

PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir tentang **PERENCANAAN BANGUNAN PENGAMBILAN / INTAKE TOWER PADA BENDUNGAN TITAB DI KABUPATEN BALI** sebagai salah satu persyaratan menyelesaikan studi di Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini penulis telah banyak mendapat bantuan dan motivasi dari berbagai pihak, untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. [Alwafi Pujiraharjo.Dr.Eng.ST.MT](#) dan [Ir.Hendro Suseno ,DEA](#) selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta memberikan ide-ide dasar dan ilmu pengetahuan hingga selesainya penelitian penulis.
2. Bapak Ir. Sugeng P. Budiono, MS. dan Ir. Siti Nurlina, MT., selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Segenap staf dan karyawan Laboratorium Bahan Konstruksi dan seluruh lingkungan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Rekan-rekan Sipil angkatan 2005 yang selalu kompak, dan atas segala doa, dorongan, semangat, kebersamaan, serta bantuan yang tulus selama ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan berguna sebagai tambahan pustaka serta menjadi sumber ide-ide bagi peneliti yang akan datang.

Malang, Juli 2010

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
RINGKASAN	v
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.2 Batasan Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Bangunan penyadap	6
2.2 Analisa Hidrolika.....	12
2.3 Dasar perhitungan Pembebanan.....	17
2.4 Analisa Stabilitas Bangunan.....	20
2.5 Umur Waduk.....	19
2.6 Statika Penulangan.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Gambaran Daerah Studi... ..	24
3.2 Pengumpulan Data	24
3.3 Pengolahan Data	25
3.4 Garis Besar Pembahasan	26
BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Umum Bendungan Titab.....	27
4.2 Bangunan Penyadap	27
4.3 Perencanaan Tebal Plat Baja Pintu.....	35
4.4 Perhitungan Stabilitas Bangunan.....	37
4.5 Perhitungan Penulangan Menara.....	48
4.5 Pembahasan.....	70
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	:	Perbandingan rasio inflow dengan sedimen yang tertangkap..	30
Tabel 4.3	:	Tabel tinggi bukaan pintu.....	35
Tabel 4.3	:	Tabel tinggi bukaan pintu.....	35
Tabel 4.4	:	Analisa stabilitas bangunan kondisi I.....	40
Tabel 4.5	:	Analisa stabilitas bangunan kondisi II.....	41
Tabel 4.6	:	Analisa stabilitas bangunan kondisi III.....	43
Tabel 4.7	:	Analisa stabilitas bangunan kondisi IV.....	45
Tabel 4.8	:	Analisa stabilitas bangunan kondisi V.....	46
Tabel 4.9	:	Analisa stabilitas bangunan kondisi VI.....	48
Tabel 4.10	:	Nilai koefisien δ dan β	21
Tabel 4.10	:	Nilai koefisien untuk menghitung Mu pada plat dengan beban merata.....	22
Tabel 4.10	:	Nilai koefisien untuk menghitung Mu pada plat dengan beban merata.....	22



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Komposisi dari bangunan penyadap menara	8
Gambar 2.2	: Komposisi dari bangunan penyadap sandar	9
Gambar 2.3	: Lubang bujur sangkar	10
Gambar 2.4	: Lubang bujur segiempat	17
Gambar 2.5	: Lubang lingkaran	18
Gambar 2.6	: Aliran bebas	19
Gambar 2.7	: Aliran tekan	20
Gambar 4.1	: Trap efisiensi Brune	31
Gambar 4.2	: Skema bangunan pengambilan	33
Gambar 4.3	: Diagram tekanan air pada pintu intake	36
Gambar 4.4	: Berat sendiri konstruksi pot A-A	38
Gambar 4.5	: Berat sendiri konstruksi pot B-B	39
Gambar 4.6	: Tampak atas bangunan intake	37
Gambar 4.7	: Tekanan uplift	39
Gambar 4.8	: Tekanan hidrodinamis	39
Gambar 4.9	: Tulangan bangunan penyadap	
Gambar 4.10	: Tulangan plat C	

RINGKASAN

Muhammad Thoriq Ikhwan, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2010, *Perencanaan Bangunan Pengambailan/Intake Tower Pada Kabupaten Titab Di Kabupaten Bali*, Dosen Pembimbing : [Alwafi Pujiraharjo.Dr.Eng.ST.MT](#) dan [Ir.Hendro Suseno .DEA](#)

Bangunan penyadap tipe menara lebih cocok untuk digunakan pada bendungan Titab. pada penyadap tipe menara tidak dibutuhkan *supporting pole*, hal tersebut tentu saja akan menghemat waktu rencana, karena perhitungan pada pondasi sandar terowongan dapat diabaikan. Selain itu bendungan Titab merupakan bendungan dengan kapasitas penyadapan yang kecil, hal itu sesuai dengan klasifikasi dari bangunan penyadap tipe menara.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh data-data sebagai berikut : Tinggi elevasi dasar pintu lubang intake tower ditentukan berdasarkan tinggi endapan sedimen. Untuk menghitung tinggi endapan sedimentasi, terlebih dahulu perlu diketahui berapa nilai laju sedimentasi dan nilai trap efisiensi sedimen dan volume endapan sedimen. Metode penulangan yang digunakan pada bangunan adalah metode plat dan cangkang.

Dari perhitungan didapat bahwa nilai laju sedimentasi sebesar $2599,42 \text{ m}^3/\text{th}$, nilai trap efisiensi 78,21 %, dan volume endapan sedimen selama 60 th adalah sebesar $3559380,6 \text{ m}^3$. Dari data-data yang telah diperoleh maka elevasi dasar pintu lubang intake tower dapat diketahui, dari data diatas diketahui elevasi dasar pintu lubang intake tower adalah 16 m (EL.dasar pintu 16 m).. Stabilitas menara penyadap dianalisis terhadap daya dukung tanah dan dapat disimpulkan bahwa struktur aman terhadap berbagai analisis.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Semakin meningkatnya pertumbuhan manusia serta kepadatan penduduk yang cukup tinggi, maka semakin besar pula kebutuhan manusia terhadap pemenuhan kebutuhan air dengan hal tersebut termasuk kebutuhan primer. Kebutuhan ini tidak hanya sebatas untuk dikonsumsi (diminum) namun juga luas pengertiannya seperti halnya untuk pengairan, pemanfaatannya dalam fasilitas pembangkit listrik dan lain sebagainya. Dalam usaha mengatur dan mengolah kebutuhan air tersebut, manusia telah berupaya untuk membendung suatu aliran air atau sungai untuk kemudian dikelola menjadi sebuah bendungan guna pemenuhan kebutuhan air bendungan atau yang selanjutnya disebut waduk adalah bangunan kompleks yang di dalamnya terdapat beberapa komponen penting dan penunjang beroperasinya sistem tersebut.

Program pembangunan daerah irigasi yang dilaksanakan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Balai Wilayah Sungai Bali - Penida yang bersumber dari APBN salah satu daerah yang mendapat prioritas untuk dikembangkan adalah Daerah Irigasi Titab yang terletak di Kelurahan Busungbiu, Kecamatan Seririt, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali sejalan dengan program pemerintah khususnya di bidang pembangunan, pemanfaatan dan pengembangan sumber daya air guna memenuhi keperluan masyarakat seperti penyediaan air irigasi, air baku domestik dan industri, penghematan bahan bakar minyak, serta pengendalian banjir, maka dilaksanakan proyek pembangunan sebuah bendungan dan perencanaan *intake tower* di waduk Titab.

Secara geografis, Waduk Titab terletak pada koordinat antara 8° 16' 41" Lintang Selatan – 114° 56' 44" Bujur Timur. Pencapaian lokasi dapat dilakukan dengan kendaraan roda empat dari kota Singaraja sejauh ± 25 km melewati jalan propinsi Singaraja – Seririt dari Kabupaten Seririt-Busungbiu, masuk ± 3 km kearah Dusun Pancoran dan kemudian melalui jalan tanah ± 1,5 km dari Dusun Pancoran ke lokasi bendungan.

Lokasi rencana Waduk Titab terletak pada Sub Satuan Wilayah Sungai (Sub SWS) 03.01.09, dan secara administratif termasuk di empat wilayah desa yaitu Desa Telaga, Desa Ularan, Desa Busungbiu Kecamatan Busungbiu dan Desa Ringdikit Kecamatan Seririt, Kabupaten Buleleng.

Beberapa manfaat yang mampu dihasilkan dengan keberadaan waduk ini:

- Upaya Konservasi Sumber Daya Air dalam menyangga secara kuantitatif keberadaan air tanah dan mata air.
- Upaya pengembangannya untuk optimalisasi pemenuhan kebutuhan air irigasi.
- Mendorong peningkatan pariwisata, lingkungan dan penghijauan dalam mendukung pelestarian hutan dan satwa liar di Bali Utara serta membantu perkembangan perekonomian pedesaan.
- Untuk pengembangan Sumber Daya Air di daerah sekitar perlu diadakan pencegahan erosi di bagian hulu, pengendalian banjir di bagian hilir, dan penampungan air hujan yang terbangun ke laut setiap tahunnya.

Menstabilkan kondisi air waduk untuk daerah irigasi sekitarnya diharapkan mampu meningkatkan intensitas pola tanam untuk daerah irigasi hilir. Secara umum kondisi geologi daerah rencana Waduk Titab dan sekitarnya dibedakan menjadi 2 (dua) satuan geomorfologi, yaitu satuan dataran dan satuan perbukitan.

Satuan dataran sungai Tukad Saba merupakan dataran dengan elevasi sekitar 105 meter di atas permukaan laut, di beberapa tempat daerah dataran sungai dipakai penduduk untuk daerah persawahan padi, Satuan perbukitan terletak di kanan maupun di kiri sungai, merupakan perbukitan bergelombang dengan kelerengan kedua tebing 60 derajat. Secara umum daerah ini relatif terjal dan tinggi, mulai 96 meter dari dasar sungai Tukad Saba sampai sekitar 300 meter di sebelah kanan maupun kiri sungai. Daerah ini sebagian dihuni oleh penduduk, tetapi umumnya ditumbuhi pepohonan dan semak.

Waduk Titab ini digunakan untuk tujuan irigasi, penggelontoran, PLTA, dan air untuk industri juga PDAM. Bendungan ini merupakan merupakan bendungan tipe urugan, bangunan-bangunan pada Waduk Titab

terdiri dari bendungan pengelak dan terowongan pengelak, bendung utama, bangunan pelimpah, bangunan *intake* (bangunan penyalur).

dengan potensi untuk peruntukan sekitar 1.794 Ha areal teknis dan hortikultura, pemenuhan kebutuhan air baku bagi 22.848 jiwa di wilayah Kecamatan Busungbiu dan Banjar suplai ke saluran interkoneksi serta pembangkit listrik 3,15 MW, maka potensi Waduk Titab dapat diandalkan

Bangunan penyalur direncanakan di sebelah kanan sungai, secara umum dengan dasar terowongan sekitar el. + 100 maka akan menembus batuan vulkanik dan *sandy tuff* yang relatif kedinginan dan kompak, Kondisi geologi pada daerah rencana bendungan pada kedalaman di bawah 10 m sebetulnya mempunyai daya dukung yang memadai, tetapi dikhawatirkan ada bahaya *liquefaction* yang biasa membahayakan konstruksi menara penyalur. Untuk itu letak menara penyalur digeser ke arah timur kurang lebih 30 m hingga menumpu pada pondasi tanah keras. Kondisi geologi pada daerah tersebut terdiri dari batuan masif, sedang bagian yang lapuk tidak terlalu dalam, sehingga mudah disingkap dan disingkirkan. Kondisi ini sebenarnya cukup aman direncanakan untuk pondasi penyalur menara tipe sandar tetapi tidak cukup aman untuk digunakan sebagai pondasi sandaran terowongan, karena gaya timbunan tanah dapat menimbulkan longsoran. Hal ini disebabkan kondisi geologi pada daerah rencana bendungan sampai kedalaman 10 m terdiri dari *sandy clay* dan terkadang fragment andesit, Kondisi ini sebenarnya dapat diatasi dengan membangun penyangga (*supporting pole*) pada terowongan pada penyalur sandar, tetapi pembangunan *supporting pole* akan memakan waktu yang lama dan juga perhitungan teknis yang lebih detail,

Karena pertimbangan teknis tersebut maka bangunan penyalur tipe menara lebih cocok untuk digunakan pada bendungan Titab. pada penyalur tipe menara tidak dibutuhkan *supporting pole*, karena pada bangunan ini tidak terdapat pondasi sandaran terowongan, hal tersebut tentu saja akan menghemat waktu rencana, karena perhitungan pada pondasi sandar terowongan dapat diabaikan. Penyalur tipe menara juga mempunyai beberapa lubang penyalur yang dalam keadaan darurat dapat berfungsi sebagai penyalur darurat, Selain itu bendungan Titab merupakan bendungan dengan kapasitas penyaluran yang kecil, hal itu sesuai dengan klasifikasi dari bangunan penyalur tipe menara.

1.2. Identifikasi masalah

Dari data perencanaan awal telah ditetapkan bahwa tipe bangunan *intake*/pengambilan adalah tipe penyadap sandar miring (*inclined intake*), sehingga dari referensi buku-buku yang ada dapat disimpulkan bahwa permasalahan teknis yang ada adalah:

- Bangunan *intake* tipe sandar miring akan memberikan gaya berat terhadap pintu menjadi lebih besar.
- Terowongan pada penyadap sandar, membutuhkan supporting pole, hal itu akan memakan waktu yang lama dan juga perhitungan teknis yang lebih detail, jika dibandingkan dengan pada penyadap tipe tegak pada penyadap tipe tegak letak menara dapat disesuaikan dengan kondisi batuan yang ada, sehingga masalah teknis akibat pondasi dapat mudah di atasi.
- Kondisi batuan geologi pada rencana pondasi bangunan *intake* masih memungkinkan untuk merubah tipe bangunan *intake* menjadi tipe *intake tower* tegak.

1.3. Batasan Masalah

Mengingat studi ini sangat luas aspeknya, maka dalam perencanaan studi ini akan dilakukan beberapa batasan masalah adalah sebagai berikut :

- Desain hanya dibatasi pada bangunan penyadap menara saja.
- Tidak melakukan analisis ekonomi
- Sistem penulangan pada terowongan memakai standar SNI.

1.4. Rumusan masalah

Berdasarkan masalah yang telah dipaparkan, maka dapat dipersamakan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini, yaitu sebagai berikut :

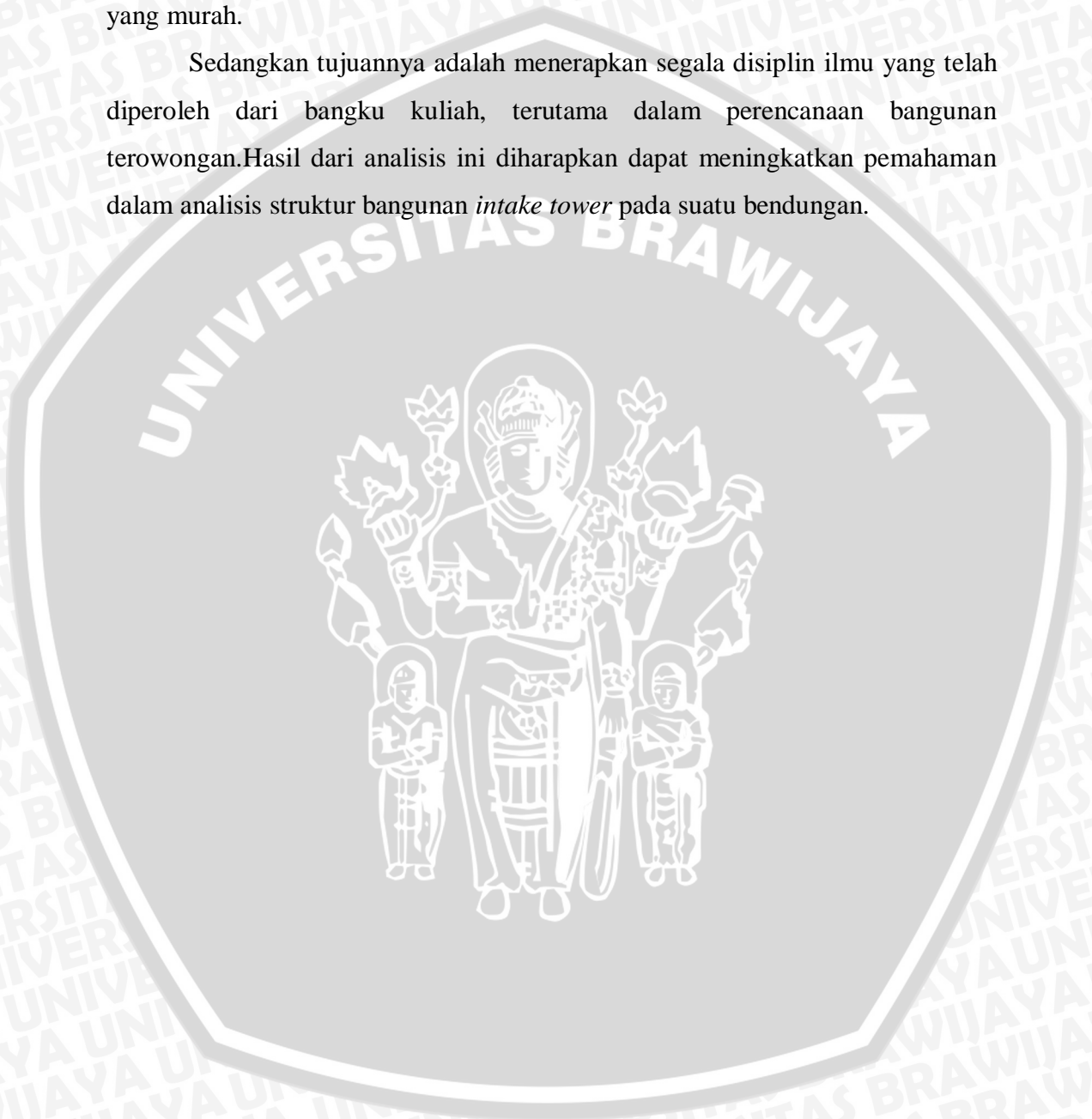
1. Berapa dimensi lubang penyadap pada perencanaan bangunan penyadap tersebut?
2. Berapa elevasi dasar lubang bangunan *intake tower*?
3. Berapa kehilangan energi yang terjadi pada bangunan tersebut?
4. Bagaimana menentukan tinggi bukaan agar debit yang keluar memenuhi kebutuhan ?

5. Bagaimana analisis dan desain struktur bangunan *intake tower* ?

1.5. Maksud dan Tujuan

Memberikan Gambaran/masukan terhadap alternatif lain yang masih memungkinkan untuk dilakukan, tetapi mempunyai efektifitas biaya operasional yang murah.

Sedangkan tujuannya adalah menerapkan segala disiplin ilmu yang telah diperoleh dari bangku kuliah, terutama dalam perencanaan bangunan terowongan. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dalam analisis struktur bangunan *intake tower* pada suatu bendungan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bangunan Penyadap

Bangunan penyadap (pengambilan) merupakan salah satu bagian dari suatu bendungan yang berfungsi untuk menyadap air, digunakan sebagai tujuan tertentu.

Untuk memperoleh lokasi dan tipe bangunan penyadap yang sesuai senantiasa didasarkan pada kondisi-kondisi topografi dan geologi tempat kedudukan calon bangunan penyadap serta pada tujuan, kapasitas dan pertimbangan-pertimbangan ekonomis dari penyadapan tersebut.

Adapun jenis-jenis bangunan penyadap tersebut yaitu :

1. Bangunan penyadap menara.
2. Bangunan penyadap sandar.

2.1.1 Bangunan Penyadap Menara

Bangunan penyadap menara adalah bangunan penyadap yang bagian pengaturnya terdiri dari suatu menara berongga didalamnya dan pada dinding menara tersebut terdapat lubang-lubang penyadap yang dilengkapi dengan pintu-pintu. Dalam memilih tipe serta merencanakan konstruksi bangunan penyadap menaras supaya dipertimbangkan pula hal-hal yang bersangkutan dengan fasilitas-fasilitas eksploitasi dan pemeliharannya agar dapat memenuhi fungsinya dengan kapasitas yang direncanakan, ekonomis pembiayaannya dan terjamin keamanan konstruksi bangunannya, maupun keamanan pada pelaksanaan eksploitasi dan pemeliharannya.

Umumnya penyadapan air dari waduk digunakan untuk tujuan irigasi, penggelontoran, pembangkit listrik, air untuk industri kebutuhan rumah tangga dan lain-lain. Dalam berapa bangunan seperti air irigasi dan penggelontoran diperkenankan penyadapan air yang keruh. Sedang untuk kebutuhan-kebutuhan air minum dan kebutuhan rumah tangga lainnya maka sebaiknya penyadapan dilakukan pada lapisan air yang jernih, supaya menghindarkan penyadapan-penyadapan pada lapisan-lapisan air yang mengandung plankton atau tumbuhan-tumbuhan air jenis ganggang lainnya. (Suyono,1989)

Pada hakekatnya konstruksinya cukup kompleks serta pembiayaannya pun cukup tinggi, sehingga bangunan penadap menara hanya cocok untuk bendungan-bendungan dengan kapasitas penadapan kecil.

Beberapa hal yang penting yang mengakibatkan keterbatasan tersebut adalah sebagai berikut:

- Bangunan penadap menara merupakan bangunan yang berdiri sendiri, sehingga semua beban luar yang bekerja pada menara tersebut harus ditampung secara keseluruhan oleh pondasinya.
- Bangunan penadap menara merupakan bangunan yang berat, sehingga membutuhkan pondasi yang kokoh dengan daya dukung yang besar. (Suyono,1989)

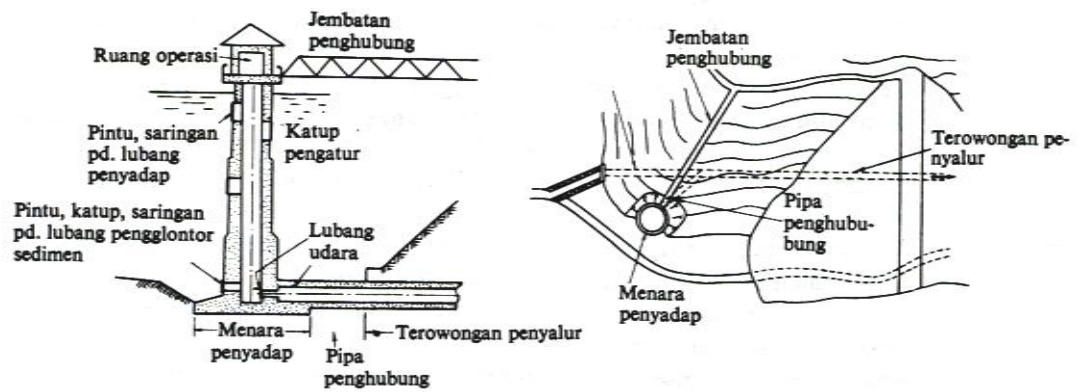
Didasarkan pada perhitungan-perhitungan ekonomis dan keamanan bangunan itu sendiri, pembuatan bangunan penadap yang berkapasitas besar menunjukkan tendensi yang tidak menguntungkan, karena tinggi dari harga menara itu sendiri serta harga dari perlengkapan menara tersebut (seperti pintu-pintu, ruang operasi dan pengawasan, jembatan penghubung dan lain-lain).

Untuk memudahkan pemasangan fasilitas menara seperti pintu-pintu, penempatan ruang-ruang operasi dan pengawasan, jembatan penghubung dan lain-lain, maka konstruksi bangunan penadap menara biasanya dibuat dari beton bertulang. Selain itu dibandingkan dengan konstruksi baja, maka konstruksi beton bertulang tersebut mempunyai kelebihan, karena hampir semua bagian bangunan penadap dapat diawasi secara *visual*.

Macam beban luar yang akan bekerja pada bangunan penadap :

1. Berat menara serta perlengkapannya.
2. Beban *seismic* (baik horizontal maupun vertikal yang biasanya dianggap bekerja pada titik berat menara tersebut).
3. Gaya air dari dalam waduk termasuk yang terdapat di dalam menara.
4. Kekuatan angin termasuk gaya negatif yang biasanya terjadi pada permukaan menara yang menghadap sebelah hilir.
5. Lain-lain, seperti gaya tanah dan gaya lapisan es yang terdapat di atas lapisan air waduk di musim dingin. (Suyono,1989)

Komposisi dari bangunan penadap dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Komposisi dari Bangunan Penyadap Menara

Sumber : Suyono S(1989;229)

2.1.2 Bangunan Penyadap Sandar

Bangunan penyadap sandar adalah bangunan penyadap yang bagian pengaturnya terdiri dari terowongan miring berlubang-lubang dan bersandar pada tebing sungai.

Untuk bangunan penyadap sandar dibutuhkan pondasi batuan atau pondasi yang terdiri dari lapisan yang cukup kokoh, agar dapat dihindarkan kemungkinan keruntuhan pada konstruksi sandaran oleh pengaruh-pengaruh fluktuasi dari permukaan waduk.

Apabila dikhawatirkan kemungkinan terjadinya longsor pada pondasi sandaran terowongan tersebut, maka dipertimbangkan pembuatan tiap-tiap penyangga (*step*) pada jarak 5-10 meter. Selain itu sudut sandaran agar tidak melebihi 60° , kecuali apabila pondasi tersebut terdiri dari batuan yang kukuh, karena pondasi yang lemah dikhawatirkan dalam masa eksploitasinya akan terjadi longsor-longsoran. (Suyono,1989)

Terowongan atau pipa penyalur datar pada bangunan penyadap sandar umumnya hanya digunakan untuk bendungan yang kecil. Kadang-kadang terowongan penyadap dilengkapi lubang-lubang penyadap beserta pintu-pintunya dapat dihubungkan langsung dengan terowongan pipa penyalur datar.

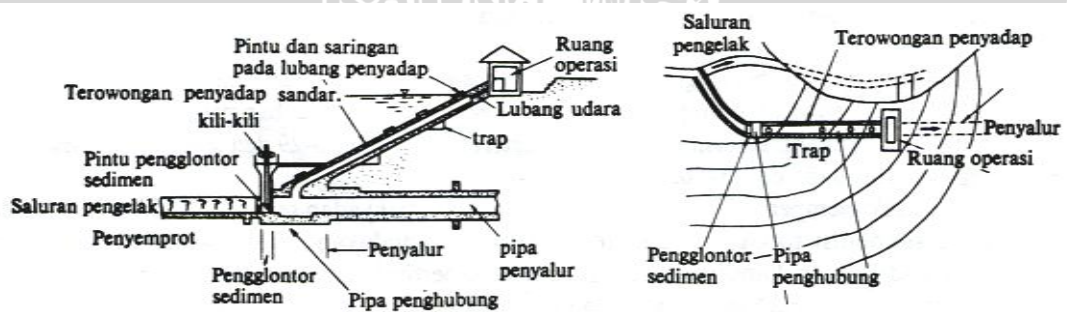
Berat timbunan tubuh bendungan biasanya menyebabkan terjadinya penurunan-penurunan tubuh terowongan tersebut dan untuk mencegah terjadinya penurunan-penurunan yang membahayakan, maka baik pada terowongan penyadap maupun pada pipa penyalur datar dibuatkan penyangga

(*supporting pole*) yang berfungsi pula sebagai tempat sambungan bagian-bagian dari pipa yang bersangkutan. (Suyono,1989)

Beban-beban luar yang bekerja pada terowongan penyadap:

- Gaya air yang besar sama dengan tinggi permukaan air waduk dalam keadaan penuh.
- Gaya timbunan tanah pada terowongan.
- Berat pintu,penyaring dan fasilitas-fasilitas pengangkatnya serta kekuatan operasi dan fasilitas pengangkat tersebut.
- Gaya-gaya hidrodinamis yang timbul akibat adanya aliran air dalam terowongan.
- Apabila kekuatan apung 100 % bekerja pada terowongan, maka besarnya diperhitungkan sama dengan volume luar terowongan.
- Apabila terjadi vakum di dalam terowongan, maka gaya-gaya yang ditimbulkan, merupakan gaya-gaya yang negatif.
- Apabila terjadi pembekuan-pembekuan di atas permukaan air waduk, maka gaya hamparan es yang terdapat di atas permukaan air waduk tersebut supaya diperhitungkan.
- Gaya-gaya *seismic* dan gaya-gaya dinamis lainnya akan sangat berpengaruh pada terowongan.

Komposisi dari bangunan penyadap sandar dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Komposisi dari Bangunan Penyadap Sandar

Sumber : Suyono (1989;230)

Di dalam kajian ini yang akan dibahas adalah bangunan penyadap menara. Pemilihan tipe menara ini dilakukan karena pada bangunan penyadap tipe menara mempunyai kelebihan, bahwa operasi pintunya mudah dan dapat mengatur debit pengambilan secara ketat. (Suyono,1989)

2.1.3 Lubang Penyadap

Untuk menghindari penyadapan air yang keruh, diusahakan agar penyadap pada atas bagian dinding terowongan dibuat 2 atau 3 lubang. Kedua lubang teratas tersebut akan berfungsi sebagai penyadapan air, sedangkan sebuah lagi yang paling bawah dapat berfungsi sebagai lubang penggelontor (*silt ejector*).

Apabila diperlukan suatu pengaturan untuk fasilitas penyadapannya, maka pada lubang tersebut bisa dipasang pintu-pintu pengatur dan untuk memudahkan operasinya, disarankan agar pintu yang dioperasikan tidak melebihi kedalaman 10 meter. Walaupun demikian, dalam keadaan darurat, pada saat pintu teratas yang seharusnya bekerja tetap macet, maka dapat mengoperasikan pintu sebelah bawahnya atau menggunakan pintu lainnya yang dapat dioperasikan pada keadaan darurat. (Suyono,1989)

Kapasitas lubang-lubang penyadap dapat dihitung dengan persamaan (Suyono,1989;232) sebagai berikut :

- a) Untuk lubang penyadap bujur sangkar.

$$Q = c A \sqrt{2gh} \quad (2.1)$$

dengan:

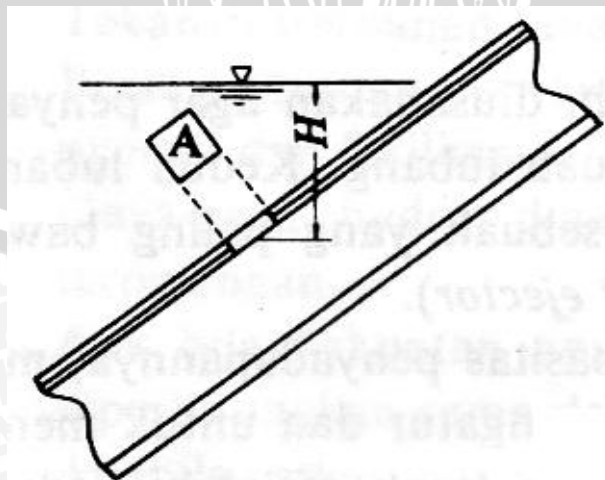
Q = debit penyadapan sebuah lubang (m³/dt)

c = koefisien debit

A = luas penampang (m²)

g = gravitasi (9,8 m/dt²)

h = tinggi air dari titik tengah lubang ke permukaan (m)



Gambar 2.3 Lubang Bujur Sangkar

Sumber : Suyono (1989;232)

b) Untuk lubang penyadap persegi panjang.

$$Q = \frac{2}{3} c B \sqrt{2g \left\{ (H_2 + h_a)^{\frac{3}{2}} - (H_1 + h_a)^{\frac{3}{2}} \right\}} \quad (2.2)$$

dengan :

B = lebar lubang penyadap (m)

H₁ = kedalaman air pada tepi atas lubang (m)

H₂ = kedalaman air pada tepi bawah lubang (m)

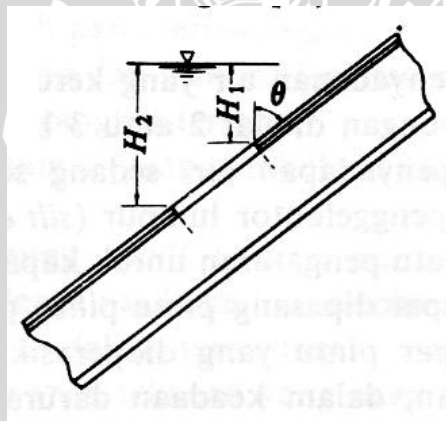
h_a = tinggi tekanan kecepatan didepan lubang penyadap (m)

$$h_a = \frac{va^2}{2.g} \quad (2.3)$$

va = kecepatan aliran air sebelum masuk kedalam lubang penyadap (m/dt)

Biasanya dianggap va = 0 sehingga persamaan 2.2 berubah menjadi :

$$Q = \frac{2}{3} c B \sqrt{2g} (H_2 - H_1)^{2/3} \quad (2.4)$$



Gambar 2.4 Lubang Segiempat

Sumber : Suyono (1989;232)

c) Untuk lubang penyadap dengan penampang bulat :

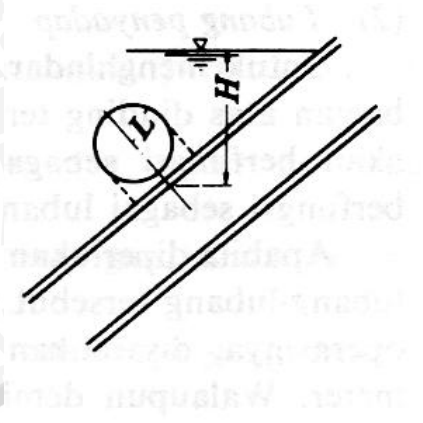
$$Q = c\pi r^2 \sqrt{2gh} \quad (2.5)$$

dengan :

r = jari-jari lubang penyadap (m)

c = koefisien debit

h = tinggi air dari titik tengah lubang ke permukaan (m)



Gambar 2.5. Lubang Lingkaran

Sumber : Suyono (1989:233)

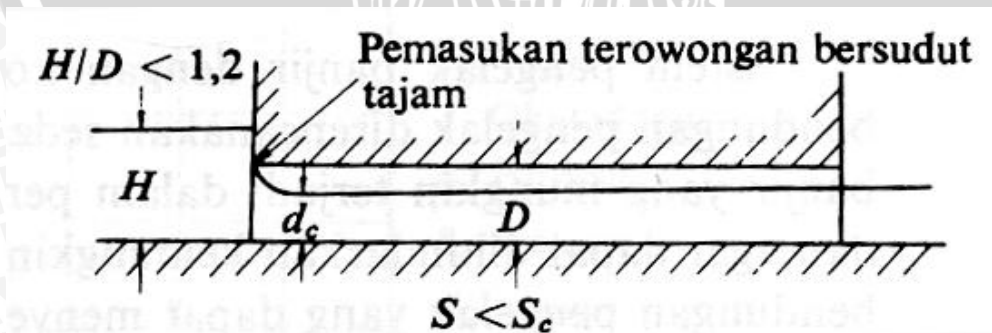
2.2. Analisis Hidrolika

Kapasitas pengaliran melalui terowongan ditinjau dalam 2 kondisi yaitu, kondisi aliran bebas dan aliran tekan. Kondisi aliran tersebut berpengaruh pada stabilitas bangunan baik pada gaya-gaya yang disebabkan dari atas maupun gaya dalam gaya air, gaya samping dan gaya *uplift*. (Suyono, 1989)

2.2.1. Analisis Bebas (*free flow*)

Aliran bebas yaitu berupa aliran bebas pada saluran terbuka, ini terjadi bila terowongan tidak penuh, ujung hulu terowongan tidak tenggelam dengan $H/D < 1,2$ (Suyono, 1989:262)

Untuk menentukan besarnya debit pada aliran dapat digunakan persamaan aliran seragam Manning (Soemarto, 1995:191)



Gambar 2.6. Aliran bebas

Sumber : Suyono S,1989;262

Untuk menentukan besarnya aliran pada aliran bebas dapat digunakan persamaan aliran seragam Manning (Soemarto,1995:191)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2.6)$$

$$Q = A v \quad (2.7)$$

dengan :

v =kecepatan air (m/dt)

Q =debit yang mengalir (m³/dt)

n = kekasaran manning

R = jari-jari hidrolis = A/P (m)

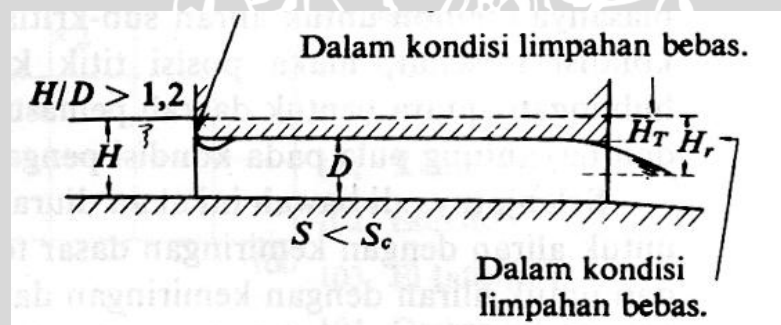
A = luas penampang (m²)

P = keliling basah (m)

S = kemiringan terowongan

2.2.2. Aliran Tekan (*Pressure Flow*)

Aliran tekan terjadi apabila terowongan terisi penuh atau ujung hulu terowongan tenggelam, dengan $H/D > 1,2$ (Suyono, 1989;262)



Gambar 2.7. Aliran tekan

Sumber : Suyono S,1989;262

Dalam hal demikian kecepatan airnya ditentukan oleh perbedaan tinggi gaya di hulu dan di hilir terowongan. Perbedaan gaya tersebut merupakan penjumlahan dari kehilangan-kehilangan energi yang dipengaruhi oleh bentuk *inlet* terowongan, adanya penyempitan/pelebaran, belokan-belokan dan *outlet* terowongan.

Untuk menentukan debit digunakan persamaan :

$$V = \sqrt{2g(H - H_r)} \quad (2.8)$$

$$Q = A v$$

dengan :

- v = kecepatan air (m/dt)
- Q = debit yang mengalir (m³/dt)
- A = luas penampang terowongan (m²)
- g = percepatan gravitasi (m/dt²)
- H = tinggi inlet terowongan
- H_r = kehilangan energi (m)

2.2.3 Menghitung Tinggi Elevasi Dasar Lubang Intake Tower

Tinggi elevasi dasar pintu lubang intake tower ditentukan berdasarkan volume sedimentasi, perhitungan volume sedimentasi menggunakan metode sampling Meyer Petter Muller.

2.2.3.1 Beban Alas

Besarnya beban alas dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$G = 1,606 B \left[3,306 \left(\frac{Q_B}{Q} \right) \left(\frac{D_{90}^{1/6}}{n_s} \right)^{3/2} d S - (0,627 D_m) \right]^{3/2} \quad (2.11)$$

dengan :

- G = Laju Sedimentasi (ton/hari)
- B = lebar sungai (m³/det)
- Q_B = debit yang mengalir di atas beban layang (m³/det)
- Q = debit sungai (m³/det)
- D_{90} = diameter butiran yang lolos saringan 90 % (mm)
- n_s = koefisien Manning pada dasar sungai
- D_m = diameter efektif (diameter rata-rata)
- S = kemiringan sungai
- d = rata-rata kedalaman air

2.2.4 Kehilangan Energi

2.2.4.1 Kehilangan Energi Akibat Gesekan

Besarnya kehilangan energi akibat gesekan digunakan persamaan

$$h_f = f \frac{Lv^2}{2gD} \quad (2.12)$$

dengan :

h_f = kehilangan energi akibat gesekan (m)

f = koefisien gesek Darcy-Weisbach

$$f = \frac{124,5 n^2}{D^{1/3}} \quad (2.13)$$

L = panjang terowongan (m)

D = diameter terowongan(m)

v = kecepatan aliran (m/dt)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)

n = koefisien Manning

2.2.4.2 Kehilangan Energi Akibat Perubahan penampang

Besarnya perubahan energi akibat perubahan penampang digunakan persamaan:

$$h_e = f_c \frac{v^2}{2g} \quad (2.14)$$

dengan :

h_e = besarnya kehilangan energi akibat perubahan penampang (m)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)

f_c = koefisien kehilangan energi akibat perubahan penampang

$$f_c = \left[1 - \frac{A_1}{A_2} \right]^2 \quad (2.15)$$

dengan :

A_1 =luas penampang awal (m²)

A_2 =luas penampang akhir (m²)

2.2.4.4 Kehilangan Energi Akibat Belokan

Kehilangan energi terjadi pada belokan tergantung pada sudut belokan saluran. Untuk menghitung besarnya kehilangan energi digunakan persamaan :

$$h_b = f_b \frac{v^2}{2g} \quad (2.16)$$

dengan :

h_b = besarnya kehilangan energy akibat belokan (m)

f_b = koefisien kehilangan energi

g = percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)

v = kecepatan aliran.

Untuk sudut belokan 90° dengan belokan halus (berangsur-angsur), kehilangan tenaga tergantung pada perbandingan jari-jari belokan dan diameter pipa.

2.2.4.5 Kehilangan Energi Pada Lubang Pipa Pengeluaran

Kehilangan energi pada outlet sama dengan kehilangan energi pada perubahan penampang dengan luas penampang akhir ($A_2 = \infty$) tak terbatas sehingga :

$$\begin{aligned} f_o &= \left[1 - \frac{A_1}{A_2}\right]^2 \\ &= \left[1 - \frac{A_1}{\infty}\right]^2 \\ &= 1 \end{aligned}$$

Maka besarnya kehilangan energi

$$h_o = 1 \frac{v^2}{2g}$$

$$h_o = \frac{v^2}{2g} \quad (2.17)$$

h_o = besarnya kehilangan energi pada outlet (m)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)

2.2.4.6 Hubungan Data Kehilangan Energi dengan Tinggi Bukaannya Pintu

Elevasi air waduk sangat menentukan tinggi bukaannya pintu agar debit yang keluar sesuai kebutuhan, karena perbedaan elevasi tersebut sangat mempengaruhi kecepatan air dan energi, Untuk menentukan tinggi bukaannya pintu (Gambar 2.4) digunakan persamaan (2.4)

$$Q = \frac{2}{3} c B \sqrt{2g} (H_2 - H_1)^{2/3}$$

$$Q = A v$$

untuk menghitung tinggi bukaannya pintu total kehilangan energi (*head loss*), harus dihitung terlebih dahulu dengan persamaan:

$$(\sum HL) = h + h_e + h_b + h_o$$

2.3 Dasar Perhitungan Pembebanan

Dasar analisis perhitungan pembebanan yang bekerja pada bangunan dapat ditinjau dari kondisi gaya-gaya yang bekerja pada bangunan tersebut. Gaya-gaya yang bekerja pada bangunan dan yang mempunyai arti penting dalam perencanaan antara lain:

1. Gaya gaya air
2. Gaya berat bangunan
3. Gaya gaya tanah

2.3.1 Gaya Akibat Gaya Air

2.3.1.1 Gaya Hidrostatik

Gaya hidrostatik adalah fungsi kedalam dibawah permukaan air. Gaya air akan selalu bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Besar Gaya hidrostatik dinyatakan sebagai berikut :

$$F_w = \frac{1}{2} \gamma_w H^2 \quad (2.18)$$

$$Y = \frac{1}{3} H \quad (2.19)$$

dengan :

P_w = gaya tekan hidrostatik (ton)

γ_w = berat jenis air (t/m³)

H = tinggi muka air

Y = jarak dari dasar terhadap pusat gaya yang bekerja

2.3.1.2 Gaya Hidrodinamis

Besarnya gaya hidrodinamis pada bangunan dinyatakan dengan persamaan:

$$F_d = C_d \gamma_w K_1 H^2 \quad (2.20)$$

$$Y = \frac{2}{5} H \quad (2.21)$$

dengan :

C_d = koefisien (7/12)

F_d = gaya tekan hidrodinamis (ton)

γ_w = berat jenis air (t/m^3)

K_1 = koefisien gempa

H = tinggi muka air

Y = jarak dasar terhadap pusat gaya air yang bekerja (m)

2.3.1.3 Gaya Tekan ke Atas

Gaya tekan (*uplift*) ini adalah istilah umum untuk gaya air dalam, yang menyebabkan berkurangnya beban efektif bangunan di atasnya. Gaya tekan keatas yang bekerja pada lantai bangunan adalah sama dengan berat volume air yang dipindahkan oleh bangunan.

Gaya tekan air ke atas dapat dianalisis dengan persamaan :

$$F_u = B H \gamma_w \quad (2.22)$$

dengan :

F_u = gaya tekan ke atas (ton)

B = lebar bangunan (m)

H = tinggi muka air tanah dari muka air bangunan (m)

γ_w = berat jenis air (t/m^3)

2.3.2 Berat Bangunan

Beratnya bangunan dapat dianalisis dengan perhitungan :

- Berat sendiri bangunan sebagai gaya vertikal :

$$W_{total} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n$$

$$W_n = V_n \gamma_b \quad (2.23)$$

dengan ;

W_n = berat bangunan ke n bagian (ton)

V_n = volume bangunan tiap n bagian (m^3)

γ_b = berat jenis bangunan (t/m^3)

- Gaya gempa (sebagai beban horizontal) diperhitungkan sebagai berikut :

W_g = besar gaya gempa (ton)

W_q = berat sendiri bangunan (ton)

K_h = koefisien gaya gempa = 0,15

2.3 Analisis Stabilitas Bangunan

Dalam merencanakan suatu konstruksi yang kuat dan baik maka harus diperhitungkan semua beban yang bekerja pada konstruksi tersebut. Suatu konstruksi paling tidak harus mempunyai kedudukan yang stabil dalam semua keadaan yang mungkin terjadi. Oleh karena itu stabilitas suatu bangunan disamping ditentukan oleh kondisi tanah dasar yang menahan atau memikul beban bangunan tersebut. Dalam analisis stabilitas, maka kontrol stabilitas bangunan diperhitungkan terhadap stabilitas terhadap daya dukung tanah. Sebab pada bangunan ini tidak terdapat gaya yang menyebabkan guling dan geser.

Kestabilan tanah pada daya dukung tanah didasarkan pada persamaan (Suyono, 1981:1986):

Jika titik tangkap resultan gaya yang terletak didalam batas 1/3 dari tepi pondasi masing-masing sisi maka :

$$e = \left[\frac{\sum MV - MH}{\sum V} - \frac{B}{2} \right] < \frac{B}{6} \quad (2.24)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\sum V}{A} \left[1 + \frac{6.e}{B} \right] < \sigma_{ijin} \quad (2.25a)$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\sum V}{A} \left[1 - \frac{6.e}{B} \right] < \sigma_{ijin}, \quad 0 < \sigma_{\min} < \sigma_{ijin} \quad (2.25b)$$

2.5 Umur Waduk

2.5.1 Volume Tampung Mati

Pada bendungan besar volume waduk dihitung selama umur waduk, yaitu antara 50-100 tahun yang mana, volume sedimentasi di waduk digunakan untuk mengetahui elevasi dari bangunan pengambilan (intake). dengan umur waduk dihitung dari :

$$V_d = U_r G \quad (2.26)$$

dengan:

$$V_d = \text{volume Tampungan Mati (m}^3\text{)}$$

$$U_r = \text{umur rencana bangunan (th)}$$

$$G = \text{Laju sedimen per tahun (m}^3\text{/th)}$$

2.5.2 Tinggi endapan sedimen

Tinggi endapan sedimen digunakan untuk menentukan elevasi dasar lubang penyadap *intake tower*. Tinggi endapan sedimen diperoleh dari persamaan berikut :

$$V_d = H_d \frac{V_{waduk}}{H_{max}} \quad (2.27)$$

dengan :

$$V_{waduk} = \text{Volume tampungan waduk (m}^3\text{)}$$

$$H_{max} = \text{Tinggi muka air maksimum waduk (m)}$$

$$V_d = \text{volume tampungan mati (m}^3\text{)}$$

$$H_d = \text{Tinggi endapan sedimen}$$

2.6 Statika Penulangan

2.6.1 Statika

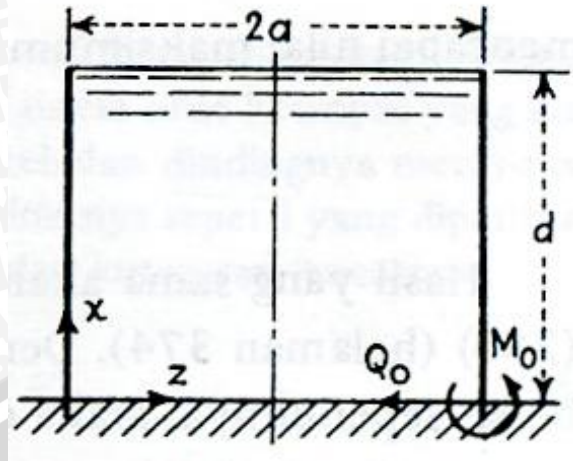
Pada perencanaan ini, bangunan terdiri dari 2 jenis plat, yaitu plat cangkang silindris dan plat plat persegi, plat A merupakan plat cangkang silindris (Gambar 2.8) sedangkan plat B dan C merupakan plat persegi. Untuk menghitung gaya yang bekerja pada arah x pada plat A digunakan persamaan (Timoshenko1992;388):

$$M_o = \left(1 - \frac{1}{\beta h}\right) \frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1-\nu^2)}} \quad (2.28).$$

Sedangkan untuk menghitung gaya yang bekerja pada arah z, digunakan persamaan:

$$Q_o = - \frac{\gamma a d h}{\sqrt{12(1-\nu^2)}} \left(2\beta - \frac{1}{d}\right) \quad (2.29)$$

Nilai β didapat pada Tabel 4.10, sedangkan untuk plat B dan C nilai M_x dan M_y dihitung menggunakan rumus yang didapat pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12, diagram gaya pada plat B dan C merupakan gabungan dari beban merata (Gambar 2.9) dan beban hidrostatis (Gambar 2.10)

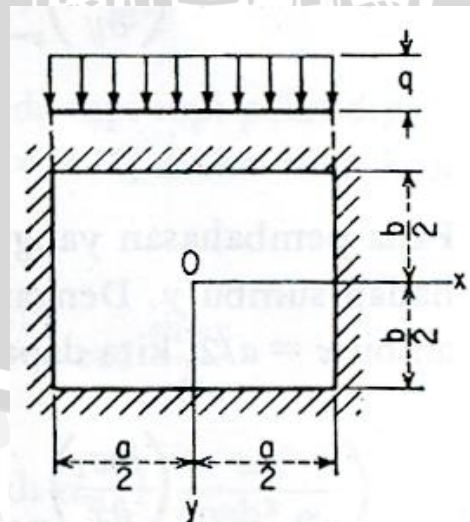


Gambar 2.8 Plat A

Tabel 4.10 Nilai koefisien δ dan β

$\frac{d}{a}$	koefisien (δ) untuk $x = h$	koefisien (β) untuk $x = 0.6 h$
0.4	-0.1205	0.049
0.8	-0.0795	0.096
1.2	-0.0602	0.142
1.6	-0.505	0.185
2	-0.436	0.232
3	-0.0333	0.303
4	-0.0268	0.409
5	-0.0222	0.469
6	-0.187	0.514
8	-0.0146	0.575

Sumber: Vazirani (1990;274)

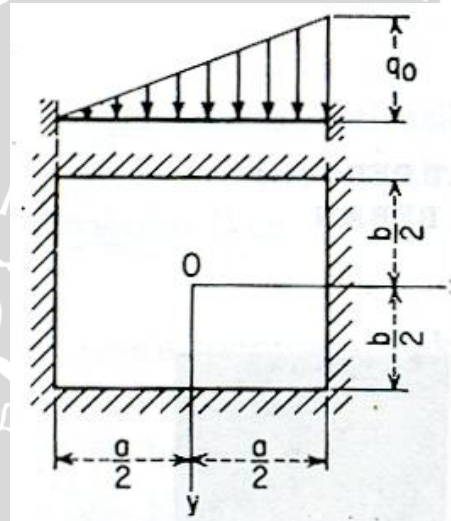


Gambar 2.9 Diagram gaya pada plat dengan beban merata

Tabel 4.11 Nilai koefisien untuk menghitung Mu pada plat dengan beban merata

b/a	(Mx)	(My)	(Mx)	(My)
	x=a/2,y=0	x=0,y=b/2	x=0,y=0	x=0,y=0
1	-0,0513qa ²	-0,0513qa ²	-0,0231qa ²	-0,0231qa ²
1.1	-0,0581qa ²	-0,0538qa ²	-0,0264qa ²	-0,0231qa ²
1.2	-0,0639qa ²	-0,0554qa ²	-0,0299qa ²	-0,0228qa ²
1.3	-0,0687qa ²	-0,0563qa ²	-0,0327qa ²	-0,0222qa ²
1.4	-0,0726qa ²	-0,0568qa ²	-0,0349qa ²	-0,0212qa ²
1.5	-0,0757qa ²	-0,0570qa ²	-0,0368qa ²	-0,0203qa ²
~	-0,0833qa ²	-0,0571qa ²	-0,0417qa ²	-0,0125qa ²

Sumber: Timoshenko(1992;163)



Gambar 2.10 Diagram gaya pada plat dengan beban hidrostatis

Tabel 4.12 Nilai koefisien untuk menghitung Mu pada plat dengan beban hidrostatis

b/a	(My)		(Mx) x=0,y=0	(My) x=0,y=0
	(Mx) x=a/2,y=0	x=0,y=b/2		
0.5	-0,0115qa ²	-0,0104qa ²	-0,00198qa ²	-0,00515qa ²
0.75	-0,0187qa ²	-0,0168qa ²	-0,00451qa ²	-0,00817qa ²
1	-0,0334qa ²	-0,0257qa ²	-0,0115qa ²	-0,0115qa ²
1.5	-0,0462qa ²	-0,0285qa ²	-0,0184qa ²	-0,0102qa ²
~	-0,0500qa ²	-0,0285qa ²	-0,0208qa ²	-0,0063qa ²

Sumber: Timoshenko(1992;164)

2.6.2 Penulangan Beton

Untuk merencanakan penulangan menara ini kita menggunakan Metode Pelat dan Cangkang, penulangan menara ini menggunakan beton dengan mutu $f_c = 35 \text{ Mpa}$, $f_y = 300 \text{ Mpa}$. Adapun langkah-langkah perencanaan penulangan beton adalah sebagai berikut (Timoshenko1992;388) :

1. Rencanakan mutu beton (f_c') dan mutu baja (f_y) yang akan digunakan sesuai dengan kondisi konstruksi. Setelah itu dihitung besarnya momen (M_u) yang terjadi dari beban bekerja menggunakan persamaan berikut (Simoshenko1992;388)::

$$M = \left(1 - \frac{1}{\beta h}\right) \frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1-V^2)}}$$

Besarnya momen (M_u) pada plat ditentukan berdasarkan Tabel 4.11.

2. Hitung besarnya tahanan nominal dengan persamaan :

$$R_n = \frac{M_u}{(0,8)(b)(d)^2}$$

dengan ;

R_n = tahanan nominal

M_u = momen ultimate

b = panjang plat diambil 1m

d = tebal efektif beton

- 6 Hitung rasio penulangan dengan persamaan :

$$\rho = \frac{f_y}{(0,85)(f_c')} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{(m)(R_n)}{f_c'}} \right] \quad (2.30)$$

Hitung tulangan pokok dengan persamaan :

$$A_s = (\rho)(b)(d) \quad (2.31)$$

8. Pilih diameter tulangan yang sesuai

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Daerah Studi

Daerah Irigasi Titab yang terletak di Kelurahan Busungbiu, Kecamatan Seririt, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali. Secara administratif termasuk di empat wilayah desa, yaitu Desa Telaga, Desa Ularan, Desa Busungbiu Kecamatan Busungbiu dan Desa Ringdikit Kecamatan Seririt. . Pencapaian lokasi dapat dilakukan dengan kendaraan roda empat dari kota Singaraja sejauh ± 25 km melewati jalan propinsi Singaraja – Seririt, dari jalan Kabupaten Seririt-Busungbiu, masuk ± 3 km kearah Dusun Pancoran dan kemudian melalui jalan tanah $\pm 1,5$ km dari Dusun Pancoran ke lokasi bendungan. Rencana bendungan Titab ini adalah merupakan salah satu upaya untuk mengembangkan daerah Kabupaten Buleleng yang berkaitan dengan pengembangan sumber daya air, guna memenuhi berbagai keperluan masyarakat, seperti penyediaan air irigasi, air baku domestik dan industri serta pengendalian banjir.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan peta topografi dan peta geologi yang diperoleh dari PT Wahana Adya. Peta topografi berguna sebagai sumber informasi keadaan topografi pada daerah proyek bendungan dengan melihat pola garis ketinggian permukaan tanah. Sedangkan data geologi berkaitan dengan morfologi wilayah dan kondisi tanah serta batuan dibawah permukaan tanah, hal ini berguna dalam perhitungan beban yang bekerja pada dinding menara intake.

Secara umum kondisi geologi daerah studi Waduk Titab dan sekitarnya dibedakan menjadi 2 (dua) satuan geomorfologi, yaitu satuan dataran dan satuan perbukitan. Satuan dataran merupakan dataran sungai Tukad Saba, dengan elevasi sekitar 105 meter di atas permukaan laut. Di beberapa tempat daerah dataran sungai dipakai penduduk untuk daerah persawahan padi. Satuan perbukitan terletak di kanan maupun di kiri sungai, merupakan perbukitan

bergelombang dengan kelerengan kedua tebing 60 derajat. Secara umum daerah ini relatif terjal dan tinggi, mulai 96 meter di dasar tebing sungai Tukad Saba sampai sekitar 300 meter di sebelah kanan maupun kiri sungai.

Data curah hujan digunakan untuk analisis hidrologi guna perhitungan debit yang akan masuk pada lubang pemasukan. Data ini biasanya berupa data hujan harian yang dicatat oleh stasiun penakar hujan ketika terjadi hujan. Di dalam penulisan ini untuk mendapatkan data curah hujan harian maksimum diambil data curah hujan terbesar bulanan pada tiap-tiap tahun selama 33 tahun.

3.3 Pengolahan data

- a. Penentuan dimensi lubang penyadap.

Dimensi lubang penyadap dihitung dengan persamaan (2.4)

- b. Penentuan dimensi penyadap.
- c. Menghitung elevasi dasar pintu penyadap.
- d. Perhitungan kehilangan energi.
- e. Menghitung kehilangan energi pada lubang dengan persamaan (2.4)
- f. Menghitung kehilangan energi akibat gesekan dengan persamaan (2.9)
- g. Menghitung kehilangan energi akibat belokan dengan persamaan (2.13)
- h. Menghitung energi pada lubang pengeluaran dengan persamaan (2.14)
- i. Perhitungan pembebanan

Menghitung beban yang bekerja pada bangunan yang terdiri dari gaya air dan berat bangunan. Gaya hidrostatis pada bangunan ini tidak dihitung dikarenakan kondisi air yang mengelilingi bangunan sehingga resultan gaya hidrostatis pada bangunan ini sama dengan 0.

- j. Perhitungan Stabilitas bangunan.

Menghitung stabilitas bangunan terhadap daya dukung tanah, sehingga dapat diketahui stabil atau tidak konstruksi yang ada.

- k. Perhitungan Statika.

Menghitung momen yang terjadi akibat gaya-gaya yang bekerja dengan metode Plat dan Cangkang, untuk menghitung nilai momen maksimum digunakan persamaan (2.13). Nilai β didapat dari Tabel 4.10, nilai β ini nanti dimasukkan ke dalam persamaan (2.36),

- l. Perhitungan penulangan.

Untuk merencanakan penulangan menara ini kita menggunakan metode pelat dan cangkang. Perhitungan penulangan konstruksi sesuai dengan SK-SNI-T-15-1991-03, dengan menggunakan persamaan (2.37) dan (2.38)

3.4 Garis Besar Pembahasan

Dalam pembahasan ini ditinjau hasil dari desain bangunan penyadap. Dari perhitungan perencanaan yang telah dilakukan akan dapat data teknis bangunan penyadap. Urutan proses perencanaan adalah sebagai berikut:

- ❖ Menghitung dimensi lubang penyadap dengan persamaan (2.4)
- ❖ Menghitung elevasi dasar pintu penyadap
- ❖ Menghitung kehilangan tinggi energi
- ❖ Menghitung beban yang bekerja pada bangunan yang terdiri dari gaya gaya air dan berat bangunan. Gaya hidrostatis pada bangunan ini tidak dihitung dikarenakan kondisi air yang mengelilingi bangunan sehingga resultan gaya hidrostatis pada bangunan ini sama dengan 0.
- ❖ Menghitung stabilitas bangunan terhadap daya dukung tanah, sehingga dapat diketahui stabil atau tidak konstruksi yang ada, bila tidak stabil maka kembali menghitung dimensi menara penyadap, dan bila stabil maka diteruskan ke perhitungan statika.
- ❖ Menghitung statika yaitu menghitung momen yang terjadi akibat gaya-gaya yang bekerja.
- ❖ Menghitung penulangan konstruksi dengan metode SK-SNI-T-15-1991-03,

BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Umum Bendungan Titab

Waduk Titab

Bendungan Titab merupakan bendungan tipe urugan dengan data-data teknis sebagai berikut :

Elevasi muka air tinggi	:	156	m
Elevasi muka air rendah	:	131,2	m
Kapasitas tampungan sedimen	:	12480000	m ³
Rata- rata Inflow tahunan	:	240520000	m ³
Luas daerah genangan	:	69,54	km ²
	:	69540000	m ²
Rencana umur	:	60	th
Debit keperluan (total)	:	3,35	m ³ /det
Diameter pipa	:	2	m
Letak menara penyadap	direncanakan pada jarak 10 m disamping terowongan pengelak		

4.2 Bangunan Penyadap

Bangunan penyadap (pengambilan) merupakan salah satu dari suatu bendungan yang berfungsi untuk menyadap air digunakan sebagai tujuan tertentu. Dalam sub bab ini akan dibahas adalah bangunan penyadap menara. Pemilihan tipe menara ini dilakukan karena pada bangunan penyadap tipe menara mempunyai kelebihan, bahwa operasi pintunya mudah dan dapat mengatur debit pengambilan secara ketat.

4.2.1 Perhitungan Elevasi Lubang Penyadap

Tinggi elevasi lubang menara ditentukan berdasarkan volume sedimentasi, perhitungan volume sedimentasi menggunakan metode sampling Meyer Peter Muller. Tinggi elevasi dasar pintu lubang intake tower ditentukan berdasarkan tinggi endapan sedimen. Untuk menghitung tinggi endapan sedimentasi, terlebih dahulu perlu diketahui berapa nilai laju sedimentasi dan nilai trap efisiensi sedimen dan volume endapan sedimen.

4.2.1.1 Perhitungan Laju Sedimentasi pada Bendungan Titab

Perhitungan laju sedimentasi menggunakan metode sampling Meyer Peter Muller, dengan persamaan (2.11).

Contoh perhitungan dengan menggunakan metode Meyer Peter Muller :

Diketahui data pada bulan Januari adalah sebagai berikut :

D_{90}	= 14,851	Q	= 279,23 m ³ /dt
D_m	= 4,533 mm	Q_b	= 271,73 m ³ /dt
Luas DAS	= 69,54 km ²	B	= 62,25 m
S	= 0,004	d	= 1,73
n_s	= 0,04		

Ditanya : Laju sedimentasi per tahun?

Jawab :

$$G = 1,606 B \left[3,306 \cdot \left(\frac{Q_b}{Q} \right) \cdot \left(\frac{D_{90}^{1/6}}{n_s} \right)^{3/2} \cdot d \cdot S - (0,627 D_m) \right]^{3/2}$$

$$= (1,606)(62,25) \left[(3,306) \left(\frac{271,73}{279,23} \right) \left(\frac{14,851^{1/6}}{0,04} \right)^{3/2} (1,73)(0,004) - ((0,627)(0,004533)) \right]^{3/2}$$

$$= (99,975) [(3,306)(0,98)(213,546)(1,73)(0,004) - ((0,627)(0,004533))]^{3/2}$$

$$= (99,975)[8,7763]^{3/2}$$

$$= 2599,42 \text{ m}^3/\text{th}$$

Hasil perhitungan laju sedimentasi yang diperoleh dengan menggunakan metode Mayer Peter Muller disajikan pada Lampiran1 .

4.2.1.2 Trap Efisiensi (Brune)

Trap efisiensi (*Brune*) adalah persentase dari sedimentasi total yang terendap di dalam waduk terhadap sedimen yang masuk waduk. Efisiensi tangkapan suatu waduk akan berkurang sejalan dengan umurnya, karena

kapasitas waduk akan dikurangi oleh tumpukan sedimen. Hubungan Trap Efisiensi tangkapan dengan rasio inflow (perbandingan kapasitas dan debit masukan waduk) dapat dilihat pada kurva *Brune* (Gambar 4.1) dan Tabel 4.2, kurva *Brune* dapat dipersamakan sebagai berikut :

$$Y = 100 \left(1 - \frac{1}{(1+(100 x))} \right) 1,5$$

Kapasitas tampungan sedimen : 12480000 m³

Rata- rata Inflow tahunan : 240520000 m³

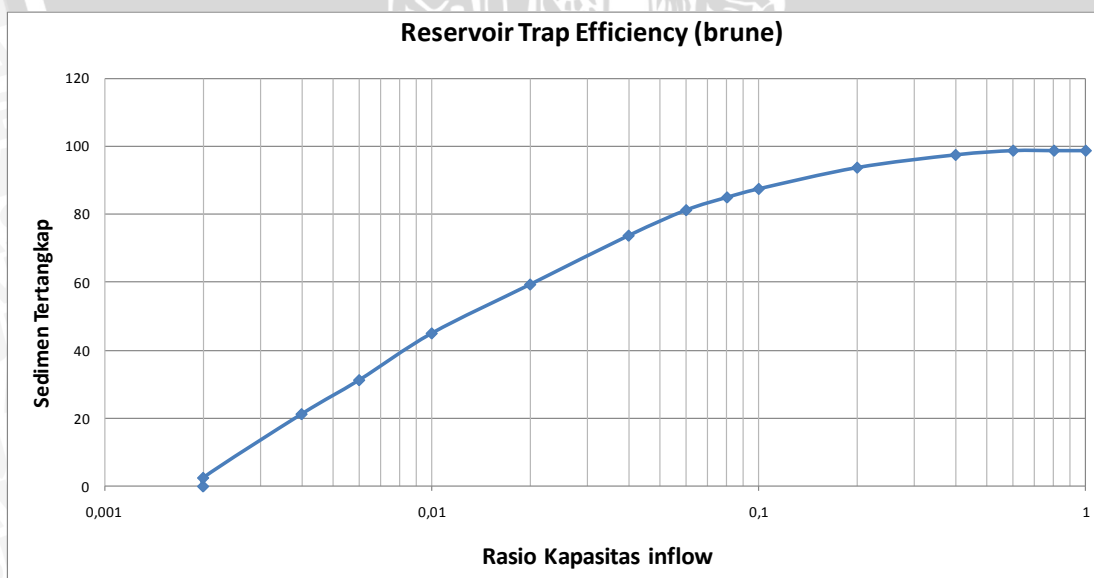
Rasio Inflow (K/I) : 0.052

$$Y = 100 \left(1 - \frac{1}{(1+(100 x))} \right) 1,5$$

$$Y = 100 \left(1 - \frac{1}{(1+(100)(0.052))} \right) 1,5$$

$$Y = 78,21 \%$$

Dari hasil perhitungan didapat trap efisiensi : 78.21 %



Gambar 4.1 Trap Efisiensi Brune

Tabel 4.1 Perbandingan rasio *inflow* dengan sedimen yang tertangkap

Rasio <i>inflow</i>	Sedimen Tertangkap (%)
0,002	0,00
0,002	2,50
0,004	21,25
0,006	31,25
0,010	45,00
0,020	59,38
0,040	73,75
0,060	81,25
0,080	85,00
0,100	87,50
0,200	93,75
0,400	97,50
0,600	98,75
0,800	98,75
1,000	98,75

4.2.3.3 Volume Tampungan Mati

Volume Tampungan Mati di waduk digunakan untuk mengetahui elevasi dari bangunan pengambilan (*intake*). Volume *Tampungan Mati* didapat dari persamaan (2.34)

dengan :

Rencana Umur Waduk = 60 tahun

Laju sedimen = 117568,94 ton/th

Trap Efisiensi = 78.21 %

= 0.7821

Sedimen per tahun = (117568,94)(0,7821)

= 91950,668 ton/th

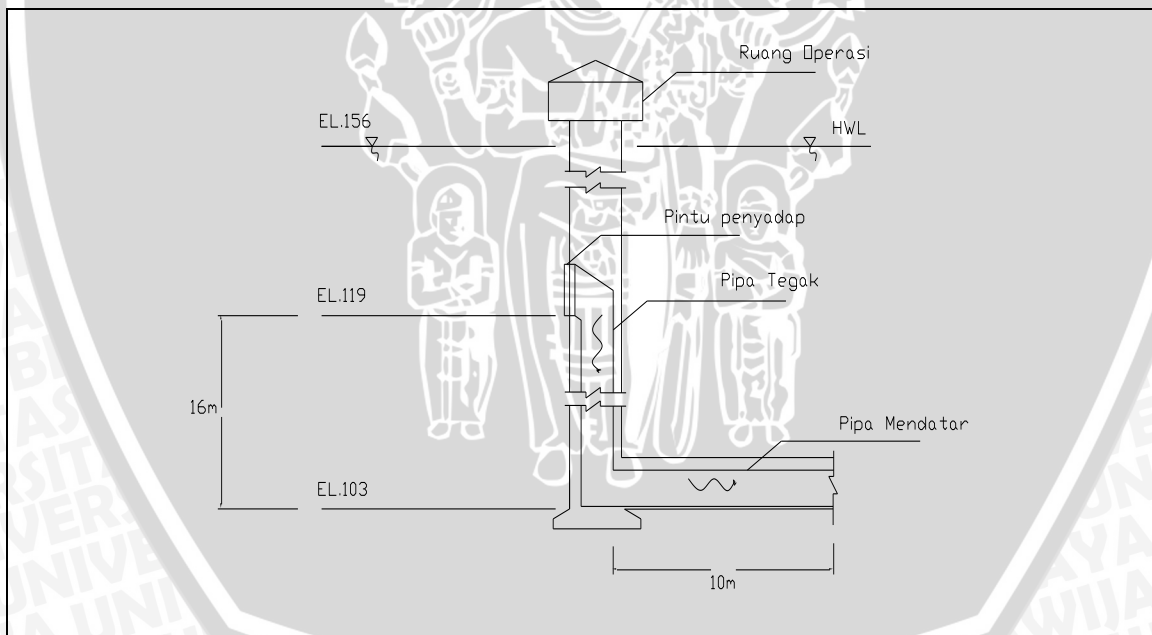
$$\begin{aligned}
 &= 59323,01 \text{ m}^3/\text{th} \\
 \text{Volume Tampung Mati} &= (60)(59323,01) \\
 &= 3559380,6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4.2.3.4 Tinggi endapan sedimen

Tinggi endapan sedimen digunakan untuk menentukan elevasi dasar lubang penyadap *intake tower*. Tinggi endapan sedimen diperoleh dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{V_{\text{waduk}}}{H_{\text{max}}} &= \frac{V_d}{H_g} \\
 \frac{12479861,74}{53} &= \frac{3559380,6}{x} \\
 188647171,8 &= 12479861,74 x \\
 x &= 15,17 \text{ m} \approx 16 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi elevasi pintu penyadap dari dasar sungai adalah +119 m , skema bangunan penyadap dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Skema Bangunan Pengambilan

4.2.2 Kehilangan Energi

a. Kehilangan Energi pada lubang pemasukan.

Besarnya kehilangan energi pada lubang pemasukan digunakan persamaan (2.9), dengan $f = 0,5$, $g = 9,8 \text{ m}/\text{dt}^2$, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

$$v = \text{kecepatan aliran (m/dt)}$$

$$= \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{3,35}{3,14}$$

$$= 1,0668$$

$$h_e = f \frac{v^2}{2g}$$

$$= (0,5) \frac{v^2}{(2)(9,8)}$$

$$= 0,0255 v^2$$

b. Kehilangan energi akibat gesekan

Kehilangan energy akibat gesekan terjadi pada pipa tegak dan pipa mendatar, skema pipa dapat dilihat pada Gambar 4.1. Besarnya kehilangan energi akibat gesekan digunakan persamaan (2.10)

- Pipa Tegak

Untuk menghitung besarnya kehilangan energi pada pipa tegak digunakan persamaan (2.10), dengan $g = 9,8 \text{ m/dt}^2$, $v = 1,0668 \text{ m/dt}$, $L = 16 \text{ m}$, $D = 2 \text{ m}$, $n = 0,014$, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

$$f = \frac{124,5 n^2}{D^3}$$

$$f = \frac{124,5 (0,014)^2}{2^3}$$

$$= 0,0193$$

$$h_1 = f \frac{Lv^2}{2gD}$$

$$= 0,0193 \cdot \frac{(16)(1,0668^2)}{(2)(19,6)}$$

$$= 0,00373 \text{ m}$$

- Pipa mendatar

Untuk menghitung besarnya kehilangan energi pada pipa tegak digunakan persamaan (2.10), dengan $f = 0,0193$, $g = 9,8 \text{ m/dt}^2$, $V = 1,0668 \text{ m/dt}$, $L = 10 \text{ m}$, $D = 2 \text{ m}$, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

$$h_2 = f \frac{Lv^2}{2gD}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0144 \frac{(10)(1,0668^2)}{(2)(19,6)} \\
 &= 0,00418 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Kehilangan energi akibat belokan

Kehilangan energi terjadi pada belokan tergantung pada sudut belokan saluran. Untuk menghitung besarnya kehilangan energi digunakan persamaan (2.14), dengan $f = 0,98$, $g = 9,8 \text{ m/dt}^2$, $V = 1,0668 \text{ m/dt}$, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 h_b &= f_b \frac{v^2}{2 \cdot g} \\
 &= 0,98 \frac{1,0668^2}{(2)(9,8)} \\
 &= 0,0569 \text{ m}
 \end{aligned}$$

d. Kehilangan energi pada lubang pengeluaran

Untuk menghitung besarnya kehilangan energi pada lubang pengeluaran digunakan persamaan (2.15), dengan $f =$ koefisien pada lubang pengeluaran = 1, $g = 9,8 \text{ m/dt}^2$, $A = 18$, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

v = kecepatan aliran.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{3,35}{18} \\
 &= 0,1861
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_o &= \frac{v^2}{2g} \\
 &= \frac{0,1861^2}{(2)(9,8)} \\
 &= 0,00176 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Total kehilangan energy (head loss)

$$\begin{aligned}
 \sum h &= h_e + h_1 + h_2 + h_b + h_o \\
 &= 0,0255 V^2 + 0,00373 + 0,00418 + 0,0569 + 0,00176 \\
 &= 0,0255 V^2 + 0,06657
 \end{aligned}$$

4.2.3 Tinggi bukaan pintu

Elevasi air waduk sangat menentukan berapa tinggi bukaan pintu yang perlu dibuka agar debit yang keluar sesuai kebutuhan tergantung dari, karena perbedaan elevasi tersebut sangat mempengaruhi kecepatan air dan kehilangan energi. Untuk menentukan tinggi bukaan pintu (Gambar 2.4) digunakan persamaan (2.4)

$$Q = \frac{2}{3} c B \sqrt{2g}(H_2 - H_1)^{2/3}$$

$$3,35 = (2/3)(0,62)(2) \sqrt{(2)(9,81)} (H_2 - (0,0255 v^2 + 0,06657))^{2/3}$$

$$3,35 = (3,6598)(H_2 - (0,0255 v^2 + 0,06657))^{2/3}$$

$$0,9153 = (H_2 - (0,0255 v^2 + 0,06657))^{2/3}$$

$$0,8756 = H_2 - 0,0255 v^2 + 0,06657$$

$$v = \left(\frac{H_2 - 0,8090}{0,0255} \right)^{1/2}$$

$$Q = (v) (A)$$

$$3,35 = \left(\frac{H_2 - 0,8090}{0,0255} \right)^{1/2} (A)$$

$$A = \frac{3,35}{\left(\frac{H_2 - 0,8090}{0,0255} \right)^{1/2}}$$

Karena lebar pintu 1 m maka :

$$h_{\text{pintu}} = \frac{A}{B} = \frac{A}{1}$$

dengan menggunakan persamaan-persamaan di atas, maka dapat dihitung berapa tinggi bukaan pintu untuk tiap-tiap elevasi muka air, untuk tinggi bukaan pintu yang diperlukan tiap-tiap muka air selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 Tinggi Bukaam Pintu

ELEVASI (m)	H (m)	Q (m ³ /dt)	V (m/dt)	A(m ²)	Hpintu (m)
156	29	3.35	33.2495	0.100753	0.100753
155	28	3.35	32.65446	0.102589	0.102589
154	27	3.35	32.04837	0.104529	0.104529
153	26	3.35	31.4306	0.106584	0.106584
152	25	3.35	30.80043	0.108765	0.108765
151	24	3.35	30.1571	0.111085	0.111085
150	23	3.35	29.49975	0.11356	0.11356
149	22	3.35	28.82741	0.116209	0.116209
148	21	3.35	28.13901	0.119052	0.119052
147	20	3.35	27.43334	0.122114	0.122114
146	19	3.35	26.70903	0.125426	0.125426
145	18	3.35	25.96453	0.129022	0.129022
144	17	3.35	25.19804	0.132947	0.132947
143	16	3.35	24.40749	0.137253	0.137253
142	15	3.35	23.59046	0.142007	0.142007
141	14	3.35	22.7441	0.147291	0.147291
140	13	3.35	21.865	0.153213	0.153213
139	12	3.35	20.94905	0.159912	0.159912
138	11	3.35	19.99117	0.167574	0.167574
137	10	3.35	18.98503	0.176455	0.176455
136	9	3.35	17.92249	0.186916	0.186916
135	8	3.35	16.79286	0.19949	0.19949
134	7	3.35	15.58154	0.214998	0.214998
133	6	3.35	14.26775	0.234795	0.234795
132	5	3.35	12.82002	0.26131	0.26131
131	4	3.35	11.18648	0.299469	0.299469

4.2 Perencanaan tebal plat baja pintu.

Tebal pintu penyadap dihitung berdasarkan gaya geser yang terjadi pada pintu akibat gaya air. Gaya terbesar terjadi di bagian pintu paling bawah, sehingga tebal pintu direncanakan berdasarkan gaya terbesar tersebut. Diagram gaya air pada pintu disajikan pada Gambar (4.3)

$$P_b = (\gamma_w)(H)$$

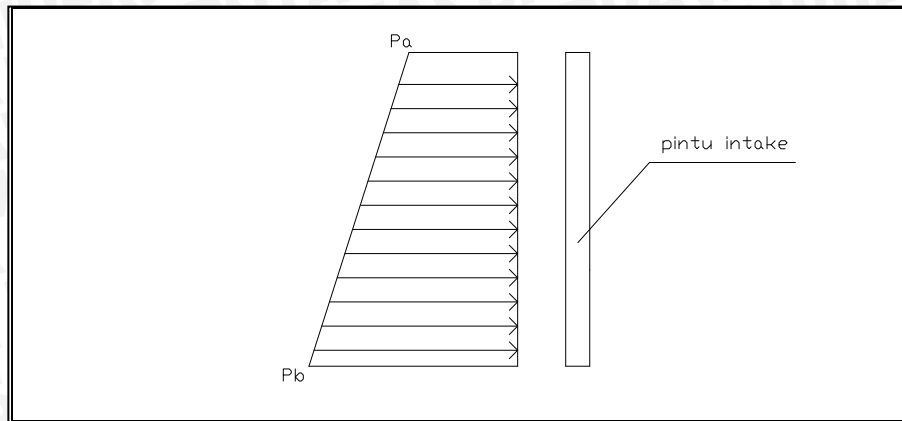
P_b = gaya air yang bekerja pada pintu bagian bawah

γ_w = Berat jenis air (1 ton/ m³)

H = Tinggi permukaan air dari dasar pintu (37m)

Sehingga besarnya gaya air yang bekerja pada plat baja pintu pengambilan tersebut adalah :

$$P_b = (1) (37) = 37 \text{ ton/ m}^2$$



Gambar 4.3 Diagram gaya air pada pintu intake.

Dari besarnya beban kerja pintu sebagaimana telah dihitung maka diperoleh $P = 72 \text{ ton/m}^2$ dan dengan menggunakan mutu baja BJ 34 (tegangan ijin = $1400 \text{ kg/cm}^2 = 140000 \text{ kg/m}^2$) serta dengan memakai ukuran baja bujur sangkar dimama, $L = 2 \text{ m}$ maka tebal baja pintu dapat di hitung.

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ijin}} &= \frac{p}{(L)(t)} \\ 140000 &= \frac{37000}{(1)(t)} \\ t &= 0,13 \text{ m}\end{aligned}$$

Jadi tebal plat yang akan dipakai adalah dengan tebal 13 cm.

Kemudian pelat baja daun pintu tersebut di cek, apakah nantinya aman dari bahaya lipat. Menurut buku Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia pasal 6.2.3 yang berbunyi: “dalam pemeriksaan terhadap bahaya lipat, keempat sisi badan itu dianggap bersifat sendi. Jika perbandingan antara tinggi dan tebal badan lebih kecil dari 60, pemeriksaan terhadap bahaya lipat dari badan tidak di perlukan.”

$$t = (\text{tebal pelat baja}) = 13 \text{ cm}$$

$$l = (\text{lebar pelat baja}) = 200 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{t} = \frac{200}{13} = 15,39 < 60 \quad (\text{aman})$$

4.3 Perencanaan tebal plat pondasi

Dengan memperhitungkan sebagai pondasi telapak dengan penampang persegi, tegangan tarik beton f_1 pada sisi permukaan dasar fondasi $f_1 = 0,7\sqrt{f_c}$, maka tebal plat pondasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$S = \frac{M_u}{f_1}$$

dengan :

$$S = \text{modulus penampang} = \frac{1}{6} b h^2$$

$$\begin{aligned} f_{1 \max} &= 2/3 (0,7) (0,6) \sqrt{f_c} \\ &= 2/3 (0,7) (0,6) \sqrt{35} \\ &= 1,6565 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1/2 \text{ berat diatas pondasi} \\ &= 1/2 5411,6 \text{ tonm} \\ &= 27058000 \text{ kgm} \\ &= 270580 \text{ KNm} \end{aligned}$$

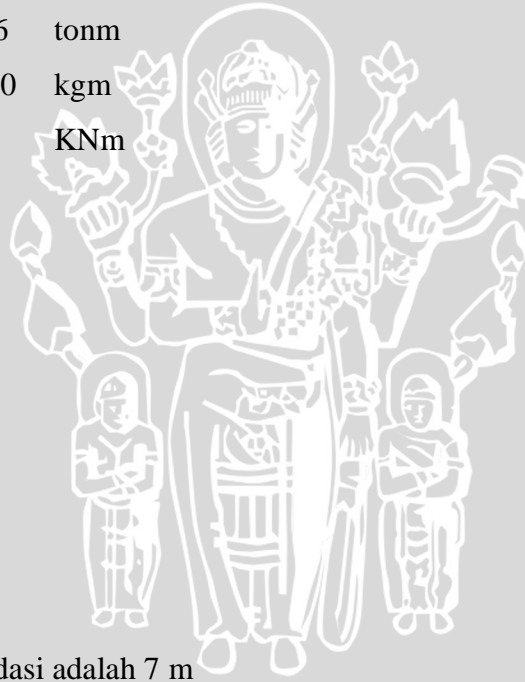
$$\begin{aligned} \frac{1}{6} b h^2 &= \frac{M_u}{f_1} \\ &= \frac{270580}{1656,5} \\ &= 163,34 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{6} 20 h^2 = 163,34$$

$$h^2 = 49,002$$

$$h = 7 \text{ m}$$

Jadi tebal pelat dasar pondasi adalah 7 m

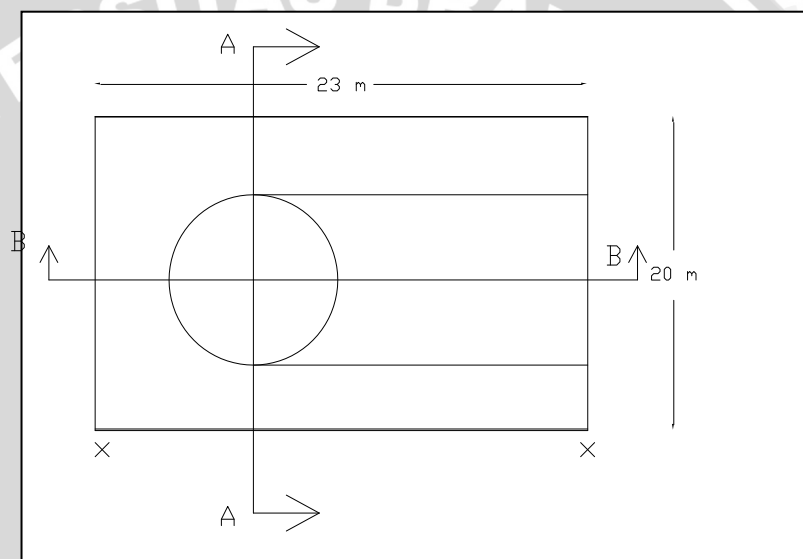


4.4 Perhitungan Stabilitas Bangunan

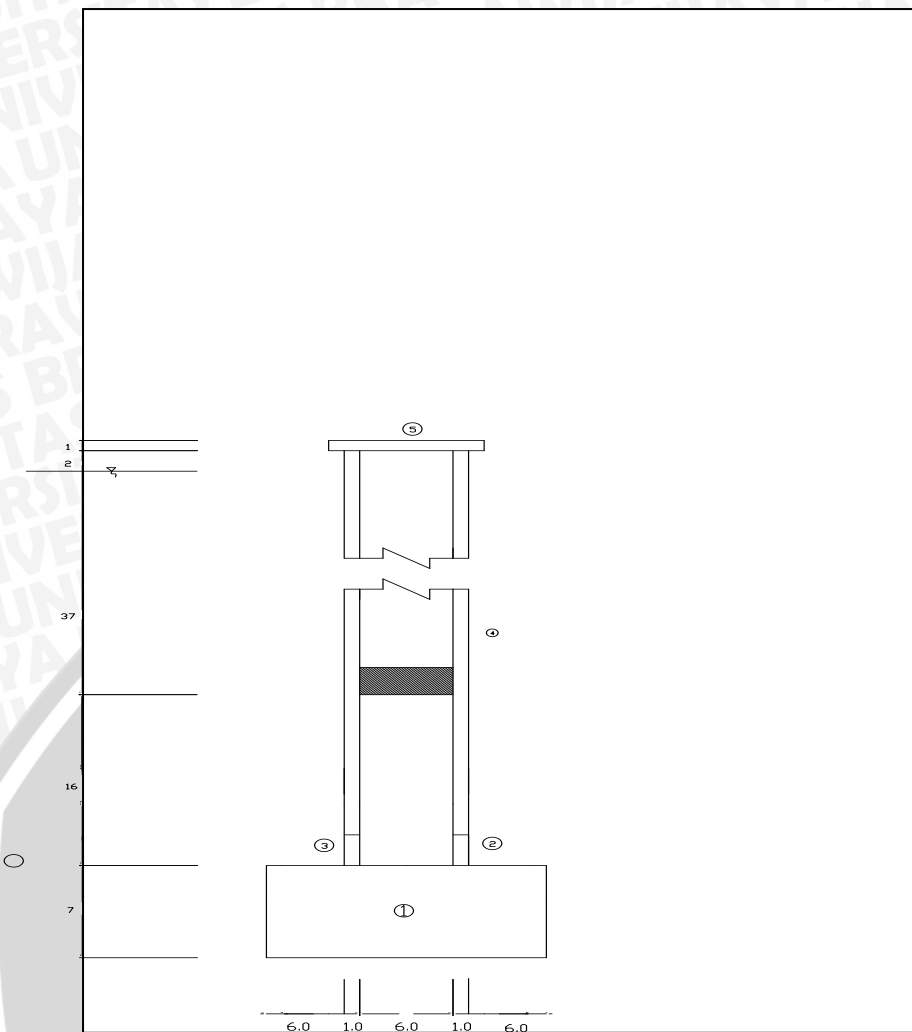
Perhitungan stabilitas bangunan diperhitungkan 6 kondisi yaitu :

Kondisi

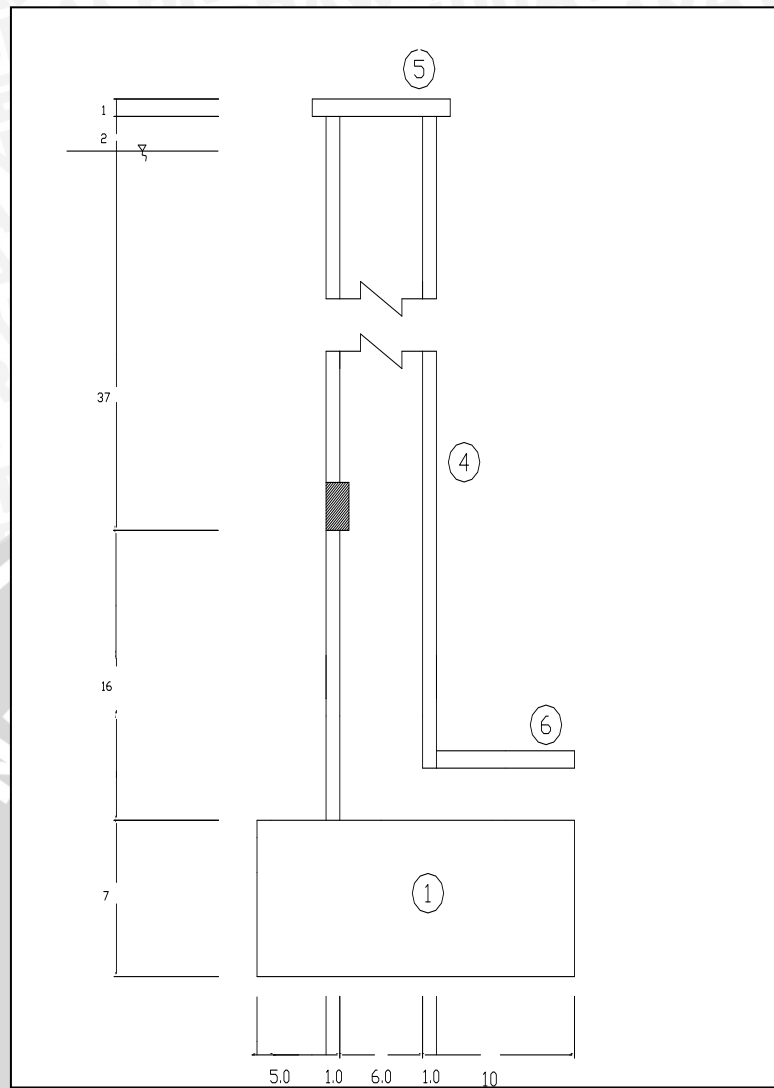
- 1 = Waduk dengan keadaan air kosong setelah pelaksanaan
- 2 = Waduk dengan keadaan air kosong setelah pelaksanaan dengan gempa
- 3 = Waduk dengan muka air normal, terowongan kosong.
- 4 = waduk dengan muka air normal, terowongan kosong , dengan gempa.
- 5 = Waduk dengan keadaan muka air maksimum, terowongan ada aliran air.
- 6 = Waduk dengan keadaan muka air maksimum, terowongan ada aliran air, ada gempa.



Gambar 4.6 Tampak atas bangunan penyadap



Gambar 4.4 Sketsa perhitungan berat sendiri konstruksi bangunan penyadap
(Potongan A-A pada Gambar 4.6)



Gambar 4.4 Sketsa perhitungan berat sendiri konstruksi bangunan penyadap
(Potongan B-B pada Gambar 4.6)

4.4.1 Stabilitas terhadap daya dukung tanah pada Kondisi 1

Perhitungan pada Kondisi 1 dilakukan pada waduk dengan kondisi air kosong setelah pelaksanaan

a) Kondisi perencanaan

- Berat isi beton = $2,4 \text{ t/m}^3$
- Tegangan ijin tanah = 60 t/m^3
- Sudut geser tanah = 30°

b) Kondisi pembebanan

Kondisi pembebanan dihitung berdasarkan berat sendiri konstruksi. Berat sendiri konstruksi diperhitungkan berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5

c) Analisis stabilitas bangunan.

Hitungan analisis stabilitas bangunan Kondisi 1 disajikan pada Tabel 4.4

✓ Stabilitas terhadap daya dukung:

$$e = \left| \frac{\sum MV - \sum MH}{\sum V} - \frac{L}{2} \right|$$

$$= \left| \frac{131403,8 - 0}{13140,3} - \frac{20}{2} \right| = 0$$

$$e = 0 < \frac{L}{6} = \frac{20}{6}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\sum V}{A} \left| 1 + \frac{6e}{L} \right| = \frac{13140,3}{20 \times 23} \left| 1 + \frac{0}{20} \right| = 28,5658 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\sum V}{A} \left| 1 - \frac{6e}{L} \right| = \frac{13140,3}{20 \times 23} \left| 1 - \frac{0}{20} \right| = 28,5658 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Berdasarkan hitungan analisis stabilitas diketahui bahwa nilai σ_{\min} lebih besar dari 0 tetapi masih lebih kecil daripada tegangan ijin tanah, ini menunjukkan bahwa bangunan menara penyadap aman.

Tabel 4.4 Analisis Stabilitas Bangunan kondisi 1

Beban	uraian				v (ton)	H(ton)	X(m)	Y(m)	MV(tonm)	MH(tonm)
1	7.00	20.00	23.00	2.40	7728.00		10.00		77280.00	
2	1.00	3.00	10.00	2.40	72.00		13.50		972.00	
3	1.00	3.00	10.00	2.40	72.00		6.50		468.00	
4	11052.80	6217.20			4835.60		10.00		48356.00	
5	10.00	10.00	1.00	2.40	240.00		10.00		2400.00	
6	1.00	10.00	8.00	2.40	192.00		10.00		1920.00	
WP	pintu intake				0.70		10.00		7.00	
	jumlah				13140.30				131403.00	0.00

4.4.2 Stabilitas terhadap daya dukung tanah pada Kondisi 2

Perhitungan pada Kondisi 2 dilakukan pada waduk dengan Kondisi air kosong setelah pelaksanaan dan ada gempa

Waduk dengan keadaan air kosong setelah pelaksanaan pada gempa

a. Kondisi perencanaan

- Berat isi beton = $2,4 \text{ t/m}^3$
- Tegangan ijin tanah = 60 t/m^3

- Sudut geser tanah = 30°

b. Kondisi pembebanan

- Berat sendiri konstruksi

Berat sendiri konstruksi diperhitungkan berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5

- Gaya Gempa

Gaya gempa diambil 0,15 dari berat bangunan.

c. Analisis stabilitas bangunan.

Hitungan analisis stabilitas bangunan Kondisi 2 disajikan pada Tabel 4.5

- ✓ Stabilitas terhadap daya dukung:

$$e = \left| \frac{\sum MV - \sum MH}{\sum V} - \frac{L}{2} \right|$$

$$= \left| \frac{131403 - 30427,911}{13140,3} - \frac{20}{2} \right| = 2,3156$$

$$e = 2,3156 < \frac{L}{6} = \frac{20}{6}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\sum V}{A} \left| 1 + \frac{6e}{L} \right| = \frac{13140,3}{20 \times 23} \left| 1 + \frac{13,8936}{20} \right| = 48,4101 < 60 \text{t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\sum V}{A} \left| 1 - \frac{6e}{L} \right| = \frac{13140,3}{20 \times 23} \left| 1 - \frac{13,8936}{20} \right| = 8,7215 < 60 \text{t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Berdasarkan hitungan analisis stabilitas diketahui bahwa nilai σ_{\min} lebih besar dari 0 tetapi masih lebih kecil daripada tegangan ijin tanah, ini menunjukkan bahwa bangunan menara penyadap aman.

Tabel 4.5 Analisis Stabilitas Bangunan kondisi 2

Beban	uraian				v (ton)	h(ton)	X(m)	Y(m)	MV(tonm)	MH(tonm)
1	7.00	20.00	23.00	2.40	7728.00	1159.20	10.00	3.00	77280.00	3477.60
2	1.00	3.00	10.00	2.40	72.00	10.80	13.50	7.50	972.00	81.00
3	1.00	3.00	10.00	2.40	72.00	10.80	6.50	7.50	468.00	81.00
4	11052.80	6217.20			4835.60	725.34	10.00	33.50	48356.00	24298.89
5	10.00	10.00	1.00	2.40	240.00	36.00	10.00	61.50	2400.00	2214.00
6	1.00	10.00	8.00	2.40	192.00	28.80	10.00	9.50	1920.00	273.60
WP	pintu intake				0.70	0.11	10.00	16.50	7.00	1.82
jumlah					13140.30	1971.05			131403.00	30427.91

4.4.3 Stabilitas terhadap daya dukung tanah pada Kondisi 3

Perhitungan pada Kondisi 3 dilakukan pada waduk dengan muka air normal, terowongan kosong.

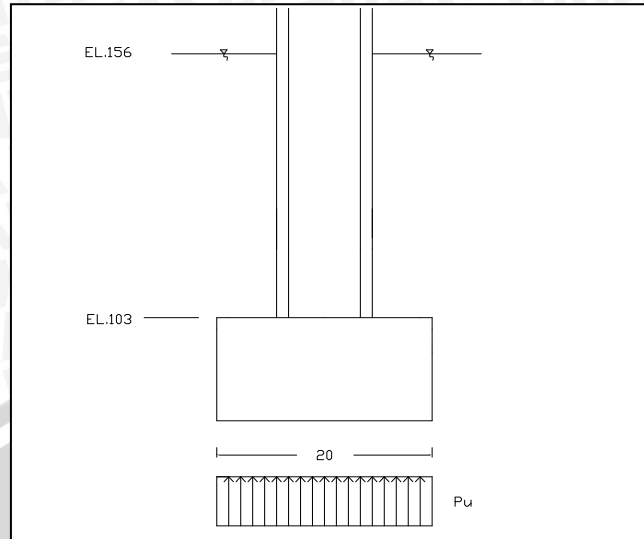
a. Kondisi perencanaan

- Berat isi beton = $2,4 \text{ t/m}^3$
- Tegangan ijin tanah = 60 t/m^3
- Sudut geser tanah = 30°

b. Kondisi pembebanan

- Berat sendiri konstruksi
Berat sendiri konstruksi diperhitungkan berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5
- Gaya *Uplift*
Berat *Uplift* berdasarkan Gambar 4.7

$$P_u = B \cdot H \cdot \gamma_w \cdot L = (20)(23)(53)(1) = 1137,2 \text{ ton}$$



Gambar 4.7 Diagram gaya angkat (*Uplift*)

c. Analisis stabilitas bangunan.

Analisis stabilitas bangunan Kondisi 3 disajikan pada Tabel 4.6

✓ Stabilitas terhadap daya dukung:

$$\begin{aligned}
 e &= \left| \frac{\sum MV - \sum MH}{\sum V} - \frac{L}{2} \right| \\
 &= \left| \frac{120031 - 0}{12003,1} - \frac{20}{2} \right| = 0 \\
 &= 0 < \frac{L}{6} = \frac{20}{6} \\
 \sigma_{\max} &= \frac{\sum V}{A} \left| 1 + \frac{6e}{L} \right| = \frac{12003,1}{20 \times 23} \left| 1 + \frac{0}{20} \right| = 26,0937 < 60 \text{t/m}^2 \text{ (Aman)} \\
 \sigma_{\min} &= \frac{\sum V}{A} \left| 1 - \frac{6e}{L} \right| = \frac{12003,1}{20 \times 23} \left| 1 - \frac{0}{20} \right| = 26,0937 < 60 \text{t/m}^2 \text{ (Aman)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hitungan analisis stabilitas diketahui bahwa nilai σ_{\min} lebih besar dari 0 tetapi masih lebih kecil daripada tegangan ijin tanah, ini menunjukkan bahwa bangunan menara penyadap aman.

Tabel 4.6 Analisis Stabilitas Bangunan kondisi 3

Beban	uraian				v(ton)	H(ton)	X(m)	Y(m)	MV(tonm)	MH(tonm)
1	7.00	20.00	23.00	2.40	7728.00		10.00		77280.00	
2	1.00	3.00	10.00	2.40	72.00		13.50		972.00	
3	1.00	3.00	10.00	2.40	72.00		6.50		468.00	
4	11052.80	6217.20			4835.60		10.00		48356.00	
5	10.00	10.00	1.00	2.40	240.00		10.00		2400.00	
6	1.00	10.00	8.00	2.40	192.00		10.00		1920.00	
WP	pintu intake				0.70		10.00		7.00	
uplift	20.00	23.00	53.00	1.00	-1137.20		10.00		-11372.00	
			jumlah		12003.10				120031.00	

4.4.4 Stabilitas terhadap daya dukung tanah pada Kondisi 4

Perhitungan pada Kondisi 4 dilakukan pada waduk dengan muka air normal, terowongan kosong, ada gempa.

a. Kondisi perencanaan

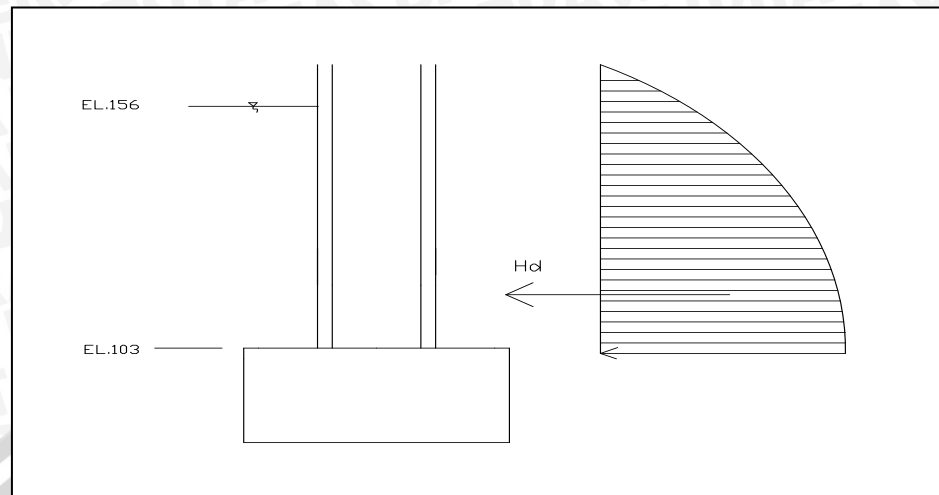
- Berat isi beton = $2,4 \text{ t/m}^3$
- Tegangan ijin tanah = 60 t/m^3
- Sudut geser tanah = 30°

b. Kondisi pembebanan

- Berat sendiri konstruksi
Berat sendiri konstruksi diperhitungkan berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5
- Gaya Gempa
Gaya gempa diambil 0,15 dari berat bangunan.
- Gaya Uplift
Berat *Uplift* berdasarkan Gambar 4.7
 $P_u = B L H \gamma_w = (20)(23)(53)(1) = 1137,2 \text{ ton}$
- Gaya Hidrodinamis

Besarnya gaya hidrodinamis pada bangunan (Gambar 4.8) dinyatakan dengan persamaan (2.20)

$$H_d = \left(\frac{7}{12}\right)(1)(0,15)(53)^{\frac{1}{2}} = 0,63 \text{ ton}$$



Gambar 4.8 Gaya hidrodinamis

c. Analisis stabilitas bangunan.

- Analisis stabilitas bangunan Kondisi 4 dapat dilihat pada Tabel 4.7
- ✓ Stabilitas terhadap daya dukung:

$$e = \left| \frac{\sum MV - \sum MH}{\sum V} - \frac{L}{2} \right|$$

$$= \left| \frac{120031 - 25514,06}{12003,1} - \frac{20}{2} \right| = 2,2156$$

$$e = 2,2156 < \frac{L}{6} = \frac{20}{6}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\sum V}{A} \left| 1 + \frac{6e}{L} \right| = \frac{13922,22}{20 \times 23} \left| 1 + \frac{13,2936}{20} \right| = 35,2731 < 60 \text{t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\sum V}{A} \left| 1 - \frac{6e}{L} \right| = \frac{13922,22}{20 \times 23} \left| 1 - \frac{13,2936}{20} \right| = 10,1082 < 60 \text{t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Berdasarkan hitungan analisis stabilitas diketahui bahwa nilai σ_{\min} lebih besar dari 0 tetapi masih lebih kecil daripada tegangan ijin tanah, ini menunjukkan bahwa bangunan menara penyadap aman.

Tabel 4.7 Analisis Stabilitas Bangunan Kondisi 4

Beban	uraian				v(ton)	H(ton)	X(m)	Y(m)	MV(tonm)	MH(tonm)
1	7.00	20.00	23.00	2.40	7728.00	1159.20	10.00	0.50	77280.00	579.60
2	1.00	3.00	10.00	2.40	72.00	10.80	13.50	7.50	972.00	81.00
3	1.00	3.00	10.00	2.40	72.00	10.80	6.50	7.50	468.00	81.00
4	11052.80	6217.20			4835.60	725.34	10.00	31.00	48356.00	22485.54
5	10.00	10.00	1.00	2.40	240.00	36.00	10.00	55.50	2400.00	1998.00
6	1.00	10.00	8.00	2.40	192.00	28.80	10.00	9.50	1920.00	273.60
WP	pintu intake				0.70	0.11	10.00	16.50	7.00	1.82
uplift	20.00	23.00	53.00	1.00	-1137.20		10.00		-11372.00	
hd	0.58	0.15	53.00			0.64		21.20		13.50
jumlah					12003.10	1971.69			120031.00	25514.06

4.4.5 Stabilitas terhadap daya dukung tanah pada Kondisi 5

Perhitungan pada kondisi 3 dilakukan pada waduk dengan keadaan muka air maksimum, terowongan ada aliran air.

a. Kondisi perencanaan

- Berat isi beton = $2,4 \text{ t/m}^3$
- Tegangan ijin tanah = 60 t/m^3
- Sudut geser tanah = 30°

b. Kondisi pembebanan

- Berat sendiri konstruksi
Berat sendiri konstruksi diperhitungkan berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5
- Gaya Uplift
Berat *Uplift* berdasarkan Gambar 4.7
 $P_u = B \cdot L \cdot H \cdot \gamma_w = (20)(23)(53)(1) = 1137,2 \text{ ton}$
- Berat air di dalam bangunan
 $W_w = \pi r^2 t \gamma_w = (3,14)(2,4)^2 (16)(1) = 289,1424 \text{ ton}$

c. Analisis stabilitas bangunan.

Analisis stabilitas bangunan Kondisi 5 disajikan pada Tabel 4.8

- ✓ Stabilitas terhadap daya dukung:

$$e = \left| \frac{\sum MV - \sum MH}{\sum V} - \frac{L}{2} \right|$$

$$= \left| \frac{122924,82}{12292,4} - \frac{20}{2} \right| = 0$$

$$e = 0 < \frac{L}{6} = \frac{20}{6}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{\Sigma V}{A} \left| 1 + \frac{6e}{L} \right| = \frac{12292,4}{20 \times 23} \left| 1 + \frac{0}{20} \right| = 23.2372 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\Sigma V}{A} \left| 1 - \frac{6e}{L} \right| = \frac{12292,4}{20 \times 23} \left| 1 - \frac{0}{20} \right| = 23.2372 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Berdasarkan hitungan analisis stabilitas diketahui bahwa nilai σ_{\min} lebih besar dari 0 tetapi masih lebih kecil daripada tegangan ijin tanah, ini menunjukkan bahwa bangunan menara penyadap aman.

Tabel 4.8 Analisis Stabilitas Bangunan Kondisi 5

Beban	uraian				v (ton)	H(ton)	X(m)	Y(m)	MV(tonm)	MH(tonm)
1	7.00	20.00	23.00	2.40	7728.00		10.00		77280.00	
2	1.00	3.00	10.00	2.40	72.00		13.50		972.00	
3	1.00	3.00	10.00	2.40	72.00		6.50		468.00	
4	11052.80	6217.20			4835.60		10.00		48356.00	
5	10.00	10.00	1.00	2.40	240.00		10.00		2400.00	
6	1.00	10.00	8.00	2.40	192.00		10.00		1920.00	
WP	pintu intake				0.70		10.00		7.00	
Ww1	3.14	5.76	16.00		289.38		10.00		2893.82	
uplift	20.00	23.00	53.00	1.00	-1137.20		10.00		-11372.00	
	jumlah				12292.48				122924.82	

4.4.6 Stabilitas terhadap daya dukung tanah pada Kondisi 6

Perhitungan pada kondisi 3 dilakukan pada waduk dengan keadaan muka air maksimum, terowongan ada aliran air, ada gempa

a. Kondisi perencanaan

- Berat isi beton = 2,4 t/m³
- Tegangan ijin tanah = 60 t/m³
- Sudut geser tanah = 30 °

b. Kondisi pembebanan

- Berat sendiri konstruksi

Berat sendiri konstruksi diperhitungkan berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5

- Gaya Gempa
Gaya gempa diambil 0,15 dari berat bangunan.
- Gaya Uplift

Berat *Uplift* berdasarkan Gambar 4.7

$$P_u = (B \cdot L \cdot H \cdot \gamma_w) = (20)(23)(53)(1) = 1137,2 \text{ ton}$$

- Berat air di dalam bangunan

$$W_w = \pi r^2 t \gamma_w = (3,14)(2,4)^2 (16)(1) = 289,1424 \text{ ton}$$

- Gaya Hidrodinamis
- Besarnya gaya hidrodinamis pada bangunan (Gambar 4.8) dinyatakan dengan persamaan (2.20)

$$F_d = \left(\frac{7}{12}\right)(1)(0,15)(53)^{\frac{1}{2}} = 0,63 \text{ ton}$$

c. Analisis stabilitas bangunan.

Analisis stabilitas bangunan Kondisi 6 disajikan pada Tabel 4.9

- ✓ Stabilitas terhadap daya dukung:

$$e = \left| \frac{\sum MV - \sum MH}{\sum V} - \frac{L}{2} \right|$$

$$= \left| \frac{122924,82 - 27543,41}{12292,4} - \frac{20}{2} \right| = 2,2406$$

$$e = 2,2406 < \frac{L}{6} = \frac{20}{6}$$

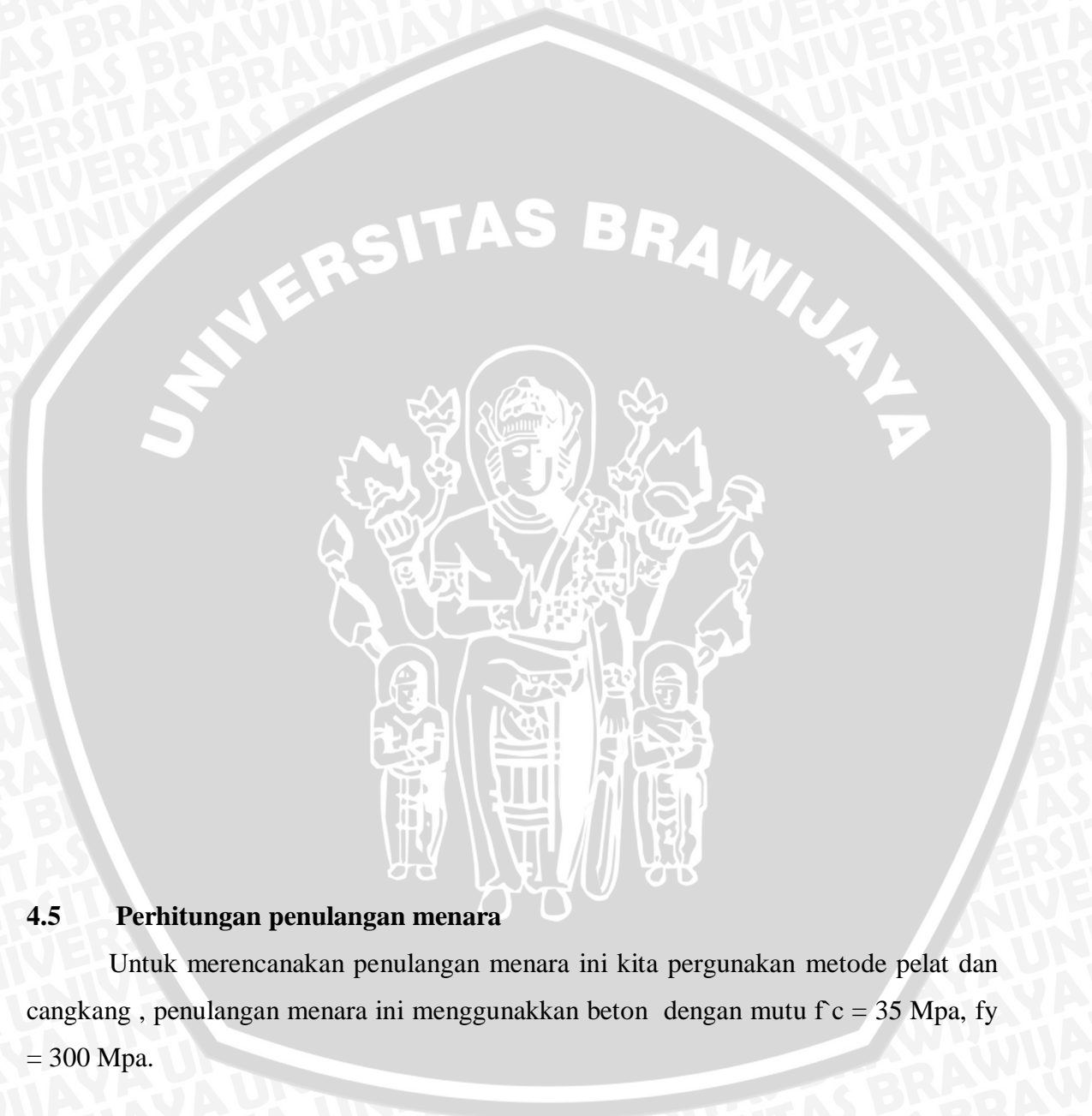
$$\sigma_{\max} = \frac{\sum V}{A} \left| 1 + \frac{6e}{L} \right| = \frac{122924,82}{20 \times 23} \left| 1 + \frac{13,4436}{20} \right| = 38,8198 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\sum V}{A} \left| 1 - \frac{6e}{L} \right| = \frac{122924,82}{20 \times 23} \left| 1 - \frac{13,4436}{20} \right| = 9,6545 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Berdasarkan hitungan analisis stabilitas diketahui bahwa nilai σ_{\min} lebih besar dari 0 tetapi masih lebih kecil daripada tegangan ijin tanah, ini menunjukkan bahwa bangunan menara penyadap aman.

Tabel 4.9 Analisis Stabilitas Bangunan Kondisi 6

Beban			uraian			v (ton)	H(ton)	X(m)	Y(m)	MV(tonm)	MH(tonm)
1	7.00	20.00	23.00	2.40		7728.00	1159.20	10.00	0.50	77280.00	579.60
2	1.00	3.00	10.00	2.40		72.00	10.80	13.50	7.50	972.00	81.00
3	1.00	3.00	10.00	2.40		72.00	10.80	6.50	7.50	468.00	81.00
4	11052.80	6217.20				4835.60	725.34	10.00	33.50	48356.00	24298.89
5	10.00	10.00	1.00	2.40		240.00	36.00	10.00	61.50	2400.00	2214.00
6	1.00	10.00	8.00	2.40		192.00	28.80	10.00	9.50	1920.00	273.60
WP	pintu intake					0.70	0.11	10.00	16.50	7.00	1.82
uplift	20.00	23.00	53.00	1.00		-1137.20		10.00		-11372.00	
hd	0.58	0.15	53.00				0.64		21.20		13.50
Ww1	3.14	5.76	16.00			289.38		10.00		2893.82	
jumlah						12292.48	1971.69			122924.82	27543.41



4.5 Perhitungan penulangan menara

Untuk merencanakan penulangan menara ini kita pergunakan metode pelat dan cangkang , penulangan menara ini menggunakan beton dengan mutu $f'c = 35$ Mpa, $f_y = 300$ Mpa.

4.5.1 Penulangan cangkang silindris

4.5.1.1 Penulangan Arah Y

Penulangan pada bangunan diasumsikan sebagai struktur cangkang yang mengalami pembebanan air hidrostatik, beban sendiri, pada masing-masing sisinya Untuk menghitung nilai momen maksimum digunakan persamaan [2.36].

Contoh perhitungan momen maksimum pada menara penyadap:

Diketahui:

Diameter menara (d) = 8 meter

Tebal plat (t) = 1 meter

h = tinggi menara (45m)

$$\frac{h^2}{d.t} = \frac{45^2}{(8)(1)} = 253,125$$

B diperoleh dengan cara interpolasi:

$$\begin{aligned}\beta &= \left(\frac{253,125-6}{8-6} (0,575 - 0,514) + 0,514 \right) \\ &= 8,0513\end{aligned}$$

Maka :

$$M_{\max} = \left(1 - \frac{1}{\beta h} \right) \frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1-V^2)}}$$

$$= \left(1 - \frac{1}{(0,6398)(45)} \right) \frac{(1)(4)(45)(1)}{\sqrt{12(1-0,25^2)}}$$

$$= 0,9972 \cdot 53,6656$$

$$= 53,5174 \text{ tm}$$

4.5.1.1.1 Penulangan pada h = 9 dari ujung atas

Nilai β dihitung berdasarkan Tabel 4.10, secara interpolasi maka nilai β didapat :

$$\frac{h^2}{d.t} = \frac{9^2}{8.1} = 10,125$$

β diperoleh dengan cara interpolasi :

$$\begin{aligned}\beta &= \left(\frac{10,125-6}{8-6} (0,575 - 0,514) + 0,514 \right) \\ &= 0,6398\end{aligned}$$

Maka :

$$M_{\max} = \left(1 - \frac{1}{\beta h} \right) \frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1-V^2)}}$$

$$= \left(1 - \frac{1}{(0,6398)(9)} \right) \frac{(1)(4)(9)(1)}{\sqrt{12(1-0,25^2)}}$$

$$= (0,8263)(10,7331)$$

$$= 8,8690 \text{ tm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{300}$$

$$= 0,00467$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+f_y}$$

$$= 0,85 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300}$$

$$= 0,0496$$

$$M_u = 8,8690 \text{ tm}$$

$$= 886900 \text{ kgcm}$$

$$b = 100 \text{ cm} ; d = 100 - 5 = 95 \text{ cm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$= \frac{886900}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2}$$

$$= 1,2283 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,12283 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{f'_c \cdot 0,85}$$

$$= \frac{300}{35 \cdot 0,85}$$

$$= 10,084$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(0,12283)}{300}} \right)$$

$$= 0,0004102$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, Maka dipakai ρ

$$A_s = 0,0004102 \cdot 100 \cdot 95$$

$$= 3,8976 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan D22-360

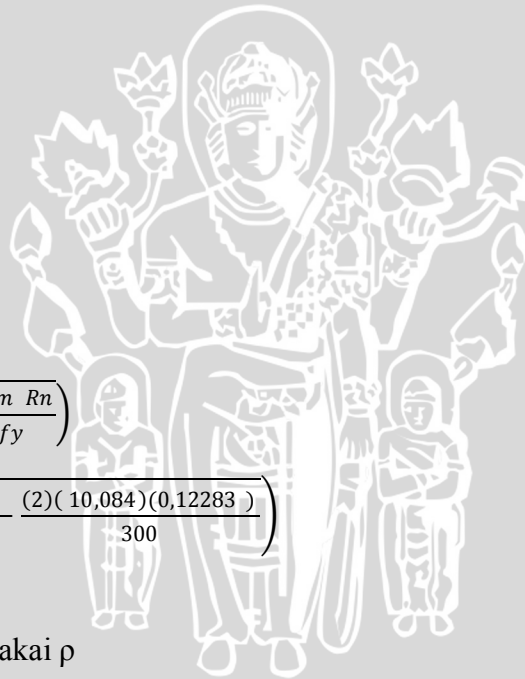
4.5.1.1.2 Penulangan pada h = 18m dari ujung atas

Nilai β dihitung berdasarkan Tabel 4.10, secara interpolasi maka nilai β didapat :

$$\frac{h^2}{d \cdot t} = \frac{18^2}{8.1} = 40,5$$

β diperoleh dengan cara interpolasi :

$$\beta = \left(\frac{40,5-6}{8-6} (0,575 - 0,514) + 0,514 \right)$$



$$= 1,5662$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \left(1 - \frac{1}{\beta h}\right) \frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1-V^2)}} \\ &= \left(1 - \frac{1}{1,5662 \cdot 18}\right) \frac{1 \cdot 4 \cdot 18 \cdot 1}{\sqrt{12(1-0,25^2)}} \\ &= (0,9290)(21,4662) \\ &= 20,704 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{300} \end{aligned}$$

$$= 0,00467$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\ &= 0,0496 \end{aligned}$$

$$M_u = 20,704 \text{ tm}$$

$$= 2070400 \text{ kgcm}$$

$$b = 100 \text{ cm} ; d = 100 - 5 = 95 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{2070400}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\ &= 2,8675 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,28675 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{f_c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\ &= 10,084 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}}\right) \\ &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(0,28675)}{300}}\right) \\ &= 0,0009 \end{aligned}$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, Maka dipakai ρ

$$A_s = 0,0009 \cdot 100 \cdot 95$$

$$= 9,1230 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan D22-360

4.5.1.1.3 Penulangan pada $h = 27\text{m}$ dari ujung atas

Nilai β dihitung berdasarkan Tabel 4.10, secara interpolasi maka nilai β didapat :

$$\frac{h^2}{d \cdot t} = \frac{27^2}{8.1} = 91,125$$

β diperoleh dengan cara interpolasi :

$$\begin{aligned} \beta &= \left(\frac{91,125-6}{8-6} (0,575 - 0,514) + 0,514 \right) \\ &= 3,110 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \left(1 - \frac{1}{\beta h} \right) \frac{\gamma_r h t}{\sqrt{12(1-V^2)}} \\ &= \left(1 - \frac{1}{3,110 \cdot 27} \right) \frac{1 \cdot 4 \cdot 27 \cdot 1}{\sqrt{12(1-0,25^2)}} \\ &= (0,988)(32,1993) \\ &= 31,8158 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{300} \\ &= 0,00467 \end{aligned}$$

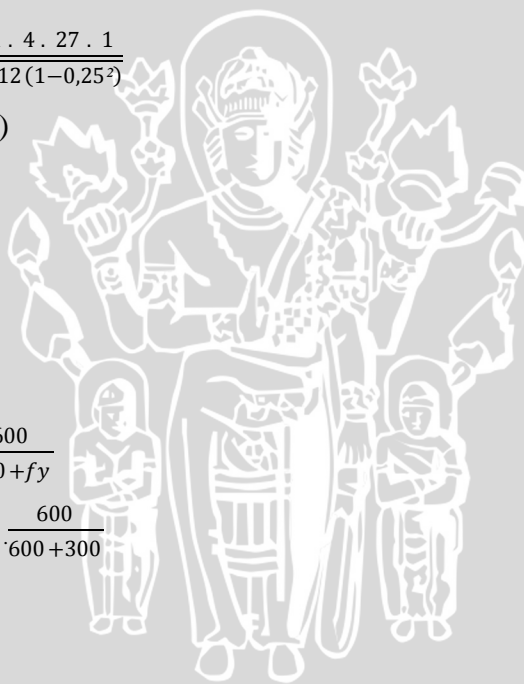
$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\ &= 0,0496 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 31,8158 \text{ tm} \\ &= 3181580 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$b = 100 \text{ cm} ; d = 100-5 = 95 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{3181580}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\ &= 4,4066 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,44066 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{f'_c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 10,084 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(0,44066)}{300}} \right) \\
 &= 0,0014
 \end{aligned}$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, Maka dipakai ρ

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,0014 \cdot 100 \cdot 95 \\
 &= 14,0591 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D22-180

4.5.1.1.4 Penulangan pada h = 36m dari ujung atas

Nilai β dihitung berdasarkan Tabel 4.10, secara interpolasi maka nilai β didapat :

$$\frac{h^2}{d.t} = \frac{36^2}{8.1} = 162$$

β diperoleh dengan cara interpolasi :

$$\begin{aligned}
 \beta &= \left(\frac{162-6}{8-6} (0,575 - 0,514) + 0,514 \right) \\
 &= 5,272
 \end{aligned}$$

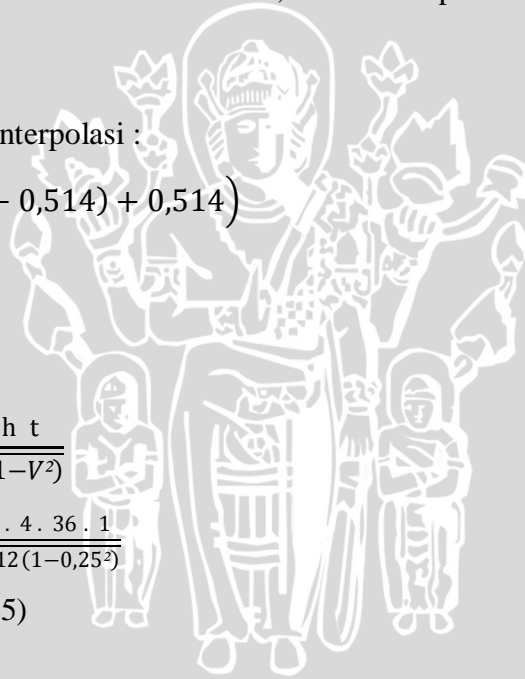
Maka :

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= \left(1 - \frac{1}{\beta h} \right) \frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1-V^2)}} \\
 &= \left(1 - \frac{1}{5,272 \cdot 36} \right) \frac{1 \cdot 4 \cdot 36 \cdot 1}{\sqrt{12(1-0,25^2)}} \\
 &= (0,9947)(42,9325) \\
 &= 42,7062 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} \\
 &= \frac{1,4}{300} \\
 &= 0,00467
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{f'c}{fy} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+fy} \\
 &= 0,85 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\
 &= 0,0496
 \end{aligned}$$

$$Mu = 42,7062 \text{ tm}$$



$$= 4270620 \text{ kgcm}$$

$$b = 100 \text{ cm} ; d = 100 - 5 = 95 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{4270620}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\ &= 5,9149 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,59149 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{f'c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\ &= 10,084 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(0,59149)}{300}} \right) \\ &= 0,0019 \end{aligned}$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, Maka dipakai ρ

$$\begin{aligned} A_s &= 0,0019 \cdot 100 \cdot 95 \\ &= 18,9205 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D22-180

4.5.1.1.5 Penulangan pada h = 45 m dari ujung atas

Nilai β dihitung berdasarkan Tabel 4.10, secara interpolasi maka nilai β didapat :

$$\frac{h^2}{d \cdot t} = \frac{45^2}{8 \cdot 1} = 253,125$$

B diperoleh dengan cara interpolasi:

$$\begin{aligned} \beta &= \left(\frac{253,125 - 6}{8 - 6} \right) (0,575 - 0,514) + 0,514 \\ &= 8,0513 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \left(1 - \frac{1}{\beta h} \right) \frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1 - V^2)}} \\ &= \left(1 - \frac{1}{8,0513 \cdot 45} \right) \frac{1 \cdot 4 \cdot 45 \cdot 1}{\sqrt{12(1 - 0,25^2)}} \\ &= (0,9972)(53,6656) \\ &= 53,5174 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{300} \\ &= 0,00467 \\ \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\ &= 0,0496\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_u &= 53,5174 \text{ tm} \\ &= 5351740 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

$$b = 100 \text{ cm} ; d = 100 - 5 = 95 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{5351740}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\ &= 7,4123 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,74123 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{f'_c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\ &= 10,084\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(0,74123)}{300}} \right) \\ &= 0,0025\end{aligned}$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, Maka dipakai ρ

$$\begin{aligned}A_s &= 0,0025 \cdot 100 \cdot 95 \\ &= 23,7722\end{aligned}$$

Dipakai tulangan D10-150

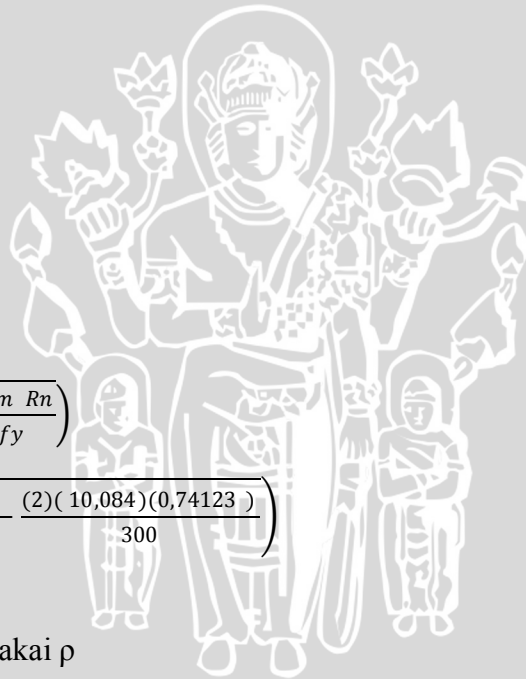
Sketsa penulangan dapat dilihat pada gambar 4.9

4.5.1.2 Penulangan arah X

Nilai β dihitung berdasarkan Tabel 4.10, secara interpolasi maka nilai β didapat :

$$\frac{h^2}{d \cdot t} = \frac{9^2}{8 \cdot 1} = 10,125$$

β diperoleh dengan cara interpolasi :



$$\begin{aligned}\beta &= \left(\frac{10,125-6}{8-6} (0,575 - 0,514) + 0,514 \right) \\ &= 0,6398\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}M_{\max} &= - \frac{yrdh}{\sqrt{12(1-v^2)}} \left(2\beta - \frac{1}{d} \right) \\ &= - \frac{(1)(4)(9)(1)}{\sqrt{12(1-0,25^2)}} \left(2(0,6398) - \frac{1}{9} \right) \\ &= (1,168)(10,7331) \\ &= 12,5415 \text{ tm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{300} \\ &= 0,00467\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{f_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\ &= 0,0496\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Mu &= 12,5415 \text{ tm} \\ &= 1254150 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

$$b = 100 \text{ cm} ; d = 100 - 5 = 95 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}Rn &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{1254150}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\ &= 1,7370 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,1737 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{f_c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\ &= 10,084\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(0,1737)}{300}} \right) \\ &= 0,0005807\end{aligned}$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, Maka dipakai ρ

$$As = 0,0005807 \cdot 100 \cdot 95$$

$$= 1,5166 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan D10-300

4.5.1.1.2 Penulangan pada h = 18m dari ujung atas

Nilai β dihitung berdasarkan Tabel 4.10, secara interpolasi maka nilai β didapat :

$$\frac{h^2}{d \cdot t} = \frac{18^2}{8 \cdot 1} = 40,5$$

β diperoleh dengan cara interpolasi :

$$\begin{aligned} \beta &= \left(\frac{40,5-6}{8-6} (0,575 - 0,514) + 0,514 \right) \\ &= 1,5662 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_{\max} &= - \frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1-v^2)}} \left(2\beta - \frac{1}{t} \right) \\ &= - \frac{(1)(4)(18)(1)}{\sqrt{12(1-0,25^2)}} \left(2(1,5662) - \frac{1}{18} \right) \\ &= (21,4662)(3,0768) \\ &= 66,0481 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{300} \\ &= 0,00467 \end{aligned}$$

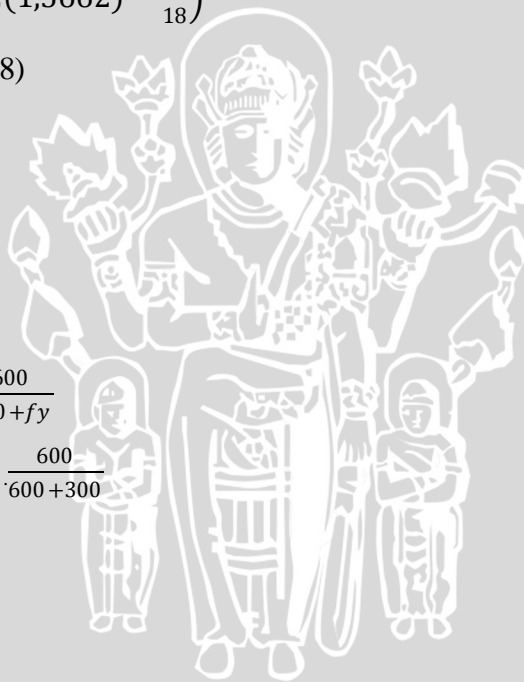
$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\ &= 0,0496 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu &= 66,0481 \text{ tm} \\ &= 6604810 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$b = 100 \text{ cm} ; d = 100-5 = 95 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{6604810}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\ &= 9,1479 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,91479 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{f'_c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\ &= 10,084 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(0,91479)}{300}} \right) \\ &= 0,003098\end{aligned}$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, Maka dipakai ρ

$$\begin{aligned}A_s &= 0,0003098 \cdot 100 \cdot 95 \\ &= 2,94281 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dipakai tulangan D16-300

4.5.1.1.3 Penulangan pada h = 27m dari ujung atas

Nilai β dihitung berdasarkan Tabel 4.10, secara interpolasi maka nilai β didapat :

$$\frac{h^2}{d \cdot t} = \frac{27^2}{8 \cdot 1} = 91,125$$

β diperoleh dengan cara interpolasi :

$$\begin{aligned}\beta &= \left(\frac{91,125-6}{8-6} (0,575 - 0,514) + 0,514 \right) \\ &= 3,110\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}M_{\max} &= - \frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1-V^2)}} \left(2\beta - \frac{1}{t} \right) \\ &= - \frac{(1)(4)(27)(1)}{\sqrt{12(1-0,25^2)}} \left(2(3,11) - \frac{1}{27} \right) \\ &= (32,1993)(6,182) \\ &= 199,087 \text{ tm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{300} \\ &= 0,00467\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\ &= 0,0496\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Mu &= 199,087 \text{ tm} \\ &= 19908700 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

$$b = 100 \text{ cm} ; d = 100-5 = 95 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{19908700}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\
 &= 27,574 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 2,7574 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{f'_c \cdot 0,85} \\
 &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\
 &= 10,084
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(2,7574)}{300}} \right) \\
 &= 0,0009662
 \end{aligned}$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, Maka dipakai ρ

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,0009662 \cdot 100 \cdot 95 \\
 &= 9,1790 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D19-300

4.5.1.1.4 Penulangan pada $h = 36m$ dari ujung atas

Nilai β dihitung berdasarkan Tabel 4.10, secara interpolasi maka nilai β didapat :

$$\frac{h^2}{d \cdot t} = \frac{36^2}{8,1} = 162$$

β diperoleh dengan cara interpolasi :

$$\begin{aligned}
 \beta &= \left(\frac{162-6}{8-6} (0,575 - 0,514) + 0,514 \right) \\
 &= 5,272
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= - \frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1-V^2)}} \left(2\beta - \frac{1}{t} \right) \\
 &= - \frac{(1)(4)(36)(1)}{\sqrt{12(1-0,25^2)}} \left(2(5,272) - \frac{1}{36} \right) \\
 &= (42,9325)(10,516) \\
 &= 451,4877 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{300}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,00467 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+f_y} \\
 &= 0,85 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\
 &= 0,0496 \\
 \mu &= 451,4877 \text{ tm} \\
 &= 45148770 \text{ kgcm} \\
 b &= 100 \text{ cm} ; d = 100-5 = 95 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{45148770}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\
 &= 62,5329 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 6,25329 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{f'_c \cdot 0,85} \\
 &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\
 &= 10,084
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(6,25329)}{300}} \right) \\
 &= 0,002367
 \end{aligned}$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, Maka dipakai ρ

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,002367 \cdot 100 \cdot 95 \\
 &= 22,4854 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D22-160

4.5.1.1.5 Penulangan pada h = 45 m dari ujung atas

Nilai β dihitung berdasarkan Tabel 4.10, secara interpolasi maka nilai β didapat :

$$\frac{h^2}{d \cdot t} = \frac{45^2}{8 \cdot 1} = 253,125$$

B diperoleh dengan cara interpolasi:

$$\begin{aligned}
 \beta &= \left(\frac{253,125-6}{8-6} (0,575 - 0,514) + 0,514 \right) \\
 &= 8,0513
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} M_{\max} &= -\frac{\gamma r h t}{\sqrt{12(1-v^2)}} \left(2\beta - \frac{1}{t} \right) \\ &= -\frac{(1)(4)(45)(1)}{\sqrt{12(1-0,25^2)}} \left(2(8,0513) - \frac{1}{45} \right) \\ &= (53,6656)(16,080) \\ &= 862,953 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{300} \\ &= 0,00467 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,85 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\ &= 0,0496 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 862,953 \text{ tm} \\ &= 86295300 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$b = 100 \text{ cm} ; d = 100 - 5 = 95 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{86295300}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\ &= 119,522 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 11,9522 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{f'_c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\ &= 10,084 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(11,9522)}{300}} \right) \\ &= 0,00552 \end{aligned}$$

Karena $\rho > \rho_{\min}$, Maka dipakai ρ

$$\begin{aligned} As &= 0,00552 \cdot 100 \cdot 95 \\ &= 52,4482 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D25-100



Sketsa penulangan dapat dilihat pada gambar 4.8

4.5.2 Perencanaan tulangan pelat B

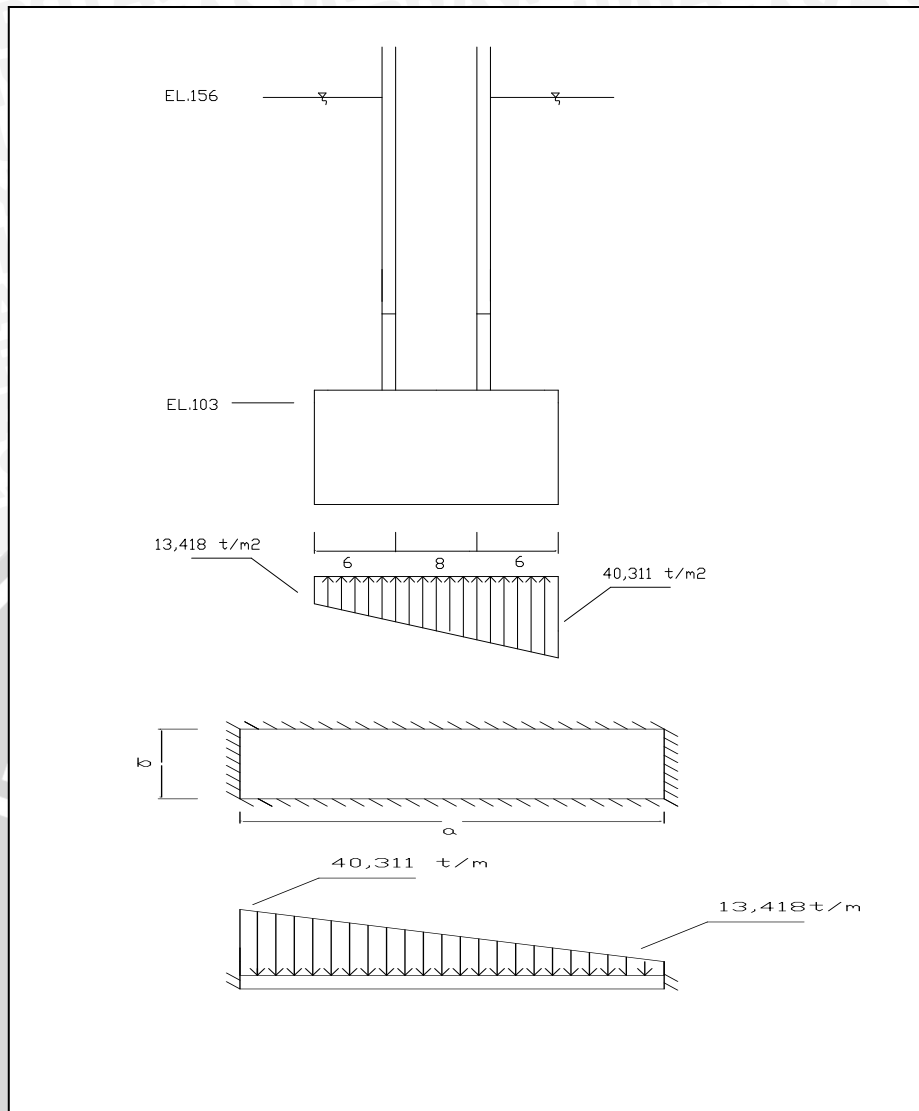
Untuk menentukan tulangan pelat dasar perlu diketahui terlebih dahulu besarnya tegangan yang terjadi pada pelat dasar, nilai tegangan pada plat dasar dapat kita ambil dari perhitungan stabilitas kondisi 6.

$$\sigma_{\max} = \frac{\Sigma V}{A} \left| 1 + \frac{6e}{L} \right| = \frac{8171,922}{20 \times 23} \left| 1 + \frac{15,1866}{20} \right| = 25,6480 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\Sigma V}{A} \left| 1 - \frac{6e}{L} \right| = \frac{8171,922}{20 \times 23} \left| 1 - \frac{15,1866}{20} \right| = 5,24768 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





Gambar 4.3 Diagram gaya pada Plat B

• **Momen arah x**

$$\frac{a}{b} = \frac{23}{20} = 1,15$$

Berdasarkan Tabel (4.11) maka momen max pada plat B dihitung menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 0,299qa^2 + 0,0184qa^2 \\ &= (0,0299 \cdot 13,418 \cdot 20^2) + (0,0184 \cdot 26,893 \cdot 20^2) \\ &= 160,479 + 197,932 \\ &= 358,411 \text{ tm} \end{aligned}$$

- **Momen arah y**

$$\begin{aligned}\frac{a}{b} &= \frac{23}{20} \\ &= 1,15\end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel (4.11) maka momen pada plat B dihitung menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned}M_{\max} &= 0,228qa^2 + 0,0102qa^2 \\ &= (0,0228 \cdot 13,418 \cdot 20^2) + (0,0102 \cdot 26,893 \cdot 20^2) \\ &= 122,372 + 109,723 \\ &= 232,095 \text{ tm}\end{aligned}$$

4.5.2.1 Penulangan Arah x

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{300} \\ &= 0,00467\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \beta_1 \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,75 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\ &= 0,04958\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_u &= 358,411 \text{ tm} \\ &= 35841100 \text{ kgcm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{35841100}{0,8 \cdot 700 \cdot 690^2} \\ &= 0,1344 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 0,01344 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{f'_c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\ &= 10,084\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(0,01344)}{300}} \right) \\ &= 0,0000448\end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\max}$, Maka dipakai ρ

$$A_s = 0,0000448 \cdot 700 \cdot 690$$

$$= 21,648 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan D22-150

4.5.2.2 Penulangan Arah y

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{300}$$

$$= 0,00467$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{f'_c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 300}$$

$$= 0,04958$$

$$M_u = 232,095 \text{ tm}$$

$$= 23209500 \text{ kgcm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$= \frac{23209500}{0,8 \cdot 700 \cdot 690^2}$$

$$= 0,087 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,0087 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{f'_c \cdot 0,85}$$

$$= \frac{300}{35 \cdot 0,85}$$

$$= 10,084$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(0,0087)}{300}} \right)$$

$$= 0,00002902$$

Karena $\rho < \rho_{\max}$, Maka dipakai ρ

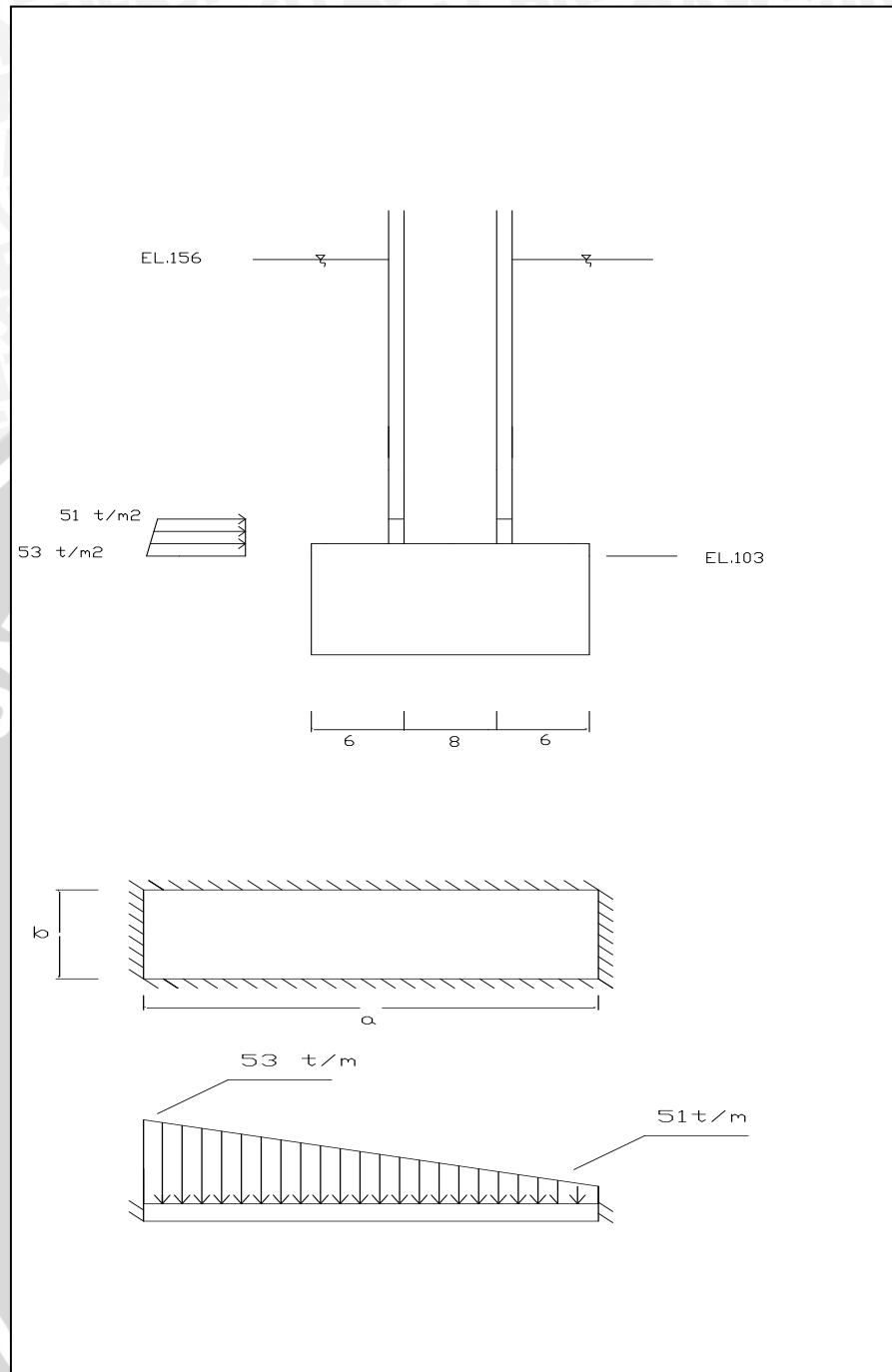
$$A_s = 0,00002902 \cdot 700 \cdot 690$$

$$= 14,017 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan D19-150

Sketsa penulangan dapat dilihat pada Gambar 4.9

4.5.3 Penulangan pada plat C



Gambar 4.4 Diagram gaya air pada Plat C

- **Momen arah x**

$$\frac{a}{b} = \frac{23}{8} = 2,875$$

Berdasarkan Tabel (4.11) maka momen max pada plat C dihitung menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} M_{\text{lapangan}} &= 0,0833 qa^2 + 0,0208 qa^2 \\ &= (0,0417 \cdot 51 \cdot 20^2) + (0,0208 \cdot 2 \cdot 20^2) \\ &= 850,68 + 16,64 \\ &= 867,32 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tumpuan}} &= 0,0833 qa^2 + 0,0208 qa^2 \\ &= (0,0833 \cdot 51 \cdot 20^2) + (0,0500 \cdot 2 \cdot 20^2) \\ &= 1699,32 + 40 \\ &= 1739,32 \text{ tm} \end{aligned}$$

- **Momen arah y**

$$\begin{aligned} \frac{a}{b} &= \frac{23}{8} \\ &= 2,875 \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel (4.11) maka momen pada plat B dihitung menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} M_{\text{lapangan}} &= 0,0125qa^2 + 0,0063qa^2 \\ &= (0,0125 \cdot 51 \cdot 20^2) + (0,0063 \cdot 2 \cdot 20^2) \\ &= 225 + 35,04 \\ &= 245,16 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tumpuan}} &= -0,0571qa^2 + -0,0285qa^2 \\ &= (-0,0554 \cdot 51 \cdot 20^2) + (-0,0285 \cdot 2 \cdot 20^2) \\ &= -1130,16 + -22,8 \\ &= -1152,96 \text{ tm} \end{aligned}$$

4.5.3.1 Penulangan arah x

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{300} \\ &= 0,00467 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{max}} &= 0,75 \frac{f'_c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600+f_y} \\ &= 0,75 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600+300} \\ &= 0,04958 \end{aligned}$$

- **Lapangan**

$$\begin{aligned} Mu &= 867,32 \text{ tm} \\ &= 86732000 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{8673200}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\ &= 12,012 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1,201 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{f'c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\ &= 10,084 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(1,201)}{300}} \right) \\ &= 0,004088 \end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\max}$, Maka dipakai ρ

$$\begin{aligned} As &= 0,004088 \cdot 100 \cdot 95 \\ &= 38,841 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D22-100

- **Tumpuan**

$$\begin{aligned} Mu &= 1739,32 \text{ tm} \\ &= 17393200 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{1739320}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\ &= 24,09 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 2,409 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{f'c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\ &= 10,084 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(2,409)}{300}} \right)$$

$$= 0,00837$$

Karena $\rho < \rho_{\max}$, Maka dipakai ρ

$$A_s = 0,00837 \cdot 100 \cdot 95$$

$$= 79,57 \text{ cm}^2$$

Dipakai tulangan D29-100

Sketsa penulangan dapat dilihat pada Gambar 4.10

4.5.3.2 Penulangan arah y

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1,4}{300}$$

$$= 0,00467$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{f'_c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{35}{300} \cdot 0,85 \cdot \frac{600}{600 + 300}$$

$$= 0,04958$$

- **Lapangan**

$$M_u = 245,16 \text{ tm}$$

$$= 24516000 \text{ kgcm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$= \frac{2451600}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2}$$

$$= 3,395 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 0,395 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{f'_c \cdot 0,85}$$

$$= \frac{300}{35 \cdot 0,85}$$

$$= 10,084$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(0,395)}{300}} \right)$$

$$= 0,00132$$

Karena $\rho < \rho_{\max}$, Maka dipakai ρ_{\max}

$$\begin{aligned} A_s &= 0,00132 \cdot 100 \cdot 95 \\ &= 12,59 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D13-100

- **Tumpuan**

$$\begin{aligned} M_u &= 1152,96 \text{ tm} \\ &= 11529600 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{11529600}{0,8 \cdot 100 \cdot 95^2} \\ &= 15,968 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1,5968 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{f_c \cdot 0,85} \\ &= \frac{300}{35 \cdot 0,85} \\ &= 10,084 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,084} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2)(10,084)(1,5968)}{300}} \right) \\ &= 0,00538 \end{aligned}$$

Karena $\rho < \rho_{\max}$, Maka dipakai ρ

$$\begin{aligned} A_s &= 0,00547 \cdot 100 \cdot 95 \\ &= 51,973 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan D25-100

Sketsa penulangan dapat dilihat pada Gambar 4.10

4.6 Pembahasan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh data-data sebagai berikut :

1. Tinggi elevasi dasar pintu lubang intake tower ditentukan berdasarkan tinggi endapan sedimen. Untuk menghitung tinggi endapan sedimentasi, terlebih dahulu perlu diketahui berapa nilai laju sedimentasi dan nilai trap efisiensi sedimen dan volume endapan sedimen. Dari perhitungan didapat bahwa nilai laju sedimentasi sebesar $2599,42 \text{ m}^3/\text{th}$, persentase trap efisiensi $78,21 \%$, dan volume endapan sedimen sebesar $3559380,6 \text{ m}^3$. Dari data-data yang telah diperoleh maka elevasi dasar pintu lubang intake tower dapat diketahui, dari data di atas diketahui elevasi dasar pintu lubang intake tower adalah 16 m .
2. Kehilangan energi yang terjadi selama air melewati bangunan penyadap sebesar $H = 0,0255 V^2 + 0,06657$, dengan v adalah kecepatan air yang besarnya berbeda tiap elevasi muka air.
3. Tinggi bukaan maksimum didapatkan $0,3 \text{ m}$ yang terjadi pada elevasi muka air minimum yaitu elevasi 131 m .
4. Stabilitas menara penyadap dianalisis terhadap daya dukung tanah dan dapat disimpulkan bahwa struktur aman terhadap berbagai analisis.

Stabilitas Kondisi 1

$$\sigma_{\max} = 17,30124 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Stabilitas Kondisi 2

$$\sigma_{\max} = 36,6772 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Stabilitas Kondisi 3

$$\sigma_{\max} = 26,2619 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Stabilitas Kondisi 4

$$\sigma_{\max} = 25,1008 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Stabilitas Kondisi 5

$$\sigma_{\max} = 22,3484 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Stabilitas Kondisi 6

$$\sigma_{\max} = 25,6480 < 60 \text{ t/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Nilai σ_{\min} pada setiap Kondisi adalah lebih besar dari 0 , maka dapat disimpulkan bahwa bangunan aman, karena tegangan yang terjadi masih berupa tegangan tekan dan bukan tegangan tarik, nilai σ_{\max} pada semua kondisi jauh dibawah tegangan ijin (60 t/m^2), hal ini dikarenakan dimensi plat dasar menara yang

luas, oleh karena itu masih memungkinkan untuk memperkecil dimensi plat dasar dengan pertimbangan faktor ekonomis.

5. Penulangan yang dipakai pada bangunan menara penyadap adalah sebagai berikut :

- Pada cangkang silindris

Arah Y :

- Elevasi 45 = D22-90
- Elevasi 36 = D22-180
- Elevasi 27 = D22-180
- Elevasi 18 = D22-360
- Elevasi 9 = D22-360

Arah X

- Elevasi 45 = D25-100
- Elevasi 36 = D25-100
- Elevasi 27 = D19-300
- Elevasi 18 = D16-300
- Elevasi 9 = D10-300

- Pada Plat B

Dipakai tulangan arah x : D22-150

Dipakai tulangan arah y : D19-150

- Pada Plat C

Dipakai tulangan arah x :

- Tumpuan = D29-100
- Lapangan = D22-100

Dipakai tulangan arah y :

- Tumpuan = D25-100
- Lapangan = D13-100

Pada penulangan plat cangkang silindris luas tulangan yang dipakai lebih besar dari luas tulangan yang diperlukan, hal ini dilakukan dengan pertimbangan alasan praktis.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan terhadap Bangunan Pintu Pengambilan Tipe Tegak / Intake Tower, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lubang penyadap pada bangunan ini menggunakan lubang penyadap berbentuk persegi dengan luas 1 m^2 , dengan lebar 1 m dan tinggi 1m, dan bukaan menyesuaikan dengan elevasi muka air.
2. Elevasi dasar pintu penyadap ditentukan berdasarkan nilai volume tampungan mati pada waduk selama umur rencana waduk tersebut, dari perhitungan diketahui bahwa elevasi dasar pintu penyadap 16 m (EL.dasar pintu 16 m).
3. Kehilangan energi pada bangunan tersebut dihitung berdasarkan 4 keadaan:
 - a. Kehilangan energi pada lubang pemasukan = 0.0255 m
 - b. Kehilangan energi akibat gesekan
 - Pada pipa tegak = 0.0373 m
 - Pada pipa mendatar = 0.0418 m
 - c. Kehilangan energi akibat belokan = 0.0569 m
 - d. Kehilangan energi akibat pengeluaran = 0.00176 m
4. Untuk menentukan seberapa tinggi bukaan pintu agar debit yang keluar sesuai kebutuhan harus memperhitungkan elevasi air waduk dimulai dari EL. HWL (*High Water Level*), karena perbedaan elevasi tersebut sangat mempengaruhi kecepatan aliran air dan kehilangan energi.
5. Bangunan penyadap menara merupakan bangunan yang berdiri sendiri, sehingga membutuhkan daya dukung yang kuat untuk menampung beban luar dan berat sendiri. Untuk mengontrol desain menara tersebut diperhitungkan stabilitas bangunan terhadap 6 kondisi dimana tegangan yang dihasilkan tidak melebihi tegangan ijin yang ditentukan, $\delta_{\text{yang terjadi}} < \delta_{\text{ijin}} (60t/m^2)$.

Karena bentuk menara penyadap adalah lingkaran maka perhitungan tulangan plat memakai metode plat dan cangkang, tulangan pada menara dibagi beberapa bagian sesuai elevasinya, hal ini didasari pertimbangan ekonomis.

5.2 Saran

- Dalam Skripsi ini tidak dibahas tentang analisis ekonomis serta perbandingan menara penyadap bentuk lingkaran dengan bentuk lain, sehingga perlu dicoba untuk menggunakan alternatif bentuk selain lingkaran, seperti bentuk segiempat.
- Diharapkan analisis ini dapat dijadikan alternatif lain bagi perencana untuk membangun bangunan penyadap dan dapat dijadikan sebagai penguat teori pada analisis lain sehingga lebih mendekati pada kenyataan di lapangan dan dapat melengkapi analisis lain yang memiliki tingkat validitas yang lebih tinggi.

Dengan melihat segala keterbatasan yang ada, diharapkan analisis ini dapat menjembatani dan sebagai penguat teori pada analisis lain sehingga lebih mendekati pada kenyataan di lapangan dan dapat melengkapi analisis lain yang memiliki tingkat validitas yang lebih tinggi.

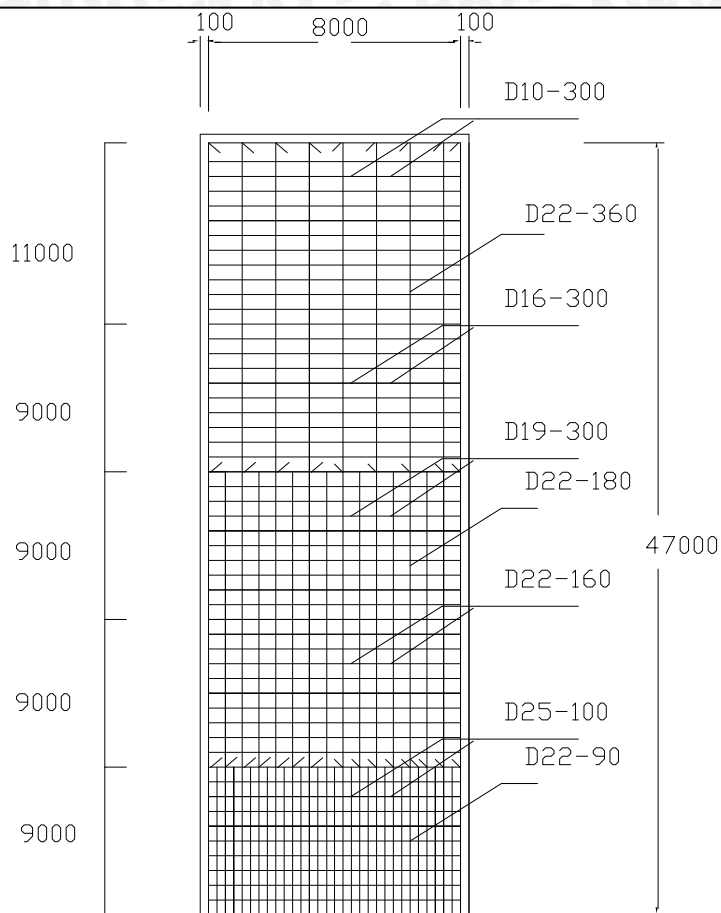


DAFTAR PUSTAKA

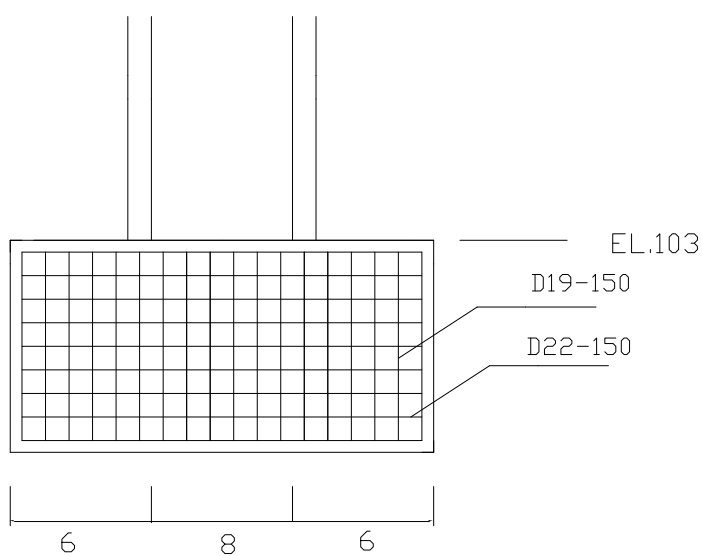
- Sosrodarsono, Suyono. 1989, *Bendungan Type Urugan*, Jakarta: PT Pradnya paramita,
- Soemarto. 1995 ,*Hidrologi Teknik*, Surabaya: Usaha Nasional
- Soedibyo. 1993, *Teknik Bendungan*, Jakarta :PT Gramedia Pustaka Utama
- Soewarno, 1991, *Pengukuran Dan Pengolahan Data Aliran Sungai*, Bandung: Nova
- S.Timoshenko 1993 , *Teori Plat Dan Cangkang*, Jakarta: Erlangga.
- Gunawan, Margaret, *Mekanika Teknik II*, Jakarta:Delta Teknik Group
- PT Wahana Adya, *Penyempurnaan Desain Bendungan Titab*, Jakarta

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

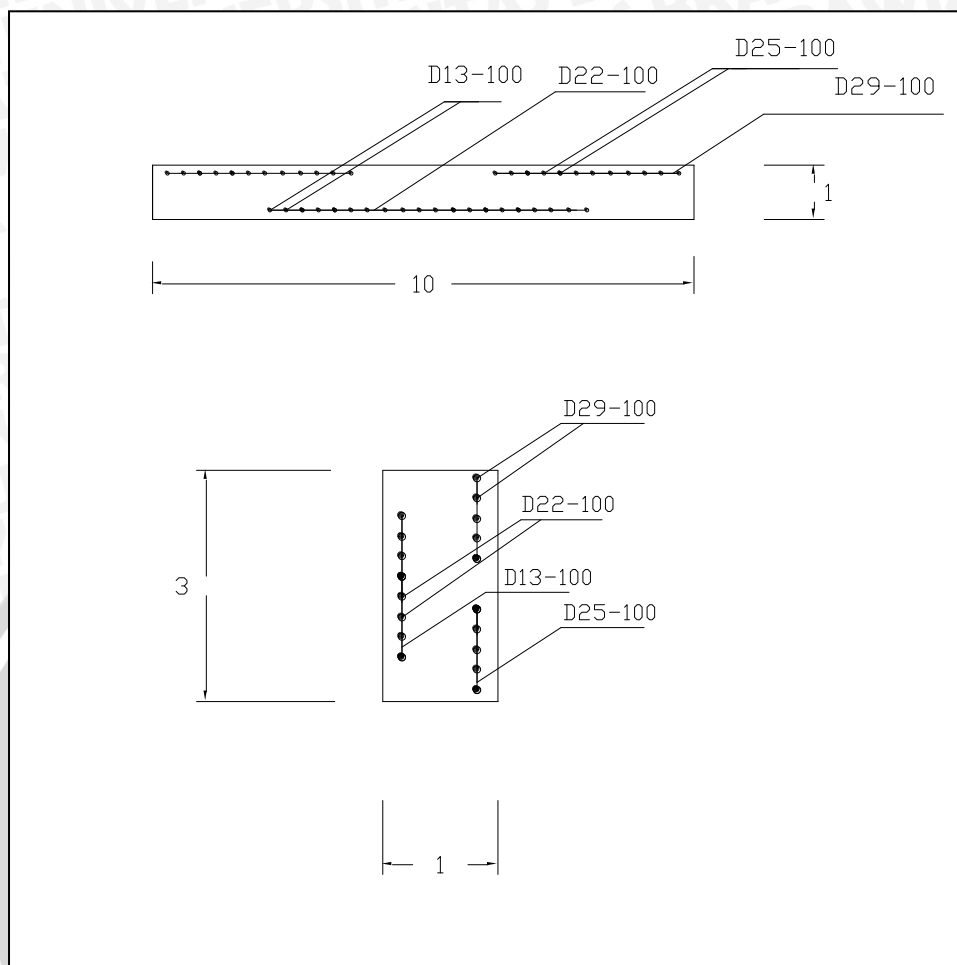




Gambar 4.9 Penulangan Menara



Gambar 4.10 Penulangan Plat B



Gambar 4.10 Penulangan Plat C

