

PERENCANAAN ULANG BANGUNAN PENGAMBILAN BERTIPE *MORNING GLORY* MENGGUNAKAN PONDASI *BORED PILE* PADA BENDUNGAN LOGUNG

Moch. Suaib Reiza.¹, Agus Suhardono.², Musa Pranadesta M.S.³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

¹suaib_poltek@yahoo.co.id, ²agussuhardono@yahoo.co.id, ³pranadestams@gmail.com

Abstract

The existing square tower of intake has 1,397.57m³ volume and using shallow foundation Logung Dam with its weight stability will cause inefficient structures and potential to earthquake force effect. It is necessary to have an alternative planning of the intake tower. The authors intends to redesign the intake with morning glory type and used bored pile; to find out the position of intake tower, dimension, reinforcement, duration, cost estimate, and to compare the redesign.

The required data were of topographic map, irrigation, and raw water discharge, bearing capacity, and work unit price analysis of project 2016. Manning Method was applied to find out the dimension; Shell Slab Method with Column Approach to calculate the structure of the intake tower, and Skempton Method to calculate bearing capacity.

The redesign results in the position of \varnothing 1.75-m intake tower on conduit channel with 728,08 m³ volume; the dominant load of operational-earthquake combination with different values; D22-200 steel bar for y-direction, D19-150 for x-direction on conduit channel, D19-150 for x,y-direction on intake tower segment 1, D16-150 for x,y-direction on intake tower segment 2, and D13-150 for x,y-direction on intake tower segment 3; on 105 workdays; at a total cost of IDR 2,327,806,700 with 40.64 % efficiency cost.

Keywords: intake tower, morning glory, operational-earthquake combination, redesign,

PENDAHULUAN

Bendungan Logung merupakan sebuah bendungan yang direncanakan oleh Pemerintah Provinsi Jawa Tengah tepatnya di Kabupaten Kudus guna menanggulangi bencana yang sering terjadi di wilayah tersebut. Dimana sebagian besar masyarakat yang tinggal di Kabupaten Kudus adalah masyarakat yang hidup dari pertanian dan hasil industri. Bencana yang sering dialami oleh masyarakat Kabupaten Kudus adalah bencana banjir dan bencana kekeringan. Disaat memasuki musim penghujan Kabupaten Kudus sering mengalami bencana banjir akibat meluapnya sungai Juana dan disaat musim kemarau terjadi pula bencana kekeringan

Dalam merencanakan bendungan selalu dilengkapi dengan perencanaan bangunan pelengkap guna mendukung fungsi dan memaksimalkan fungsi dari bendungan tersebut. Bangunan pelengkap meliputi bangunan pengelak, bangunan pelimpah, bendungan utama

dan bangunan pengambilan. Dari beberapa bangunan pelengkap tersebut masing-masing memiliki fungsi dan kegunaan yang berbeda-beda, salah satunya ialah bangunan pengambilan (*intake*). Bangunan Pengambilan (*intake*) adalah bangunan yang difungsikan sebagai bangunan penyadap air atau sebagai penangkap air baku yang berasal dari bendungan lalu disalurkan ke daerah lahan masyarakat sekitar guna menyuplai air baku dan irigasi melalui saluran pengelak yang sudah dialihkan fungsinya sebagai akses pengaliran air dari bangunan pengambilan ke rumah pembangkit dan rumah irigasi.

Mengingat desain yang telah direncanakan oleh pihak perencana berbentuk segi empat dan masih terlalu tebal dengan volume struktur 1.397,57 m³ dalam menentukan dimensi menara sehingga mengakibatkan terjadinya pemborosan yaitu dengan total biaya pembangunan sebesar

Rp. 3.921.621.360 dan berpotensi besar terhadap gaya gempa akibat berat dari struktur .

Tujuan dari penulisan artikel ini adalah menghitung pembebanan optimum, menghitung kebutuhan tulangan yang diperlukan, menghitung kebutuhan biaya pembangunan bangunan pengambilan rencana, dan membandingkan perencanaan ulang bangunan pengambilan terhadap bangunan eksisting.

Bendungan Urugan

Bendungan Logung termasuk Bendungan tipe urugan yang dapat diartikan sebagai suatu bendungan yang dibangun dengan cara menimbun bahan-bahan seperti batu krakal, krikil, pasir dan tanah pada komposisi tertentu dengan fungsi sebagai pengempang atau pengangkat permukaan air yang terdapat di dalam waduk.

Berdasarkan pada ukuran butiran dari bahan timbunan yang digunakan, secara umum dapat dibedakan 2 tipe bendungan urugan yaitu: bendungan urugan batu (*rock fill dam*) d singkat dengan istilah Bendungan batu, dan bendungan urugan tanah (*earth fill dam*) disingkat dengan istilah Bendungan tanah.

Selain kedua tersebut terdapat pula bendungan urugan campuran, yaitu terdiri dari timbunan batu dibagian hilirnya yang berfungsi sebagai penyangga, sedang bagian udiknya terdiri dari timbunan tanah yang disampingnya berfungsi sebagai penyangga tambahan, terutama berfungsi sebagai tiarai kedap air. (Sosrodarsono, 1981:11)

Bangunan Penyadap Menara (Intake Tower)

Bangunan penyadap menara adalah bangunan penyadap yang bagian pengaturnya terdiri dari suatu menara yang berongga didalamnya dan pada dinding menara tersebut terdapat lubang-lubang penyadap penyadap yang dilengkapi dengan pintu-pintu.

Pada hakekatnya konstruksi bangunan penyadap menara cukup kompleks serta pembiayaannya pun tinggi, sehingga bangunan penyadap menara hanya cocok untuk bendungan-bendungan yang rendah dengan kapasitas penyadapan yang kecil.

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

i. Bangunan penyadap menara merupakan bangunan yang berdiri sendiri, sehingga semua beban luar yang bekerja pada menara

tersebut harus ditampung secara keseluruhannya oleh pondasinya.

ii. Bangunan penyadap menara merupakan bangunan yang berat, sehingga membutuhkan pondasi yang kukuh dengan kemampuan daya dukung yang besar.

Didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan ekonomis dan keamanan bangunan itu sendiri, pembuatan penyadap menara yang berkapasitas besar menunjukkan tendensi yang tidak menguntungkan, karena tingginya harga menara itu sendiri serta harga-harga dari perlengkapan menara tersebut (seperti pintu-pintu, ruang operasi, dan pengawasan, jembatan penghubung dan lain-lain). Biasanya tinggi maksimum 50 meter yang dianggap sebagai batas tertinggi yang pembuatannya masih memungkinkan, baik ditinjau secara ekonomis maupun secara konstruktif.

Macam beban luar yang akan bekerja pada bangunan penyadap menara adalah :

i. Berat menara beserta pelengkapannya (ruang operasi dan pengawasan pintu-pintu dan perlengkapan operasinya, tubuh menara termasuk tapak menara, berat air di dalam menara dan kekuatan apung).

ii. Beban-belan lainnya seperti jembatan penghubung, lapisan salju yang terhampar diatas atap menara.

iii. Beban seismis (baik vertikal maupun horizontal yang biasanya dianggap bekerja pada titik berat menara tersebut)

iv. Tekanan air dari dalam waduk, termasuk air yang ada di dalam menara.

v. Kekuatan angin termasuk tekanan negatif yang biasanya terjadi pada permukaan menara yang menghadap ke sebelah hilir.

vi. Lain-lainnya, seperti tekanan tanah dan tekanan lapisan es yang terdapat diatas permukaan air waduk dimusim dingin.

Perhitungan-perhitungan dilakukan dengan berbagai kombinasi yang paling tidak menguntungkan dari macam beban tersebut diatas dan 4 (empat) jenis kombinasi yang perlu mendapat perhatian dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

a. Kombinasi I

Apabila tiupan angin dengan kecepatan yang tertinggi (kecepatan angin tertinggi rencana) terjadi pada saat waduk dalam keadaan kosong dengan elevasi permukaan air terendah.

b. Kombinasi II

$$G = V \times \gamma \quad (1)$$

Apabila gempa bumi pada kekuatan maksimum rencana terjadi pada waduk dalam kondisi kosong.

c. Kombinasi III

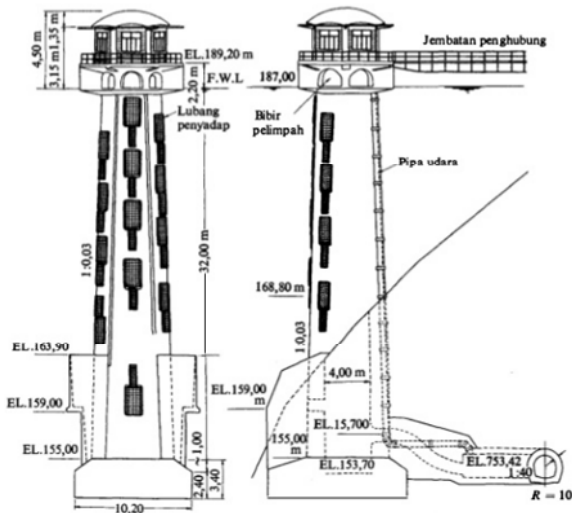
Apabila pada saat terjadinya gempa dengan kekuatan maksimum rencana, tetapi waduk terisi penuh sedangkan menara dalam keadaan kosong.

d. Kombinasi IV

Apabila pada saat terjadi gempa dengan kekuatan maksimum rencana dan dalam keadaan waduk dan menara terisi penuh.

(Sosrodarsono, 1981:235)

Bangunan penyadap tipe menara umumnya berbentuk bulat dengan konstruksi beton seperti ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Menara penyadap konstruksi beton bertulang

(Sumber: Sosrodarsono, 1981:230)

Pembebanan Menara Pengambilan (Intake Tower)

Berikut merupakan beberapa jenis pembebanan dan gaya yang diperhitungkan yaitu :

1. Beban Mati

Sebelum melakukan perhitungan perencanaan suatu struktur, beban mati dihitung terlebih dahulu dengan menaksir berat elemen struktur dan dimensi struktur. Setelah itu melakukan perhitungan pembebanan sesuai dengan berat elemen dan volume elemen tersebut. Adapun persamaan yang digunakan dalam menghitung berat sendiri bangunan adalah sebagai berikut:

Persamaan 1. (Sumber : Standart Perencanaan Irigasi KP-02):

Keterangan :

- G = Berat Sendiri Bangunan (kg)
- V = Volume penampang (m³)
- γ = Berat Jenis Beton = 2400 kg/m³

2. Beban Hidup

Beban hidup digambarkan sebagai beban yang bersifat sementara dan hanya pada waktu tertentu, oleh karena itu untuk mendapatkan keamanan bangunan yang memadai, beban hidup digunakan sebagai beban kerja dalam perencanaan yang ditetapkan oleh peraturan bangunan dari badan pemerintah. (Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia: 1983)

3. Beban Tanah

Beban Tanah diakibatkan oleh diakibatkan tekanan aktif dan tekanan pasif. Pada keadaan aktif, pengaruh gesekan antara dinding dengan tanah akan mengakibatkan tekanan pada dinding menjadi lebih kecil, sedangkan pada keadaan pasif tekanan menjadi lebih besar. (Endah dan Mochtar ; 2005 : 70). Dimana Ka adalah koefisien tekanan tanah aktif Coulomb's yang besarnya seperti **Persamaan 2**.

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \theta)}{\cos^2\theta \cdot \cos(\delta + \theta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\delta + \theta) \cdot \cos(\theta - \alpha)} \right]^2} \quad (2)$$

Sedangkan untuk tanah aktif kondisi gempa adalah seperti **Persamaan 3**.

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\varphi - \theta_0 - \theta)}{\cos\theta_0 \cdot \cos^2\theta_0 \cdot \cos(\delta + \theta + \theta_0) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \theta_0 - \alpha)}{\cos(\delta + \theta + \theta_0) \cdot \cos(\alpha - \theta)} \right]^2} \quad (3)$$

Sehingga didapat harga maksimum gaya Pa sebesar **Persamaan 4**.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_a \quad (4)$$

Keterangan :

- K_h = 0,124 (koefisien gempa)
- θ_o = arc tg $\left[\frac{kh}{1 - kv} \right]$
- δ = φ/3
- φ = sudut geser
- C = Kohesi tanah

4. Beban Akibat Tekanan Air

Beban akibat tekanan air terdiri sebagai berikut:

a. Tekanan Uplift

Gaya angkat keatas bangunan dapat di hitung dengan **Persamaan 5**.

$$W_U = \gamma_w \cdot H \quad (5)$$

Keterangan :

- W_U : uplift (t/m^2)
- γ_w : berat jenis air (t/m^3)
- H : kedalaman air (m)

b. Tekanan Air Statis

Tekanan air statis adalah tekanan air dengan keadaan diam yang membebani struktur yang ada dibawahnya dimana tekanan air statis dihitung dengan **Persamaan 6**. (Sumber : KP-06 : 1986 : 25):

$$W_w = \frac{1}{2} \cdot H \cdot \gamma_w \quad (6)$$

Keterangan:

- W_w : tekanan air statis (t/m^2)
- H : ketinggian air antara permukaan air dan elevasi dasar menara pengambilan (m)
- γ_w : berat jenis air (t/m^3)

c. Tekanan Air Dinamis

Tekanan air dinamis terjadi pada saat gempa yang dihitung dengan **Persamaan 7**. (Sumber : KP-06 : 1986 : 25):

$$P_s = \frac{7}{12} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot B \cdot H^2 \quad (7)$$

Keterangan :

- P_s : tekanan air dinamis (t)
- k_h : koefisien gempa (horisontal)
- B : lebar struktur pada arah tegak lurus aliran (m)
- H : kedalaman air (m)
- γ_w : berat jenis air (t/m^3)

5. Tekanan Angin

Tekanan angin dibebankan pada struktur selama ketinggian air mencapai ketinggian maksimum (*upper water level*). Tekanan angin dihitung dengan **Persamaan 8**. (Sumber : SNI 1927: 2013) :

$$P_G = C \cdot Q \cdot A \quad (8)$$

Keterangan :

- P_G : tekanan angin (t)
- C : koefisien bentuk struktur (bulat, $C=1.4$)
- A : luas daerah yang terkena angin pada arah tegak lurus arah angin (m^2)
- Q : desain pertambahan tekanan angin (t/m^2)

6. Beban Momentum (Water Hammer)

Gaya yang terjadi karena adanya gerak zat cair disebut dengan gaya dinamis dan merupakan gaya tambahan pada gaya tekanan hidrostatik. Untuk menentukan laju perubahan momentum di dalam aliran zat cair, dipandang tabung arus dengan tampangn *d.A*.

Sedangkan momentum untuk penampang lengkung tetap adalah seperti **Persamaan 9**. (triadmodjo : 1993) :

$$R = 2 \rho \cdot A \cdot V^2 \quad (9)$$

Keterangan :

- R = Gaya momentum
- ρ = rapat massa zat cair
- A = Luas Penampang
- V = kecepatan aliran

7. Beban Gempa

Beban gempa yang direncanakan menggunakan **Persamaan 10**. (SNI 03-1726-2002) :

$$V = \frac{C_v \cdot I \cdot W_t}{R} \quad (10)$$

Keterangan :

- V = Gaya lateral (kg)
- C_v = faktor respon gempa vertikal
- W_t = Berat total struktur (kg)
- R = faktor reduksi gempa

Penulangan Menara Pengambilan (Intake Tower)

Dalam menentukan penulangan menara pengambilan bulat digunakan perhitungan pelat cangkang dengan analogi pendekatan kolom untuk mendapatkan tulangan yang ideal dan sesuai perhitungan (SK SNI 03 – xxxx – 2002) dengan persamaan sebagai berikut :

1. Menentukan Eksentrisitas (e)

Dalam menentukan eksentrisitas digunakan **Persamaan 11**.

$$e = \frac{M_c}{P_u} \quad (11)$$

Keterangan :

M_c = Momen ultimate (N.mm)

P_u = Gaya aksial (N)

2. Menentukan Faktor Reduksi (ϕ)

Dalam menentukan faktor reduksi digunakan **Persamaan 12.**

$$\phi = 0,80 - \frac{0,20 \cdot P_u}{0,1 \cdot f_c' \cdot A_g} \geq 0,65 \quad (12)$$

$\phi > 0,65$maka gunakan ϕ

Keterangan :

A_g = Luas penampang (mm^2)

f_c' = Mutu beton (Mpa)

3. Menentukan Batasan Tulangan (A_s)

Untuk menentukan luasan maksimal digunakan **Persamaan 13.**

$$A_{s \max} = 0,75 \cdot \rho_b \cdot A_g \quad (13)$$

ρ_b dapat dihitung dengan **persamaan 14** sebagai berikut :

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{(600 + f_y)} \quad (14)$$

Keterangan :

f_y = Mutu baja (MPa)

4. Menghitung Nilai m

Perbandingan tahanan leleh baja terhadap tegangan tekan beton ekivalen (m) adalah seperti **Persamaan 15.**

$$m = \frac{f_y}{(0,85 \cdot f_c')} \quad (15)$$

5. Analisa Kehancuran Kolom ($\phi \cdot P_n$)

Untuk menganalisa kehancuran kolom digunakan **Persamaan 16.**

$$\phi \cdot P_{nb} = \phi \cdot (C_c + C_s - T_s) \quad (16)$$

$$\phi \cdot P_{nb} = \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y)$$

Keterangan :

$\phi \cdot P_{nb} > P_u \rightarrow$ Maka beton hancur tarik

$\phi \cdot P_{nb} = P_u \rightarrow$ Maka beton mengalami keadaanimbang

$\phi \cdot P_{nb} < P_u \rightarrow$ Maka beton hancur tekan

6. Kehancuran Kolom Tarik

Untuk kehancuran kolom tarik dapat dihitung dengan **Persamaan 17.**

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \left[\frac{h-2e}{2d} + \sqrt{\left(\frac{h-2e}{2d} \right)^2 + 2m \cdot \rho} \left(1 - \frac{d'}{d} \right) \right]$$

$$P_n = \quad (17)$$

7. Kehancuran Kolom Tekan

Untuk kehancuran kolom tekan dapat dihitung dengan **Persamaan 18.**

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{e}{d-d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3he}{d^2} + 1,18} \quad (18)$$

Keterangan :

h = Tinggi pelat tinjau (digunakan 1000 mm)

d = Tebal pelat tinjau (mm)

d' = Tebal selimut beton (mm)

Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya menurut Soedradjat,(2011;4), rencana anggaran biaya dapat dihitung dengan cara harga satuan dan volume tiap-tiap jenis pekerjaan. Misalnya : 1 m^3 beton bertulang harganya Rp. 205.000,- volume pekerjaan 100 m^3 , maka biaya seluruhnya : $100 \text{ m}^3 \times \text{Rp. } 205.000,-$

Data Perencanaan

Data perencanaan yang dibutuhkan dalam menghitung pembebanan, struktur, dan RAB adalah sebagai berikut :

1. Data tanah
2. Property Material
3. Harga Satuan Upah, Bahan, dan Alat
4. Desain dan RAB bangunan eksisting

Metodologi Pembahasan

Langkah-langkah dalam merencanakan ulang struktur bangunan pengambilan menara bulat ini adalah sebagai berikut :

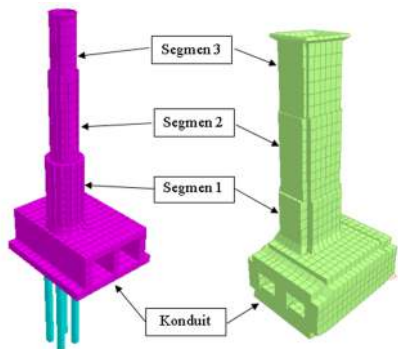
1. Pemodelan Struktur pada **STAAD.Pro**
2. Menghitung pembebanan struktur meliputi (beban mati, beban hidup, beban tanah, beban angin, beban air, beban gempa, dan momentum)
3. Menghitung penulangan pada struktur bangunan pengambilan dengan cara perhitungan pelat cangkang dengan analogi pendekatan kolom
4. Menghitung biaya yang di perlukan untuk membangun bangunan pengambilan menara bulat
5. Membandingkan perencanaan ulang menara pengambilan terhadap bangunan pengambilan eksisting dari segi struktur dan biaya.

Pembahasan

Pemodelan Struktur Menara Pengambilan

Pemodelan struktur pada **STAAD.Pro** untuk bangunan perencanaan ulang dapat dilihat pada

Gambar 2 dan bangunan eksisting pada **Gambar 3**.



Gambar 2 Bangunan perencanaan ulang

Gambar 3 Bangunan eksisting

Pembebanan Struktur

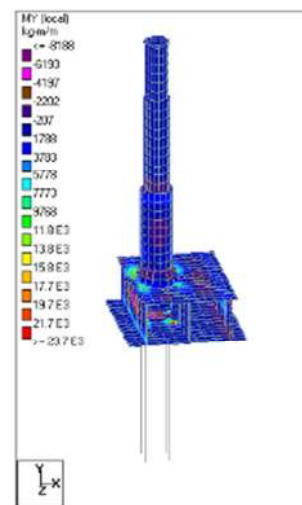
1. **Beban Mati**
Beban mati yang direncanakan sebesar *selfweight* -1,07 pada aplikasi **STAAD.Pro**
2. **Beban Hidup**
Beban hidup diasumsikan sebagai beban pekerja diatas saluran sebesar 1 ton/m
3. **Beban Tanah**
Beban tanah yang di hasilkan berdasarkan **Persamaan 2, 3, 4.**
 $K_a = 0,5558$
 $K_{ae} = 0,7026$
 $P_a = 7,74 \text{ ton/m}^2$
 $P_{ae} = 9,78 \text{ ton/m}^2$
4. **Beban Air**
Beban air yang terjadi berdasarkan **Persamaan 6, dan Persamaan 7.**
 $W_w = 15,90 \text{ ton/m}^2$
 $P_d = 29,33 \text{ ton/m}^2$
5. **Beban Angin**
Beban angin yang bekerja pada struktur berdasarkan **Persamaan 8.**
 $P_g = 42,223 \text{ ton}$
6. **Beban Momentum**
Beban momentum atau *Water Hammer* yang membebani struktur pelat dalam berdasarkan **Persamaan 9.**
 $R = 284,48 \text{ kg}$
7. **Beban Gempa**
Beban gempa yang terjadi untuk wilayah Kudus, Jawa Tengah pada Zona 3 berdasarkan **Persamaan 10.**
 $V = 70.108,99 \text{ kg}$
 Atau
 $V = 70,109 \text{ ton}$
 Selanjutnya pembebanan diatas diaplikasikan atau di analisa dengan menggunakan aplikasi **STAAD.Pro** .Berikut

adalah input pembebanan yang telah di tabelkan sebagai **Tabel 1**.

Tabel 1 Input Pembebanan pada **STAAD.Pro**

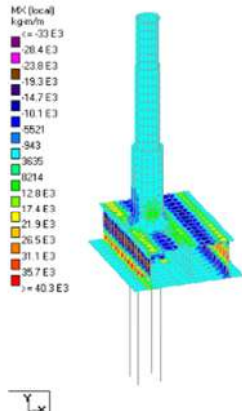
Type	L/C	Name
Primary	1	Beban Mati
Primary	2	Beban Hidup
Primary	3	Beban Angin
Primary	4	Beban Tanah Vertikal
Primary	5	Beban Tanah Lateral-Normal
Primary	6	Beban Tanah Lateral-Gempa
Primary	7	Beban Air – Normal
Primary	8	Beban Air – Gempa
Primary	9	Beban Gempa
Primary	10	Momentum (<i>Water Hammer</i>)
Combination	11	1 AC- N
Combination	12	2 AC – S
Combination	13	3 OPERATION – NOMRAL
Combination	14	4 OPERATION - SEISMIC

Sumber : Hasil Perhitungan Setelah dilakukan *run analysis* pada aplikasi **STAAD.Pro** didapat output gaya dalam seperti **Gambar 3 s/d Gambar 7.**

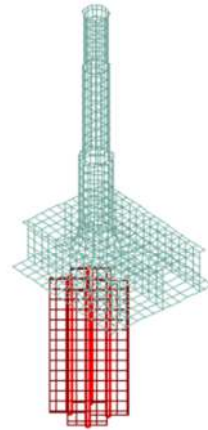


Gambar 3. Momyen y (lokal) pada struktur

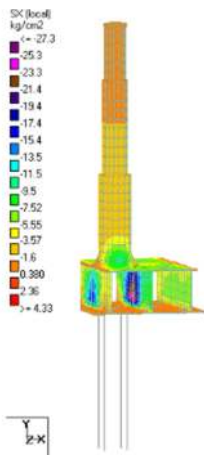
Gambar 6. Tegangan sy pada struktur



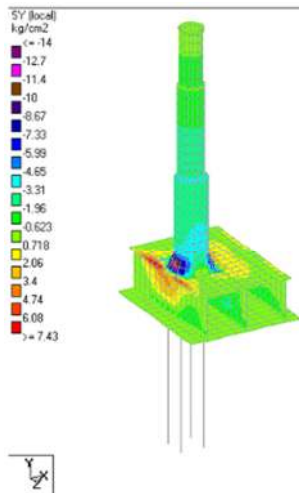
Gambar 4. Momen x (lokal) pada struktur



Gambar 7. Gaya aksial pada tiang



Gambar 5. Tegangan Sx pada struktur



Dari gaya dalam yang terjadi pada struktur dapat ditabelkan sebagai **Tabel 2**.

Tabel 2 Gaya Dalam Pada Struktur *Intake Tower*

Gaya Dalam	Nilai Gaya Dalam	Nomor	L/C
a. Pada Pelat Konduit			
My	= 23.733,207 kg.m	694	14
Mx	= 40.261,230 kg.m	60	14
Sx	= 27,282 kg/cm ²	721	14
Sy	= 8,215 kg/cm ²	696	14
b. Pada Pelat Menara Pengambilan Segmen 1			
My	= 12.659,00 kg.m	711	13
Mx	= 9.858,784 kg.m	135	14
Sx	= 9,123 kg/cm ²	354	14
Sy	= 9,997 kg/cm ²	121	14
c. Pada Pelat Menara Pengambilan Segmen 2			
My	= 4.474,477kg.m	194	12
Mx	= 4.474,407 kg.m	194	12
Sx	= 0,0285kg/cm ²	190	12
Sy	= 0,055 kg/cm ²	190	12
d. Pada Pelat Menara Pengambilan Segmen 3			
My	= 179,667 kg.m	221	12
Mx	= 51,035 kg.m	612	12
Sx	= 0,012 kg/cm ²	602	12
Sy	= 0,019 kg/cm ²	203	12
e. Pada Bored Pile			
Mu	= 301,565 kg.m	4	14
Pu	= 28.305 kg	4	14

Sumber : Hasil Perhitungan

Penulangan Struktur Intake Tower

Dari nilai gaya dalam diatas selanjutnya akan dilakuakn perhitungan penulangan pada pelat struktur. Penulangan arah x didasarkan padanilai momen M_x maksimal dan penulangan arah y nantinya didasarkan pada nilai momen M_y maksimal. Hasil dari tegangan-tegangan M_y , M_x , S_y , dan S_x diatas diolah dalam untuk menghasilkan penulangan cangkang baik arah x maupun arah y. Berdasarkan sumbu lokalnya, hasil dari S_x , S_y , M_x , dan M_y dihitung menggunakan analogi kolom dengan $h = 1000$ (per meter) dan b sesuai rencana. Berdasarkan **Persamaan 11 s/d Persamaan 18** didapat kebutuhan tulangan sebagai **Tabel 3**.

Tabel 3 Penulangan Pada Struktur Intake tower

Penulangan Arah X	Penulangan Arah Y
a. Pada Pelat Konduit D 22-200	D 19-150
b. Pada Pelat Menara Segmen 1 D 19-150	D 19-150
c. Pada Pelat Menara Segmen 2 D 16-150	D 16-150
d. Pada Pelat Menara Segmen 3 D 13-150	D 13-150
e. Pada Bored Pile 17 D 13	

Sumber : Hasil Perhitungan

Rencana Anggaran Biaya

Berdasarkan perhitungan tulangan diatas dengan memperhatikan desain termasuk dimensi tebal pelat didapat volume dan rencana anggaran biaya seperti **Tabel 4**.

Tabel 4 Rencana Anggaran Biaya

No.	Jenis Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
[1]	[2]	[3]	[4]		
1.	Pekerjaan Persiapan				
a.	Pembersihan lahan	400,00	m ²	12.072	4.828.800,00
b.	Pengukuran dan Bowplank Gambar	1,00	LS	61.605,202	61.605,202,00
	Total Harga Pekerjaan Persiapan				66.434.002
2.	Pekerjaan Tanah				
a.	Pengeboran	47,12	m ³	1.522.609	71.751.426,52
b.	Timbunan tanah	317,25	m ³	82.144	26.060.184,00
	Total Harga Pekerjaan Tanah				97.811.611
3.	Pekerjaan Pondasi				
a.	Penulangan Bored Pile	1,06	ton	15.805.642	16.766.625,03
b.	Pengecoran Bored Pile	47,12	m ³	1.576.691	74.299.986,68
	Total Harga Pekerjaan Pondasi				91.066.612
4.	Pekerjaan Struktur Bawah				
a.	Penulangan	30,70	ton	15.805.642	485.248.462
b.	Bekisting	582,75	m ²	185.808	108.279.612
c.	Pengecoran	511,88	m ³	1.576.691	807.068.706
	Total Harga Pekerjaan Struktur Bawah				1.400.596.779
5.	Pekerjaan Struktur Segmen 1				
a.	Penulangan	8,92	ton	15.805.642	141.000.536
b.	Bekisting	178,00	m ²	185.808	33.073.824
c.	Pengecoran	88,98	m ³	1.576.691	140.293.965
	Total Harga Pekerjaan Struktur Segmen 1				314.368.325
6.	Pekerjaan Struktur Segmen 2				
a.	Penulangan	7,72	ton	15.805.642	122.097.399
b.	Bekisting	157,07	m ²	185.808	29.184.863
c.	Pengecoran	58,90	m ³	1.576.691	92.867.100
	Total Harga Pekerjaan Struktur Segmen 2				244.149.361
7.	Pekerjaan Struktur Segmen 3				
a.	Penulangan	4,06	ton	15.805.642	64.193.366
b.	Bekisting	84,82	m ²	185.808	15.760.792
c.	Pengecoran	21,20	m ³	1.576.691	33.425.849
	Total Harga Pekerjaan Struktur Segmen 3				113.380.008
	Jumlah Total Pekerjaan				2.327.806.698
	Dibulatkan				2.327.806.700

Sumber : Hasil Perhitungan

Perbandingan Bangunan Pengambilan Hasil Rencana Ulang Dengan Bangunan Pengambilan Eksisting

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa struktur seperti pembahasan di atas didapatkan perbandingan hasil perencanaan ulang bangunan pengambilan tipe menara bulat menggunakan pondasi *bored pile* terhadap bangunan eksisting pengambilan persegi empat dengan pondasi setempat adalah seperti **Tabel 5**.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Perencanaan Ulang Terhadap Bangunan Eksisting

No.	Tinjauan	Perencanaan Ulang	Eksisting
1.	Bentuk Menara	Bulat	Persegi
2.	Penulangan Arah		
a.	Mx Konduit	D22-200	D22-200
b.	My konduit	D19-150	D16-200
c.	Mx Segmen 1	D19-150	D19-150
d.	My Segmen 1	D19-150	D16-150
e.	Mx Segmen 2	D16-150	D19-150
f.	My Segmen 2	D16-150	D16-150
g.	Mx Segmen 3	D13-150	D19-150
h.	My Segmen 3	D13-150	D16-150
i.	Bored Pile	17 D 13	-
3.	Berat atau Volume Struktur		
a.	Beton (m ³)	728,08	1.397,57
b.	Tulangan (ton)	52,47	97,83
4.	Rencana Anggaran Biaya		
	Perencanaan Ulang	Rp. 2.327.806.700	
	Eksisting	Rp. 3.921.621.360	

5.	Prosentase Perbandingan Perencanaan Ulang Terhadap Eksisting	
a.	Beton	52,10 %
b.	Tulangan	53,63 %
c.	RAB	59,36 %
6.	Efisiensi Hasil Perencanaan Ulang	
a.	Beton	47,90 %
b.	Tulangan	46,36 %
c.	RAB	40,64 %

Sumber : Hasil Perhitungan

Simpulan

Simpulan yang didapat dari hasil perencanaan ulang bangunan pengambilan tipe menara bulat menggunakan pondasi *bored pile* adalah sebagai berikut :

1. Pembebanan optimum terjadi pada saat kondisi Operation-Gempa dan Operasional Normal
2. Kebutuhan tulangan yang di perlukan pada konduit D22-200 arah x, D19-150 arah y, pada Menara Pengambilan Bawah (Segmen 1) D19-150 arah x dan y, pada Menara Pengambilan Tengah (segmen 2) D16-150 arah x dan y, pada Menara Pengambilan Atas (Segmen 3) D13-150 arah x dan y, pada bored pile digunakan tulangan 17 D 13.
3. Kebutuhan biaya pembangunan menara pengambilan adalah sebesar Rp. 2.327.806.700,-
4. Perbandingan dari hasil perencanaan ulang terhadap bangunan eksisting jika ditinjau dari Struktur yang terdiri dari kebutuhan beton adalah sebesar 52,10%, dan Kebutuhan tulangan adalah sebesar 53,63%, dan jika ditinjau dari kebutuhan biaya adalah sebesar 59,36%

Daftar Rujukan

- Anonim. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SK SNI - 03 xxxx - 2002*. BSN.
- Mochtar, N. E., & Mochtar, I. B. 2005. *Mekanika Tanah Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Soedibyo, I. (2003). *Teknik Bendungan*. Jakarta: PT. Sentra Sarana Abadi.
- Sosrodarsono, I., & Suyono. (1981). *Bendungan Type Urugan*. Jakarta: Pradya Paramita.