

PENGARUH OPTIMASI BEBAN RANGKA TUBULAR TERHADAP ANALISIS KEKUATAN TEKUK DAN KELELAHAN PADA *FIXED OFFSHORE PLATFORM*

Adriani Phady, Astika Rajmi, Fitri Ramadhani, Muhammad Teguh Perdana Andalan, Salsabila Aski dan
Muhammad Zubair Muis Alie

Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Email: adrianiphady18@gmail.com

Abstrak

Artikel ini membahas mengenai pengaruh optimasi beban rangka tubular terhadap analisis kekuatan tekuk dan kelelahan pada *fixed offshore platform*. Anjungan lepas pantai tipe *fixed* digunakan sebagai platform produksi atau pemulihan minyak di laut dangkal, dan juga diterapkan pada struktur pendukung turbin angin *Offshore* dalam beberapa tahun terakhir. Struktur jaket biasanya dirancang untuk menjadi konservatif dan besar sesuai dengan berbagai kode desain. Dalam kasus ini, kekuatan dan kelelahan struktural metode perancangan struktur platform jaket berdasarkan beban maksimum yang bekerja pada rangka tubular. Pengaruh beban tekuk dan beban lateral juga memberikan pengaruh yang signifikan, tidak hanya terhadap beban tekuk kritis tetapi juga terhadap deformasi dan tumpuan tegangan. Analisis umur kelelahan menunjukkan bahwa struktur rangka tubular yang diamati melalui pembebanan optimal menunjukkan respon terhadap berbagai beban yang bekerja. Hal ini mungkin disebabkan oleh gambaran respon tegangan, yang merupakan parameter penting dalam menentukan umur kelelahan. Material dan ukuran dimensi struktur yang mempengaruhi optimasi dari pergerakan struktur. Retak ekstensi dan korosi tidak dipertimbangkan. Untuk menilai kekuatan tekuk dan kelelahan struktur ini, karena bentuk konfigurasi setiap rangka tubular dari *fixed offshore platform*, yang terbatas dianalisis dengan metode elemen hingga (FEM) diadopsi. Analisis tekuk dilakukan pada struktur ini oleh mempertimbangkan bidang dua dimensi untuk mendapatkan beban tekuk kritis untuk rangka tubular; Analisis umur kelelahan kemudian dihitung untuk menghasilkan umur kelelahan tersebut struktur. Hasil yang diperoleh FEM dibandingkan dengan solusi analitik untuk beban tekuk kritis. Kurva tegangan-regangan juga diterapkan untuk menunjukkan optimasi beban yang bekerja pada rangka tubular.

Kata kunci: Rangka tubular, kekuatan, kelelahan, metode elemen hingga, *fixed offshore platform*

PENDAHULUAN

Fixed offshore platforms merupakan struktur yang unik karena bertempat di lepas pantai dan fungsi utama struktur adalah alat industri dalam proses pengeboran, produksi minyak dan gas. Desain yang kuat dari struktur tersebut bergantung pada spesifikasi beban yang diterima oleh struktur tersebut. Beban pada struktur *offshore* diantaranya adalah *gravity loads* dan *environmental loads*. Sebagai *platform* fondasi teknik kelautan, *platform* jaket adalah bagian pendukung utama dari struktur lepas pantai, yang umumnya bekerja di kedalaman 10m hingga 200m. Platform jaket sangat luas digunakan sebagai platform produksi atau pemulihan minyak di laut dangkal, dan juga diterapkan pada struktur pendukung turbin angin lepas pantai dalam beberapa tahun terakhir. Beban lingkungan pada benda selama masa hidup meliputi; Beban ini dibebankan pada platform melalui fenomena alam seperti angin, arus, gelombang, gempa bumi, salju dan gerakan bumi. Desain, analisis, dan konstruksi pada bangunan struktur lepas pantai sesuai dengan kondisi lingkungan *offshore* yang ekstrem adalah tugas yang paling menantang dan kreatif. Dibandingkan dengan struktur di darat, struktur lepas pantai telah berbentuk kompleks karena ditempatkan di lingkungan laut di mana efek interaksi hidrodinamik dan respon dinamis menjadi pertimbangan utama dalam desain mereka. Oleh karena itu, struktur platform jaket yang baik sangat penting untuk masa pemakaiannya. Sebagai salah satu *platform* lepas pantai yang paling awal muncul, desain struktural *platform* jaket menjadi semakin berkembang. Namun, dengan pertimbangan ekonomi hijau dan energi laut baru yang berkembang dalam beberapa tahun terakhir, desain platform jaket mengedepankan persyaratan baru. Struktur desain baru harus meningkatkan kinerja struktural dan mengurangi biaya produksi. Untuk desain dan pembuatan anjungan lepas pantai tradisional,



anjuan biasanya dirancang untuk menjadi konservatif dan besar, untuk memastikan eksploitasi normal sumber daya dan keselamatan pekerja, yang menyebabkan biaya tinggi selama proses pembuatan dan pemasangan. Banyak sarjana meneliti metode optimasi untuk struktur pendukung lepas pantai (Tian *et al*, 2019).

Fixed Offshore Platform adalah jenis struktur kolom yang tidak hanya menahan beban aksial tetapi juga beban lateral. Beban aksial umumnya didistribusikan ke semua kaki jaket dalam arah vertikal. Sebaliknya, beban lateral bekerja pada komponen struktur, seperti diagonal dan horizontal brace, termasuk elemen jaket. Konfigurasi brace atau anggota tubular pada struktur jaket tetap memainkan peran penting terhadap perilaku struktural lokal dan global sehingga mode kegagalan struktur dapat terjadi dalam situasi apa pun. Biasanya ketika kaki struktur mengalami tekanan, kaki struktur sangat baik dan kuat. Kaki struktur tidak akan gagal kecuali dengan menghancurkan atau melebihi tegangan luluh, dan kelelahan tidak akan terjadi pada elemen yang di kompresi. Namun, jika geometri kaki struktur dibuat sedemikian rupa sebuah "kolom" maka tekuk bisa terjadi. Tekuk sangat berbahaya karena ini adalah "kegagalan bencana" yang tidak memberi peringatan. Ini merupakan keagagalan struktural yang sering mengakibatkan kehancuran total sistem dan tidak seperti tegangan luluh, mungkin tidak ada tanda-tanda bahwa keruntuhan akan segera terjadi. Para pekerja engineer harus selalu aktif dan waspada terhadap kegagalan tekuk (Muis Alie, 2016). Dalam penelitian ini, pengaruh bentuk konfigurasi simetris dan asimetris pada analisis tekuk dan kelelahan di *fixed offshore platforms*. Dua jenis struktur lepas pantai fixed jacket merupakan objek analisis. Beban aksial dan beban lateral (gelombang) dipertimbangkan dan diterapkan pada kedua struktur. Materi dan dimensi dari kedua struktur diasumsikan konstan dan homogen untuk memastikan efek dari bentuk konfigurasi simetris dan asimetris pada analisa tekuk dan kelelahan. Untuk perhitungan sederhana, dan untuk mengurangi hasil yang tidak terkait mengenai tujuan target, ekstensi retak dan korosi tidak dipertimbangkan. Untuk menilai tekuk dan kekuatan lelah struktur ini, karena bentuknya yang simetris dan asimetris, metode elemen hingga (FEM) digunakan. Sebagai kasus mendasar, analisis tekuk dilakukan pada struktur ini dengan mengambil bidang dua dimensi (2D) pertimbangan untuk mendapatkan beban tekuk kritis untuk bidang lokal, diikuti oleh perhitungan analisis umur kelelahan. Hasil yang diperoleh dengan FEM dibandingkan dengan solusi analitik untuk beban tekuk kritis, dan kurva tegangan-regangan diterapkan untuk menunjukkan perbedaannya antara bentuk simetris dan asimetris dari dua struktur, termasuk umur kelelahannya. Beban aksial ditempatkan secara vertikal ke bawah ke semua kaki jaket, dan beban lateral diterapkan secara horizontal ke semua komponen struktural. Sebagai kasus fundamental, kekuatan tekuk analisis dua struktur dipertimbangkan dalam bidang 2D. Ini merupakan kondisi batas kaki jaket yang diidealkan untuk diperbaiki di tingkat bawah. Untuk menilai kekuatan tekuk, terbatas pada metode elemen hingga yang dilakukan. Hasil yang diperoleh melalui FEM akan digunakan untuk menyelidiki perilaku struktur lokal dan global (Muis Alie *et al*, 2015).

MODEL STRUKTUR

Metode elemen hingga digunakan untuk menghitung kekuatan tekuk terhadap beban aksial. Hanya struktur jaket yang dipertimbangkan untuk dianalisis (komponen struktur dek tidak disertakan). Beban gelombang mengenai langsung struktur jaket dan tidak bekerja pada struktur dek. Inilah mengapa hanya struktur jaket yang dianalisis. Dua jenis anjuan lepas pantai tetap dipilih untuk dievaluasi untuk beban tekuk kritis dan tegangan tekuk kritis. Jumlah elemen untuk konfigurasi bentuk dan asimetris adalah masing-masing 127 dan 140. Jumlah titik grid ditentukan berdasarkan model 3D untuk konfigurasi bentuk simetris dan asimetris di FEM (Muis Alie, 2016). Untuk menghitung kekuatan tekuk, dilakukan Metode Elemen Hingga di luar. Hanya struktur jaket yang dipertimbangkan untuk dianalisis. Komponen struktur geladak tidak termasuk. Beban tekan aksial didistribusikan secara vertikal ke bawah ke semua kaki jaket. Sedangkan beban lateral (beban gelombang) dihitung berdasarkan teori gelombang Airy dan ditempatkan pada member bresing termasuk elemen kaki jaket. Pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan beban gelombang dengan menggunakan Finite Metode elemen. Pengganda bobot sendiri diset nol saat penghitungan dilakukan menggunakan FEM. Hal ini dilakukan karena metode analisis tidak mempertimbangkan pengaruh tersebut, yaitu metode analisis melakukan analisis klasik. Evaluasi beban tekuk kritis dianalisis dengan mempertimbangkan bidang x-z dan tiga bay dari dua struktur jaket. Tampak atas, samping, dan depan identik untuk dua struktur. Satu contoh diambil yaitu tampilan depan dan tiga bay diperiksa. Tegangan tekuk dapat mengacu pada proses di mana struktur tidak dapat mempertahankan bentuk aslinya. Sebuah konsekuensi tekuk pada dasarnya adalah masalah geometri dasar yang terjadi defleksi besar sehingga mengubah struktur. Fenomena tekukan atau tekuk dapat terjadi pada kolom, pelat dan rangka. Analisis kekuatan tekuk untuk struktur rangka kaku sederhana telah dilakukan dan dianalisis oleh Timoshenko, (1985) Struktur dianggap di mana suatu rangka dengan anggota vertikal terkompresi bebas bergerak secara lateral di bagian atas. Jika bingkai memiliki sumbu simetri vertikal,

setiap anggota vertikal dapat dianggap secara terpisah sebagai batang terkompresi bebas di bagian bawah dan dibangun secara elastis di ujung atas. (Muis Alie *et al*, 2015).

ANALISIS KASUS

Menurut Muis Alie (2016) Kondisi batas diasumsikan tetap pada kedua struktur di dasar laut. Material dan dimensi, termasuk lebar, kedalaman, diameter, dan ketebalan member diatur agar konstan. Sebagai perhitungan sederhana untuk mendapatkan beban tekuk kritis, penampang bidang dipertimbangkan. Dalam hal ini, strukturnya simetris pada bidang apa pun. Dalam model FEM (*Finite Element Method*), faktor modifikasi properti untuk luas ditetapkan sebesar 100.000 dan faktor modifikasi properti untuk luas geser ditetapkan sebesar 0. Faktor modifikasi ini diberlakukan pada kedua struktur. Pengganda bobot sendiri ditetapkan nol saat perhitungan dilakukan menggunakan FEM. Ini karena metode analisis tidak mempertimbangkan efek ini (yaitu metode analisis melakukan analisis klasik). Salah satu keuntungan utama dari metode ini adalah pengurangan upaya komputasi, karena struktur tidak perlu didiskritisasi menjadi sejumlah besar elemen untuk konvergensi dan karenanya metode ini bisa lebih berguna dalam tahap pra-desain. Keuntungan lain dari metode ini adalah efek deformasi geser diperhitungkan langsung dari properti geometris menara dengan menggunakan fungsi stabilitas berdasarkan Timoshenko balok-kolom, tanpa perlu matematika kecerdasan untuk mempertimbangkan efek tersebut. Selain itu, analitik yang diusulkan Metode menggunakan konsep dasar dan lebih umum dari sudut pandang teknik struktural, ini berarti insinyur dapat dengan cepat memvisualisasikan parameter yang memengaruhi desain. Untuk memvalidasi metode yang diusulkan, studi banding dilakukan, menganalisis tiang berawak menggunakan metode yang diusulkan dan model numerik melalui penggunaan elemen hingga oleh SAP 2000 perangkat lunak (Paez *et al*, 2017). Studi ini menyajikan rincian analisis FE non-linier yang digunakan untuk menyelidiki perilaku struktural termasuk buckling dan kekuatan tertinggi dari pelat lengkung. Hasil yang diperoleh menunjukkan pengaruh kelengkungan, defleksi awal, rasio kelangsingan dan rasio aspek, kondisi batas dan perilaku tekuk sekunder. Pengaruh rasio kelangsingan pelat lengkung sangat mempengaruhi kekuatan ultimat, yang serupa dengan pelat datar. Tekuk sekunder terjadi pada rasio kelangsingan 3,45 dan sudut sayap 5°. Kekuatan ultimat dievaluasi lebih rendah dibandingkan dengan rasio kelangsingan 4,14, karena ini mempengaruhi perilaku tekuk sekunder, yang secara tiba-tiba menurunkan kekakuan bidang dalam sepanjang arah longitudinal pada pelat lengkung. Kekuatan ultimat dipengaruhi secara sensitif karena rasio aspek yang berubah dari pelat lengkung dengan sudut sayap 5°. Formula Faulkner yang dimodifikasi dikembangkan untuk memprediksi kekuatan pamungkas pelat lengkung di bawah kompresi aksial. Keakuratan formula Faulkner yang dimodifikasi yang diplotkan diperiksa dengan perbandingan dengan solusi elemen hingga. Formula yang dikembangkan dapat diterapkan pada pelat melengkung dengan rasio aspek antara 1,0 dan 5,0 pada lebar tetap 1000 mm. Ketebalan dianggap dari 8mm hingga 40 mm, dan defleksi awal maksimum dari pelat lengkung diklasifikasikan menjadi dua jenis, tingkat tipis dan rata-rata dari rumus Smith (Park *et al*, 2018).

Platform lepas pantai jacket terkena lingkungan korosi laut untuk jangka waktu yang lama. Material baja dalam platform dapat rusak karena reaksi kimia atau elektrokimia. Berdasarkan perbedaan mekanisme korosi dan lingkungan korosi, paparan jacket platform dapat diklasifikasikan menjadi lima zona, yaitu zona atmosfer, zona percikan, zona pasang surut, zona terendam atau zona subsoil. Laju korosi baja berbeda di setiap bagian platform. Laju korosi baja di zona atmosfer, zona bawah tanah dan zona terendam relatif rendah. Kedalaman korosif rata-rata tahunan adalah 0,02-0,2 mm (Yang *et al*, 2019). Platform jacket terutama terdiri dari dua bagian. Satu bagian terutama berisi geladak, dan fasilitas serta peralatan lainnya, yang disebut struktur atas. Ini dapat digunakan untuk tempat pengumpulan dan pemrosesan minyak dan gas, situs kehidupan manusia dan penggunaan lainnya. Bagian lainnya terdiri dari jacket dan tiang pancang pipa baja, yang biasa dikenal sebagai struktur pendukung. Ini dapat digunakan untuk mendukung fasilitas dan peralatan atas. Jacket adalah rangka ruang yang tersusun dari kolom kaki dan *brace*. Kolom kaki berlubang, dan tiang pancang pipa baja menembus ke dasar laut melalui kaki untuk memperbaiki jacket dan mengirimkan beban atas. Penyangga vertikal dan horizontal antara kolom kaki disebut penyangga untuk mentransmisikan beban dan memastikan stabilitas keseluruhan struktur. Kolom kaki, tiang, dan *brace* bekerja bersama untuk membentuk struktur pendukung platform jacket. Karena kolom kaki, tiang dan penyangga adalah struktur tubular, mereka dapat dimodelkan secara efektif dan akurat menggunakan elemen pipa. Jenis elemen yang digunakan di sini adalah PIPE59, yang memiliki enam derajat kebebasan di setiap node. Dan itu adalah elemen uniaksial dengan kemampuan kompresi tegangan, torsi, dan tekukan. Selain itu, beban elemen meliputi efek hidrodinamik dan apung air dan massa elemen termasuk massa tambahan air dan bagian dalam pipa. Oleh karena itu, elemen PIPE59 sangat berguna untuk simulasi anggota pipa dan tumpukan jacket di bawah permukaan laut. Sistem koordinat diatur di permukaan air dan dasar di empat sudut adalah permukaan lumpur.



Bagian atas direpresentasikan sebagai massa yang disatukan, diterapkan melalui batasan multi-titik pada model atas. Batasan diterapkan batasan tetap, sedangkan efek kaki platform dengan tanah setara dengan batasan tetap. Beban yang diterapkan pada struktur jaket untuk kondisi ultimit yaitu beban aksial dan gelombang (Tian *et al*, 2019).

HASIL DAN DISKUSI

Platform lepas pantai telah lama terlibat dalam operasi produksi di laut. Kondisi laut dan meteorologi di zona kerja berdampak besar terhadap keselamatan struktural dan efisiensi operasional. Oleh karena itu, menentukan beban lingkungan dan kondisi cuaca dari anjungan merupakan tugas pertama yang harus dipertimbangkan dalam desain struktur lepas pantai. Struktur lepas pantai menanggung banyak beban lingkungan, termasuk beban angin, beban gelombang, beban arus, beban es laut dan beban gempa. Dalam makalah ini dilakukan analisis optimasi topologi struktur tubuh kontinu dengan beban angin, beban arus dan beban gelombang pada kondisi ekstrim. Analisis statis dan analisis dinamis jaket sebelum dan sesudah dilakukan optimasi di bawah beban lingkungan yang sama. Dalam berbagai kondisi lingkungan, besaran beban bervariasi sedikit dengan ketinggian beban angin dan beban es laut, sehingga dihitung sebagai nilai konstan. Untuk beban angin dan beban arus, dapat dihitung dengan kriteria yang sesuai. Untuk beban es, beban kikir es sangat besar. Namun, hal tersebut tidak dipertimbangkan dalam analisis berikut, karena jaket seringkali dilengkapi dengan struktur pemecah es kerucut. Untuk beban gelombang dan arus, besarnya sangat bervariasi dengan kedalaman dan waktu perairan. Hal tersebut dapat diungkapkan melalui teori gelombang dan persamaan Morrison. Terlihat bahwa beban gelombang dan arus berubah secara berkala, dan memiliki nilai maksimum pada periode $\frac{3}{4}$ (Tian *et al*, 2019).

Vaz *et al* (2017) Anggota tubular lepas pantai mengalami kondisi korosif ekstrim di lingkungan laut. Meskipun sudah menggunakan proteksi sistem sebagai pelapis dan/atau proteksi katodik, kerusakan korosi pada struktur ini telah dilaporkan selama bertahun-tahun. Kerusakan kronologis struktur pipa oleh korosi yang mengakibatkan perforasi meningkatkan kerentanan struktur terhadap tekuk lokal dan perlunya perbaikan. Penting untuk mengetahui efek perforasi terhadap kapasitas anggota tubular mengingat semakin banyak *platform* yang tersisa dalam layanan melewati masa pakai desain aslinya dan perlu dinilai ulang atau dikualifikasi ulang. Model elemen hingga dikembangkan, menggunakan elemen shell, untuk masing-masing dari lima belas sampel mereproduksi geometri terukur, ketebalan dan hubungan konstitutif material aktual. Koordinat node shell diperoleh dengan menggunakan pemindai laser tiga dimensi untuk memetakan dan merekonstruksi permukaan luar sampel. Teknik rekayasa terbalik digunakan dalam kombinasi interpolasi dari sejumlah besar pengukuran ketebalan ultrasonik untuk menerapkan variasi ketebalan pada geometri yang direkonstruksi selama simulasi. Sampel utuh gagal karena ketidakstabilan (elastis atau plastik), sedangkan pada sampel berlubang faktor konsentrasi tegangan di sekitar perforasi dan momen lentur sekunder lokal yang disebabkan oleh eksentrisitas sentroid dikombinasikan dengan pengurangan luas dan inersia mempengaruhi kapasitas sisa beban. Hasil dari analisis model numerik menunjukkan akurasi yang cukup dan kesepakatan yang baik dengan yang langsung diukur dari sampel anggota tubular berlubang eksperimental dalam hal perpindahan beban aksial dan regangan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa ukuran perforasi merupakan variabel terpenting dalam menentukan besarnya penurunan kuat tekan.

Beban tekuk kritis yang diperoleh FEM untuk bentuk simetris lebih besar dari pada solusi analitik. Namun, tekuk kritis untuk bentuk asimetris lebih kecil dari solusi analitis. Perbedaan hasil ini mungkin disebabkan oleh konfigurasi member struktur dan rasio lebar kolom. Beban tekuk kritis kemungkinan besar disebabkan oleh pengaruh *batter* atau kemiringan struktur, yang tidak identik jika struktur agak tegak lurus. Ini dijelaskan saat struktur rangka kaku mempertimbangkan beban tekan aksial, dan saat tekuk kritis dihitung. Selain itu, struktur tidak memiliki penahan horizontal di bagian bawah di antara dua komponen vertikal. Dalam hal ini tekuk hanya terjadi pada arah horizontal karena adanya kendala pada bagian bawah. Namun, beban tekuk kritis dan deformasi dipengaruhi oleh ketidakstabilan perilaku kolom, sehingga reaksi end support memberikan estimasi yang wajar antara perhitungan Timoshenko dan Gere (1985) dan CSI (2014). Elemen nonlinier geometris penuh untuk rangka dan kabel memiliki telah dikembangkan dengan formulasi FEM yang sesuai. Kapan elemen-elemen ini dipasangkan dengan algoritma lanjutan, pendekatannya dapat sepenuhnya mengatasi respons statis dan dinamis nonlinier dari menara pria. Respon kompleks dari menara guyed dapat menjadi pra-ditelusuri dengan cermat bahkan saat ada defleksi besar (Shi and Salim, 2015).

Umur kelelahan untuk struktur simetris lebih kecil dari pada struktur asimetris. Hal ini mungkin disebabkan oleh spektrum respons stres. Spektrum respons stres merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan umur kelelahan. Ini dapat dianggap sebagai beberapa spektrum gelombang dan persegi RAO. Dari sudut pandang ini, dapat disimpulkan bahwa analisis beban tekuk kritis dan umur kelelahan merupakan aspek yang sangat penting



dalam desain anjungan lepas pantai. Dalam hal ini, struktur khususnya konfigurasi elemen seperti brace dan / atau member diagonal dari anjungan lepas pantai tetap memainkan peran penting dalam mendukung tidak hanya kompresi aksial tetapi juga tekanan lateral akibat pembebanan lingkungan dan komponen dek struktural. Jelas bahwa deformasi lokal dan global untuk struktur asimetris selalu lebih besar dari deformasi tersebut. Ini adalah konsep dasar dari penelitian sebelumnya untuk menganalisis beban tekuk kritis yang dievaluasi oleh Timoshenko dan divalidasi menggunakan FEM yang dilakukan oleh CSi. Dari sudut pandang ini, oleh karena itu, dua struktur jaket tetap juga dihitung menggunakan kode Analisis Elemen Hingga SAP untuk mengevaluasi beban tekuk kritis termasuk pemendekan ujung beban dari hubungan tegangan-regangan. Hanya struktur jaket yang dipertimbangkan untuk dianalisis. Komponen struktur dek tidak termasuk. Beban tekan aksial didistribusikan secara vertikal ke bawah ke semua kaki jaket. Sedangkan beban lateral (beban gelombang) dihitung berdasarkan teori gelombang airy dan ditempatkan pada bresing termasuk elemen kaki jaket. Perhitungan beban gelombang juga dilakukan dengan menggunakan metode Elemen Hingga (Muis Alie, 2016). Beban tekuk kritis yang dihitung oleh FEM disimulasikan dengan mengambil bay pertama, kedua dan ketiga untuk bentuk simetris dan asimetris. Dalam kasus ini, hanya satu rongga yang dipilih dan yang lainnya dihitung dengan prosedur serupa. Misalnya, satu ruang di bagian atas struktur jaket dipilih. Dengan asumsi bahwa dukungan bawah adalah kondisi tetap. Beban tekuk kritis yang diperoleh dengan analisis FE dibandingkan dengan solusi analitik untuk bentuk simetris dan asimetris dan hasilnya dirangkum dalam tabel 1 dan 2, masing-masing. Berdasarkan hasil penelitian, beban tekuk kritis yang diperoleh FEM untuk bentuk simetris lebih besar dari solusi analitik. Sedangkan untuk bentuk asimetris, tekuk kritis lebih kecil dari solusi analitik. Perbedaan hasil ini mungkin disebabkan oleh konfigurasi member struktur dan rasio lebar kolom. Perlu diperhatikan bahwa lebar kolom untuk setiap bay berbeda dari atas ke bawah struktur (Muis Alie *et al*, 2015).

KESIMPULAN

- (1). Beban tekuk kritis (Pcr) diperoleh dengan Analisis FE untuk bentuk simetris dan asimetris sesuai dengan standar metode analisis. Deformasi terbesar terjadi pada bentuk asimetris. Jumlah elemen dan konfigurasi komponen struktural yang sangat berbeda dapat menyebabkan efek ini.
- (2). Dari hasil analisis bentuk simetris dan asimetris, deformasi terbesar terjadi dalam bentuk asimetris. Ini efek dapat disebabkan oleh jumlah elemen dan konfigurasi komponen struktural.
- (3). Hubungan tegangan-regangan bentuk asimetris lebih besar dibandingkan dengan simetris karena konfigurasi anggota struktural. Pengaruh beban lateral juga signifikan mempengaruhi tidak hanya beban tekuk kritis tetapi juga konsentrasi tegangan, deformasi dan tumpuan tegangan.
- (4). Analisis umur kelelahan menunjukkan bahwa struktur kolom simetris lebih kecil dari pada kolom asimetris. Hal ini mungkin disebabkan oleh gambaran respons stres, yang merupakan parameter penting dalam menentukan umur kelelahan.
- (5). Dengan menggunakan model optimasi yang diusulkan, massa dari struktur jacket berkurang 13.7%. Ini mengindikasikan massa dari struktur jacket dapat berkurang secara signifikan dengan menggunakan model optimasi yang diusulkan.

REFERENSI

- Muis Alie *et al*, 2015, The Effect of Symmetrical and Asymmetrical Shape in Buckling Strength on Fixed Offshore Platform, International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE), 1365-1371.
- Muis Alie, 2016, The Effect of Symmetrical and Asymmetrical Configuration Shapes on Buckling and Fatigue Strength Analysis of Fixed Offshore Platforms, International Journal of Technology, Vol. 6, 1107-1116.
- Paez *et al*, 2017, Analysis of guyed masts by the stability functions based on the Timoshenko beam-column, Engineering Structures, Vol. 152, 597-606.
- Park *et al*, 2018, Numerical investigation and development of design formula for cylindrically curved plates on ships and offshore structures, Thin-Walled Structures, Vol. 132, 93-110.
- Shi and Salim, 2015, Geometric nonlinear static and dynamic analysis of guyed towers using fully nonlinear element formulations, Engineering Structures, Vol. 99, 492-501.
- Tian *et al*, 2019, Topology Optimization Design for Offshore Platform Jacket Structure, Applied Ocean Research, Vol. 84, 38-50.



- Vaz *et al*, 2017, Experimental and numerical analyses of the ultimate compressive strength of perforated offshore tubular members, *Marine Structures*, Vol. 58, 1–17.
- Yang *et al*, 2019, Seismic Collapse Performance of Jacket Offshore Platforms with Time-Variant Zonal Corrosion Model, *Applied Ocean Research*, Vol. 84, 268-278.



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).