

Pengaruh Brace terhadap Kekuatan Kaki Struktur Helideck dalam Menahan Beban Pendaratan Darurat Helikopter

Anwar^{1*}, Ganding Sitepu¹, Muhammad Zubair Muis Alie¹

¹Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km.6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

*Email: anwar.st.07@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.112018.11

Abstrak

Brace dan kaki struktur menjadi perhatian penting dalam merencanakan struktur *helideck*. Penelitian ini bertujuan menghitung kekuatan kaki struktur *helideck* terhadap variasi *brace* dalam menahan beban pendaratan darurat helikopter. Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Struktur Departemen Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Data yang digunakan adalah struktur *helideck* FSO Geudondong PT. Pertamina Shipping Indonesia corporation. Perhitungan tegangan dan pemodelan struktur menggunakan *software* SACS, analisis pendaratan darurat helikopter dibagi menjadi tiga arah pendaratan yaitu arah transversal, logitudinal dan arah diagonal. Dalam mencari dimensi kaki yang optimal maka dilakukan pengurangan tebal dan diameter kaki struktur *helideck* sebesar 10%, 20%, 30% dan 40% dengan empat variasi model *brace* yaitu *brace* X, K, N dan Y. Hasil perhitungan tegangan maksimum yang bekerja terjadi pada posisi pendaratan diagonal pada posisi D4 dengan tegangan kerja sebesar 49,86 N/mm² dan nilai IR 0,45. Interaksi rasio (IR) yang terjadi pada kaki struktur pada pengurangan dimensi 40% sebesar (*brace* X = 0,99), (*brace* K = 1,19), (*brace* N = 1,04), (*brace* Y = 1,03). Model *brace* yang paling lemah dalam menahan beban pendaratan darurat helikopter adalah model *brace* K dengan (IR = 1,19) dan model *brace* yang paling kuat adalah *brace* X dengan IR = 0,99.

Abstract

The effect of Brace on the Leg Strength of Helideck Structure to hold the Load of Helicopter's Emergency Landing. Brace and leg structure are important concern in planning a helideck structure. The objective of this study is to calculate the leg strength of helideck structure on brace variations to hold the load of helicopter's emergency landing. The research was conducted in Structure Laboratory of Naval Engineering Department, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, using helideck structure data of FSO Geudondong, Pertamina Shipping Indonesia Corporation. Strength analyzing and structure modeling used SACS software. The analysis of helicopter's emergency landings is divided into three landing directions. They are transversal direction, longitudinal and diagonal directions. In searching the optimal leg dimension, we reduce the thickness and diameter of leg's helideck structure by 10%, 20%, 30% and 40% with four variations of the brace model. They are brace X, K, N and Y. The maximum stress calculation result which work in landing diagonal position on D4 position with working stress of 49.86 N / mm² and IR value of 0.45. Interaction ratio (IR) that occurs on the legs of the structure in dimension reduction of 40% by (brace X = 0.99), (brace K = 1.19), (brace N = 1.04), (brace Y = 1.03). The weakest brace model in holding helicopter's emergency landing loads is the K brace model with (IR = 1.19) and the strongest brace model is brace X with IR = 0.99.

Kata Kunci: Kekuatan struktur, pendaratan darurat, variasi brace

1. Pendahuluan

Kegiatan eksplorasi minyak dan gas dilakukan dalam periode waktu yang lama dan biasanya kegiatan ini dilakukan di laut yang dalam serta jauh dari daratan. Untuk memudahkan transportasi *crew/client* serta untuk evakuasi dalam kondisi darurat dan medis diperlukan transportasi yang cepat, nyaman, dan mudah yaitu helikopter. Sehingga anjungan lepas pantai harus

dilengkapi dengan *helideck* untuk proses pendaratan helikopter. Struktur ini harus dirancang sedemikian rupa agar memiliki interaksi yang tepat dengan platform. Selain itu *helideck* dan struktur pendukungnya merupakan elemen penting keselamatan karena perannya dalam proses evakuasi darurat, dan juga selama operasi normal [1].

Platform fixed jacket adalah jenis struktur kolom yang menahan beban aksial dan beban



lateral. Beban aksial umumnya didistribusikan ke semua kaki jaket dalam arah vertikal dan sebaliknya, beban lateral bekerja pada komponen struktural, seperti diagonal dan horizontal *brace*, termasuk elemen jaket [2]. *Helideck* merupakan tempat pendaratan dan lepas landas helikopter pada anjungan bangunan lepas pantai [3]. Anjungan bangunan lepas pantai memiliki fasilitas *helideck* khususnya anjungan yang cukup jauh dari pantai. Ukuran serta dimensi *helideck* pada anjungan lepas pantai sangatlah bervariasi, karena disesuaikan dengan panjang helikopter keseluruhan [4]. Peningkatan struktur *helideck* semakin besar dikarenakan Jumlah struktur anjungan lepas pantai yang meningkat seiring meningkatnya permintaan minyak dan gas [5].

Kekuatan struktur *helideck* menjadi perhatian penting karena kekuatan struktur merupakan kemampuan struktur dalam menahan gaya atau beban yang bekerja [6]. Kekuatan dianalisis berdasarkan beban-beban yang bekerja pada struktur *helideck*, atau berat helikopter, bahan atau material utama struktur *helideck* adalah baja. Untuk mengetahui apakah rancangan struktur *helideck* tersebut aman sesuai dengan kriteria maka perlu kajian kekuatan struktur dengan melakukan perhitungan beban serta simulasi pembebanan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga [7].

Dalam merencanakan struktur *helideck* penentuan model *brace* struktur sangatlah penting untuk dilakukan, dimana menurut [8] *brace* memiliki fungsi untuk meningkatkan kekakuan pada kaki struktur *helideck* sehingga struktur tersebut memiliki tingkat kekuatan yang tinggi. Model *brace* memiliki banyak tipe model antara lain *brace* X, K, N, Y, T. Model tersebut masing-masing memiliki bentuk dan karakteristik yang berbeda sehingga model tersebut dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan struktur. Tipe *brace* juga mempertimbangkan masalah ekonomi dalam hal ini efektivitas biaya konstruksi *helideck*.

Beban helikopter yang digunakan dalam merancang struktur *helideck* pada anjungan lepas pantai yaitu menggunakan berat maksimum dari helikopter [9]. Dimensi helikopter memiliki ukuran panjang, berat serta diameter baling-baling yang bervariasi sehingga pemilihan tipe helikopter

disesuaikan dengan kebutuhan operasional pada anjungan lepas pantai yang akan dibangun dan dioperasikan.

2. Metode Penelitian

2.1. Data Penelitian

Data struktur yang digunakan adalah model struktur *helideck* FSO Geudondong PT. Pertamina Indonesia dengan data sebagai berikut:

Ukuran utama *helideck*:

1. Struktur : Helideck
2. Tinggi : 17,85 meter
3. Luas pendaratan : 19,5 x 19,5 m

Data Helikopter [10]

1. Nama helikopter : Eurocopter
2. Tipe : EC 225
3. Panjang keseluruhan : 19,50 Meter
4. Berat maksimum : 10,4 ton
5. Diameter Rotor : 16,18 Meter

Data Komponen struktur *helideck* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi material struktur helideck

Bagian	Ukuran(mm)	Jenis profil
Kaki struktur	Ø =355 t = 19	Tubular
Brace 1	Ø =168 t = 11	Tubular
Brace 2	Ø =219 t = 15	Tubular
a. Gelagar geladak	WF 400x10x15x10	Wide Flange
Girder	L 160x100x12	L
Pelat	12	

Beban helikopter yang digunakan adalah berat maksimum dari helikopter, dalam perhitungan beban pendaratan darurat helikopter menurut [4] adalah 2,5 x berat maksimum helikopter ditambah dengan faktor dinamis 1,3 x berat maksimum helikopter. Tegangan yang bekerja pada struktur *helideck* harus lebih kecil dari tegangan yang di ijinakan atau $IR \leq 1$. Interaksi rasio sendiri merupakan hasil kombinasi dari tegangan kerja aksial dan tegangan kerja bending dibagi dengan tegangan yang dijinakan [6]. dengan persamaan sebagai berikut:

$$IR = \frac{\sigma_a}{\sigma_{ai}} + \frac{\sigma_b}{\sigma_{bi}} \quad (1)$$



dimana:

- σ_a : Tegangan kerja aksial
- σ_b : Tegangan kerja bending
- σ_{ai} : Tegangan ijin aksial
- σ_{bi} : Tegangan ijin bending

2.2. Analisis dengan software SACS

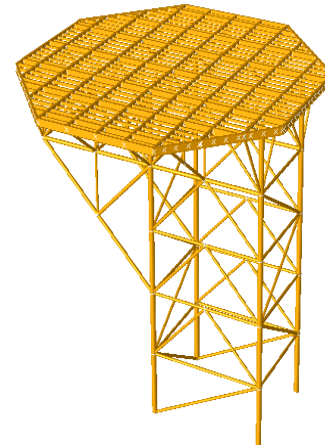
SACS adalah software yang digunakan untuk Perhitungan dinamik dan statik baik untuk struktur *offshore* maupun untuk aplikasi teknik sipil umum. SACS memiliki beberapa analisis program struktur yang sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Untuk menjalankan SACS, dibutuhkan data geometri, dimensi member, property material dan kondisi lingkungan yang dijadikan sebagai input pada program tersebut. Program SACS menghasilkan solusi umum yang mengandung *displacement joint* dan gaya *internal*. Proses pada program akan menggunakan data tersebut dalam menganalisis kekakuan struktur dengan menggunakan beberapa codes structural. Dengan *software* SACS, dilakukan pemodelan struktur *helideck* serta analisis kekuatan dan tegangan yang bekerja sehingga akan mengeluarkan hasil yang sesuai dengan pemodelan dan analisis yang dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemodelan struktur helideck dengan SACS

Pada proses pemodelan struktur helideck langkah pertama yang dilakukan adalah membuka tap modeling pada software SACS, proses pemodelan ini adalah kegiatan menyambung elemen-elemen struktur seperti *member* yang disambungkan antar *joint* baik itu secara vertikal ataupun secara horizontal sehingga membentuk suatu model bangunan yang utuh yaitu model struktur *helideck*. Setelah model struktur terbentuk maka langkah selanjutnya adalah mengatur spesifikasi material yang digunakan seperti modulus elastis, tegangan luluh bahan, tebal material, diameter kaki struktur dan unsur-unsur lain pada struktur. Pemodelan struktur *helideck* sendiri disesuaikan dengan data yang dimiliki baik itu untuk ukuran luasan *helideck* ataupun ukuran dimensi pada struktur *helideck* itu sendiri.

Berikut adalah model struktur *helideck* yang telah dibuat pada software SACS seperti pada Gambar 1.



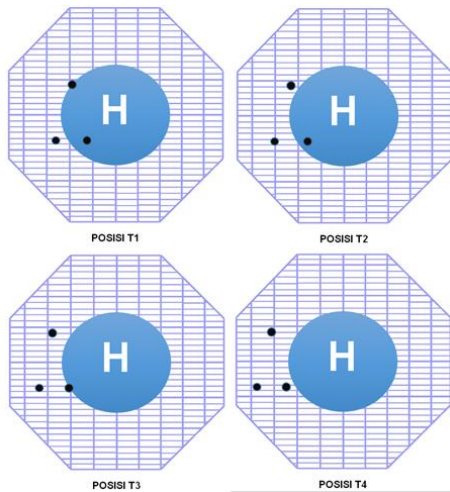
Gambar 1. Model helideck 3 dimensi

3.2. Posisi Pendaratan

Pada posisi pendaratan helikopter terdapat tiga arah pendaratan dengan masing-masing memiliki empat posisi jarak pendaratan yang berbeda beda, posisi pendaratan ini diberi nama pendaratan arah transversal, arah logitudinal dan pendaratan arah diagonal, pendaratan posisi transversal memiliki 4 posisi yaitu posisi T1, T2, T3, dan Posisi T4 sedangkan arah logitudinal yaitu posisi L1, L2, L3, Posisi L4 dan arah diagonal yaitu posisi D1, D2, D3 dan posisi D4.

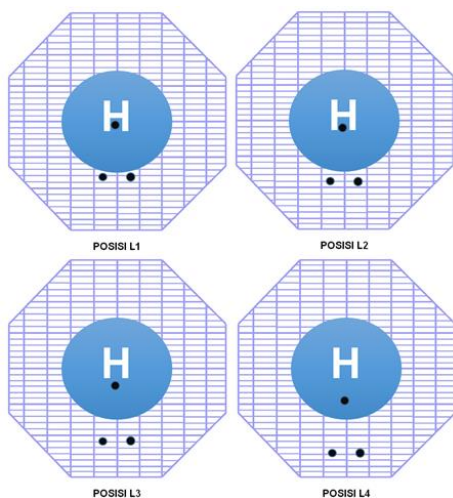
- Pendaratan darurat arah transversal

Pendaratan arah transversal merupakan pendaratan darurat dengan lokasi pendaratan menyimpang ke kiri dari arah pendaratan normal helikopter. Posisi T1 merupakan posisi pendaratan yang bergeser ke luar lingkaran pendaratan helikopter dengan jarak roda belakang sebelah kiri helikopter berada 1 meter dari lingkaran pendaratan normal helikopter, selanjutnya posisi pendaratan T2 posisi roda sebelah kiri menyimpang 2 meter, posisi pendaratan T3 menyimpang 3 meter dan posisi pendaratan T4 menyimpang 4 meter ke arah kiri luar lingkaran pendaratan normal helikopter. Untuk memperjelas posisi pendaratan darurat helikopter dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pendaratan darurat arah transversal

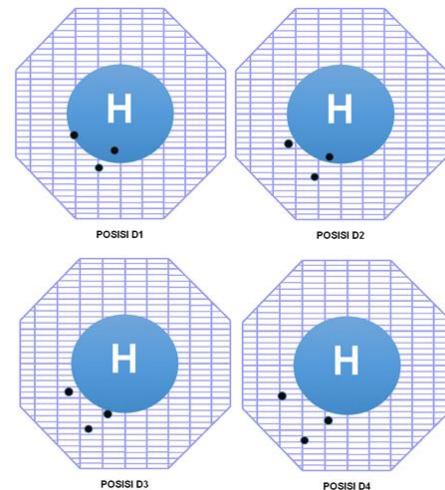
- Pendaratan darurat arah logitudinal
 Pendaratan arah logitudinal yaitu posisi pendaratan darurat yang menyimpang ke arah belakang pendaratan helikopter dimana pada pendaratan arah logitudinal, dua roda belakang helikopter berada diluar lingkaran pendaratan normal. Pada arah logitudinal terdapat empat simpangan yaitu posisi L1 menyimpang 1 meter, L2 menyimpang 2 meter, L3 menyimpang 3 meter dan Posisi L4 menyimpang 4 meter. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pendaratan darurat arah longitudinal

- Pendaratan darurat arah diagonal
 Pendaratan arah diagonal merupakan pendaratan darurat dengan lokasi pendaratan menyimpang ke kiri dari arah pendaratan normal helikopter secara diagonal. Posisi D1 merupakan

posisi pendaratan yang bergeser ke luar lingkaran pendaratan helikopter dengan jarak roda belakang sebelah kiri helikopter berada 1 meter dari lingkaran pendaratan helikopter, selanjutnya posisi pendaratan D2 posisi roda sebelah kiri menyimpang 2 meter, posisi D3 menyimpang 3 meter dan posisi D4 menyimpang 4 meter ke arah kiri luar lingkaran pendaratan helikopter dengan arah diagonal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pendaratan darurat arah diagonal

Posisi pendaratan diatas merupakan posisi kemungkinan pendaratan darurat helikopter. Pendaratan normal adalah pendaratan yang dilakukan didalam lingkaran [2]. lingkaran berwarna biru merupakan area pendaratan dimana helikopter pada saat mendarat secara normal berada diarea lingkaran tersebut.

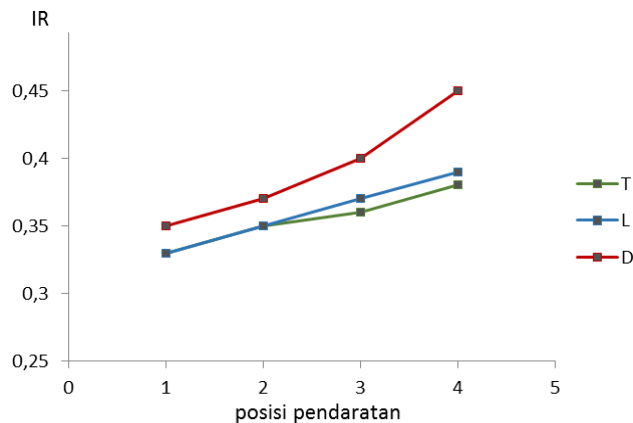
3.3. Hasil Analisis Pendaratan Darurat

Analisis pendaratan darurat merupakan analisis untuk mengetahui dampak pembebanan helikopter pada saat melakukan pendaratan darurat untuk posisi yang beragam yang kemungkinan dapat terjadi pada struktur *helideck*. Seperti yang dijelaskan diatas posisi pendaratan darurat helikopter berjumlah 12 posisi pendaratan dengan 3 arah pendaratan. Pada analisis ini proses running pada *software* SACS dilakukan untuk tiap-tiap posisi pendaratan sehingga masing-masing posisi memiliki data hasil running seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Pendaratan darurat helicopter

Jarak Pendaratan	Interaksi Rasio (IR)		
	T	L	D
1	0,33	0,33	0,35
2	0,35	0,35	0,37
3	0,36	0,37	0,40
4	0,38	0,39	0,45

Hasil dari Tabel 2 menunjukkan bahwa pendaratan darurat dengan nilai IR terbesar adalah pendaratan darurat dengan posisi pendaratan arah diagonal dengan jarak empat meter dengan Posisi D4. Posisi pendaratan tersebut merupakan posisi yang paling besar memberikan gaya kepada kaki struktur *helideck* sehingga posisi pendaratan darurat D4 dipilih dan digunakan pada pembebanan pendaratan darurat untuk model *brace* dan pembebanan pada proses pengurangan dimensi kaki struktur *helideck*. Hasil pendaratan darurat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. grafik IR pendaratan darurat helicopter

3.4. Hasil Pengurangan Dimensi Kaki Struktur

Proses ini dilakukan dengan pengurangan dimensi antara diameter dan ketebalan kaki struktur *helideck* secara bertahap mulai dari 10%, 20%, 30%, hingga 40%. Masing-masing struktur dihitung berdasarkan variasi *brace*. simulasi ini dilakukan untuk mengetahui berapa diameter dan ketebalan kaki struktur yang optimum dengan berbagai variasi *brace*. Berikut hasil perhitungan tegangan dan IR untuk tiap-tiap model *brace*.

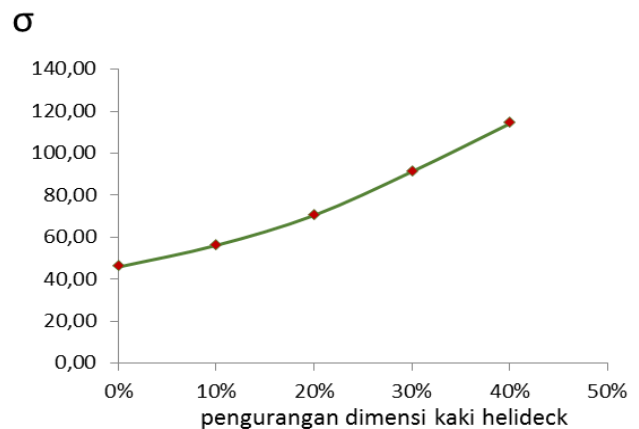
- Model *brace* X

Dari hasil running analisis pada helideck dengan model *brace* X maka diperoleh tegangan maksimum dan nilai IR untuk masing – masing pengurangan dimensi pada kaki struktur seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Tegangan dan IR model brace X

Pengurangan dimensi	σ (N/mm ²)	IR
0%	45,88	0,40
10%	56,16	0,48
20%	70,46	0,60
30%	91,25	0,78
40%	114,12	0,99

Hasil running menunjukkan tegangan kerja model *brace* X untuk pengurangan dimensi kaki struktur 0% sebesar 45,88 N/mm² sedangkan untuk tegangan maksimum pada pengurangan 40% adalah sebesar 114,12 N/mm². Adapun nilai pengurangan dimensi terhadap tegangan kerjamaksimum dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tegangan terhadap pengurangan dimensi

- Model *brace* N

Dari hasil running analisis pada software SACS maka diperoleh hasil tegangan kerja maksimum dan nilai IR pada model *brace* N seperti pada Tabel 4.

Dari hasil running analisis, model *brace* N memiliki tegangan kerja pada pengurangan dimensi 0% sebesar 46,24 N/mm² sedangkan untuk pengurangan dimensi sebesar 40% tegangan kerja maksimum sebesar 116,87 N/mm². Adapun data

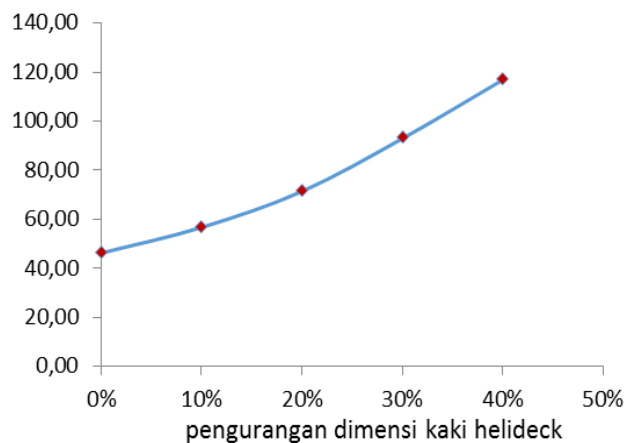


perbandingan antara tegangan kerja dan pengurangan dimensi dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 4. Tegangan dan IR model brace N

Pengurangan dimensi	σ (N/mm ²)	IR
0%	46,24	0,42
10%	56,72	0,50
20%	71,40	0,62
30%	92,94	0,81
40%	116,87	1,04

σ



Gambar 7. Tegangan terhadap pengurangan dimensi

- Model brace Y

Dari hasil running analisis pada model brace Y maka diperoleh tegangan maksimum yang bekerja dan nilai IR seperti pada Tabel 5.

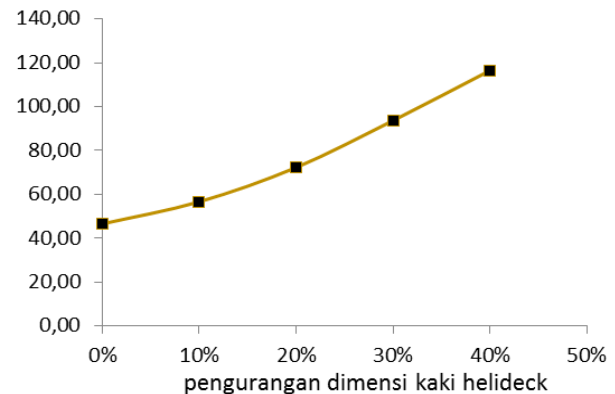
Tabel 5. Tegangan dan IR model brace Y

Pengurangan dimensi	σ (N/mm ²)	IR
0%	46,60	0,40
10%	56,66	0,48
20%	72,31	0,62
30%	93,69	0,80
40%	116,50	1,03

Hasil running analisis model brace Y menunjukkan tegangan kerja pada pengurangan dimensi 0% sebesar 46,60 N/mm² sedangkan tegangan kerja maksimum pada pengurangan dimensi 40% sebesar 116,50 N/mm². Adapun

nilai tegangan terhadap pengurangan kaki struktur seperti pada Gambar 8.

σ



Gambar 8. Tegangan terhadap pengurangan dimensi

- Model brace K

Hasil analisis antara tegan kerja maksimum dan nilai IR untuk model brace K dapat dilihat pada Tabel 6.

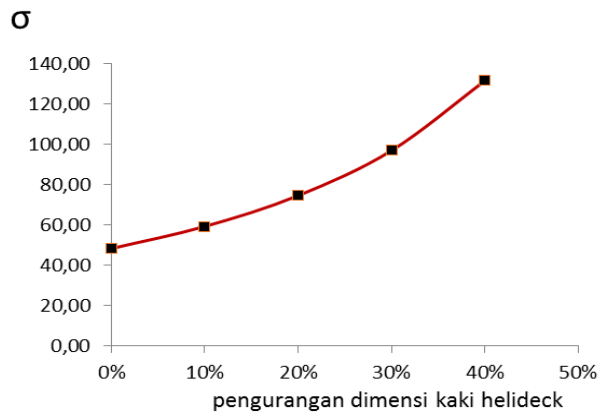
Tabel 6. Tegangan dan IR model brace K

Pengurangan dimensi	σ (N/mm ²)	IR
0%	48,39	0,45
10%	59,36	0,54
20%	74,65	0,67
30%	96,99	0,87
40%	131,62	1,19

Hasil running model brace K menunjukkan nilai tegangan kerja pada pengurangan dimensi 0% sebesar 48,39 N/mm² sedangkan tegangan kerja untuk pengurangan dimensi kaki struktur 40% sebesar 131,62 N/mm². Adapun grafik tegangan kerja terhadap pengurangan dimensi dapat dilihat pada Gambar 9.

Hasil analisis pengurangan dimensi kaki struktur helideck untuk semua model brace dapat dilihat tegangan kerja terbesar untuk pengurangan dimensi kaki 40% terjadi pada model brace K dengan tegangan kerja maksimum sebesar 131,62 N/mm² sedangkan untuk tegangan kerja terkecil pada model brace X sebesar 114,12 N/mm². Adapun nilai IR untuk masing-masing model brace dapat dilihat pada Tabel 7.



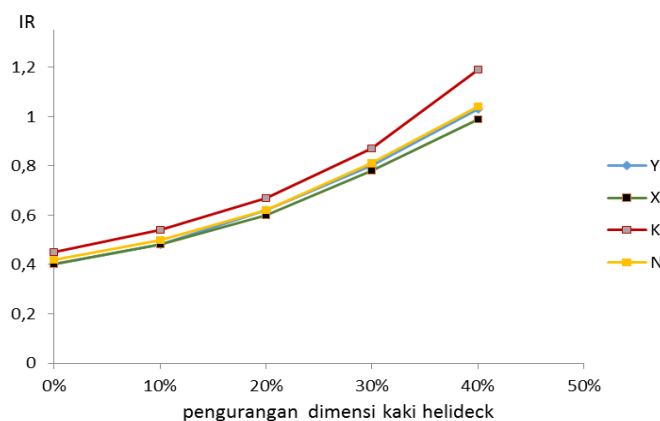


Gambar 9. Tegangan terhadap pengurangan dimensi

Tabel 7. IR Pengurangan dimensi kaki helideck

BRACE	IR				
	0%	10%	20%	30%	40%
Y	0,4	0,48	0,62	0,8	1,03
X	0,4	0,48	0,6	0,78	0,99
K	0,45	0,54	0,67	0,87	1,19
N	0,42	0,5	0,62	0,81	1,04

Dari Tabel dapat dilihat nilai IR terbesar untuk pengurangan dimensi kaki 40% terjadi pada model brace K dengan nilai IR = 1,19 sedangkan untuk nilai IR terkecil terjadi pada model brace X dengan nilai IR = 0,99, untuk model Y IR = 1,03 dan model N IR = 1,04. Untuk melihat perbandingan nilai IR terhadap pengurangan dimensi kaki struktur untuk masing-masing model dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. IR terhadap pengurangan dimensi kaki struktur helideck

Hasil perhitungan menunjukkan model variasi brace terhadap pengurangan dimensi kaki struktur

mengalami peningkatan tegangan dan interaksi rasio secara linear untuk masing-masing model brace struktur. Semakin kecil penampang kaki struktur helideck maka semakin besar pula tegangan kerja yang terjadi sehingga nilai IR dari masing-masing model brace kaki struktur helideck menjadi lebih besar. Perbedaan kekuatan antar model brace pada struktur cenderung lebih besar pada saat pengurangan dimensi struktur yang lebih besar sehingga dapat disimpulkan semakin kecil kaki struktur helideck maka semakin besar pengaruh model brace terhadap kekuatan kaki struktur helideck dalam menahan beban pendaratan darurat helikopter.

4. Kesimpulan

- Tegangan kerja maksimum terjadi pada pendaratan darurat arah diagonal menyimpang 4 meter dari lingkaran pendaratan normal dengan tegangan kerja sebesar 49,86 N/mm² dan nilai IR 0,45.
- Model brace yang paling kuat dalam menahan beban pendaratan darurat helikopter adalah model brace X dan yang paling lemah adalah model brace K.
- Dimensi kaki struktur helideck masih dapat direduksi sebesar 40% dengan menggunakan model brace X dengan nilai IR 0,99.

Referensi

- [1] Vaghefi M, Hassan Bagheri and Mohebpou S.R, 2013. Nonlinear Analysis of Offshore Helidecks Due to the Helicopter Emergency Landing Loads, Department of Civil Engineering, Persian Gulf University, Boushehr, Iran. Middle-East Journal of Scientific Research 13 (10): 1351-1358.
- [2] Muis Alie, M.Z., 2016. The Effect of Symmetrical and Asymmetrical Configuration Shapes on Bukling and Fatigue Stength Analysis of Fixed Offshore Platform. International Journal of Technology (IJTech), Indonesia.
- [3] M. Zain Fajar Ramadhani dan I Ketut Aria Pria Utama, 2018. Analisis Aliran Fluida Udara akibat Pendaratan Helikopter terhadap Permukaan Helideck pada Kapal. Jurnal teknik ITS Vol. 7, no. 1, 2337-3520, Indonesia
- [5] Park JS and Seo JK, 2017. Deformation-Based Design Method of Aluminium Helideck for Eurocode 9. Journal of Applied Mechanical Engineering, DOI: 10.4172/2168-9873.1000258, Korea.
- [6] Api Recommended Practice 2a-Wsd (API RP 2A-WSD), 2002, "Recommended Practice for Planning Designing



- and Construction Fixed Offshore Platform-Working Stress Design” American Petroleum Institute, Amerika Serikat.
- [7] Erlina k, Ari, M dan dhika A.P, 2016. Analisis Kekuatan Terhadap Rencana Struktur Penyangga Helideck Pada Bangunan Lepas Pantai. Proceedings Confrence on Design Manufacture Engineering and Its Aplication. Indonesia.
- [8] I-Wen Chen, Bao-Leng Wong, Yu-Hung Lin, Shiu-Wu Chau and Hsin-Haou Huang, 2016. Design and Analysis of Jacket Substructures for Offshore Wind Turbines Department of Engineering Science and Ocean Engineering, National Taiwan University, Taipei 106, Taiwan. Mdpi Journal Energies.
- [9] Direktur Jenderal Perhubungan Udara KP 40, 2015. Standar Teknis Dan Operasi Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 Volume II Tempat Pendaratan Dan Lepas Landas Helikopter, Indonesia.
- [10] Burt, Bomel Jhon, 2002. Offshore Helideck Design Guidelines for the Health and Safety Executive, Inggris.

