

## Computer-Based Simulation and Stress Analysis of Constructability Study for Shell Column Repair Using Finite Element Method

Muki Satya Permana

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik - Universitas Pasundan

\*Corresponding author: muki.satya@unpas.ac.id

**Abstract.** A leaking tank has a diameter of 1,950 mm, 29,100 mm height and 10 mm plate thickness. Leaks occur at an elevation of about 16,577 mm so it needs to be repaired by cutting the shell column in the form of a window cutting of about 1800 mm x 1800 mm. This paper presents calculations and shell repair steps that will be started with Column Strength Analysis when the window cutting is performed. The objective of this work is to analyze the strength of column structure using the finite element method. The value of Stress and deformation in the column experiencing window cutting are 23 MPa and 1.3 mm. From the stress aspect, the shell load has a relatively low but the deformation that occurs when window cutting is considered to be quite high. Therefore when the cutting window performed, it needs to be supported by using supporting beam which is designed to sustain the deformation. This paper is strengthened by providing implementation procedures for constructability to facilitate the implementation of window cutting work. In addition, the strength and safety aspects of the column are the main priorities that have been carefully considered.

**Abstrak.** Sebuah tanki berdiameter dalam 1.950 mm, tinggi 29.100 mm, dan tebal pelat 10 mm telah mengalami kebocoran pada elevasi 16.577 mm sehingga perlu dilakukan penggantian dengan cara *window cutting* berukuran 1800 mm x 1800 mm pada *shell column*. Makalah ini menyajikan perhitungan dan langkah-langkah perbaikan shell yang diawali dengan Analisis Kekuatan Column ketika dilakukan pemotongan pelat pada dinding shell. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis kekuatan struktur column dengan menggunakan metode elemen hingga. Hasil dari analisis tersebut adalah berupa distribusi tegangan, deformasi dan *Factor of Safety* (FOS) sebelum dan setelah dilakukan *window cutting* serta setelah pemberian *supporting beam*. Harga-harga tegangan dan deformasi pada column yang mengalami *window cutting* adalah 23 MPa dan 1.3 mm. Dari aspek tegangan, beban kerja memiliki harga yang relatif rendah namun deformasi yang terjadi saat pemotongan dinilai cukup tinggi. Oleh karena itu, maka pada saat pemotongan tersebut perlu ditopang dengan menggunakan *Supporting Beam* yang dirancang khusus agar shell column tidak terdeformasi. Makalah ini dilengkapi pula dengan prosedur pelaksanaan *constructability* yang disusun atas dasar kemudahan dalam pelaksanaan pekerjaan *window cutting*. Bersamaan dengan hal tersebut, aspek kekuatan dan keamanan column merupakan prioritas utama yang telah dipertimbangkan dengan seksama.

**Keywords:** *Shell Column, window cutting, constructability, tegangan, deformasi, factor of safety, Supporting Beam*

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

### Pendahuluan

Kebocoran tanki seringkali diperbaiki dengan cara memotong dindingnya di sekitar bagian yang rusak kemudian dilakukan penggantian. Namun tanki berdiameter 1950 mm dengan tinggi 29100 mm dan dengan posisi kebocoran pada elevasi 16.577 mm tidak mudah untuk diperbaiki mengingat area pemotongan yang besar yaitu *window cutting* berukuran 1800 mm x 1800 mm. Untuk itu maka kajian ini membahas tentang perbaikan shell yang akan diawali dengan Analisis Kekuatan Column saat *window cutting*.

Adapun output yang diinginkan dari analisis ini adalah evaluasi terhadap *constructability/stress analysis* dengan dan tanpa dan dengan menggunakan *reinforcement (stiffener)*. Hal ini dilakukan untuk menjamin agar column tetap dalam kondisi aman pada saat dilakukan pemotongan shell (*window cutting*). Untuk keperluan tersebut, maka perlu dilakukan pemodelan berbasis komputer untuk mengetahui kekuatan column ketika dilakukan pemotongan shell column. Secara garis besar, studi yang dilakukan adalah *load analysis*, pemodelan berbasis komputer, dan *stress analysis*, serta analisis kekuatan column saat

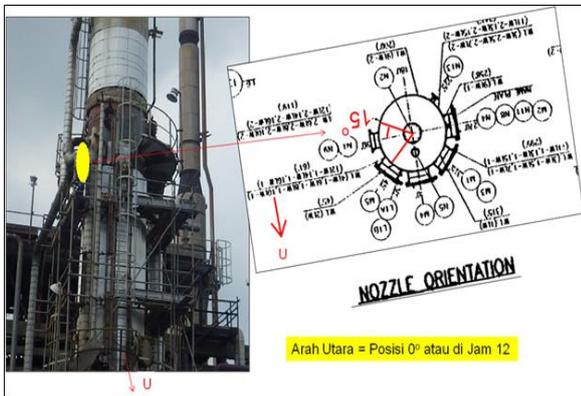
dilakukan *window cutting* pada Shell. Selanjutnya, kajian dilanjutkan dengan melakukan perancangan dan penentuan *supporting beam/stiffener* serta rekomendasi metode pemotongan yang harus diterapkan pada *shell column*. hendaknya mengerucut pada alasan dilaksanakannya penelitian. Hindari penjelasan ulang materi dari referensi yang terlalu mendetail.

### Metode Penelitian

Urutan penyelesaian masalah disusun sebagai berikut:

1. Melakukan perencanaan tahapan kajian
2. Pengumpulan data (*as built drawing*), maintenance history, survey lapangan dan diskusi teknik
3. Penentuan dan analisis beban column
4. *Solid modeling*
5. Perhitungan beban dan *load analysis*
6. Pemodelan FEM (*Finite Element Method*)
7. Analisis hasil pemodelan
8. Perancangan *supporting beam*

Posisi *window cutting* terletak pada sudut  $0^\circ$  hingga  $105^\circ$  sesuai dengan arah jarum jam (Gambar 1). Panjang tembereng (lintasan melengkung) shell bagian terluar diukur dari posisi  $0^\circ - 105^\circ$  tersebut adalah 1800 mm, begitu pula dengan sisi tegaknya berjarak 1800 mm.



Gambar 1. Penentuan posisi *window cutting*

### Hasil dan Pembahasan

Model geometri column ditampilkan pada Gambar 1. Terdapat tiga buah jenis beban yaitu *dead load* (berat pribadi column), *live load*, dan *wind load*. Berat pribadi column terdiri atas shell Column, 7 buah Platform, 32 buah Tray, 7 buah Ladder, dan 7 buah Handrail. Beban luar (*live load*) berasal dari jumlah pekerja sebanyak 10 orang yang diasumsikan berada di bagian atas column. Beban angin dihitung dari besarnya *drag force* atau gaya

tahanan pada dinding shell akibat kecepatan angin sebesar 125 km/jam mulai dari ketinggian 9 m hingga ke atas column. Seluruh massa setiap komponen diperoleh dan dihitung dari data dimensi pada *as built drawing*. Beban yang bekerja pada Column adalah:

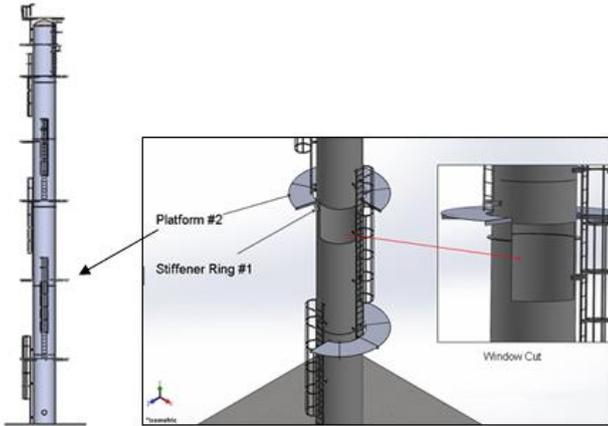
1. Dead Load (= 29.700 kg)
  - a. Shell Total = 14.329 kg
  - b. Platform = 3500 kg
  - c. Trays = 9711 kg
  - d. Ladder = 1000 kg
  - e. Handrail = 460 kg
2. Live Load, 10 orang Manpower = 700 kg
3. Wind Velocity 125 km/jam (at 9 m Height)

Model beban yang diterapkan pada column dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan model meshing diperlihatkan pada Gambar 3. Hasil pemodelan FEM sebelum *window cutting* berupa distribusi tegangan, deformasi (*displacement*), dan *Factor of Safety* (FOS) disajikan pada Gambar 4. Gambar 5 menunjukkan bagian yang mengalami pemotongan *Stiffener Ring* di area *window cut*. Selanjutnya, Gambar 6 memperlihatkan hasil rancangan *supporting beam*.

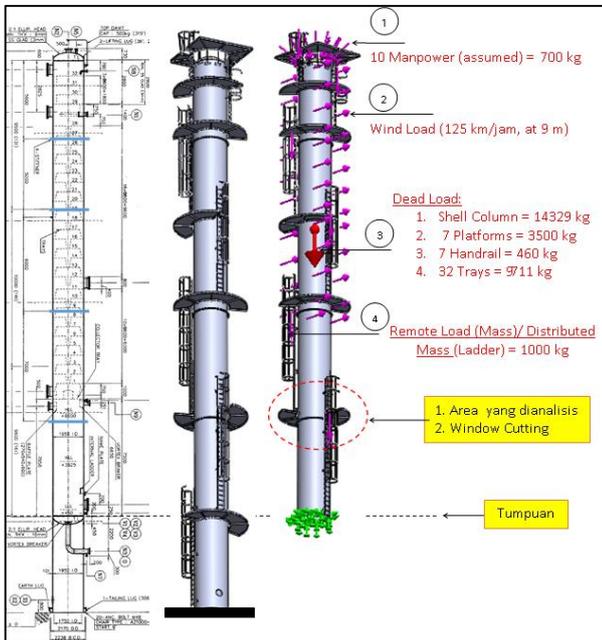
Tegangan dan deformasi pada dinding shell column eksisting tanpa *window cutting* memiliki harga yang relatif rendah yaitu sebesar 5 MPa dan 0.2 mm. Sementara itu, faktor keamanan column eksisting memiliki harga yang relatif besar yaitu diatas 20. Hal ini menunjukkan bahwa column eksisting telah dirancang dengan sangat aman. Pemotongan *Stiffener Ring* di area *window cut* tidak mengubah besaran tegangan kerja, deformasi dan *factor of safety* karena masih memiliki harga yang relatif sama dengan kondisi eksisting. Dengan demikian sekalipun dilakukan pemotongan *stiffener ring*, namun Column masih tetap dalam keadaan aman.

Hasil pemodelan pada column yang mengalami *window cutting*, tegangan dan deformasi pada dinding shell column setelah mengalami *window cutting* meningkat menjadi 23 MPa dan 1.3 mm. Sementara itu, faktor keamanan column turun menjadi 11. Hal ini menunjukkan bahwa column yang telah mengalami *window cutting* berada dalam kondisi yang tidak aman terutama bagi proses *window cutting* karena pada dinding *shell column* telah terjadi deformasi yang cukup signifikan.

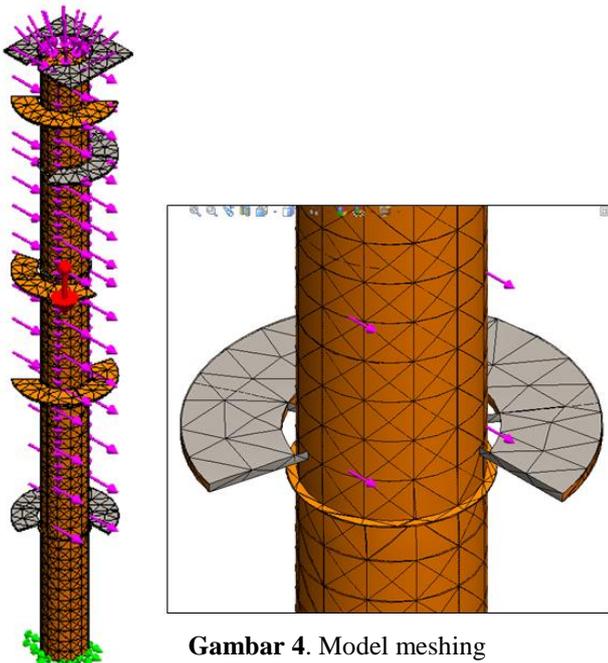
Setelah dilakukan pemasangan *supporting beam*, tegangan dan deformasi mengalami penurunan. Terdapat empat tipe *supporting beam*. Rangkuman seluruh hasil disajikan pada tabel 1.



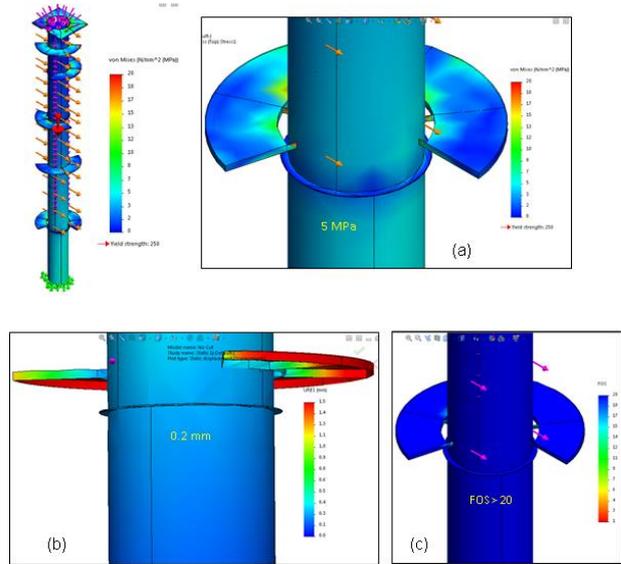
Gambar 2. Model geometri after cutting



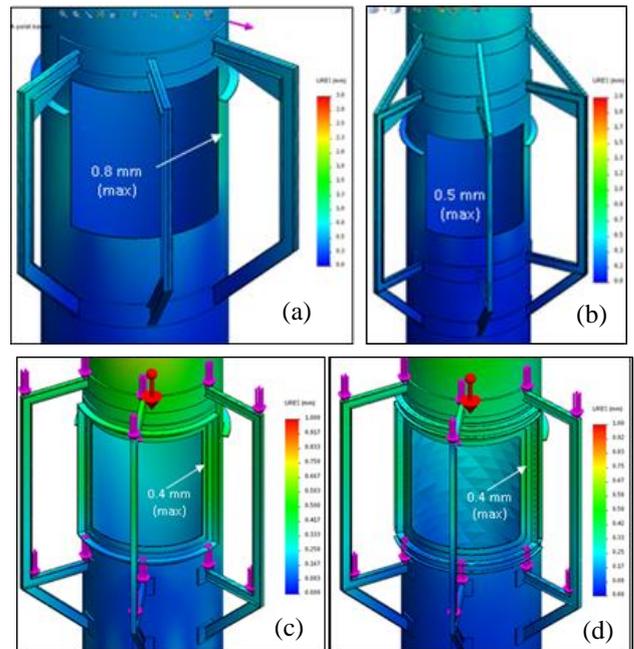
Gambar 3. Model pembebanan



Gambar 4. Model meshing



Gambar 5. Distribusi tegangan (a), deformasi (b), dan FOS (c) pada column eksisting (tanpa window cutting) akibat dead load, live load, dan wind load



Gambar 6. Deformasi pada column yang mengalami window cutting dengan 4 tipe supporting beam.

Tabel 1. Rangkuman hasil pemodelan

Column Condition	Wall Stress (MPa)	Displacement - max (mm)	FOS (min)
No Cutting	5	0.2	> 20
Window Cutting	23	1.3	11
SB Tipe A	20	0.8	13
SB Tipe B	14	0.5	19
SB Tipe C	13	0.4	20
SB Tipe D	13	0.4	20

SB: Supporting Beam

## Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil analisis kekuatan struktur Column ini adalah:

1. Pemotongan *Stiffener Ring* di area *window cut* tidak mengubah besaran tegangan kerja, deformasi dan *factor of safety* karena masih memiliki harga yang relatif sama dengan kondisi eksisting. Dengan demikian sekalipun dilakukan pemotongan *stiffener ring*, namun Column masih tetap dalam keadaan aman.
2. Column berada dalam kondisi aman apabila dilakukan *window cutting* dengan menggunakan supporting beam tipe C (Tipe Figura Pelat) atau tipe D (Tipe Figura I-Beam).
3. Dipandang dari aspek kemudahan pembuatan dan efisiensi proses pengelasan maka direkomendasikan untuk menggunakan supporting beam tipe D (Tipe Figura I-Beam).

## Penghargaan

Ucapan terima kasih disampaikan kepada berbagai pihak yang telah mendorong dalam penyelesaian penelitian ini. Sejujurnya disampaikan pula bahwa kelancaran berlangsungnya penelitian ini berkat perhatian tulus sejumlah pribadi yang amat antusias dalam pencapaian tujuan penelitian khususnya pada perhitungan kekuatan selama dilakukan perbaikan Shell Column.

## Referensi

- [1] Santoso, G. dan Permana, M. S., 2017, Analisis Tegangan Pada Batang Utama Mekanisme Bukaannya Payung Raksasa, *Journal Dinamika Teknik Mesin* 7 (2017)108-117, <http://dinamika.unram.ac.id/index.php/dinamika>
- [2] Permana, M. S., 2018, Re-Drawing Dan Perhitungan Kekuatan Struktur Penopang Mesin Press 1 Cavity - Hydraulic Cylinder Atas. Technical Report.
- [3] Permana, M. S., 2017, Analisis Kekuatan, Remaining Life Assessment, dan Constructability Study pada Stack F-8-03 di Unit Hydrogen Plant - Area HCC. Technical Report.
- [4] Permana, M. S., 2017, Analisis Kekuatan Sambungan Pipa dengan Menggunakan Finite Element Analysis. Technical Report.
- [5] Permana, M. S., 2014, Structural Analysis of Furnace due to Replating, (Aided by SAP 2000 & SolidWorks 14). Technical Report.
- [6] Permana, M. S., 2013, Constructability Study for Repair DFAH (*Direct Fired Air Heater*) di Unit RCC (*Residue Catalitic Cracking*). Technical Report.