

# ANALISIS KEKUATAN VARIASI PELAT BERPENEGAR PADA DASAR KAPAL FPSO DENGAN KAPASITAS 370.000 BOPD

Safitri<sup>1)</sup>, Muhammad Zubair Muis Alie<sup>2)</sup>, dan Taufiqur Rachman<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Alumni Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

<sup>2)</sup>Dosen Departemen Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

Email: [safitriFebrianti112@gmail.com](mailto:safitriFebrianti112@gmail.com)

## Abstrak

Aspek terpenting dari struktur FPSO ialah konfigurasi material dan kekuatan struktur yang digunakan dalam desainnya. Dalam penelitian ini dilakukan analisis kekuatan pelat berpenegar pada dasar kapal FPSO dengan kapasitas 370.000 BOPD dengan tujuan menganalisa tegangan kerja dan deformasi yang terjadi pada pelat berpenegar kapal pada kondisi beban merata yang diterima oleh struktur pelat *bottom*. Pembebanan momen lentur batas vertikal yakni pada kondisi tekan. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan cara memodelkan pelat dengan jarak gading 600 mm, kondisi syarat batas jepit keliling, dan sendi keliling lima *stiffener*. Hasil yang diperoleh menunjukkan grafik hubungan antara tegangan dan regangan sebagai akibat dari pengaruh konfigurasi material dan pembebanan yang terjadi. Pemodelan dilakukan dengan jumlah *stiffener* yang diamati 5 *stiffener* menggunakan software ANSYS<sup>TM</sup>. Hasil tegangan kerja tertinggi terjadi pada kondisi syarat batas sendi keliling sebesar 363,698 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan terendah terjadi pada kondisi syarat batas jepit keliling dengan tegangan sebesar 320,925 N/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** FPSO, tegangan, tarik, tekan, metode elemen hingga

## PENDAHULUAN

Sistem *floating production storage and offloading* (FPSO) telah menjadi metode utama yang digunakan pada daerah produksi minyak dan gas lepas pantai di seluruh dunia termasuk FPSO milik *Husky Oil* (Madura) Ltd. yang beroperasi di laut Jawa dengan kapasitas sebesar 370.000 BOPD (Husky Oil, 2017). *Stiffener* adalah bantalan pengaku (pelat) yang digunakan pada titik tumpuan suatu balok ketika balok tidak memiliki kemampuan pada badan profil untuk mendukung reaksi akhir atau beban terpusat. Batas untuk kondisi ini antara lain leleh lokal pada *web* (*web local yielding*), *web crippling* dan tekuk lokal *web*. Tekuk lokal *web* dapat terjadi bila balok diberi gaya tekan terpusat dan pergerakan lateral antara *flange* tekan dan *flange* tarik yang terbeban, tetap sejajar saat terjadi tekuk pada *web* (Aghayere and Virgil, 2009).

Pada kasus ini, dibahas tentang besar deformasi dan konsentrasi tegangan pada pelat sisi akibat beban dan perbedaan kondisi pembebanan yaitu pada kondisi tarik dan tekan. Suatu pelat berpenegar memiliki kekakuan yang disebabkan oleh penegar. Penegar pada pelat berfungsi sebagai penguat sehingga momen inersia struktur yang berpenegar akan menjadi lebih besar. Hal ini akan mempengaruhi besar lenturan dan konsentrasi tegangan pada pelat. Selain itu, dimensi penegar yang digunakan adalah salah satunya fungsi dari jarak penegar yang mana beban tersebut konstan terhadap luas alas.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui tegangan kerja yang terjadi pada pelat berpenegar dasar kapal FPSO pada kondisi tekan dan tarik dan mengetahui deformasi yang terjadi pada pelat berpenegar dasar kapal FPSO. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi metode untuk penyelesaian pelat berpenegar pada kondisi syarat batas yang bervariasi dalam menentukan lenturan dan konsentrasi tegangan dengan metode elemen hingga.

## TINJAUAN PUSTAKA

FPSO merupakan bangunan pengeboran dan penyimpanan minyak lepas pantai yang bersifat *portable*, dalam artian dapat berpindah-pindah. Adapun hasil pemisahan dari produk pengeboran adalah *crude oil*, air dan gas. Pelat adalah elemen horisontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke kerangka pendukung vertikal dari



suatu sistem struktur. *Stiffener* adalah bantalan pengaku (pelat) yang digunakan pada titik tumpuan suatu balok ketika balok tidak memiliki kemampuan pada badan profil untuk mendukung reaksi akhir atau beban terpusat. Suatu pelat berpenegar memiliki kekakuan yang disebabkan oleh penegar. Penegar pada pelat berfungsi sebagai penguat sehingga momen inersia struktur yang berpenegar akan menjadi lebih besar. Hal ini akan mempengaruhi besar lenturan dan konsentrasi tegangan pada pelat sisi. Selain itu, dimensi penegar yang digunakan adalah salah satunya fungsi dari jarak penegar. Variasi jarak penegar akan mengakibatkan perbedaan ukuran dimensi penegar yang digunakan pada tiap-tiap jarak gading (Putranto and Imron, 2012).

Tegangan atau tekanan merupakan besaran gaya per satuan luas tampang. Sehingga besar tegangan yang dialami batang prismatik tersebut masing-masing sebesar  $T/A$  dan  $P/A$ . Tegangan (*stress*) didefinisikan sebagai perbandingan antara perubahan bentuk dan ukuran benda bergantung pada arah dan letak gaya luar yang diberikan. Adapun regangan (*strain*) didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang atau pendek batang dengan ukuran mula-mula.

Elastisitas adalah sifat benda yang setelah diberi gaya dan kemudian gaya dihilangkan tetap dapat kembali ke bentuk semula. Apabila batas elastisitas tercapai dalam konstanta Young atau modulus Young, maka benda akan mencapai batas deformasi yang berarti tidak dapat kembali ke bentuk semula (disebut plastis). Elastisitas benda kemudian dinyatakan dalam tegangan, regangan, dan menjadi dasar fenomena benda yang disebut pegas sebagaimana Hukum Hooke. Sesuai hukum Hooke, tegangan sebanding dengan regangan. Hal ini berlaku di dalam batas elastis. Perbandingan tegangan satuan  $\sigma$  untuk regangan satuan  $\epsilon$  dari setiap bahan yang diberikan dari hasil eksperimen, memberikan suatu ukuran kekuatannya, yaitu elastisitas E, yaitu:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1)$$

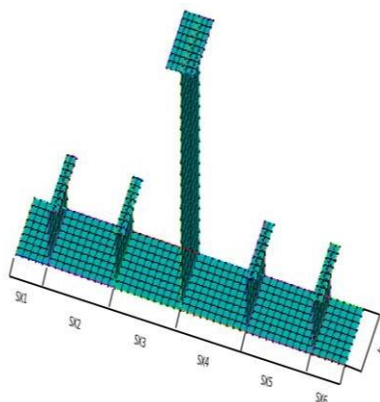
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (3)$$

dimana ( $\Delta L$ ) adalah peubah bentukan aksial total panjang (mm), F adalah beban aksial total (N), L adalah panjang batang (mm), A adalah luas penampang batang (mm<sup>2</sup>), E adalah modulus elastisitas bahan (N/mm<sup>2</sup>), dan  $\epsilon$  adalah peubah bentukan atau regangan.

## MODEL STRUKTUR

Penelitian ini menggunakan metode *Non Limit Finite Elemen Methode* (Metode Elemen Hingga), dengan teknik pengumpulan data yaitu studi literatur dan pemodelan objek yang diteliti adalah dasar pelat berpenegar pada kapal FPSO. Pemodelan struktur dan running analisis menggunakan software ANSYS<sup>TM</sup>. Adapun hasil yang ingin diperoleh adalah tegangan kerja pelat yang terjadi pada pelat berpenegar dengan kondisi beban merata.



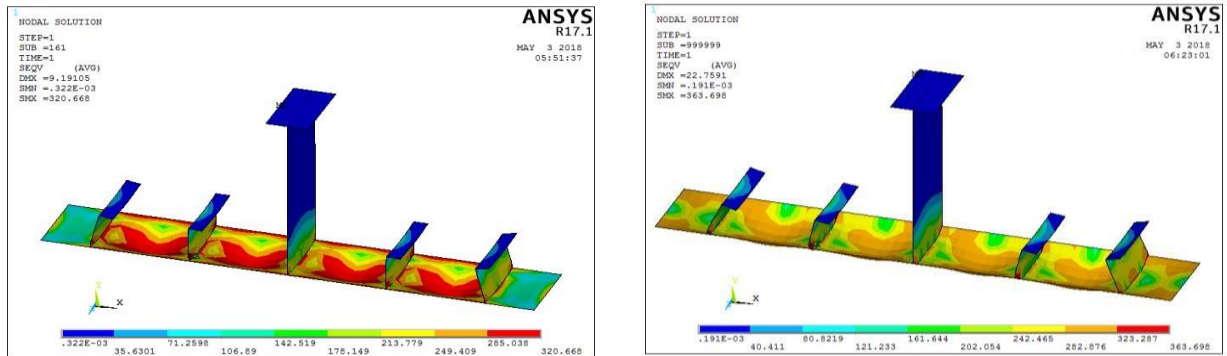
**Gambar 1.** Model pelat berpenegar

Dalam pemodelan jarak antara penegar ( $s_x$ ) disesuaikan dengan ukuran asli dari jarak antar penegar tersebut, yang divariasikan hanyalah jarak antar gading ( $b$ ) dan jumlah penegar  $L$ . Hal ini dilakukan untuk mempermudah menganalisa pengaruh penegar terhadap besarnya tegangan tekuk (*buckling stress*) pelat berpenegar. Adapun jumlah

plat berpenegar yang diamati yaitu 5 stiffener dan memiliki jarak antar gading sebesar 600 mm dan jenis tumpuan yang digunakan yaitu tumpuan jepit keliling dan sendi keliling.

## HASIL ANALISIS

Berikut Gambar 2 adalah hasil analisis tegangan pada kondisi tekan dengan kondisi syarat batas jepit keliling dan sendi keliling menggunakan software ANSYS™.



(a) Tegangan Von Mises pada kondisi tekan tumpuan jepit keliling dan jarak gading 600 mm

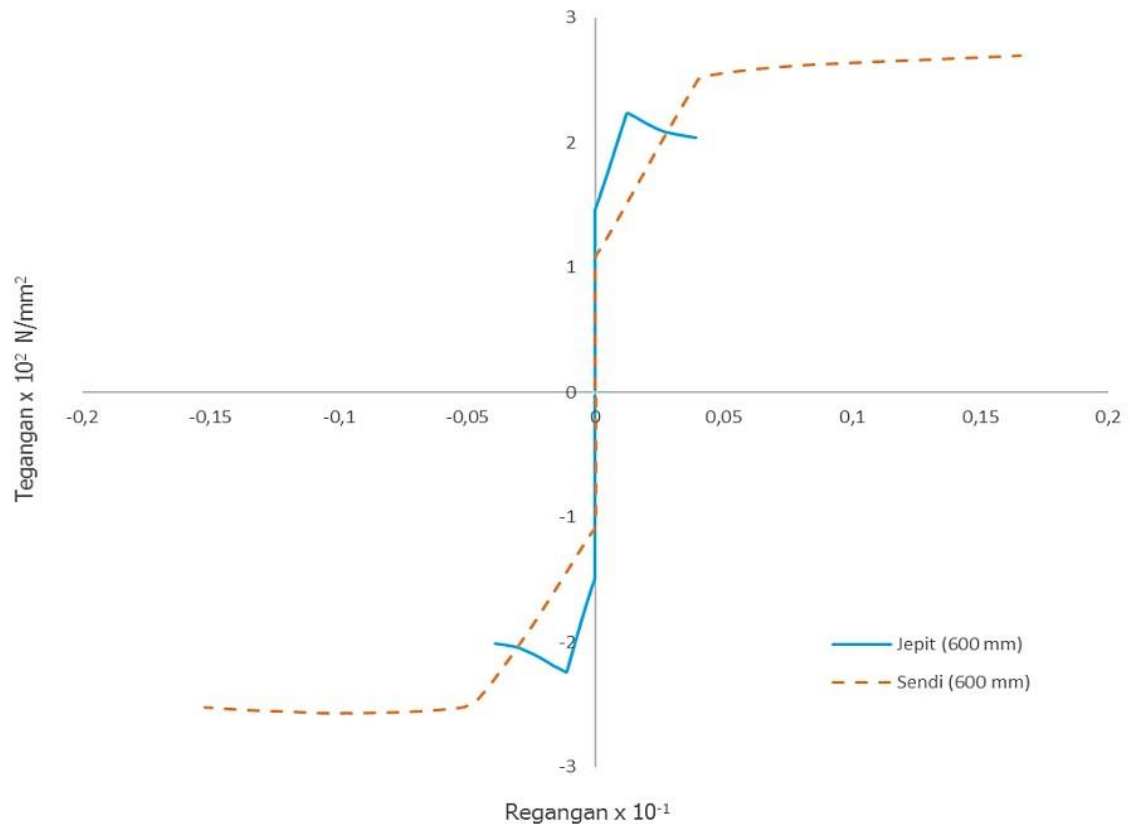
(b) Tegangan Von Mises pada kondisi tekan tumpuan sendi keliling dan jarak gading 600 mm

**Gambar 2.** Tegangan pada pelat

Seperti yang dapat terlihat pada Gambar 2.a tegangan maksimal yang terjadi pada pelat *bottom* pada kondisi tekan dengan tumpuan jepit keliling dan jarak gading 600 mm adalah sebesar 320,668 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada pada Gambar 2.b tegangan maksimal yang terjadi pada pelat *bottom* pada kondisi tekan dengan tumpuan sendi keliling dan jarak gading 600 mm adalah sebesar 363,698 N/mm<sup>2</sup>. Berdasarkan Gambar 2 terlihat pada area pelat berwarna merah yang menunjukkan tegangan kerja maksimum dimana tegangan kerja maksimum melewati batas dari tegangan izin sebesar 315 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan pada area stiffener atau penegar berwarna biru yang menunjukkan tegangan kerja minimum dimana tegangan kerja tidak melewati batas dari tegangan izin yang artinya struktur dalam keadaan aman.

Gambar 3 terlihat bahwa tegangan yang bekerja pada struktur cenderung berkurang akibat perbedaan kondisi syarat batas, dimana tegangan tertinggi terjadi pada kondisi syarat batas sendi keliling sebesar 363,698 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan terendah terjadi pada kondisi syarat batas jepit keliling dengan tegangan sebesar 320,925 N/mm<sup>2</sup>.

Berdasarkan Gambar 3 terlihat pula perbedaan nilai regangan yang dihasilkan dimana nilai regangan berdasarkan perbandingan pada model 2 dimana pada kondisi syarat batas sendi keliling memiliki nilai regangan lebih besar dibandingkan dengan pada kondisi syarat batas jepit keliling. Karena perbedaan nilai regangan, kemiringan grafik tegangan luluh antara kondisi batas jepit keliling dan sendi keliling memiliki perbedaan yang cukup jauh dimana pada kondisi syarat batas jepit keliling memiliki kemiringan yang kecil dibandingkan dengan kondisi syarat batas sendi keliling.



**Gambar 3.** Kurva Tegangan Regangan dengan jarak gading 600 mm

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisa respon pelat berpenegar pada dasar kapal FPSO pada model perbedaan *boundary condition* dengan kondisi beban merata sebesar 6 N maka dapat ditarik kesimpulan bahwa tegangan yang bekerja pada struktur cenderung berkurang akibat perbedaan kondisi syarat batas, dimana tegangan tertinggi terjadi pada kondisi syarat batas sendi keliling sebesar 363,698 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan terendah terjadi pada kondisi syarat batas jepit keliling dengan tegangan sebesar 320,925 N/mm<sup>2</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aghayere, A., and Vigil, J., 2009, Structural Steel Design, United States of America.  
 Husky Oil (Madura) Ltd., 2017, Madura BD Field Development Feed Project, Jakarta.  
 Putranto, T., and Ashjhar, I., 2012, Analisa Pengaruh Variasi Jarak Gading Terhadap Lenturan dan Tegangan pada Pelat Sisi dengan Metode Elemen Hingga. Jurnal Teknik Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Vol. 1 No.1.