

PERANCANGAN STRUKTUR PENOPANG TANGKI PENYIMPANAN AMONIA

ANIS ROSYIDAH¹, SUHAILI YARHAM²

¹Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Kampus UI Depok
*anis.rosyidah@gmail.com

²Alumni Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Kampus UI Depok

ABSTRACT

This study to obtain reinforcement in the supporting structure of the ammonia storage tank which consisting of wall slab and top slab. First, done the modeling structure that will analyze and provide load acting on the structure. For modeling and loading on wall slab author use the program etabs v.9, while the top slab used for the safe program v.8. Special for top slab reinforcement analysis using the program. The results for top slab reinforcement consist of reinforcement x directions and y direction (see appendix 2), so that obtain the bottom reinforcement of x direction : d13 - 200, the bottom reinforcement of y direction : d13 - 200, the top reinforcement of direction x direction : d13 - 200, and the top reinforcement of y direction : d13 - 200. There are two types of wall slab, which is exterior wall and interior wall. Reinforcement in the walls consist of vertical and horizontal bars (see appendix 2), so that obtain the vertical exterior wall reinforcement: d13 - 200, horizontal exterior wall reinforcement: d13 - 400, vertical interior wall reinforcement: d13 - 350, horizontal interior wall reinforcement : d13 - 350. As a coupling between the wall slabs is used couple beam (spandrel), and results of spandrel reinforcement consist of main top reinforcement: 5 d13, the main bottom reinforcement : 5 d13, shear reinforcement : 2 d10 - 100, and shrinkage reinforcement : 2 d13.

Keywords: reinforcement, top slab, wall slab, spandrel

ABSTRAK

Studi ini bertujuan untuk mendapatkan penulangan pada struktur pendukung tangki amonia yang terdiri dari wall slab dan top slab. Langkah awal dimulai dengan melakukan pemodelan struktur pada obyek yang ditinjau. Untuk pemodelan dan pembebanan wall digunakan program etabs v.9, sedangkan untuk top slab digunakan program safe v.8. Khusus untuk penulangan top slab dilakukan analisis dengan menggunakan program. Hasil penulangan top slab terdiri dari tulangan arah x dan arah y, dari hasil analisis diperoleh tulangan bawah arah x : d13 – 200, tulangan bawah arah y : d13 – 200, tulangan atas arah x : d13 – 200, dan tulangan atas arah y : d13 – 200. Pada wall slab terdapat 2 jenis dinding, yaitu dinding untuk bagian luar dan dinding pada bagian dalam. Untuk penulangan pada dinding terdiri dari tulangan vertikal dan horizontal, hasil yang diperoleh adalah tulangan vertikal dinding luar: d13 – 400, tulangan horizontal dinding luar: d13 – 400, tulangan vertikal dinding dalam: d13 – 350, tulangan horizontal dinding dalam: d13 – 350. Sebagai penghubung antar wall slab digunakan balok perangkai (spandrel), dan hasil penulangan untuk spandrel berupa tulangan utama atas : 5 d13, tulangan utama bawah : 5 d13, tulangan geser : 2 d10 – 100, tulangan susut : 2 d13.

Kata kunci : penulangan, top slab, wall slab, spandrel.

PENDAHULUAN

Dinding struktural merupakan salah satu sistem yang dapat meningkatkan kinerja struktur bangunan tingkat tinggi. Dinding struktural dipasang untuk menambah kekakuan struktur dan menyerap gaya geser yang besar seiring dengan semakin tingginya struktur. Pada tulisan kali ini membahas mengenai wall slab dan top slab yang di gunakan sebagai struktur penopang tangki penyimpanan amonia. Struktur wall slab yaitu dinding struktural untuk menopang tangki berisi amonia. Sedikit

berbeda dengan dinding struktural pada umumnya, dinding ini merupakan struktur penahan gaya gravitasi yaitu beban dari tangki amonia dan slab pracetak yang ada di atasnya, tidak seperti fungsi dinding struktural yang sebenarnya untuk menyerap gaya geser yang bekerja pada bangunan. Sebagai alas dari tangki amonia digunakan top slab dengan sistem half slab. Sistem half slab terdiri dari slab pracetak dan slab pada bagian bawah slab dan slab konvensional pada bagian atas slab.

Secara umum amonia sendiri dikenal sebagai senyawa kimia dengan rumus molekul NH_3 . Amonia merupakan bahan kimia yang cukup banyak digunakan sebagai bahan anti beku di dalam alat anti pendingin, juga sebagai bahan pembuat pupuk. Bejana-bejana penyimpanan amonia harus selalu diperiksa untuk mencegah terjadinya kebocoran dan pelepasan bahan ini ke udara. BJ amonia dalam bentuk cairan adalah $673,08 \text{ kg/cm}^3$.

Wall Slab

Wall Slab pada struktur bangunan yang dianalisis merupakan dinding struktural yang berfungsi untuk meningkatkan kekakuan struktur dan menahan gaya-gaya lateral. Dinding struktural dipasang untuk menambah kekakuan struktur dan menyerap gaya geser yang besar seiring dengan semakin tingginya struktur. Dinding yang dianalisis ini merupakan dinding struktural beton bertulang berperangkai, yaitu suatu subsistem gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh beban Gempa Rencana, yang terdiri dari dua buah atau lebih dinding struktural yang dirangkaikan oleh balok-balok perangkai/spandrel. Dinding struktural tersebut juga memikul beban gravitasi yaitu beban dari tangki amonia dan slab pracetak.

Berikut ini merupakan persyaratan-persyaratan untuk perencanaan dinding struktural berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 13.10:

Penulangan

- Rasio penulangan ρ_v dan ρ_h untuk dinding struktural tidak boleh kurang dari 0,0025 pada arah sumbu-sumbu longitudinal dan transversal.
- Semua tulangan menerus pada dinding struktural harus diangkur atau disambung lewat sesuai dengan ketentuan untuk tulangan tarik.

Gaya-Gaya Rencana

Gaya geser rencana harus V_u harus diperoleh dari analisis beban lateral sesuai dengan kombinasi beban berfaktor.

Kuat Geser V_n tidak boleh melebihi $5/6\sqrt{f'_c} h d$

Nilai d diambil sebesar $0,8l_w$

Kuat Geser V_c ditentukan melalui persamaan 1.

$$V = \frac{1}{4} \sqrt{f'_c} h + \frac{N_u d}{4l_w} \quad (1)$$

Bila gaya geser berfaktor V_u kurang dari $\Phi V_c/2$ maka tulangan harus sesuai dengan:

- Rasio tulangan geser horizontal (ρ_h) tidak boleh kurang dari 0,0025
- Spasi tulangan geser horizontal (S_2) tidak boleh melebihi $l_w/5$, $3h$, atau 500 mm.
- Rasio tulangan geser vertikal tidak boleh melebihi persamaan 2.

$$\rho_v = 0,00 + 0,5 \left(2,5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_h - 0,0025) \quad (2)$$

atau 0,0025

- Spasi tulangan geser vertikal (S_1) tidak boleh melebihi $l_w/5$, $3h$, atau 500 mm.

Top Slab

Sistem pelat yang dipakai adalah half slab, yaitu gabungan antara pelat pracetak dengan pelat beton konvensional yang membentuk aksi komposit. Perancangan pelat pracetak dikerjakan melalui 2 fase, yaitu :

- Metode pracetak, yaitu fase daripada perencanaan beton pracetak itu sendiri sebelum beton tersebut dipasang dan dirakit menjadi satu kesatuan dengan elemen struktur lainnya.
- Pengecoran overtopping dari pelat lantai setelah elemen pelat lantai pracetak tersebut dipasang pada akhir penempatannya, yang nantinya akan menjadi monolit. Dengan perencanaan

elemen pelat menggunakan anggapan bahwa kekakuan antara pelat dan dinding balok perangkai tidak sekaku seperti dalam perencanaan, maka perletakkan pelat pada keempat sisinya diasumsikan sebagai jepit elastis.

Pada pemodelan dan analisis pelat terbagi dalam:

- Pelat pracetak sebelum komposit, perletakkannya bebas. Jadi pelat pracetak tersebut direncanakan menggunakan tulangan lapangan saja. Control terhadap kekuatan dan kekakuan tetap diperhitungkan. Setelah pelat pracetak dipasang diatas balok perangkai, perletakkannya tetap bebas.
- Setelah dicor *overtopping*, yaitu setelah komposit, maka perletakkannya menjadi jepit-jepit, sehingga perhitungan tulangan terjadi pada daerah tumpuan dan lapangan. Untuk tulangan tumpuan dipasang pada *topping*, sedangkan tulangan lapangannya dibandingkan dengan tulangan lapangan sebelum komposit.
- Perhitungan *shearconnector* perlu dilakukan yang mengharuskan bahwa daerah tekan pada penampang pelat komposit masih mampu memikul regangan yang terjadi (sebelum terjadi retak pada beton) pada saat tulangan tulangan tarik mengalami regangan lelehnya. Dengan kata lain tegangan yang terjadi saat itu harus mampu dipikul oleh seluruh penampang.
- Perhitungan titik angkat pelat pracetak juga perlu dilakukan dengan menganggap pelat sebagai balok sederhana sehingga pada saat diangkat beban yang bekerja adalah berat sendiri ditambah beban hidup (dianggap 2 pekerja berdiri diatasnya).

Perancangan Sambungan

Gaya-gayadisalurkan antara komponen-komponen struktur dengan menggunakan *grouting*, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan

beton bertulang cor setempat, atau kombinasi dari cara-cara tersebut.

- Kemampuan sambungan untuk menyalurkan gaya-gaya antara komponen-komponen struktur harus ditentukan dengan analisis atau dengan pengujian. Apabila geser merupakan pembebanan utama maka ketentuan untuk geser friksi dapat digunakan.
- Dalam merencanakan sambungan dengan menggunakan bahan-bahan dengan sifat struktural yang berbeda, maka daktilitas, kekuatan, dan kekakuan relatifnya harus ditinjau.

Geser friksi

Aturan geser friksi dapat diberlakukan untuk memperhitungkan transfer geser antar bidang yang berbeda bahan, nilai ini dihitung dengan persamaan 3.

$$V_n = A_{vf} f_y \mu \quad (3)$$

Koefisien friksi μ :

- Beton yang dicorkan pada beton yang sudah mengeras yang permukaannya diberi kekasaran dengan sengaja (= 1,0).
- Beton yang dicorkan pada beton yang sudah mengeras yang permukaannya tidak diberi kekasaran dengan sengaja (= 0,6).
- Beton yang dicor monolit (1,4)
- Beton yang diangkur pada baja bilas struktural dengan menggunakan penghubung geser jenis paku berkepala atau batang tulangan.

Kuat geser tidak boleh diambil lebih besar dari $0,2f'_c A_c$ atau $5,5 A_c$ (dalam Newton).

Beban Gempa

Faktor-faktor Keutamaan I ditetapkan dalam SNI 03-1726-2002 sebesar 1,6.

Sistem struktur yang digunakan pada struktur yang akan penulis analisis merupakan sistem dinding penumpu. Pada perencanaan beban gempa diperlukan faktor reduksi beban gempa. Faktor reduksi beban

gempa ditetapkan berdasarkan SNI 03-1726-2002 yaitu $R_x = 4$ dan $R_y = 2,2$. Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal statik ekuivalen. Beban geser dasar nominal statik ekuivalen V yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan 5.

$$V = \frac{C_1 I}{R} \cdot W_t \quad (5)$$

Dimana :

V = gaya geser dasar nominal

C_1 = nilai Faktor Respons Gempa (didapat dari Respons Spektrum Gempa Rencana)

W_t = berat total bangunan, termasuk beban hidup yang sesuai

I = faktor keutamaan bangunan

R = faktor reduksi beban gempa

Beban geser dasar nominal V harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke- i menurut persamaan:

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} \cdot W_t \quad (6)$$

Dimana :

F_i = beban gempa per lantai

W_i = berat lantai tingkat ke- i

z_i = ketinggian lantai tingkat ke- i

W_t = berat total bangunan

Apabila rasio antara tinggi struktur gedung dan ukuran denahnya dalam arah pembebanan gempa sama dengan atau melebihi 3, maka $0,1 V$ harus dianggap sebagai beban horizontal terpusat yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat paling atas, sedangkan $0,9 V$ sisanya harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung

menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen.

Pada tangki di atas menara, beban gempa nominal statik ekuivalen sebesar V harus dianggap bekerja pada titik berat massa seluruh struktur menara dan tangki berikut isinya.

Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan) yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 .

Untuk daerah-daerah di dekat laut dan daerah-daerah lain tertentu, dimana terdapat kecepatan-kecepatan angin yang mungkin menghasilkan tekanan tiup yang lebih besar dari pada 40 kg/m^2 , besarnya tekanan tiup (P) harus dihitung melalui persamaan 7.

$$P = \frac{V^2}{16} \quad (7)$$

Dimana :

P = tekanan tiup yang ditimbulkan oleh angin (kg/m^2)

V = kecepatan angin pada lokasi pembangunan yang ditentukan oleh pihak yang berwenang (m/det)

Berdasarkan persamaan diatas, maka besarnya beban angin yang bekerja pada struktur dapat ditentukan menggunakan persamaan 8 (Sach: 1992)

$$W = P \cdot C_c \cdot C_d \cdot A \quad (8)$$

Dimana :

W = besarnya beban angin yang bekerja (kg/m^2)

P = tekanan tiup yang ditimbulkan oleh angin (kg/m^2)

C_c = faktor tiup angin (Tabel 2)

C_d = koefisien tarik untuk bentuk permukaan bangunan lingkaran

A = faktor koreksi (Tabel 3)

Struktur dengan permukaan datar/lapang terbagi menjadi tiga (3) kategori. Ketiga kategori tersebut dijelaskan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter bangunan dengan permukaan lapang/datar

Kategori	Deskripsi
1	Daerah yang memiliki tekanan angin tinggi
2	Daerah yang memiliki tekanan angin rendah
3	Daerah Perkotaan/Pembangunan

Berdasarkan ketiga kategori yang dijelaskan pada tabel di atas, maka faktor tiup angin dapat ditentukan menurut Tabel 2.

Tabel 2. Faktor tiup angin untuk tiga kategori permukaan

Kategori	Faktor Tiup Maksimum	Faktor Tiup Minimum	Faktor Tiup Rata-Rata
1	1,59	1,45	1,52
2	1,91	1,51	1,67
3	2,22	1,83	2,04

Besarnya faktor koreksi A tergantung pada besarnya λ , yaitu perbandingan panjang pelat (L) dengan diameter bangunan (D). Besarnya λ ditentukan dengan persamaan 9.

$$\lambda = L/D(9)$$

Besarnya faktor koreksi ditentukan oleh Tabel 3.

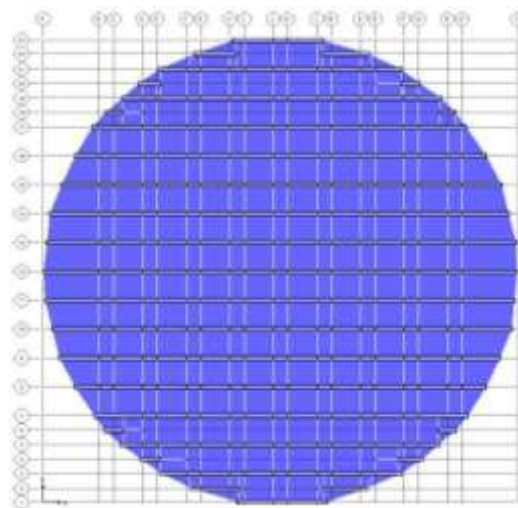
Tabel 3. Faktor Koreksi (A)

λ	A
0-4	0,6
4-8	0,7
8-40	0,8
>40	1,0

METODE PENELITIAN

Permodelan Wall Slab

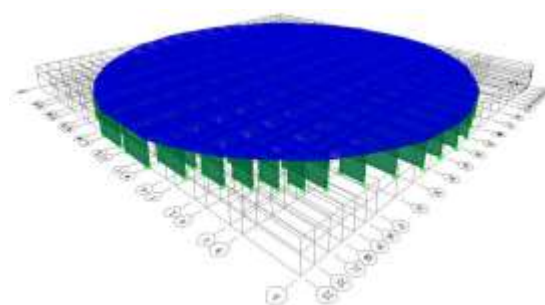
Untuk analisis gaya dalam dan permodelan dinding struktural penulis menggunakan program ETABS V.9. Permodelan struktur dinding struktural dibuat dalam bentuk 3 dimensi. Permodelan dinding struktural menggunakan ETABS V.9 disajikan pada Gambar 1 – 3.



Gambar 1. Permodelan Struktur Wall Slab (Tampak Atas)



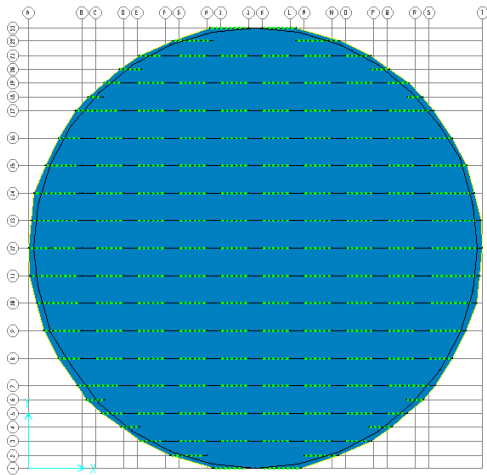
Gambar 2. Permodelan Struktur Wall Slab (Tampak Depan)



Gambar 3. Permodelan Struktur Wall Slab (3 Dimensi)

Permodelan Top Slab

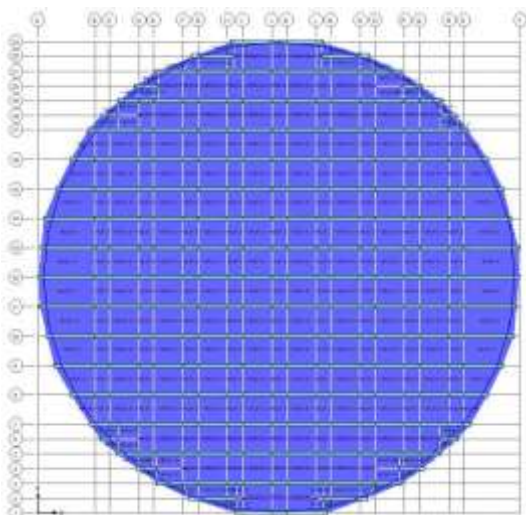
Untuk analisis gaya – gaya dalam, permodelan dan perhitungan tulangan pada *topslab* penulis menggunakan bantuan program SAFE V.8 (Gambar 4).



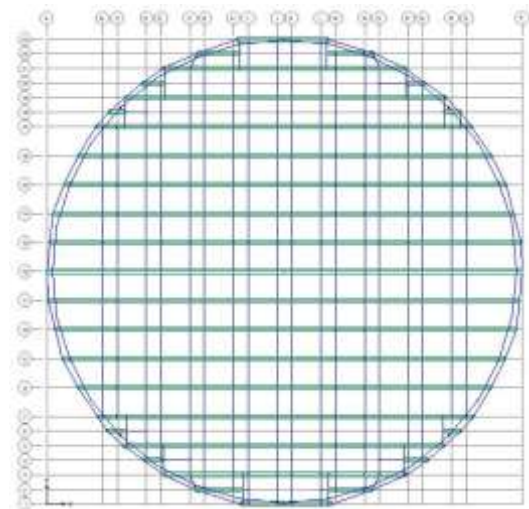
Gambar 4. Permodelan Struktur Top Slab

Beban Mati Pada Wall Slab

Beban Mati/*DeadLoad* (DL) terdiri dari berat sendiri struktur dan berat tangki amonia. Untuk berat sendiri struktur telah dihitung oleh program yang digunakan untuk analisis, sedangkan untuk berat tangki amonia dimasukkan secara manual. Berat total tangki amonia (W_t) = 481818 kg. Untuk memasukkan beban pada software, berat tangki amonia dijadikan beban merata per- m^2 dan beban merata per- m , sehingga beban tangki amonia menjadi 140 kg/m^2 dan 4354,45 kg/m . Gambar 5 - 6 merupakan gambar pembebanan tangki ammonia.



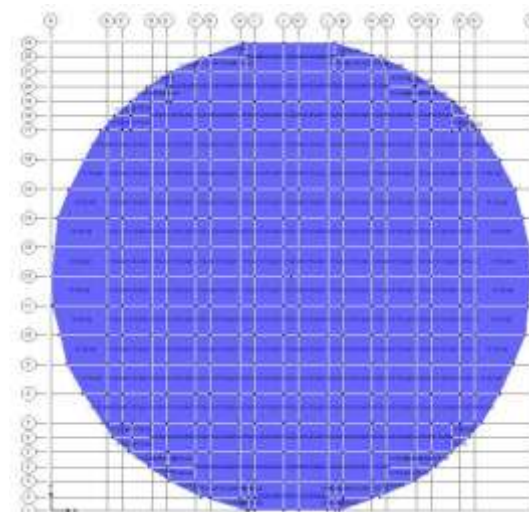
Gambar 5. Input Beban Mati Pada Wall Slab (Alas Tangki Amonia)



Gambar 6. Input Beban Mati Pada Wall Slab (Dinding Tangki Amonia)

Beban Hidup Pada Wall Slab

Beban Hidup/*LiveLoad* (LL) pada struktur merupakan berat amonia. BJ amonia = 673,08 kg/m^3 . Untuk memasukan beban pada program ETABS V.9 berat amonia harus dijadikan beban merata per- m^2 , sehingga beban tangki amonia menjadi 16153,92 kg/m^2 (Gamabr 7).

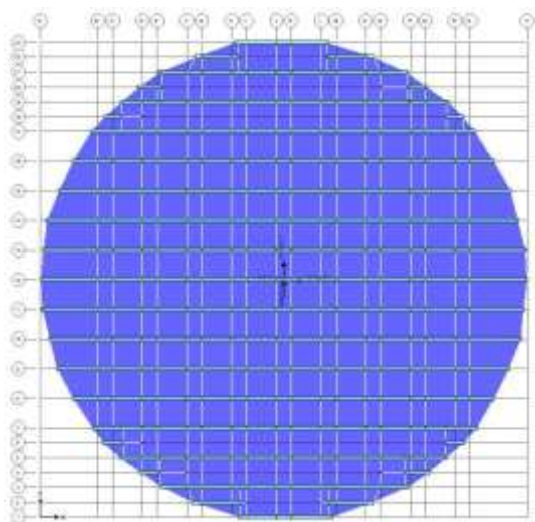


Gambar 7. Input Beban Hidup Pada Wall Slab (Beban Amonia)

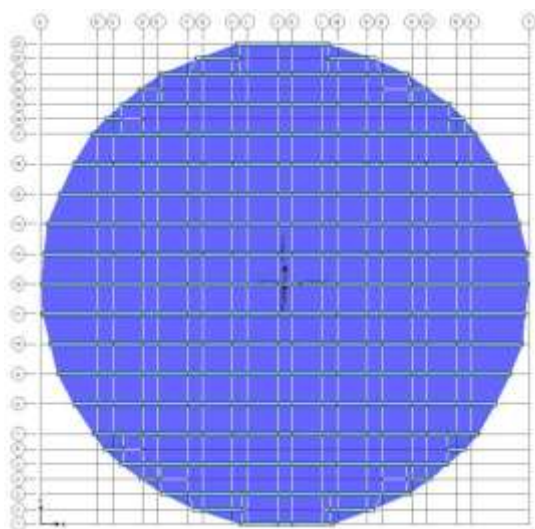
Beban Gempa Pada Wall Slab

Beban Gempa Rencana (F) terjadi akibat berat sendiri struktur serta beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Untuk mensimulasikan arah pengaruh Gempa Rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa

dalam arah utama yang ditentukan (searah sumbu x atau y) harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan (searah sumbu y atau x), tetapi dengan efektifitas hanya 30%. Beban Gempa Rencana tersebut terjadi pada titik berat struktur (Gambar 8 – 9).



Gambar 8. Input Gaya Gempa Rencana (100% Searah Sumbu x)

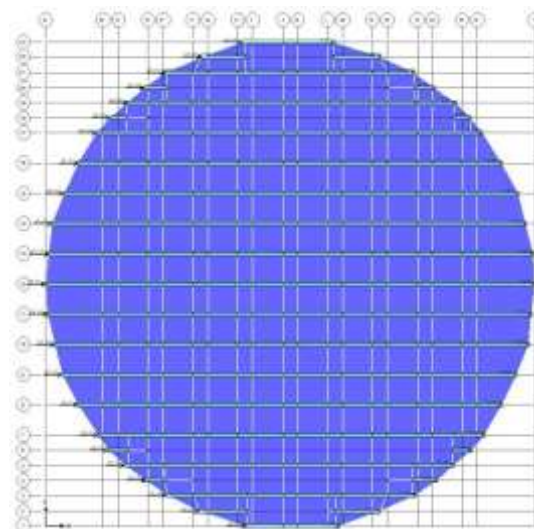


Gambar 9. Input Gaya Gempa Rencana (100% Searah Sumbu y)

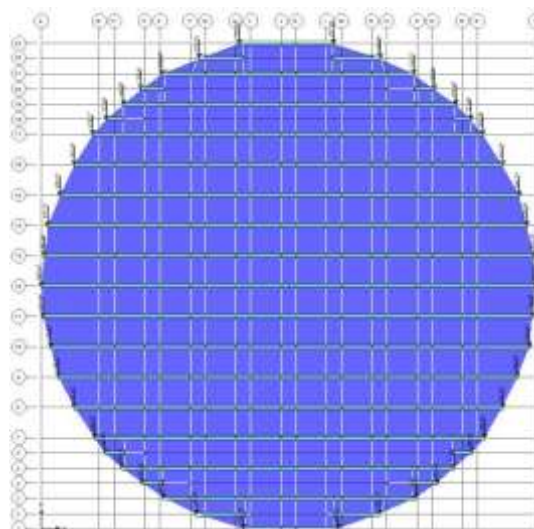
Beban Angin Pada Wall Slab

Untuk mensimulasikan arah pengaruh beban angin yang sembarang terhadap struktur gedung, maka arah beban angin disimulasikan dalam 2 arah yang berbeda (searah sumbu x dan searah sumbu y).

Simulasi beban angin pada program ETABS V.9 dapat dilihat pada Gambar 10 - 11.



Gambar 10. Input Beban Angin W_1 (Searah Sumbu x)

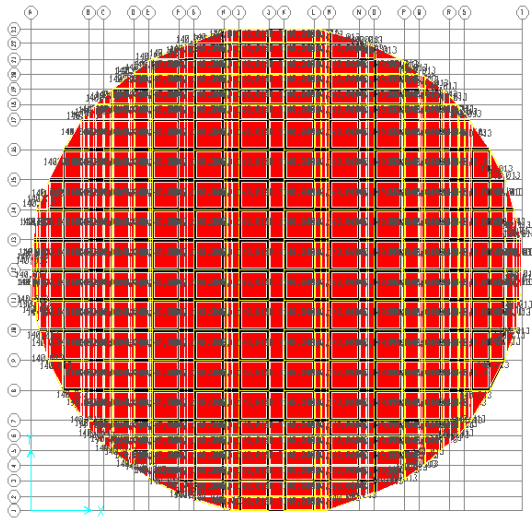


Gambar 11. Input Beban Angin W_2 (Searah Sumbu y)

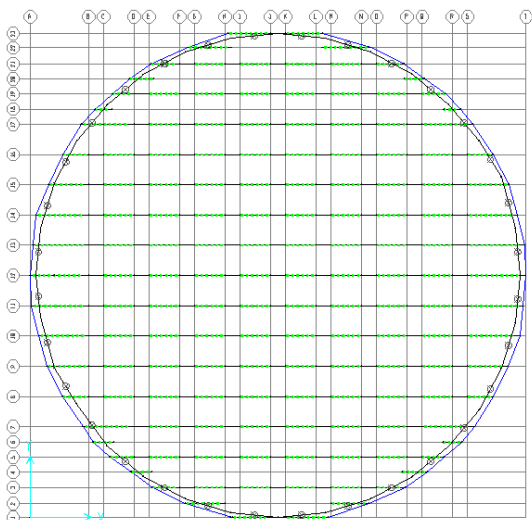
Beban Mati Pada Top Slab

Beban Mati (DL) terdiri dari berat sendiri pelat dan berat tangki amonia. Untuk berat sendiri pelat telah dihitung oleh program yang digunakan untuk analisis, sedangkan untuk berat tangki amonia penulis memasukkannya secara manual. Berat total tangki amonia (W_t) = 481818 kg. Untuk memasukan beban pada program SAFE V.8 berat tangki amonia harus dijadikan beban merata per- m^2 untuk alas tangki dan beban merata per-m untuk dinding dan atap

tangki, sehingga beban tangki amonia menjadi 140 kg/m² dan 4354,45 kg/m (Gambar 12 – 13).



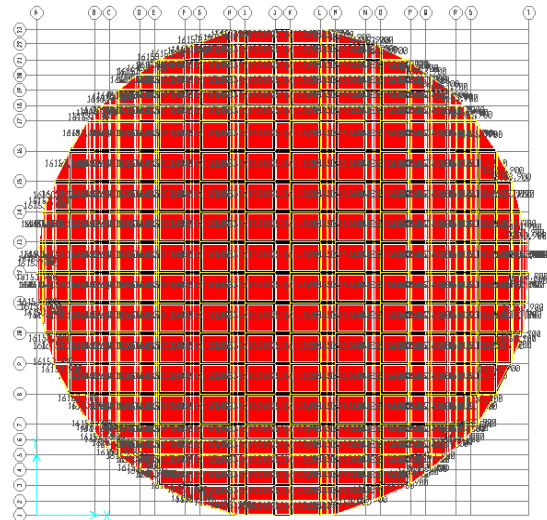
Gambar 12. Input Beban Mati Pada Top Slab (Alas Tangki Amonia)



Gambar 13. Input Beban Mati Pada Top Slab (Dinding Tangki Amonia)

Beban Hidup Pada Top Slab

Beban Hidup/*LiveLoad* (LL) pada struktur merupakan berat amonia. BJ amonia = 673,08 kg/m³. Untuk memasukan beban berat amonia harus dijadikan beban merata per-m², sehingga beban tangki amonia menjadi 16153,92 kg/m². Gambar 14 merupakan pembebanan tangki amonia menggunakan program SAFE V.8.



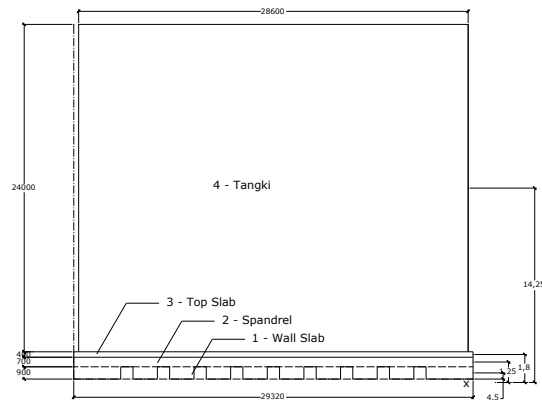
Gambar 14. Input Beban Hidup Pada Top Slab (Amonia)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban Gempa

Menghitung Titik Berat Struktur

Gambar 15 merupakan tampak samping struktur pendukung tangki dan letak tangki amonia.



Gambar 15. Penampang Struktur dan Tangki Amonia

a. Terhadap Sumbu x

Menghitung Luas Permukaan (A):

1. Wall Slab

$$A_1 = (0,9 \times 1,79 \times 8) + (3,45 \times 0,9 \times 2) = 19,10 \text{ m}^2$$

$$x_1 = 0,5 \times 0,9$$

$$= 0,45 \text{ m}$$

2. Spandrel

$$A_2 = 0,7 \times 29,32 = 20,52 \text{ m}^2$$

$$x_2 = 0,9 + 0,5 \times 0,7 = 1,25 \text{ m}$$

3. Top Slab

$$A_3 = 0,4 \times 29,32 = 11,73 \text{ m}^2$$

$$x_2 = 1,6 + 0,5 \times 0,4 = 1,80 \text{ m}$$

4. Tangki

$$A_4 = 24 \times 28,6 = 686,4 \text{ m}^2$$

$$x_2 = 2,0 + 0,5 \times 12 = \frac{14,70 \text{ m}}{+}$$

$$\Sigma A = 737,75 \text{ m}^2$$

Menghitung Statik Momen dan Titik Berat :

$$1. S_{1x} = 19,10 \times 0,45 = 8,6 \text{ m}^3$$

$$2. S_{2x} = 20,52 \times 1,25 = 25,7 \text{ m}^3$$

$$3. S_{3x} = 11,73 \times 1,80 = 21,1 \text{ m}^3$$

$$4. S_{4x} = 686,4 \times 14,7 = \frac{10090,1}{+} \text{ m}^3$$

$$\Sigma S_x = 10145,4 \text{ m}^3$$

$$C_x = \frac{\Sigma S_x}{\Sigma A} = \frac{10145,4}{737,75} = 13,75 \text{ m}$$

b. Terhadap Sumbu y :

$$C_y = 0,5 \times 29,32 = 14,66 \text{ m}$$

Jadi, letak titik berat (C) struktur adalah:

(13,75 m; 14,66 m)

Menghitung Berat Bangunan

a. Wall Slab:

$$W_1 = 397971,3 \text{ kg}$$

b. Spandrel:

$$W_2 = 45738 \text{ kg}$$

c. Top Slab:

$$W_3 = 22106,76 \text{ kg}$$

d. Tangki:

$$W_4 = 750 \text{ kg}$$

e. Amonia:

$$W_5 = 16153,9 \text{ kg}$$

$$W_T = 11325304 \text{ kg}$$

Menentukan Faktor Keutamaan Gedung

Bangunan digunakan untuk penahan tempat penyimpanan bahan kimia amonia (Tabel 1 SNI - 1726 - 2002)

$$I = 1,6$$

Menentukan Faktor Reduksi Beban Gempa

Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Dinding Penumpu, menggunakan dinding struktural beton bertulang (Tabel 3 SNI-1726-2002)

$$R = 4,5$$

Menghitung Waktu Getar (T)

Struktur menggunakan material beton bertulang

$$T = 0,06 H^{3/4}$$

$$= 0,06 \times 2,0^{3/4} = 0,10090757 \text{ detik}$$

Dari grafik respon spektrum diperoleh :

$$C = 0,266043705$$

Menghitung Gaya Geser Dasar (V)

$$V = 0,27676 \times 1,6 \times 866796 / 4,5$$

$$= 1071298,14 \text{ kg}$$

Menghitung Beban Gempa Per Lantai (Fi)

$$F_i = \frac{W_i \cdot H_i}{\Sigma(W_i \cdot H_i)} = 1071298,14 \text{ kg}$$

Beban Angin**Beban Angin W_1 (Searah dengan sumbu x)**

a. Angin Tekan :

$$W_{tk} = 76 \times A_{dinding}$$

$$= 76 \times (0,25 \times 1,6) = 30,4 \text{ kg}$$

b. Angin Hisap/Tarik :

$$W_{tr} = 38 \times A_{dinding}$$

$$= 38 \times (0,25 \times 1,6) = 15,2 \text{ kg}$$

Beban Angin W_2 (Searah dengan sumbu y)

a. Angin Tekan :

$$W_{tk1} = 76 \times (3,45 \times 1,6) = 419,51 \text{ kg}$$

$$W_{tk2} = 76 \times (3,27 \times 1,6) = 397,62 \text{ kg}$$

$$W_{tk3} = 76 \times (3,09 \times 1,6) = 375,74 \text{ kg}$$

$$W_{tk4} = 76 \times (2,36 \times 1,6) = 286,97 \text{ kg}$$

$$W_{tk5} = 76 \times (1,5 \times 1,6) = 182,40 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 W_{tk6} &= 76 \times (3,11 \times 1,6) = 378,17 \text{ kg} \\
 W_{tk7} &= 76 \times (1,00 \times 1,6) = 121,60 \text{ kg} \\
 W_{tk8} &= 76 \times (1,275 \times 1,6) = 155,04 \text{ kg} \\
 W_{tk9} &= 76 \times (1,40 \times 1,6) = 170,24 \text{ kg} \\
 W_{tk10} &= 76 \times (1,68 \times 1,6) = 204,28 \text{ kg} \\
 W_{tk11} &= 76 \times (2,60 \times 1,6) = 316,15 \text{ kg} \\
 W_{tk12} &= 76 \times (2,5 \times 1,6 + 0,45 \times 0,7) \\
 &= 327,93 \text{ kg} \\
 W_{tk13} &= 76 \times (2,2 \times 1,6 + 0,45 \times 0,7) \\
 &= 291,45 \text{ kg} \\
 W_{tk14} &= 76 \times (2,85 \times 1,6) = 346,55 \text{ kg} \\
 W_{tk15} &= 76 \times (1,61 \times 1,6) = 195,77 \text{ kg} \\
 W_{tk16} &= 76 \times (1,20 \times 1,6) = 145,92 \text{ kg} \\
 W_{tk17} &= 76 \times (1,68 \times 1,6) = 204,28 \text{ kg} \\
 W_{tk18} &= 76 \times (1,00 \times 1,6) = 121,6 \text{ kg} \\
 W_{tk19} &= 76 \times (2,98 \times 1,6) = 362,36 \text{ kg} \\
 W_{tk20} &= 76 \times (1,5 \times 1,6) = 182,40 \text{ kg} \\
 W_{tk21} &= 76 \times (2,46 \times 1,6) = 299,13 \text{ kg} \\
 W_{tk22} &= 76 \times (2,92 \times 1,6) = 355,06 \text{ kg} \\
 W_{tk23} &= 76 \times (3,37 \times 1,6) = 409,78 \text{ kg} \\
 W_{tk24} &= 76 \times (3,45 \times 1,6) = 419,51 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Angin Hisap/Tarik :

$$\begin{aligned}
 W_{tr1} &= 38 \times (3,45 \times 1,6) = 209,76 \text{ kg} \\
 W_{tr2} &= 38 \times (3,27 \times 1,6) = 198,81 \text{ kg} \\
 W_{tr3} &= 38 \times (3,09 \times 1,6) = 187,87 \text{ kg} \\
 W_{tr4} &= 38 \times (2,36 \times 1,6) = 143,49 \text{ kg} \\
 W_{tr5} &= 38 \times (1,5 \times 1,6) = 91,20 \text{ kg} \\
 W_{tr6} &= 38 \times (3,12 \times 1,6) = 189,69 \text{ kg} \\
 W_{tr7} &= 38 \times (1,10 \times 1,6) = 66,88 \text{ kg} \\
 W_{tr8} &= 38 \times (1,28 \times 1,6) = 77,82 \text{ kg} \\
 W_{tr9} &= 38 \times (1,5 \times 1,6) = 91,20 \text{ kg} \\
 W_{tr10} &= 38 \times (1,68 \times 1,6) = 102,14 \text{ kg} \\
 W_{tr11} &= 38 \times (2,65 \times 1,6) = 161,12 \text{ kg} \\
 W_{tr12} &= 38 \times 2,50 \times 1,6 + 0,45 \times 0,7 \\
 &= 163,97 \text{ kg} \\
 W_{tr13} &= 38 \times A_{dinding} \\
 &= 38 \times (2,25 \times 1,6 + 0,45 \times 0,7) \\
 &= 148,77 \text{ kg} \\
 W_{tr14} &= 38 \times (2,90 \times 1,6) = 176,32 \text{ kg} \\
 W_{tr15} &= 38 \times (1,6 \times 1,6) = 97,28 \text{ kg} \\
 W_{tr16} &= 38 \times (1,20 \times 1,6) = 72,96 \text{ kg} \\
 W_{tr17} &= 38 \times (1,40 \times 1,6) = 85,12 \text{ kg} \\
 W_{tr18} &= 38 \times (1,20 \times 1,6) = 72,96 \text{ kg} \\
 W_{tr19} &= 38 \times (3,00 \times 1,6) = 182,40 \text{ kg} \\
 W_{tr20} &= 38 \times (1,50 \times 1,6) = 91,20 \text{ kg} \\
 W_{tr21} &= 38 \times (2,47 \times 1,6) = 150,17 \text{ kg} \\
 W_{tr22} &= 38 \times (2,92 \times 1,6) = 177,53 \text{ kg} \\
 W_{tr23} &= 38 \times (3,37 \times 1,6) = 204,89 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$W_{tr24} = 38 \times (3,45 \times 1,6) = 209,76 \text{ kg}$$

Top Slab

Analisis perhitungan struktur yang telah penulis lakukan memperoleh hasil berupa penulangan pada *topslab*, spandrel dan *wallslab*. Penulangan top slab yang penulis hitung menggunakan program ETABS V.9, yaitu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil penulangan untuk top slab

Tulangan	Arah x	Arah y
Atas	D 13 – 200	D 13 - 200
Bawah	D 13 – 200	D 13 – 200
Dekking	40 mm	
T.Geser Friksi	2 D 13 - 250	2 D 13 – 50

Spandrel

Perhitungan tulangan spandrel dilakukan dengan mengambil gaya-gaya dalam yang dihasilkan oleh program dalam perhitungan wall slab. Hasil perhitungan spandrel dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil penulangan untuk balok perangkai (spandrel)

Spandrel	
Potongan	
Dimensi	250 x 700 mm
Tul. Atas	5 D 13
Tul. Bawah	5 D 13
Tul. Susut	2 D 13
Dekking	40 mm
Sengkang	2 Ds 10 – 100

Perhitungan penulangan untuk *wallslab* mengacu kepada SNI 03-2847-2002 Pasal 13.10. Hasil perhitungan penulangan *wallslab* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil penulangan untuk wall slab

Wall Slab	Tipe Wall Slab	
	Dalam	Luar
Tul. Vertikal	D 13 – 350	D 13 – 400
Tul.	D 13 – 350	D 13 – 400

Horizontal		
d	1432	2470

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan yang telah penulis lakukan pada struktur pendukung tangki amonia yang terdiri dari *topslab* dan *wallslab* diperoleh penulangan untuk masing-masing elemen struktur.

Penulangan pada top slab didapatkan dengan menggunakan program SAFE V.8. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan program diperoleh :

Tulangan atas arah x = D13 – 200 mm

Tulangan bawah arah x = D13 – 200 mm

Tulangan atas arah y = D13 – 200 mm

Tulangan bawah arah y = D13 – 200 mm

Untuk tulangan geser friksi dihitung secara manual dan diperoleh hasil:

$x = 2D13 - 250 \text{ mm}$

$y = 2D13 - 250 \text{ mm}$

Pada bagian wall slab terdapat 2 elemen struktur, yaitu balok perangkai dan wall slab. Dari hasil perhitungan diperoleh hasil:

Tulangan utama atas = 5 D 13

Tulangan utama bawah = 5 D 13

Tulangan susut = 2 D 13

Senggang = 2 D 10 – 100 mm

Untuk hasil perhitungan wall slab diperoleh penulangan sebagai berikut :

1. Wall slab bagian dalam

Horizontal (H) = 2 D 13 – 350 mm

Verikal (V) = 2 D 13 – 350 mm

2. Wall slab bagian luar

Horizontal (H) = 2 D 13 – 400 mm

Verikal (V) = 2 D 13 – 400 mm

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Pekerjaan Umum. (2002), Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2002). BSN: Bandung.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum (2002), Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI-1726-2002). BSN : Bandung.
- [3] ICBO (1997), Uniform Building Code Volume 2. International Conference of Building Officials: Whittier, CA.
- [4] McCormac, Jack C. (2000), Desain Beton Bertulang Edisi Kelima. Erlangga: Jakarta.
- [5] Sachs, Peter (1992), Wind Forces In Engineering 2nd Edition. Pergamon Press: New York.

