

ANALISIS PENAMBAHAN DESAIN ANCHOR-CHAIR DENGAN MEMPERHITUNGKAN PENGARUH GEMPA PADA TANGKI PENYIMPANAN AMONIA BERKAPASITAS 40.000 TON

Muhammad Wildan Aufa rafiqi¹, Muhamad Ari², Bacthiar³

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111^{1*}

Email: aufawildan16@gmail.com

Abstract –. Storage tanks have an important role in storing various liquids, gases and materials on an industrial and individual scale. Its use involves various sectors, such as the oil and gas industry, chemical industry and pharmaceuticals. The structural performance of tanks, especially steel cylindrical tanks, indicates their susceptibility to damage during earthquakes. This research focuses on analyzing the design strength of an ammonia storage tank with a capacity of 40,000 metric tons to withstand the earthquake that occurred in the city of Bontang using seismic parameters there, so that it can determine stress that occurs on the shell. Manual seismic design calculations refer to the API 650 standard, where the calculation results show that additional anchors are needed so that the tank can be stable. In the finite element method simulation, the fix support is placed on the anchor seat to determine the stress that occurs, and after simulation a stress that occurs on shell tank is 236,96 MPa.

Keyword: anchorage design, finite element method, stress, storage tank

1. PENDAHULUAN

Desain tangki penyimpanan harus mampu menahan beban dari fluida, angin, dan gempa. Tangki penyimpanan cairan silinder baja khususnya rentan terhadap kerusakan dan keruntuhan selama gempa.

Kompleksitas desain serta interaksi antara fluida dan struktur tangki dapat memicu berbagai mekanisme kegagalan, seperti tegangan yang berlebihan dan deformasi sehingga dapat menyebabkan shell buckling, kerusakan atap, dan patahnya pipa penghubung, yang berpotensi menimbulkan kerugian besar [3].

Berdasarkan latar belakang di atas dapat disimpulkan untuk mencari perhitungan desain seismic menurut API 650 sehingga dapat diketahui *Moment Ringwal*-nya untuk mencari ratio anchorage dari tangki, apabila diketahui rasio nya lebih besar dari ketentuan maka suatu tangki membutuhkan penambahan desain baut anchor dan anchor chairnya .

Penelitian ini menggunakan research design yaitu simulasi, dimana hasil perhitungan seismic menggunakan acuan standar API 650 yang kemudian dilakukan pemodelan 3D menggunakan autocad akan disimulasikan dengan metode elemen hingga untuk mengetahui besar tegangan yang terjadi, Dengan demikian, desain tersebut dapat dinilai ketahanannya dan stabilitas tangki terhadap beban gempa yang diberikan.

2. METODOLOGI

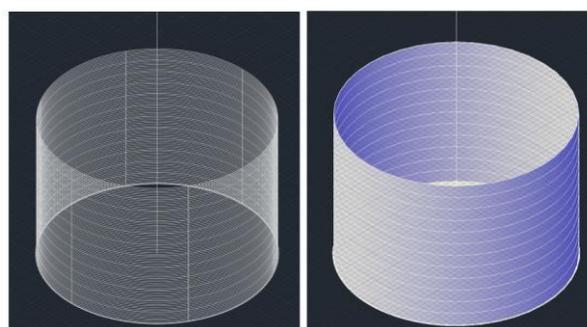
Proses perhitungan manual mengacu standar API 650 untuk mengetahui variabel yang dibutuhkan untuk perhitungan desain anchor dan variable seismic untuk simulasi finite element methode.

2.1 Pemodelan 3D shell tangki

Ukuran tangki dan Pemodelan 3D tangki amonia berkapasitas 40.000 metricton dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2 di bawah ini.

Tabel 1 Ukuran Course Tangki

Ring No.	Ring Width	Material Specification	Thickness Used (mm)
1	2839	A537-CLASS 1	37,5
2	2839	A537-CLASS 1	34,3
3	2839	A537-CLASS 1	31
4	2837	A537-CLASS 1	27,7
5	2837	A537-CLASS 1	24,4
6	2837	A537-CLASS 1	21,2
7	2837	A537-CLASS 1	17,9
8	2837	A537-CLASS 1	14,6
9	2837	A537-CLASS 1	11,4
10	2841	A537-CLASS 1	8,9
11	2841	A537-CLASS 1	8,9
12	2841	A537-CLASS 1	8,9



Gambar 1 Pemodelan 3D tangki

2.2 Pembebanan

Pada saat melakukan simulasi, Pembebanan dilakukan dengan menggunakan beban impulsif dan beban konvektif serta peletakkan beban sesuai dengan hasil perhitungan manual seperti ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Ketinggian beban

	Force (N)	Ketinggian Cairan (m)	Lengan Gaya (m)
Konvektif	146.854.714,1	11,24105	19,96863
Impulsif	257.524.286,2	19,71229	11,64375

2.3 Perhitungan anchor

Untuk meenentukan penggunaan anchor sebelumnya dilakukan perhitungan manual untuk mengetahui besar momen ringwall yang terjadi sehingga dapat menentukan anchorage rasio dari tangki penyimpanan, besar moment ringwall dan anchorage rasio hasil perhitungan manual adalah seperti berikut.

$$Mrw = 1.030.073.331 \text{ KN.m}$$

Sehingga rasio *anchorage*-nya

$$J = 6,608$$

Setelah ditentukan pemilihan material untuk baut anchor adalah F1154 karena yield strengtnya harus dibawah yield strengt material. Setelah itu perhitungan kebutuhan anchor dan anchor chainya adalah seperti berikut.

a) *Net uplift load*

Uplift load yang dipakai adalah *seismic load* sesuai pada tabel 5.20a API 650 [1]. hasil perhitungan dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$U = 74.918.109 \text{ N}$$

b) *Allowable anchor bolt*

Allowable untuk baut *anchor* = 0,8 x Fy
 Baut *anchor* menggunakan material F1154 *grade* 36 dengan *Yield strength* 248 MPa yang *mechanical properties*-nya dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.

Maka *allowable* baut *anchor*-nya :

$$= 0,8 \times 248 \\ = 198,4 \text{ MPa}$$

c) Jumlah *anchor* yang memiliki jarak sama pada API 650 , 5.12.3 [1] dijelaskan bahwa jarak antara titik pusat *anchor* ke *anchor* yang mengelilingi *shell* pada diameter luar tangki tidak boleh melebihi 3 meter, menggunakan jarak antar baut 2 meter, maka nilai N :

$$N = \frac{\text{Keliling Lingkaran}}{2}$$

$$N = 78$$

d) Beban yang diterima masing masing *anchor* hasil perhitungan dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$Tb = \frac{U}{N}$$

$$Tb = 956.283,4 \text{ N}$$

e) Diameter *anchor bolt* dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut, hasil perhitungan dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$Tb = \sigma \times \frac{\pi \times (d^2)}{4} \\ 956.283,4 = 198,4 \times \frac{\pi \times (d^2)}{4} \\ d = 78,3 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan minimal diameter baut *anchor* di atas, untuk meningkatkan keamanan desain, digunakan diameter *anchor bolt* yang lebih besar dari hasil perhitungan. Diameter yang dipilih adalah 82,55 mm (3 1/4 in), sesuai dengan yang tersedia di pasaran.

f) *Bolt essencitry*

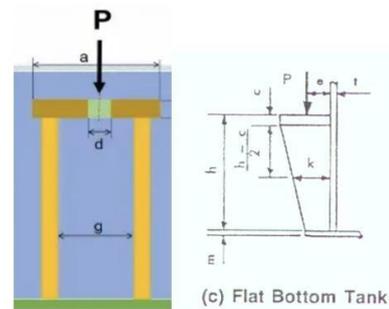
Menurut API 650 [1], 5.12.4 ukuran *bolt essencitry* adalah proyeksi *bottom plate* pada 5.4.2 yaitu minimal 50 mm, ditambah dengan 3 mm, ditambah lagi dengan setengah diameter dari baut *anchor*. Posisi *bolt essencitry* dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini, maka :

$$e = 50 + 3 + 41,275$$

$$e = 94,275 \text{ mm}$$

g) *Anchor chair*

Pada API 650 5.12.7 [1] *Anchor chair* yang digunakan adalah desain umum yang harus sesuai dengan standar AISI *Steel Plate Engineering Data*, Volume 2, Part 5 “*Anchor Bolt Chair*” yang desainnya dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2 Desain *Anchor Chair* [2]

Untuk ukuran *top plate* dari *anchor chair* yang menggunakan baut ukuran 3 1/4 inch (82,55 mm)

Karena pada tabel AISI [4] ukuran 3 in tidak tersedia maka untuk penyesuain dengan ukuran baut, ukuran dimensi *anchor chair* ditambah 1 in seperti dijelaskan di bawah ini :

$$d = \text{ukuran diameter baut yaitu } 82,55 \text{ mm (} 3\frac{1}{4} \text{ in).}$$

$$g = \text{jarak antara dua plat } vertical \text{ yaitu } 4\frac{1}{4} \text{ in (107,95 mm).}$$

$$a = \text{lebar dari } top \text{ plate yaitu } 6\frac{1}{4} \text{ in (158,75 mm).}$$

$$e = \text{bolt essencitry adalah } 94,275 \text{ mm.}$$

$$c_{mi} = \text{adalah ketebalan minimal dari } top \text{ plate yaitu } 1,145 \text{ in (29,083 mm), menggunakan nilai } C = 30 \text{ mm.}$$

$$f = \text{jarak minimal dari pinggir } top \text{ plate ke lubang baut yaitu } 1\frac{1}{4} \text{ in (31,75 mm).}$$

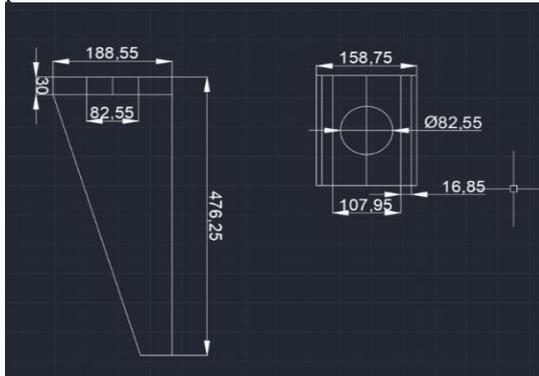
Dikarenakan untuk menyamakan dengan ukuran e sehingga baut bisa ditempatkan ditengah *top plate* maka ukuran f menjadi 94,275 mm.

h = ketinggian *anchor chair* dari *botom plate* yaitu 3 kali dari lebar *top plate* (3a) adalah 476,25 mm.

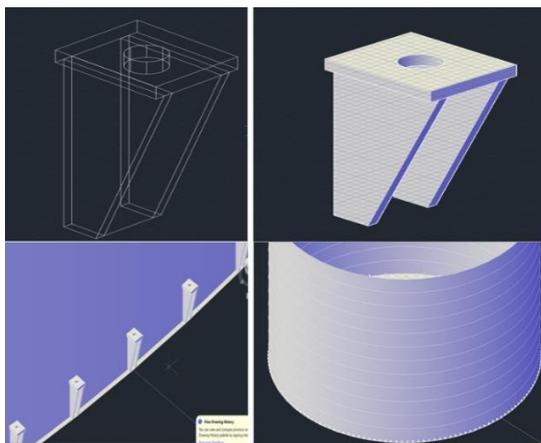
j_{min} = ketebalan minimal dari *vertical plate* yaitu $0,04(h-c)$ jadi 446,25 mm.

2.3 Pemodelan 3D anchor chair

Dari hasil perhitungan didapatkan ukuran 3D dari anchor chair yang pemodelan 3D nya dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut.



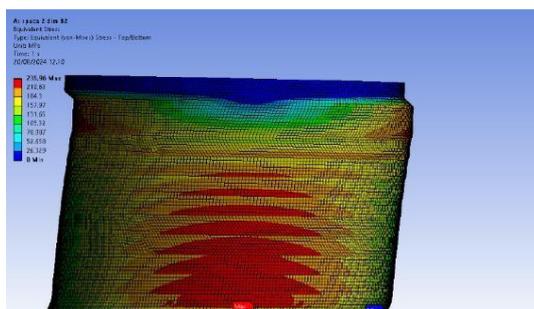
Gambar 3 Pemodelan 2D Anchor Chair



Gambar 4 Pemodelan 3D Anchor Chair

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dari simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *Ansys workbench* di dapatkan hasil analisis. Hasil analisis ini berupa distribusi tegangan *von mises* yang diterima oleh struktur. Hasil titik tegangan maksimum didapatkan dengan melakukan simulasi seperti ditunjukkan Gambar 5 dan Gambar 6 berikut.



Gambar 5 Tegangan Hasil Simulasi

Results	
Minimum	0, MPa
Maximum	236,96 MPa
Average	23,777 MPa
Minimum Occurs On	Part 14:Body 1
Maximum Occurs On	Part 2

Gambar 6 Tegangan Hasil Simulasi dan Lokasi

Berdasarkan gambar di atas tegangan yang terjadi pada shell tangki setelah penambahan desain anchor chair adalah sebesar 236,96 Mpa. Sehingga tangki mampu menahan beban gempa yang diberikan karena tegangan maksimum yang terjadi masih berada di bawah *yield strength* material tangki. ini berarti tangki bisa dikatakan stabil.

4 KESIMPULAN

Penambahan desain anchor chair sesuai perhitungan manual berdasarkan API 650 menggunakan variable seismic kota bontang berdasarkan hasil simulasi dapat mengurangi stress yang terjadi pada shell tangki akibat gempa yang terjadi. Stress yang terjadi pada shell tangki adalah 236,96 MPa yang masih dibawah yield strength material shell tangki sebesar 345 MPa sehingga dapat diketahui tangki akan stabil selama gempa terjadi sehingga meminimalisir kerusakan yang terjadi akibat gempa.

5 UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan berkat-Nya sehingga dapat menyelesaikan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

6 PUSTAKA

- [1] API 650, 13th Edition. (2020). Welded Tanks for Oil Storage. *Api, March*.
- [2] Iron, A. (1992). *Useful Information on the Design of Plate Structures*. 2(December)
- [3] Pullarcot, S. (2015). Above ground storage tanks. In *Surface Production Operations*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803722-5.00013-6>
- [4] Standards, S. A. D. (1998). Engineering Encyclopedia. *Engineering, i, 87*.