Kgf/mm ²)	Kuat Tarik Minimum N/mm ² (Kgf/mm ²)
Polos	1	BJTP24	235	382
			(24)	(39)
	2	BJTP30	294	480
			(30)	(49)
Deformasian	1	BJTD24	235	382
			(24)	(39)
	2	BJTP30	294	480
			(30)	(49)
	3	BJTP35	343	490
			(35)	(50)
	4	BJTP40	392	559
			(40)	(57)
	5	BJTP50	490	616
			(50)	(63)

Konstanta perencanaan diambil seperti yang diberikan pada tabel di bawah ini. Sesuai dipohusodo, 1994 perencanaan tidak boleh didasarkan kuat leleh tulangan f_y' , melebihi 550 MPa, kecuali untuk tendon praekan.

BAB 10

GAMBAR DESAIN

Gambar adalah sebuah alat komunikasi untuk menyatakan maksud dari seorang ahli teknik. Oleh karena itu gambar sering juga disebut sebagai bahasa teknik atau bahasa untuk ahli teknik. Keterangan-keterangan dalam gambar yang tidak dapat dinyatakan dengan bahasa lisan harus diwakili oleh lambang-lambang. Karena itu, kualitas keterangan yang dapat diberikan dalam gambar tergantung dari keterampilan juru gambar (drafter). Sebagai juru gambar sangat penting untuk memberikan gambar yang tepat dan mempertimbangkan kemampuan pembacanya. Gambar teknik memiliki 3 fungsi, yaitu: sarana penyampaian informasi, sarana penyimpanan informasi dan sebagai konsep.

Gambar teknik digunakan oleh seorang insinyur sipil untuk menentukan metode pelaksanaan proyek dan menghitung rencana anggaran biaya yang akan dikeluarkan secara tepat dan ekonomis. Dewasa ini banyak software yang telah dikembangkan untuk menggantikan cara menggambar konvensional, program CAD seperti AutoCAD banyak digunakan dalam standar penggambaran. Standar desain gambar teknik dalam praktikum keairan ini diharapkan agar mahasiswa mampu melakukan penggambaran desain sungai dan bangunan perkuatan yang akan dibuat pada tebing sungai tersebut secara baik dan benar sesuai dengan standar gambar pada umumnya.

Beberapa standar gambar secara umum akan dibahas pada modul ini sebagai berikut.

10.1. Ukuran Kertas

Kertas gambar yang digunakan untuk penyajian gambar teknik telah mempunyai ukuran yang sudah distandartkan, ukuran yang banyak di gunakan adalah seri **A**. Ukuran ini mempunyai mempunyai ukuran standart yang dinyatakan dengan angka di belakang huruf seperti tabel berikut.

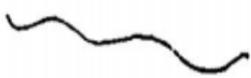
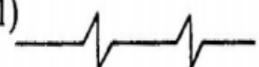
Tabel 10.1. Ukuran Kertas Gambar

Ukuran	Ukuran		Sisi Kiri	C
	Lebar	Panjang		
A0	841 mm	1189 mm	20 mm	10 mm
A1	594	841	20 mm	10 mm
A2	420	594	20 mm	10 mm
A3	297	420	20 mm	10 mm
A4	210	297	20 mm	5 mm
A5	148	210	20 mm	5 mm

10.2. Jenis dan Ketebalan Garis

Selain pembakuan ukuran kertas gambar, jenis garis pada gambar teknik pun turut ditetapkan sehingga setiap garis menunjukkan fungsi tersendiri. Terdapat sedikit perbedaan antar berbagai bidang keteknikan dalam jenis dan fungsi garis ini.

Tabel 10.2. Jenis-jenis Garis dan Penggunaannya

Jenis garis	Keterangan	Penggunaan
A 	Tebal kontinu.	A1. Garis garis nyata gambar. A2. Garis-garis tepi.
B 	Tipis kontinu.	B1. Garis-garisberpotongan khayal (imaginer). B2. Garis-garis ukur. B3. Garis-garis proyeksi/bantu. B4. Garis-garis petunjuk. B5. Garis-garis arsir. B6. Garis-garis nyata dari .penampang yang diputar ditempat. B7. Garis sumbu pendek.
C 	Tipis kontinu bebas.	C1. Garis-garis batas dari potongan sebagian atau bagian yang di potong, bila batasnya bukan garis bergores tipis.
D, 1) 	Tipis kontinu dengan sig-sig.	D1. Sama dengan C1.
E 	Garis gores tebal.	E1. Garis nyata terhalang. E2. Garis tepi terhalang.
F 	Garis gores tipis.	F1. Garis nyata terhalang. F2. Garis tepi terhalang.
G 	Garis bergores tipis.	G1. Garis sumbu. G2. Garis simetri. G3. Lintasan.
H 	Garis bergores tipis yang dipertebal pada ujung-ujungnya dan pada perubahan arah.	H1. Garis (bidang) potong.
J 	Garis bergores tebal.	J1. Penunjukan permukaan yang harus mendapat penanganan khusus.
K 	Garis bergores ganda tipis.	K1. Bagian yang berdampingan. K2. Batas-batas kedudukan benda yang bergerak.

		<p>K3. Garis sistem (pada baja profil).</p> <p>K4. Bentuk semula sebelum dibentuk</p> <p>K5. Bagian benda yang berada di depan bidang potong</p>
--	--	--

Ada lima lebar garis dasar yaitu: ekstra tebal, tebal, medium, tipis dan ekstra tipis. Tidak ada ukuran dasar untuk tiap tiap lebar. Lebar garis relatif dan tergantung pada besar ukuran gambar. Garis tipis mungkin sesuai untuk gambar kecil, tetapi mungkin hampir tidak kelihatan dalam denah besar. Penggunaan garis ekstra tebal untuk batas lembar kertas gambar yang berukuran besar, batas blok judul dan simbol grafis khusus yang membutuhkan penekanan. Garis-garis tebal untuk profil massa, massa pohon, batas bangunan (dinding-dinding dan dinding pemisah/partisi) dan batas blok judul yang dipilih. Garis garis tipis - untuk elmen desain, profil bagian dalam, garis-garis pemisah (pola batu bata) dan ukuran dalam gambar kerja. Garis ekstra tipis untuk huruf pengantar, susunan, struktur dan ukuran.

Tabel 10.3. Ketebalan garis dan penggunaannya

Line Width/Weight Examples			
Line Thickness	Examples of Typical Usage	Line Width/Weight for 8.5" x 11" (Size A) 11" x 17" Sheets (Size B)	Line Width/Weight for 22" x 34" Sheets (Size D)
Fine	Fine Grid Lines Hatching/Patterning Minor Contours Material Indications Surface Marks	0.004 (in.) 0.09 (mm)	0.007 (in.) 0.18 (mm)
Thin	Dimension Lines Leader Lines Line Terminators Schedule Grid Lines Major Contours Phantom Lines Hidden Lines Centerlines Break Lines	0.005 (in.) 0.13 (mm)	0.010 (in.) 0.25 (mm)
Medium	Minor Object Lines Notations	0.007 (in.) 0.18 (mm)	0.014 (in.) 0.35 (mm)
Wide	Section Cutting Plane Lines Subtitles Major Object Lines	0.010 (in.) 0.25 (mm)	0.020 (in.) 0.50 (mm)
Extra Wide	Titles Schedule Outlines Special Emphasis Object Lines Large Scale Details	0.014 (in.) 0.35 (mm)	0.028 (in.) 0.70 (mm)
Option 1	Partitioning Lines Asbuilt Features	0.020 (in.) 0.50 (mm)	0.040 (in.) 1.00 (mm)
Option 2	Border Sheet Outlines Cover Sheet Linework	0.028 (in.) 0.70 (mm)	0.055 (in.) 1.40 (mm)
Option 3		0.040 (in.) 1.00 (mm)	0.079 (in.) 2.00 (mm)

Indraprastha, 2015

10.3. Jenis dan Ukuran Huruf

Jenis teks dalam gambar teknik yang digunakan haruslah konsisten untuk keseluruhan gambar. Umumnya penggunaan jenis teks capital dan sanserif (huruf teknik) dengan jenis font yang jelas dibaca dan tersedia di berbagai sistem operasi.

Adapun beberapa ketentuan dalam menentukan jenis dan ukuran huruf, sebagai berikut.

- a. Setiap gambar baik berupa denah, detail, potongan, tampak, harus memiliki judul. Judul ini harus singkat dengan semua hurufnya adalah capital. Ukuran teks untuk judul adalah relatif, sebagai referensi:
 - 1) Teks ukuran 18 point adalah untuk kertas ukuran A0, A1, A2.
 - 2) Teks ukuran 14 point adalah untuk kertas ukuran A4, A3.
 - 3) Teks ukuran tinggi 3mm digunakan untuk dimensi, keterangan, notasi pada Gambar.
 - 4) Teks ukuran tinggi 5mm - 6mm digunakan untuk subjudul dan judul.
- b. Tidak boleh menggunakan singkatan pada judul.
- c. Teks dan dimensi pada gambar diletakkan sedemikian rupa sehingga dapat dibaca dari atas-bawah atau dari kanan-kiri lembar kertas.

10.4. Tata Letak dan Skala

Skala digunakan untuk mengecilkan atau memperbesar ukuran penyajian obyek gambar, agar obyek gambar dapat dituangkan diatas kertas gambar dalam keadaan mudah dimengerti. Pemakaian skala pada gambar berarti menyajikan perbandingan nyata dari benda. Skala kecil biasanya akan sedikit memperlihatkan dengan jelas detail yang akan di kehendaki secara penuh. Ketentuan penunjukan skala pada gambar teknik adalah:

- a. Penggunaan tanda skala terdiri dari kata “SKALA” diikuti rasio.
- b. Kata “SKALA” dapat dihilangkan selama tidak terjadi keasahpahaman.
- c. Skala yang digunakan dicantumkan pada etiket.
- d. Jika menggunakan lebih dari satu skala pada satu gambar, hanya skala utama saja yang ditunjukkan pada etiket.
- e. Skala lainnya ditetatkan berdekatan dengan gambar bagian atau huruf yang menunjukkan detail gambar. Perbandingan skala dan kegunaan skala pada umumnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 10.4. Perbandingan Skala

Tipe gambar	Skala	Tebal-garis (mm)	Tinggi huruf /angka (mm)
<u>Peta</u>			
Peta topografi	1:50.000	0,18/0,25/0,35	1,8/2,5/3,5
	1:25.000	0,18/0,25/0,35/0,5	1,8/2,5/3,5/5
	1:5.000	0,25/0,35/0,5	2,5/3,5/5
Peta situasi bendung	1:1.000	0,25/0,35/0,5	2,5/3,5/5
	1:500	0,25/0,35/0,5	2,5/3,5/5
Peta ikhtiar dan peta petak	1:25.000	0,25/0,35/0,5	2,5/3,5/5
	1:5.000	0,25/0,35/0,5/0,7	2,5/3,5/5/7
Peta situasi jaringan tersier	1:5.000	0,25/0,35/0,5/0,7	2,5/3,5/5/7
	1:2.000	0,25/0,35/0,5/0,7	2,5/3,5/5/7
Peta situasi /peta situasi trase	1:2.000	0,25/0,35/0,5/0,7	2,5/3,5/5/7
	1:1.000	0,25/0,35/0,5/0,7	2,5/3,5/5/7
Potongan Memanjang	hor	1:2.000	
	vert	1:1.000	
Potongan melintang hor dan vert	hor	1:200	
	vert	1:100	
Gambar-gambar Bangunan Denah Umum	1:1.000	0,25/0,35/0,5/0,7	2,5/3,5/5/7
	1:500	0,25/0,35/0,5/0,7	2,5/3,5/5/7
Denah	1:500	0,25/0,35/0,5/0,7	2,5/3,5/5/7
	1:200	0,25/0,35/0,5/0,7	2,5/3,5/5/7
	1:100	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10
	1:50	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10
Potongan	1:100	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10
	1:50	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10
	1:20	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10
	1:10	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10
Detail	1:20	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10
	1:10	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10
	1:5	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10
	1:2	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10
	1:1	0,25/0,35/0,5/0,7/1	2,5/3,5/5/7/10

Setiap gambar kerja yang dibuat, selalu ada etiketnya. Etiket dibuat di sisi kanan bawah kertas gambar. Pada etiket (kepala gambar) ini kita dapat mencantumkan:

- a. nama yang membuat gambar
- b. judul gambar
- c. nama instansi, departemen atau sekolah
- d. tanggal menggambar atau selesainya gambar
- e. tanggal siperiksanya gambar dan nama pemeriksa
- f. ukuran kertas gambar yang dipakai
- g. skala gambar
- h. jenis proyeksi
- i. satuan gambaryang digunakan

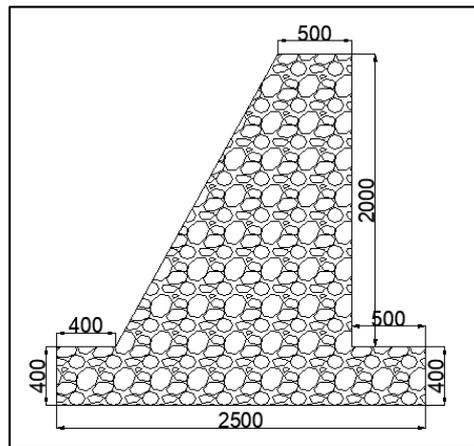
j. berbagai data yang digunakan untuk keperluan kelengkapan gambar.

	PRODI TEKNIK INFRASTRUKTUR TEKNOLOGI KOMUNIKASI YOGYAKARTA	FRATRIKUN	PERALANGAN KEMAH TA. 2016/2017	Digambar Oleh Nama: Rizka A. Nurcahyo NPM: 101110201 Nama: Rizka A. Nurcahyo NPM: 101110201 Nama: Rizka A. Nurcahyo NPM: 101110201	Digambar Oleh Alamat: Perumahan	Class Eksperimen Dianalisis Oleh Nama: Rizka A. Nurcahyo	Penyempurnaan 18 Mei 2017	Jumlah Gambar	KEPERLUAN	CITRYAN
	Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00		Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00	Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00	Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00	Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00	Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00	Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00	Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00	Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00 Jumlah Gambar: 2.00

Gambar 10.1. contoh etiket (kop gambar)

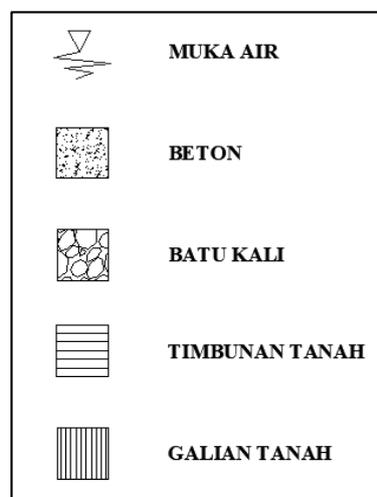
10.5. Tata Letak Simbol dan Keterangan Gambar

Dalam menginformasikan gambar terhadap orang lain, sebaiknya gambar dilengkapi dengan dimensi/ukuran sebenarnya. Dalam memberikan dimensi/ukuran gambar sebaiknya pula dilengkapi dengan batas ukuran, sering disebut dengan tali ukuran/garis ukuran. Cara meletakkan garis ukuran ke obyek gambar yaitu dengan menarik garis batas ukuran dari sumbu benda yang akan dilengkapi ukuran. Adapun norma meletakkan tali ukuran/garis ukuran lihat gambar berikut:



Gambar 10.2. Pemberian notasi ukuran pada gambar

Penunjukan ketinggian obyek gambar ditunjukkan dengan kode plus minus (+ 0.00) menunjukkan patokan elevasi, plus (+) menunjukkan keadaan elevasi naik dari patokan elevasi, minus (-) menunjukkan keadaan elevasi turun dari patokan elevasi. Penunjukan ukuran ketinggian tersebut, batas tali ukurnya dilengkapi dengan tanda panah sebagai posisi elevasi yang ditunjuk.



Gambar 10.3. Contoh Simbol dalam penggambaran

Agar gambar dapat dibaca dengan mudah baik macam bahan konstruksi, struktur, finising bangunan sampai pada judul gambar sebaiknya gambar dilengkapi dengan keterangan gambar yang berupa tulisan dengan cara penulisan singkat dan padat dan dilengkapi dengan garis penunjuk arah benda yang akan diberi keterangan.

BAB 11

METODE KONSTRUKSI

Metode konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mengikuti prosedur dan telah dirancang sesuai dengan pengetahuan maupun standar yang berlaku. Pelaksanaan metode konstruksi yang tepat sangat diperlukan karena akan berpengaruh pada biaya dan waktu pelaksanaan suatu proyek. Pertimbangan pemilihan metode konstruksi yang tepat akan memperkecil kemungkinan terjadinya resiko besar seperti mengalami kegagalan/kemunduran pelaksanaan proyek. Acuan yang dapat dipakai dalam metode konstruksi pada Praktikum Perancangan Keairan ini khususnya untuk normalisasi sungai diantaranya PMBOK (*Project Management Body Of Knowledge*) dan Permen Nomor 12 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, serta Permen Nomor 11 Tahun 2013 tentang Analisa Harga Satuan Pekerjaan.

Pada Praktikum Perancangan Keairan ini, setiap kelompok harus merancang Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang akan dibahas pada bab selanjutnya di modul ini dengan mempertimbangkan beberapa kriteria dalam metode pelaksanaan konstruksi diantaranya adalah jenis pekerjaan, lokasi pekerjaan, dan waktu pelaksanaan proyek. Adapun beberapa kriteria lainnya yang mungkin dapat menjadi pertimbangan dalam pemilihan metode konstruksi yang bisa diperoleh dari literatur-literatur lainnya yang bisa dijadikan acuan. Penjelasan mengenai pemilihan metode konstruksi berdasarkan kriteria-kriteria berikut ini.

11.1. Jenis Pekerjaan

Pekerjaan konstruksi sangat beragam mulai dari pekerjaan struktur gedung, pekerjaan jalan, pekerjaan keairan, dan sebagainya. Pekerjaan-pekerjaan tersebut dapat berupa membuat suatu konstruksi baru, memperbaiki dan mengembangkan struktur yang lama sesuai dengan pemanfaatannya. Setiap jenis pekerjaan konstruksi membutuhkan tenaga, bahan, dan alat pekerjaan yang berbeda. Para perencana harus mempertimbangkan apa saja kebutuhan yang dari suatu proyek sehingga perencanaan biaya menjadi lebih tepat dan ekonomis.

Pada praktikum keairan, pekerjaan yang akan direncanakan adalah menormalisasi sungai yang mana pekerjaan tersebut merupakan proyek konstruksi di bidang keairan. Oleh karena itu, suatu proyek normalisasi harus direncanakan dengan mempertimbangkan kebutuhan proyek tersebut. Sebagai contoh pada item pekerjaan persiapan pembukaan lahan,

perlu ditentukan juga dimana lokasi untuk area pembuangan material tidak terpakai (*disposal area/spoil bank*), dan lokasi penyimpanan material (*stock pile*), bangunan fasilitas (kantor dan pergudangan) dan sebagainya. Contoh lainnya pada pekerjaan struktural yang membutuhkan sarana untuk mixing beton ditempat atau pembangunan *batching plant* untuk pembuatan beton *ready mix*. Serta item-item pekerjaan lainnya sesuai kebutuhan proyek tersebut.

11.2. Lokasi Pekerjaan

Jenis pekerjaan yang akan dirancang pada praktikum ini adalah pekerjaan yang berhubungan dengan keairan. Sehingga metode pelaksanaan konstruksi dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu melalui darat dan melalui air (sungai). Kedua metode ini dipilih berdasarkan keadaan di sekitar lokasi proyek.

Jika proyek tersebut berada dalam pemukiman yang padat penduduk dan tidak dapat dilalui kendaraan berat maka pemilihan metode pelaksanaan menggunakan jalur sungai dapat dipilih. Namun ada konsekuensi yang harus diambil, contohnya saat menggunakan alat berat seperti excavator misalnya. Excavator harus ditempatkan pada perahu ponton yang dapat mengapung dalam air sehingga dapat menjangkau daerah tebing sungai yang akan digali atau ditimbun. Penambahan biaya untuk sewa perahu ponton ini juga membutuhkan biaya lebih sehingga mempengaruhi biaya pelaksanaan proyek tersebut. Adapun contoh-contoh metode pelaksanaan lainnya yang bisa direncanakan oleh seorang perencana dalam merencanakan proyek tersebut melalui jalur air sungai.

Jika lokasi proyek tersebut bisa diakses dengan mudah, maka dapat menggunakan jalur darat. Jalur darat lebih efektif digunakan dari segi pelaksanaannya dan dapat mempersingkat waktu pekerjaan. Meskipun begitu, jalur darat pun tak selamanya lebih ekonomis dari segi biaya. Contoh kasus yang sering terjadi adalah jalur akses menuju proyek, perencana suatu proyek juga harus mempertimbangkan jalur akses yang nantinya akan dilalui oleh kendaraan berat yang akan berlalu lalang melintasi jalan tersebut. Misal lokasi gudang material untuk perkuatan lereng terletak di daerah persawahan, tentunya agar kendaraan berat dapat membawa material dari gudang tersebut menuju tempat proyek membutuhkan jalan akses yang bagus, terutama dari segi perkuatan jalannya. Sehingga kasus-kasusnya seperti inilah yang nantinya akan mempengaruhi penambahan-penambahan biaya.

11.3. Waktu Pelaksanaan Proyek dan Durasi Pekerjaan

Para perencana bukan hanya mempertimbangkan kapan dimulainya waktu proyek tersebut tetapi juga target-target yang akan dicapai dalam waktu terdekat dan kapan mengakhiri proyek tersebut. Proyek normalisasi sungai lebih tepat dilakukan saat air sungai dalam kondisi surut. Arus sungai yang tidak terlalu kuat dan berkurangnya debit sungai menjadi alasan utama proyek tersebut dapat dilaksanakan. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengantisipasi gerusan yang cukup besar dari arus air sungai. Struktur perkuatan yang masih belum cukup umur tidak bisa menghalau datangnya arus sungai yang deras sehingga akan mempercepat kegagalan struktur tersebut.

Suatu pelaksanaan pembangunan bangunan air terutama dalam pelaksanaan normalisasi sungai juga dipengaruhi oleh cuaca dan debit air yang mengalir. Apabila cuaca buruk dan debit air tinggi, pelaksanaan konstruksi akan menjadi lebih sulit. Selain karena sulit menjangkau lokasi, cuaca yang buruk dan debit air yang tinggi juga dapat membahayakan para pekerja. Sehingga pada proyek-proyek keairan, pemilihan waktu pelaksanaan harus dipertimbangkan kondisi cuacanya.

Pertimbangan waktu yang tepat menyesuaikan biaya proyek yang tersedia. Proyek pekerjaan konstruksi sering kali terkendala bukan hanya dari segi pelaksanaannya saja, namun juga tentang biaya yang tersedia. Lamanya proyek berlangsung atau disebut durasi proyek sangat bergantung pada pendanaan. Sehingga dalam merencanakan suatu pekerjaan konstruksi perlu dipikirkan bobot-bobot dari tiap item pekerjaan terkait dengan biaya dan pelaksanaan proyek. Salah satu metode yang paling mudah dalam perencanaan ini dapat dilakukan dengan membuat *time scheduling* dalam bentuk grafik yang biasa disebut kurva-S.

Kurva-S adalah sebuah grafik yang menggambarkan kemajuan volume pekerjaannya yang akan diselesaikan termasuk estimasi biaya yang akan dikeluarkan sesuai bobot pekerjaan dan target yang akan dicapai sepanjang berlangsung masa proyek. Manfaat kurva-S dalam proyek konstruksi diantaranya:

- a. sebagai jadwal pelaksanaan proyek, pelaksana proyek dapat mengetahui apakah proyek tersebut berjalan sesuai rencana atau tidak. jika proyek tersebut terlambat dalam pelaksanaannya maka para pelaksana dapat mempertimbangkan alternatif pekerjaan lainnya yang bisa dikerjakan terlebih dahulu agar proyek tersebut dapat diselesaikan sesuai target yang dikehendaki. sehingga kurva-s ini harus diupdate setiap saat dan melakukan evaluasi kerja sesuai dengan kondisi yang terjadi.

- b. sebagai dasar dalam manajemen keuangan proyek. biaya yang harus disiapkan pada setiap pekerjaan harus disesuaikan dengan bobot pekerjaan. Bobot pekerjaan satu dengan lainnya tentu berbeda terutama dari segi waktu dan biaya. Seorang perencana menjadi estimator harga terkait biaya-biaya yang akan dibutuhkan guna mencapai target-target dalam proyek tersebut.

Serta fungsi-fungsi kurva-S lainnya yang dapat dilihat dari beberapa literatur tentang manajemen konstruksi.

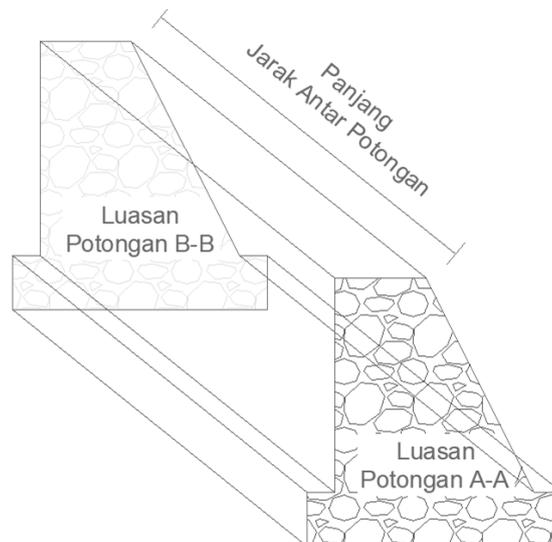
BAB 12

RENCANA ANGGARAN BIAYA

Materi manajemen konstruksi dalam praktikum keairan ini juga membahas tentang perencanaan anggaran biaya selain metode konstruksi yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Penyusunan anggaran biaya menggunakan konsep estimasi yang terstruktur yang dirancang sedemikian rupa sehingga menghasilkan nilai estimasi yang tepat. Nilai estimasi dalam sebuah proyek konstruksi berfungsi untuk merencanakan anggaran yang optimal untuk pelaksanaan proyek namun tetap ekonomis dalam pengeluarannya. Komponen utama dalam sebuah Rencana Anggaran Biaya (RAB) terutama di bidang keairan, meliputi beberapa pembahasan berikut ini.

12.1. Perhitungan Volume Pekerjaan

Setiap item pekerjaan mempunyai satuan pekerjaan yang berbeda-beda, antara lain dalam bentuk massa (kg), panjang (m), luasan (m^2), dan volume bangun ruang (m^3). Volume pekerjaan yang akan dihitung juga disesuaikan dengan satuan pekerjaannya. Satuan massa (kg), panjang (m), dan luasan (m^2) dihitung dengan hanya melihat bagian gambar desain bangunannya saja. Akan tetapi, pekerjaan yang berhubungan dengan volume bangun ruang seperti pekerjaan galian tanah, timbunan tanah, dan struktur perkuatan lereng dihitung berdasarkan pendekatan (secara kasar) dengan mengalikan rata-rata luasan bangunan dari potongan 1 ke potongan selanjutnya dan jarak antar potongan.



Gambar 12.1. Sketsa perhitungan volume

Tabel 12.1. Contoh perhitungan volume pekerjaan gravity wall

Bangunan	Potongan	Jarak (m)	A (m ²)	Arata-rata (m ²)	Volume (m ³)
Gravity Wall	A-A	22.5	18.64	19.12365	430.282125
	B-B		19.6073		
	B-B	22.5	19.6073	19.5011	438.77475
	C-C		19.3949		
Sum:					869.056875

12.2. Harga Satuan Dasar (HSD)

RAB harus dihitung berdasarkan harga aktual yang berada di pasaran. Harga-harga dasar dari sebuah material, upah, maupun peralatan kerja yang digunakan adalah harga dasar yang terbaru yang dibuat oleh pemerintah. Pemerintah daerah setempat akan mengeluarkan harga satuan dasar (HSD) daerahnya masing-masing yang diperbarui setiap tahunnya. Harga satuan dasar (HSD) selanjutnya digunakan sebagai acuan harga yang ada di dalam suatu item pekerjaan.

Harga dasar yang dihitung dalam proses perencanaan adalah harga untuk tenaga kerja, material, dan peralatan kerja (termasuk alat berat). Berikut adalah beberapa contoh harga dasar yang dikeluarkan oleh Pemerintah Daerah.

Tabel 12.2. Contoh Harga Satuan

NO	DESCRIPTION	SPECIFICATION	UNIT	RATE (IDR)
1 ALAT				
1.1	Dump Truck	Mitsubishi TS- 10 m ³	Sewa/jam	150,000.00
1.2	Excavator	PC-200 - 0.8m ³	Sewa/jam	500,000.00
2 BAHAN				
2.1	Batu Kali		m ³	100,000.00
2.2	Semen Portland		kg	1,000.00
2.3	Pasir Pasang		m ³	165,000.00
2.4	Pasir Beton		m ³	185,000.00
2.5	Batu Split 2-3 cm		m ³	261,000.00
2.6	Air		ltr	1,000.00
2.7	Besi Beton		kg	17,000.00
2.8	Kawat Bendrat		kg	16,000.00
2.9	Sirtu		m ³	108,000.00
3.0	Paku Biasa 2" - 5"		kg	12,500.00

3 UPAH			
3.1	Pekerja	OH	60,000.00
3.2	Tukang Batu	OH	70,000.00
3.3	Kepala Tukang	OH	70,000.00
3.4	Mandor	OH	75,000.00

12.3. Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Sebuah RAB akan mudah dihitung dengan membuat daftar item pekerjaan apa saja yang akan dianalisa. Misalnya untuk membuat sebuah rumah diperlukan pekerjaan tanah yang meliputi pekerjaan galian, timbunan, dan sebagainya. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum (Permen No. 11/PRT/M/2013) dapat digunakan sebagai acuan dalam perhitungan RAB. Lingkup pekerjaan keairan dapat dilihat dalam Permen No. 11/PRT/M/2013 halaman 59 yaitu pembahasan tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Sumber Daya Air.

Suatu item pekerjaan membutuhkan material, tenaga kerja, dan peralatan kerja yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan pekerjaan tersebut. Perencanaan anggaran dalam suatu item pekerjaan ini ditentukan dalam Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) yang menghasilkan nilai estimasi harga material, tenaga kerja, dan peralatan kerja yang dibutuhkan dalam satuan pekerjaan.

Tabel 12.3. Contoh HSP Pengukuran dan Pemasangan 1 m *bowplank*

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Sat (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A TENAGA						
	Pekerja	L.01	OH	0.1	65000	6500
	Tukang Kayu	L.02	OH	0.1	75000	7500
	Kepala Tukang	L.03	OH	0.01	80000	800
	Mandor	L.04	OH	0.005	85000	425
JUMLAH TENAGA KERJA						15225
B BAHAN						
	Kayu Balok 5/7		m ³	0.12	15000	1800
	Paku 2"-3"		kg	0.02	12500	250
	Kayu Papan 3/20		m ³	0.007	18000	126
JUMLAH HARGA BAHAN						2176
C PERALATAN						
JUMLAH HARGA ALAT						0
D	Harga Satuan Pekerjaan (A+B+C)					17401

12.4. Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan RAB setiap pekerjaan selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$RAB = \sum((volume\ pekerjaan) \times (harga\ satuan\ pekerjaan))$$

Tabel 12.4. Contoh Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

NO	JENIS PEKERJAAN	SAT	QUANT	HARGA SAT (Rp)	JUMLAH (Rp)
A PEKERJAAN PERSIAPAN					
1	Pembersihan lapangan dan perataan	m ²	240.00	12362.5	2967000
2	Pengukuran dan pemasangan <i>bouwplank</i>	m	62.00	20011.15	1240691.3
B PEKERJAAN TANAH					
1	Penggalian tanah keras sedalam 1 m	m ³	30.00	77878	2336340
2	Pengurugan dengan pasir urug	m ³	6.00	92402.5	554415
C PEKERJAAN PONDASI					
1	Pemasangan pondasi batu belah 1PC:5PP	m ³	67.20	515812.95	34662630.24
D PEKERJAAN BETON					
1	Pemasangan jembatan untuk pengecoran	m ³	30.00	109917	3297510
2	Membuat sloof beton bertulang + bekisting	m ³	2.52	4267693.7	10754588.12
3	Membuat kolom beton bertulang + bekisting	m ³	2.43	7249183.7	17615516.39

REKAPITULASI

I.	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp	4,207,691.30
II.	PEKERJAAN TANAH	Rp	2,890,755.00
III.	PEKERJAAN PONDASI	Rp	34,662,630.24
IV.	PEKERJAAN BETON	Rp	31,667,614.52
<hr/>			
	JUMLAH	Rp	73,428,691.06
<hr/>			
	Pajak-pajak (10%)	Rp	7,342,869.11
<hr/>			
	TOTAL	Rp	80,771,560.16
	DIBULATKAN	Rp	80,771,000.00
	Terbilang:		
"Delapan Puluh Juta Tujuh Ratus Tujuh Puluh Satu Ribu Rupiah"			

DAFTAR PUSTAKA

- Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum 2013, Standar Perencanaan Irigasi, *Kriteria Perencanaan (KP-02)*.
- Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum 2013, Standar Perencanaan Irigasi, *Kriteria Perencanaan (KP-04)*.
- Dirjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum 2013, Standar Perencanaan Irigasi, *Kriteria Perencanaan (KP-06)*.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: UGM Press.
- Permen No.11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum,
- SNI 1724:2015 tentang Analisis Hidrologi, Hidraulik, dan Kriteria Desain Bangunan di Sungai,
- SNI 2415:2016 tentang Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana,
- SNI 65502.2 – 2010 tentang Spesifikasi Penyajian Peta Rupa Bumi (Tema Penutup Lahan),
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.



MODUL
PRAKTIKUM
PERANCANGAN
KEAIRAN

