

ANALISIS TRANSPORTASI STRUKTUR JACKET EMPAT KAKI

Rio Mardhian & Dr. Paramashanti, S.T.,M.T.

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi
Bandung

rio.mardhian@yahoo.com

Kata Kunci: transportasi, jacket, barge, seafastenings

ABSTRAK

Transportasi struktur *jacket* empat kaki menuju perairan dengan kedalaman 145.00 ft. membutuhkan analisis yang komprehensif. Analisis tersebut bertujuan untuk memastikan integritas *member* dan *joint* pada struktur *jacket* agar tidak mengalami kegagalan (*failure*) saat mengalami beban inersia (dipicu akibat pergerakan barge) dan beban angin selama proses transportasi menuju lokasi sedang berlangsung. Design ukuran barge dan konfigurasi *seafastenings* yang digunakan di atas barge merupakan salah satu kunci utama dalam mempertahankan integritas tersebut. Metode *trial and error* digunakan untuk mencari design barge dan *seafastenings* yang memenuhi kriteria standard atau kode *0030/ND Guidelines for Marine Transportations*. Barge dengan ukuran 300 ft. x 90 ft. x 20 ft. dan *seafastenings* dengan properti penampang tubular OD 42.00" x WT 2.00", OD 20.00" x WT 1.50", OD 16.00" x WT 1.50", dan W36x330 mampu mempertahankan nilai *unity check (UC)* member pada angka maksimum 0.910, dengan catatan perletakkan struktur *jacket* berada tepat di tengah-tengah barge. Berdasarkan proses *trial and error* design ukuran barge dan konfigurasi *seafastenings* menggunakan perangkat lunak SACS 5.3, dimensi barge yang semakin besar akan meningkatkan kestabilan struktur saat mengalami pembebanan saat transportasi berlangsung. Dalam merancang konfigurasi *seafastenings*, perlu diperhatikan metode *loadout* yang digunakan saat memindahkan struktur dari *fabrication yard* menuju ke atas barge.

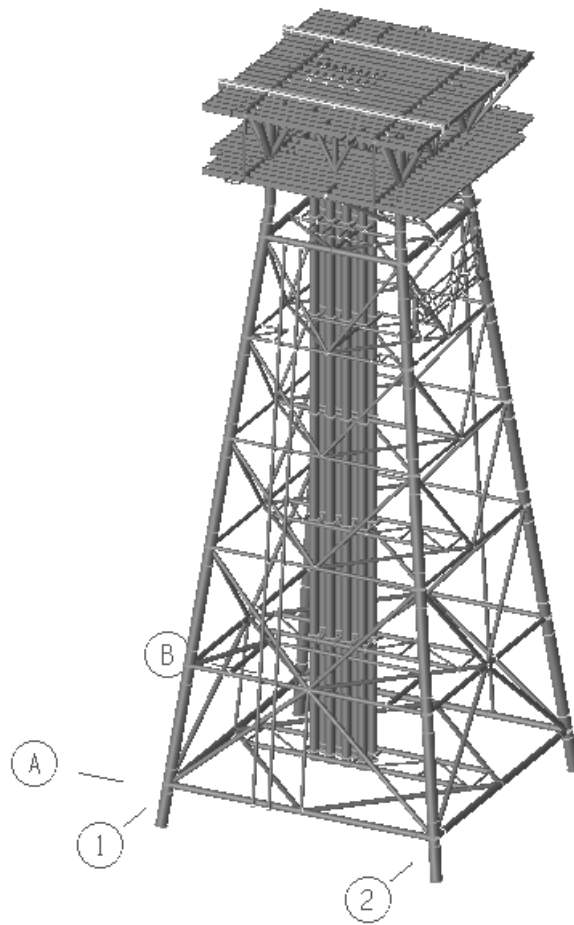
PENDAHULUAN

Fixed platform tipe *jacket* merupakan salah satu jenis yang paling umum digunakan di dunia. Bentuk struktur yang kokoh dalam menghadapi gaya lingkungan laut menjadi salah satu alasan utama mengapa tipe ini yang menjadi pilihan. Bentuk fondasi bangunan ini terdiri dari tubular-tubular baja yang didesign sedemikian rupa untuk menunjang struktur di atasnya. Fondasi inilah

yang dinamakan dengan *jacket*. Bangunan lepas pantai difabrikasi ke darat, kemudian diangkut ke laut untuk diletakkan di lokasi *service*-nya. Proses transportasi suatu bangunan lepas pantai tidaklah secara utuh sekaligus, melainkan bagian per bagian. Bila struktur *jacket* diletakkan di atas barge untuk ditransportasikan ke lokasi tujuan, struktur *jacket* akan mengalami beban inersia akibat pergerakan barge yang terhempas gelombang, serta beban angin akibat tiupan angin yang menerpa sisi struktur *jacket*. Bila beban tersebut tidak mampu ditahan oleh struktur *jacket* (berserta barge) maka akan terjadi kegagalan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis design dimensi barge dan seafastenings yang mampu menahan pembebanan tersebut, sehingga struktur dapat dengan selamat sampai ke lokasi tujuan.

TEORI DAN METODOLOGI

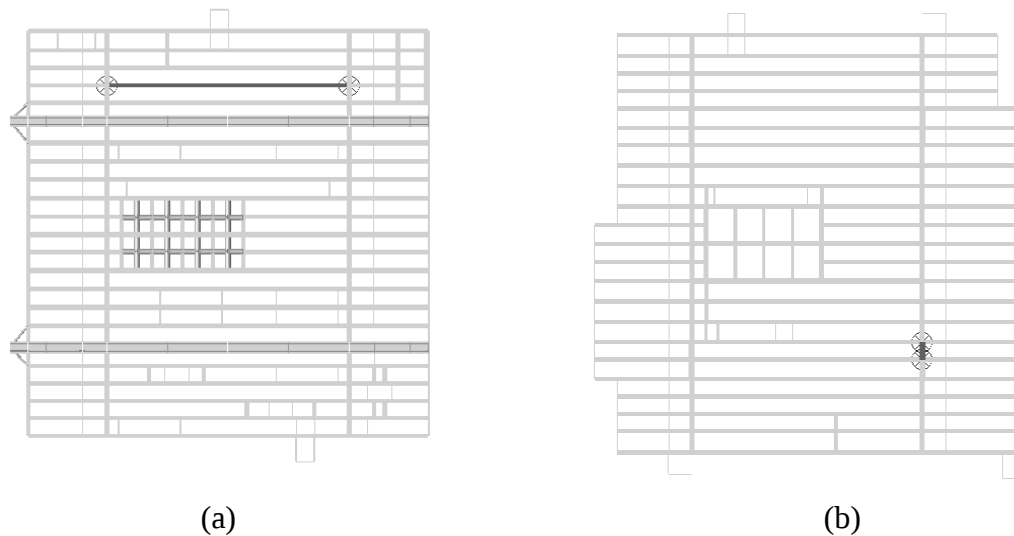
Sebelum dilakukan analisis transportasi, terhadap struktur *fixed platform* tipe *jacket* akan dilakukan analisis static in-place, analisis dinamik seismik, dan analisis dinamik fatigue. Tujuannya adalah untuk memastikan apakah bangunan tersebut dapat melakukan tujuan dibangunnya dalam saat kondisi *operating*, *storm*, bila diterpa beban siklik, serta bila dihantam beban gempa. Pemodelan bangunan tersebut menggunakan *software* SACS 5.3. Platform terdiri dari dua *deck* pada elevasi +54.00 ft dan +35.00 ft, dan bagian *jacket* yang terdiri dari empat kaki yang berdiri pada perairan dengan kedalaman perairan 145.00 ft. Analisis static in-place menggunakan data lingkungan dengan periode ulang 1-tahunan untuk kondisi *operating* dan 100-tahunan untuk kondisi *storm*. Analisis dinamik seismic menggunakan nilai *Peak Ground Acceleration (PGA)* sebesar 0.061 untuk kondisi *Strength Level Earthquake (SLE)* dan 0.125 untuk kondisi *Ductility Level Earthquake (DLE)*. Analisis dinamik fatigue untuk member-member tubular menggunakan metode deterministic dengan data gelombang 1-tahunan, umur service struktur 10 tahun, dan *safety factor* 2.00. Pada pemodelan ini digunakan pula data tanah dalam bentuk grafik P-Y, T-Z, dan Q-Z. Ketiga analisis tersebut mengacu kepada standard atau kode *API RP 2A-WSD 21st Edition - Recommended Practice for Planning, Designing and Construction Fixed Offshore Platforms, Working Stress Design*. Bentuk struktur yang telah dimodelkan dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan untuk analisis transportasi struktur *jacket*, digunakan metode trial and error dalam proses design barge dan konfigurasi seafastenings. Pergerakan barge menggunakan *default motion criteria* yang dikeluarkan oleh 0030/ND Guidelines for Marine Transportations dan data lingkungan yang digunakan adalah kecepatan angin 1-menit dengan periode ulang 10-tahunan. Analisis transportasi mengacu kepada standard atau kode 0030/ND Guidelines for Marine Transportations. Semua analisis yang telah disebutkan di atas dilakukan menggunakan *software* SACS 5.3.



Gambar 1 Hasil pemodelan struktur *fixed platform* tipe *jacket*.

HASIL DAN ANALISIS

Pada analisis static in-place, beban lingkungan (gelombang, angin, dan arus) dihitung dari delapan arah datang, yaitu untuk setiap 45° . Perbedaan pembebanan antara kondisi operating dengan kondisi storm ada pada tinggi gelombang dan kecepatan angin untuk kondisi storm yang lebih besar dibanding kondisi operating, dan beban hidup (*live load*) untuk kondisi storm lebih kecil dibanding kondisi operating akibat aktivitas di atas deck yang dihentikan saat terjadi badai. Hasilnya adalah nilai UC maksimum untuk kondisi operating adalah 0.890, sedangkan untuk kondisi storm adalah 0.750. Nilai UC maksimum saat kondisi storm yang lebih kecil dibanding kondisi operating menunjukkan bahwa keberadaan beban hidup lebih berpengaruh dibanding beban lingkungan. Angka tersebut sudah memenuhi kriteria API, yaitu $UC < 1.00$. Gambar 2 menunjukkan lokasi pada struktur dengan nilai UC terbesar untuk kondisi operating dan storm.



Gambar 2 Lokasi UC member terbesar untuk kondisi operating (a) dan storm (b).

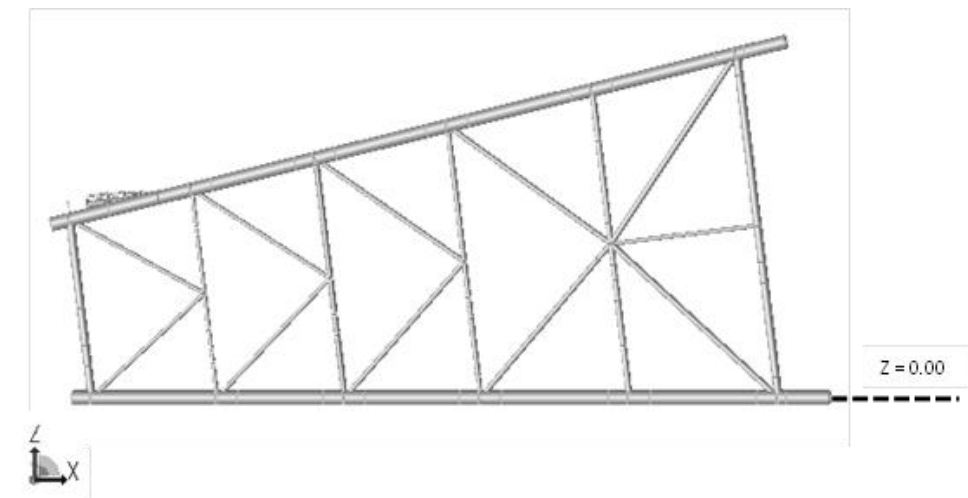
Pada analisis dinamik seismic, semua beban lingkungan dihilangkan, kecuali berat sendiri struktur. Kemudian, terhadap struktur diberikan beban arah lateral sejajar dengan sumbu-x dan y. Kondisi pembebanan yang digunakan ada dua, yaitu SLE dengan periode ulang 200-tahun, dan DLE dengan periode ulang 2000-tahun. Hasilnya adalah nilai UC member terbesar untuk kondisi SLE adalah 0.875, sedangkan untuk kondisi DLE adalah 0.905. Nilai tersebut berbanding lurus dengan nilai PGA kondisi DLE yang lebih besar dibanding kondisi SLE, yaitu 0.125 berbanding 0.061. Angka tersebut sudah memenuhi kriteria API, yaitu $UC < 1.00$

Untuk analisis dinamik fatigue, data frekuensi kejadian gelombang selama 1 tahun dari 8 arah mata angin ditunjukkan oleh Tabel 1. Hasilnya adalah *service life* terkecil mencapai 76.745 tahun (sudah termasuk *safety factor* sebesar 2.0). Nilai ini lebih besar dibanding *design life* struktur 10 tahun, yang berarti struktur aman dalam menghadapi beban siklik.

Tabel 1 Frekuensi Kejadian Gelombang 1 Tahun

Hs (ft)	T (sec)	Wave Directions							
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0.25	1.2	318,600	97,080	198,660	142,740	624,600	234,450	343,500	277,620
0.75	1.99	395,095	120,392	246,392	176,997	774,633	290,714	425,849	344,261
1.25	2.57	330,724	100,786	206,195	148,202	648,420	243,315	356,498	288,140
1.75	3.09	318,990	85,748	175,456	126,524	551,650	207,029	343,806	277,981
2.25	3.47	195,147	60,339	123,458	88,703	388,115	145,660	210,398	170,040
2.75	3.85	95,938	37,664	77,068	55,365	242,275	90,954	128,478	83,623
3.25	4.16	64,644	18,182	37,203	26,732	117,000	47,544	57,782	56,293
3.75	4.48	22,821	8,357	17,092	12,279	53,743	18,313	16,321	21,688
4.25	4.76	10,906	3,093	6,339	4,545	19,891	6,118	9,658	7,805
4.75	5.03	2,555	966	1,975	1,417	6,212	2,333	2,755	2,226
5.25	5.27	683	205	424	307	1,339	430	738	594
5.75	5.5	92	59	118	85	367	137	98	79
6.25	5.74	88	25	56	38	176	69	94	75

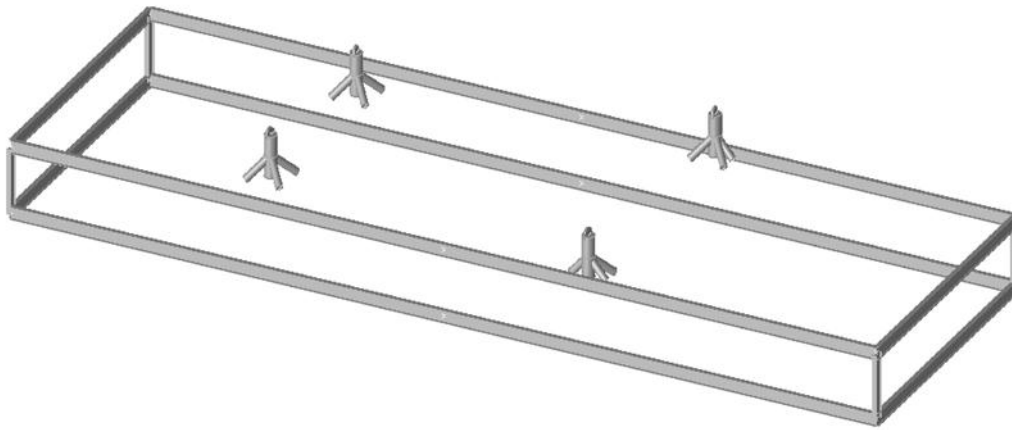
Pada analisis transportasi struktur jacket, terdapat beberapa bagian platform yang dihapus dari pemodelan, yaitu *topside*, *risers*, dan *conductors*. Kemudian, struktur jacket dirotasi sejauh 96.962000723° agar bagian kaki jacket sejajar dengan sumbu-y dan tepat berada pada elevasi $z = +0.00$ (permukaan barge), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3 Posisi jacket saat transportasi.

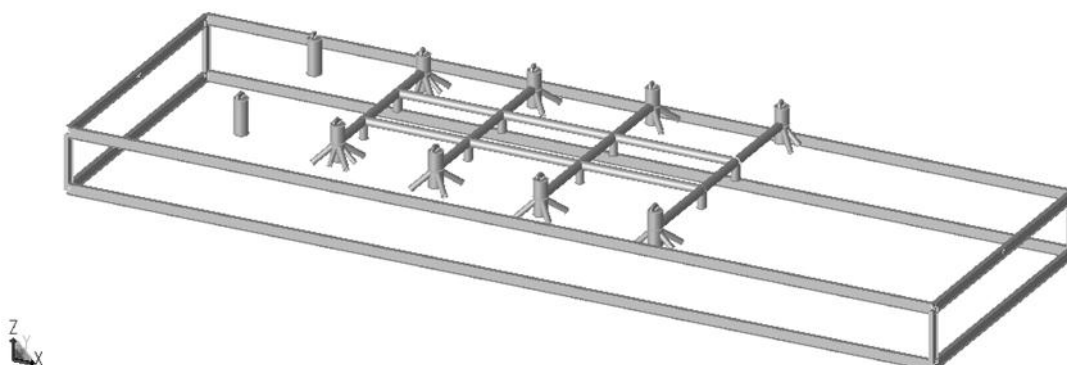
COG struktur jacket akan diletakkan tepat di atas COG barge. Hal ini berarti kordinat COG struktur jacket pada sumbu x dan y sama dengan kordinat COG barge pada sumbu x dan y pula. Nilai *default motion criteria* yang digunakan adalah *Roll* 20° dengan periode 10 sekon, *Pitch* 12.5° dengan periode 10 sekon, dan *Heave* 0.2g. Kecepatan angin yang digunakan sebesar 23.24 mph.

Pada design pertama, digunakan dimensi barge 250 ft. x 80 ft. x 16 ft. Hasilnya adalah UC member terbesar mencapai 2.035. Konfigurasi seafastenings pada percobaan awal ini ditunjukkan oleh Gambar 4.



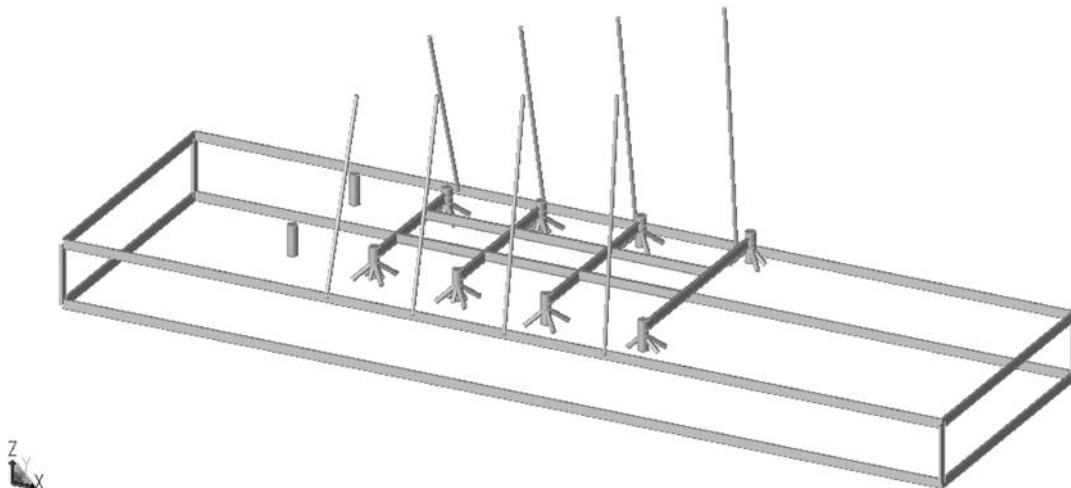
Gambar 4 Konfigurasi seafastenings pertama.

Kemudian, ditambahkan beberapa member seafastenings yang menurunkan nilai UC member terbesar menjadi 1.277. Berikutnya, dibentuk sebuah kerangka (*frame*) member tubular pada alas struktur jacket. Hasilnya, UC member terbesar tinggal menjadi 1.037. Pada tahap ini, perbesaran ukuran penampang seafastenings tidak dapat mengecilkan nilai UC hingga di bawah 1.00. Akhirnya, dilakukan perbesaran ukuran barge menjadi 300 ft. x 90 ft. x 20 ft. Hasilnya, nilai UC member terbesar turun menjadi 0.943. Konfigurasi seafastenings dengan frame member tubular ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5 Konfigurasi seafastenings dengan framing member tubular.

Berdasarkan 0030/ND Guidelines for Marine Transportations bahwa design seafastenings sering bergantung kepada metode loadout yang dilakukan. Oleh karena itu, pada pekerjaan ini diasumsikan bahwa metode loadout yang diterapkan kepada struktur jacket ini menggunakan *trailers*. Biasanya, pada permukaan atas trailers akan diletakkan sebuah framing baja (*grillage*) sebagai alas bagi struktur agar struktur tidak langsung besentuhan dengan permukaan trailers. Framing baja tersebut akan tetap menjadi alas bagi struktur hingga struktur sudah naik ke atas barge. Kemudian akan dipasang seafastenings sebelum barge mulai bergerak. Oleh karena itu, didesign konfigurasi seafastenings yang terdiri dari frame baja batangan seperti *grillage* dengan properti batang W36x330. Kemudian ditambahkan member tubular penyangga dengan properti penampang OD 16.00" x WT 1.50" yang menghubungkan antara jacket leg teratas dengan permukaan barge, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6 Konfigurasi seafastenings dengan framing member wide-flange dan penyangga vertical.

Hasilnya, nilai UC member terbesar turun menjadi 0.910. Ini menunjukkan struktur dengan framing W36x330 dan penyangga vertical yang menghubungkan antara jacket leg teratas dengan permukaan barge memberi kekuatan yang lebih baik dibanding design sebelumnya dalam menahan beban.

KESIMPULAN

1. Struktur *fixed platform* tipe jacket sudah memenuhi kriteria standard API RP 2A-WSD 21st Edition saat dilakukan analisis static in-place, analisis dinamik seismic, dan analisis dinamik fatigue. Modifikasi struktur dilakukan untuk memenuhi kriteria tersebut.

2. Telah ditemukan design barge dan konfigurasi seafastenings yang mampu mengangkut struktur jacket secara aman menuju lokasi yang mengacu kepada standard atau kode 0030/ND Guidelines for Marine Transportations.
3. Pada kasus tugas akhir ini, untuk memenuhi nilai $UC < 1.00$ dalam analisis transportasi, tidak serta-merta hanya dipengaruhi oleh perbesaran properti penampang dan perletakkan/konfigurasi seafastenings, namun perlu diperhatikan pula mengenai member-member penyokong (framing) pada seafastenings, serta ukuran barge yang digunakan.
4. Untuk kasus pada tugas akhir ini, respon gerak Roll memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap besarnya nilai UC member struktur jacket dibanding gerak Pitch. Hal ini ditunjukkan dengan nilai UC member yang tinggi diakibatkan oleh kombinasi pembebanan yang didominasi oleh gerak Roll.

SARAN

1. Data lingkungan yang digunakan pada analisis transportasi sebaiknya serealistis mungkin, yaitu data tinggi gelombang dan angin yang terjadi di sepanjang jalur perairan yang dilalui oleh barge hingga tiba di lokasi tujuan.
2. Analisis transportasi sebaiknya memodelkan struktur barge, sehingga dapat diperoleh informasi mengenai pergerakan kapal (motion) akibat kondisi lingkungan selama proses transportasi berlangsung. Pemodelan yang dimaksud dapat menggunakan perangkat lunak seperti Moses V.07.

DAFTAR PUSTAKA

American Petroleum Institute (API). 2007. *API RP 2A-WSD 21st Edition - Recommended Practice for Planning, Designing and Construction Fixed Offshore Platforms, Working Stress Design*. Washington D.C., USA.

American Institute of Steel Construction (AISC). 2005. *AISC Steel Construction Manual 13th Edition*. USA.

Germanischer Lloyd (GL) Noble Denton. 2010. *0030/ND Guidelines for Marine Transportations*. Hamburg, Germany.

Dalrymple, Robert A. dan Robert G. Dean. 1991. *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. Hackensack, NJ, USA: World Scientific.

Faltinsen, O. M. 1990. *Sea Loads on Ships and Offshore Structures*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Pedersen, Helge Skov dan Jens Lilleore. 1995. *Sea Transportation of Complete Structures*. Denmark.

Kunte, Chyetanya. 2012. *Miscellaneous Calculations*.

Zarkasyi, Muhamad Ali. 2015. *Laporan Tugas Akhir: Desain Struktur Fixed Platform Tango pada Wilayah Operasi Sepinggan, Kalimantan Timur*. Bandung, Indonesia.

Pratiwi, Amanda Mitzi. 2014. *Laporan Tugas Akhir: Analisis Transportasi dan Seafastening Struktur Jacket Empat Kaki*. Bandung, Indonesia.

Hutama, Albert. 2014. *Laporan Tugas Akhir: Desain Struktur Central Production Platform di Kepodang Field, Laut Jawa*. Bandung, Indonesia.

Prabowo, Eddy. 2015. Slide presentasi: Fixed Offshore Platform Engineering Fabrication & Installation (28 Maret 2015)

Tawekal, Ricky Lukman. 2011. *Catatan Kuliah: KL4121 Bangunan Lepas Pantai 1*. Bandung: Penerbit ITB.

<https://www.google.co.uk>