

**DESAIN DAN ANALISA SEAFASTENING ANJUNGAN LEPAS PANTAI TIPE
BRACE MONOPOD PADA PROSES TRANSPORTASI KE WEST MADURA
OFFSHORE**

Aisyah Anggraini¹ dan Dr. Eng. Paramashanti, ST., MT²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

¹ asyhanggraini@gmail.com dan ¹ parama0307@gmail.com

ABSTRAK - Indonesia telah aktif di dalam sektor industri minyak dan gas lebih dari 130 tahun, penemuan minyak pertama di Sumatera Utara pada tahun 1885. Fasilitas penunjang dalam kegiatan eksploitasi minyak dan gas bumi di laut adalah anjungan lepas pantai. Lingkup bahasan desain sendiri terbagi dalam empat analisis, yaitu analisis *in-place*, *seismic*, *fatigue*, dan transportasi. Analisis *in-place* menghasilkan nilai tegangan *member*, tegangan *joint can*, defleksi pada *joint*, dan kapasitas tanah pada *pile*. Analisis *seismic* menghasilkan nilai tegangan *member*, tegangan *joint can*, kapasitas tanah, dan perioda natural struktur. Analisis *fatigue* meninjau *fatigue life* struktur akibat beban gelombang siklik sehingga akan menghasilkan nilai *service life*. Pemodelan struktur *braced monopod* di Laut Jawa menggunakan perangkat lunak SACS dan MOSES dengan menggunakan standar desain API RP2A-WSD. Pada pelaksanaan transportasi, struktur perlu memodelkan *seafastening* berupa *connection* yang kuat agar struktur tetap aman. Hasil analisis stabilitas *barge* dengan pemodelan *stowage plan* untuk satu kali *shipment* dengan brage KREUZ 282 dan Kapal Tunda Logindo Stamina dapat terpenuhi dimana hasil perhitungan *intact range stability* menghasilkan nilai 22° dan untuk kondisi *damage stability* dimana pada *compartment* mengalami kebocoran dengan nilai sudut *roll* kritis sebesar 0.92°.

Kata Kunci: *Brace Monopod, Transportasi, Seafastening, Connection, Braged, Tug*

¹ Mahasiswi Sarjana Teknik Kelautan-ITB

² Pengajar Sarjana Teknik Kelautan-ITB

ABSTRACT - Indonesia has been active in the oil and gas industry for more than 130 years, the first discovery of oil in North Sumatra in 1885. Supporting facilities in the exploitation of oil and natural gas at sea is an offshore platform. The scope of the design discussion itself is divided into empathy analysis, namely in-place analysis, seismic, fatigue, and transportation. The on-site analysis yields the value of the member stress, the can stress joint, the deflection in the joint, and the soil capacity in the pile. The seismic analysis yields the value of member stress, joint stress, soil capacity, and natural structure period. Fatigue analysis examines the fatigue life structure due to cyclic wave loads so that it will produce a service life value. The braced monopod structure modeling in the Java Sea uses SACS and MOSES software using the API RP 2A-WSD design standard. In the implementation of transportation, the structure that needs to model sea fastening is in the form of a structural connection to keep the structure safe. The results of the barge stability analysis by modeling the storage plan for one time delivery with the KREUZ 282 brage and the Logindo Tug Ship Stamina can be fulfilled where the results of the full range stability calculation result in a value of 22° and for damage stability conditions where the compartment has a leakage critical roll angle value of 0.92° .

Keywords: Brace Monopod, Transportation, Seafastening, Connection, Braged, Tug

PENDAHULUAN

Tujuan utama mendesain suatu struktur adalah untuk mendapatkan struktur yang memenuhi persyaratan secara fungsional, keamanan dan faktor ekonomi. Aspek-aspek tersebut saling berhubungan dan dibutuhkan proses iterasi untuk mendapatkan desain optimum. Struktur yang sudah di desain kemudian perlu dipindahkan dari tempat fabrikasi yang ada di darat menuju lokasi instalasi di laut. Lingkup aplikasi analisis transportasi untuk struktur *braced monopod* adalah menentukan *braged* dan *tug* yang digunakan dalam proses pengangkutan struktur.

Secara umum jenis anjungan lepas pantai tipe minimum seperti *braced monopod* terdiri dari

dua bagian yaitu struktur pendukung berupa *jacket* dan *topside* yang memiliki fungsi sebagai tempat dilakukannya kegiatan *offshore* seperti eksploitasi dan pemrosesan flida minyak dan gas bumi.

TEORI DAN METODELOGI

Selama proses transportasi menggunakan *barge*, kondisi lingkungan yang dilalui akan memberikan beban berupa gelombang, angin, dan arus yang dapat mempengaruhi stabilitas pada *barge*. Oleh sebab itu diperlukan sistem pengikatan yang disebut dengan *seafastening*, berupa *connection* untuk mengikat struktur agar tetap stabil di atas *barge*. Pada struktur minimum, seperti *braced monopod*, proses pengangkutan struktur dapat dilakukan dalam

satu kali jalan, bergantung dengan ukuran tongkang dan struktur anjungan lepas pantai yang di bawa. Hasil analisis transportasi yaitu mendapatkan nilai *unity check* tegangan, *joint punching shear*, dan *support reaction*.

Sea-fastening harus dimodelkan untuk menerima defleksi dari gerakan *barge* selama proses transportasi. *Barge* dengan berat tertentu memiliki batas gaya yang terjadi pada *seafastening* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 *Maximum Allowable Coefficient Of Friction & Minimum Seafastening Forces*

(Sumber: Nobel Denton, Guidelines for Marine Transportations)

Maximum cargo overhang	Cargo weight, W, tonnes						
	<100	100 ≤ W < 1,000	1,000 ≤ W < 5,000	5,000 ≤ W < 10,000	10,000 ≤ W < 20,000	20,000 ≤ W < 40,000	≥ 40,000
	Maximum allowable coefficient of friction						
None	0	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
< 15 m	0	0	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20
15 – 25 m	0	0	0	0.10	0.20	0.20	0.20
25 – 35 m	0	0	0	0	0.10	0.20	0.20
35 – 45 m	0	0	0	0	0	0.10	0.10
> 45 m	0	0	0	0	0	0	0
Minimum required seafastening force, %W							
Transverse	10%	10%	10%	10%	10%	See Note 1	5%
Longitudinal	5%	5%	5%	5%	See Note 2	See Note 3	1.5%

Terdapat dua macam kriteria stabilitas yaitu *intact stabilit*, dan *damage stability*. *Intact stability* adalah perhitungan stabilitas pada kapal yang tidak mengalami kebocoran yang dihitung pada beberapa kondisi tangki untuk tiap-tiap derajat kemiringan kapal.

Tabel 2 menunjukkan batas kemiringan *barge* atau *vessel* berdasarkan LOA.

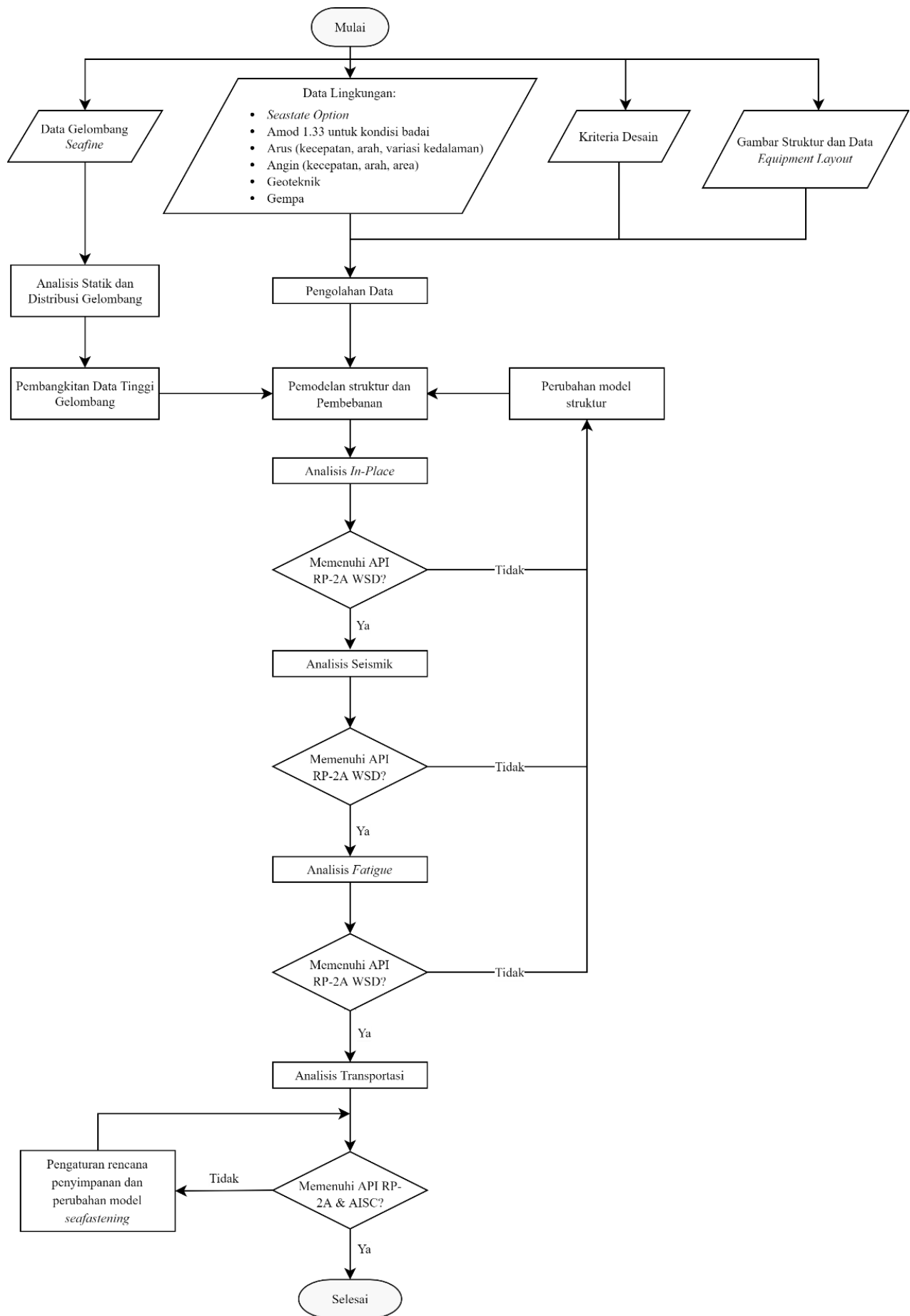
Damage stability adalah kondisi saat kapal mengalami kebocoran dihitung pada beberapa kondisi untuk tiap-tiap derajat kemiringan.

Tabel 2 *Intact Stability Range*

(Sumber: Nobel Denton, Guidelines for Marine Transportations)

Vessel or towed object, type and size	Intact range
Large and medium vessels, LOA ≥ 76 m and B ⁽¹⁾ ≥ 23 m	36°
Large cargo barges, LOA ≥ 76 m and B ⁽¹⁾ ≥ 23 m	36°
Small cargo barges, LOA < 76 m or B ⁽¹⁾ < 23 m	40°
Small vessels, LOA < 76 m or B ⁽¹⁾ < 23 m	44°
MOU's including jack-ups & semi-submersibles	To satisfy Section 10.3
Vessels & barges in inland & sheltered water (in ice areas)	36°
" " " (out of ice areas)	24°

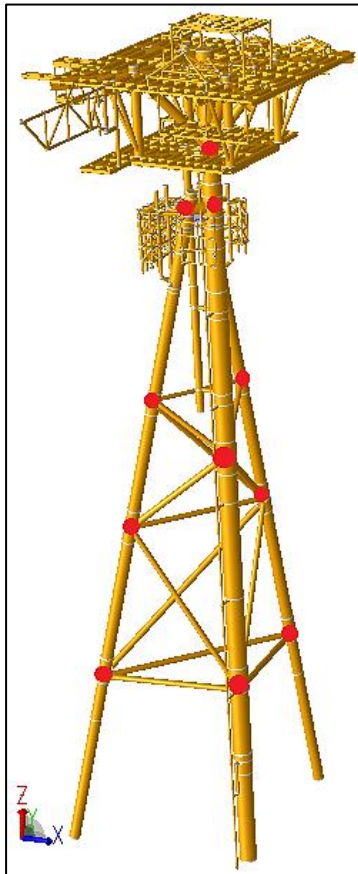
Sacara garis besar pengerjaan transportasi pada ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar Kesalahan! Tidak ada teks dari gaya yang ditentukan dalam dokumen. Metodologi
Pengerjaan Tugas Akhir

1. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur menggunakan program SACS 5.6 dengan memodelkan elemen struktur berupa *pile*, *jacket*, *top side*, dan *appurtenance* yang dapat mempengaruhi gaya hidrodinamika dari gelombang. Ilustrasi struktur *braced monopod* pada Gambar 2.



Gambar 2 Ilustrasi Struktur *Brace Monopod*

Pada Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan profil untuk member yang digunakan pada *jacket* dan *topside*.

Tabel 3 Profil Member Pada *Jacket*

Komponen	Member Group	Profil
Caisson Sleeve	SL0	51"φ × 1.50" W.T. PIPE
	SL1	51"φ × 1.50" W.T. PIPE
	SL2	47"φ × 1.00" W.T. PIPE
	SL3	51.5"φ × 2.00" W.T. PIPE
	SL4	51"φ × 1.50" W.T. PIPE
	SL5	47"φ × 1.00" W.T. PIPE
	SL6	47"φ × 1.50" W.T. PIPE
	SL7	51"φ × 1.50" W.T. PIPE
	SL8	47"φ × 1.00" W.T. PIPE
	SL9	47"φ × 1.00" W.T. PIPE
	SLV	5"φ × 0.50" W.T. PIPE
Pile Sleeve	PJ0	29"φ × 2.00" W.T. PIPE
	PJ1	29"φ × 2.00" W.T. PIPE
	PJ2	29"φ × 2.00" W.T. PIPE
	PJ3	27"φ × 0.50" W.T. PIPE
	PJ4	27"φ × 0.50" W.T. PIPE
	PJ5	27.5"φ × 2.00" W.T. PIPE
	PJ6	27.5"φ × 0.75" W.T. PIPE

Komponen	Member Group	Profil
	A19	14"φ ×0.375" W.T. PIPE
	X02	16"φ ×0.75" W.T. PIPE
Jacket Horizontal Framing	A18	17"φ ×0.50" W.T. PIPE
	A22	17"φ ×0.50" W.T. PIPE
Jacket Diagonal Bracing	X01	16"φ ×0.75" W.T. PIPE
	X03	18"φ ×1.00" W.T. PIPE
Caisson Pile	PL1	46"φ ×2.00" W.T. PIPE
	PL2	46"φ ×1.50" W.T. PIPE
	PL3	46"φ ×2.00" W.T. PIPE
	PL4	46"φ ×2.00" W.T. PIPE
Battered Pile	LP1	26"φ ×1.50" W.T. PIPE
	LP2	26"φ ×1.25" W.T. PIPE
	LP3	26"φ ×1.25" W.T. PIPE
	LP4	26"φ ×1.00" W.T. PIPE
	LP5	26"φ ×1.50" W.T. PIPE
Boatlanding	BL1	12.5"φ ×0.56" W.T. PIPE
	BL3	6.37"φ ×0.31" W.T. PIPE
	BL4	4.25"φ ×0.11" W.T. PIPE
	BLX	8.37"φ ×0.19" W.T. PIPE

Komponen	Member Group	Profil
	BLY	6.37"φ ×0.31" W.T. PIPE
Riser	RG	6.39"φ ×0.31" W.T. PIPE
	RG1	7.39"φ ×0.25" W.T. PIPE
	RS1	6.625"φ ×0.50" W.T. PIPE
Riser Support	SR1	6.625"φ ×0.5" W.T. PIPE
	SR4	10.625"φ ×0.5" W.T. PIPE
	SR5	8.625"φ ×0.5" W.T. PIPE
	SRA	6.375"φ ×0.5" W.T. PIPE

Tabel 4 Profil Member Pada Topside

Komponen	Member Group	Profil Member
Wellhead Access Platform	WAP	H200×100
	SPW	2.375"φ ×0.154" W.T. PIPE
	SPS	8.625"φ ×0.375" W.T. PIPE
Main Deck	CD1	W800×400
	CD3	W300×150
	CD4	W600×300
	CD5	H250×125
	CD6	H200×100
	CD7	L35×L35
	CD8	C10×15
	CD9	H250×125
	SC1	W600×300

Komponen	Member Group	Profil Member
Sump Box Deck	SC2	H250×125
	SC3	W300×150
	SC4	UB610×229×11.1 ×17.3
	SC5	W300×150
Service Platform	SPF	H200×100
	SPT	4.5"φ ×0.237" W.T. PIPE
	SP2	6.625"φ ×0.43 " W.T. PIPE
	SP3	H200×100
	SPB	H200×100
	SPD	4.5"φ ×0.237" W.T. PIPE
Deck Leg	CL1	25"φ ×1.25" W.T. PIPE
	CL2	25"φ ×1.25" W.T. PIPE
	DL1	46"φ ×1.75" W.T. PIPE
	DL2	17.50"φ ×1.25 " W.T. PIPE
	DLA	46"φ ×1.75" W.T. PIPE
	DSP	30"φ ×1.25" W.T. PIPE

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis In-Place

Pada analisis inplace dilakukan pemeriksaan terhadap rasio tegangan seluruh member struktur dan tiang pancang, kegagalan *joint punching shear* pada sambungan member tubular jacket (*joint can*), kapasitas aksial tiang pancang, serta defleksi yang terjadi pada member. Elemen

struktur yang tidak memenuhi kriteria akan dimodifikasi.

Hasil dari analisis *in-place* untuk tegangan pada *member* memiliki nilai UC maksimum pada *service platform el. (+)34'* (6048-6045) sebesar 0.72 saat kondisi operasi maksimum dan minimum dan pada *caisson pile above mudline* (291-491) sebesar 0.6 dan 0.59 masing-masing saat kondisi badai minimum dan maksimum. Defleksi pada *joint* arah lateral sumbu-x memiliki nilai maksimum sebesar 11.98 pada *joint 0141* yang berada di *Sump Box Deck* dan defleksi arah vertikal memiliki nilai maksimum sebesar 0.18 pada *joint 0142* dan *reff. Joint 0412*. Tegangan *joint punching shear* memiliki nilai *load UC* maksimum sebesar 0.43 dan *strength UC* sebesar 0.566 pada *joint 701*. Kapasitas tanah yang dihasilkan memiliki nilai *safety factor* minimum 3.18 pada *PL2* kondisi badai maksimum dan maksimum 11.46 pada *PL2* kondisi operasi maksimum. Nilai UC pada *pile* maksimum yang dihasilkan sebesar 0.599 pada *joint 101* kondisi badai minimum.

2. Analisis Seismic

Analisis *seismic* merupakan analisis yang meninjau kekuatan struktur terhadap beban dinamik yang berasal dari gempa bumi. Pada analisis ini dilakukan pemeriksaan terhadap rasio tegangan seluruh *member* struktur dan tiang pancang, kegagalan *joint punching shear* pada *joint can*, kapasitas aksial tiang pancang. Gempa yang digunakan adalah gempa 800 tahunan.

Hasil analisis *seismic* nilai UC maksimum pada *member pile above mudline* (102-292) sebesar 0.87, untuk tegangan *joint punching shear* nilai *load* UC maksimum sebesar 0.308 dengan *strength* UC bernilai 0.453 pada *Deck Brace*. Kapasitas tanah untuk kondisi *compression* memiliki nilai *safety factor* minimum 3.32 pada *joint* 103 dan untuk kondisi *tension* memiliki nilai *safety factor* minimum 3.13 pada *joint* 101.

3. Analisis Fatigue

Struktur anjungan lepas pantai selalu menerima gaya *fatigue* akibat gelombang di tengah laut, hal ini berdampak pada kemungkinan terjadinya kegagalan *fatigue* pada komponen struktur. Analisis *fatigue* bertujuan untuk mengetahui umur layan struktur akibat beban yang berulang atau siklik dengan menggunakan metode *spectral fatigue*. Umur *fatigue* terendah pada *member* 103-293 sebesar 36.26 tahun dengan *life design* 20 tahun.

4. Analisis Transportasi

Pada analisis transportasi pada tugas akhir ini tidak mencakup semua aspek dari setiap skema transportasi. Estimasi jarak towing yaitu 500.92 NM (927.70 km) dengan estimasi kecepatan towing 4 knot (7.41 km/h). Sehingga estimasi durasi untuk towing 125.19 jam (5.21 hari), dapat dibulatkan menjadi total 6 hari. *Barge* yang digunakan untuk transportasi *topside* dan *jacket* memiliki ukuran 280ft x 80ft karena struktur berukuran kecil. *Brage* memiliki spesifikasi

LOA 280 ft, lebar 80 ft, dan tinggi 16 ft. Pemilihan *tug* yang digunakan pada umumnya perlu dilakukan survei terlebih dahulu yang mencakup kesesuaian kapal untuk opeasi yang diusulkan, kemampuan *seakeeping*, *capability*, *general condition*, dokumentasi, *towing equipment*, kebutuhan awak kapal dan bahan bakar. Pemilihan *tug* yang dipakai berdasarkan minimum *bollard pull* perlu dilakukan langkah berikut:

1. Data lingkungan sebagai berikut:

Wind Velocity (v_w): 20 m/s

Head current velocity (v_c): 1 m/s

Significant wave height (H_s): 5 m/s

Wind angle on the bow: 0°

Densitas air (ρ_{water}): 1.025 t/m³

Densitas udara (ρ_{air}): 1.225E-03 t/m³

Pada Tabel 5 menunjukkan spesifikasi struktur:

Tabel 5 Spesifikasi Struktur

Bagian	<i>Barge Freeboard</i>	<i>Top Side</i>	<i>Jacket</i>
Tinggi (m)	1.27	16.14	10.79
Lebar (m)	24.38	12.49	3.97
Centroid above deck (m)	-0.76	52.84	50.71
El. Above water (m)	0.76	53.60	51.47

Bagian	Barge Freeboard	Top Side	Jacket
Wind Area (m ²)	30.96	201.58	42.84
Wind Speed (m/s)	12.71	20	20
C _h	1	1	1
C _s	1	1	1
F _{head} (MT)	0.31	5.03	1.07

2. Gaya Angin

Gaya angin dicari dengan persamaan:

$$F_{wind} = \frac{1}{2} \rho_{air} \frac{v_{tz}^2}{g} \sum A_w C_h C_s \quad \text{Pers. 1}$$

$$F_{wind} = 0.31 + 5.03 + 1.07 = 6.4 \text{ MT} \quad \text{Pers. 2}$$

3. Gaya Arus

Gaya arus dicari dengan persamaan:

$$F_{current} = \frac{1}{2} \rho_{water} \frac{v_c^2}{g} A_w C_d \quad \text{Pers. 3}$$

$$F_{current} = \frac{1}{2} 1.025 \frac{1^2}{9.81} (24.38 \times (3.6) \times 1 \quad \text{Pers. 4}$$

Dimana:

$C_d = 1$ for square faced bow

$$F_{current} = 4.59 \text{ MT} \quad \text{Pers. 5}$$

4. Gaya Gelombang

$$F_{wave} = \frac{H_s^2 B}{gL} \times (0.52L - 13) \quad \text{Pers. 6}$$

$$F_{wave} = \frac{5^2 \times 24.38}{9.81 \times 85.34} \times ((0.52 \times 85.34) - 13) \quad \text{Pers. 7}$$

$$F_{wave} = 22.84 \text{ MT} \quad \text{Pers. 8}$$

5. Towline Pull Required (TPR)

Sehingga total towline pull required (TPR)

$$TPR = F_{wind} + F_{current} + F_{wave} \quad \text{Pers. 9}$$

$$= 33.84 \text{ MT}$$

Jadi bollard yang dibutuhkan:

$$TPR = \sum (BP \times T_e / 100) \quad \text{Pers. 10}$$

Dimana:

T_e : Efisiensi tug selama di laut.

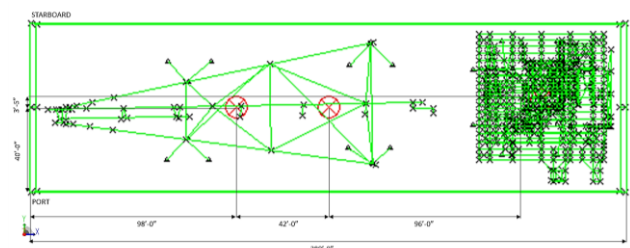
$$T_e = 80 - (18 - 0.0417 \times LOA \times \sqrt{BP - 20}) \times (H_s - 1)\% \quad \text{Pers. 11}$$

$$T_e = 80 - (18 - 0.0417 \times 85.34 \times \sqrt{20 - 20}) \times (5 - 1)\% \quad \text{Pers. 12}$$

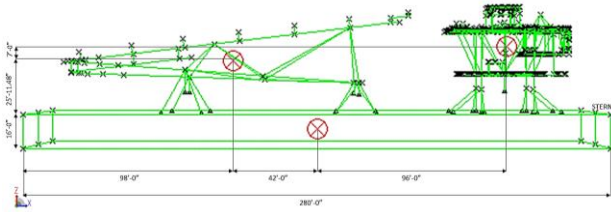
$$T_e = 0.79 \quad \text{Pers. 13}$$

$$BP = TPR / T_e = 42.83 \text{ MT} \quad \text{Pers. 14}$$

Di pilih tug Logindo dengan bollard pull 120 T dan service speed 10 knots. Gambar menunjukkan Stowage plan dari struktur di atas barge.

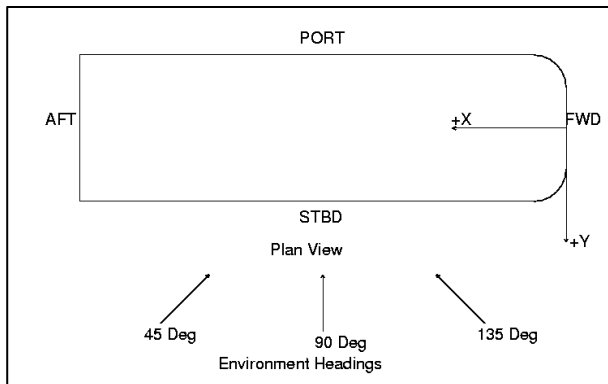


Gambar 3 Top View Brage



Gambar 4 Front View Brage

Kriteria Gerakan pada *brage* dengan $LOA \geq 76m$ dan $B \geq 30m$ yaitu memiliki *full cycle period* 10 detik, *single amplitude roll* sebesar 20° , *single amplitude pitch* 12.5° , dan *heave* 0.2 g. Beban yang diaplikasikan selama proses transportasi adalah beban struktur sendiri dimana koordinat sistem pada analisis transportasi pada Gambar 5.



Gambar 5 Koordinat Sistem

(Sumber: Output MOSES)

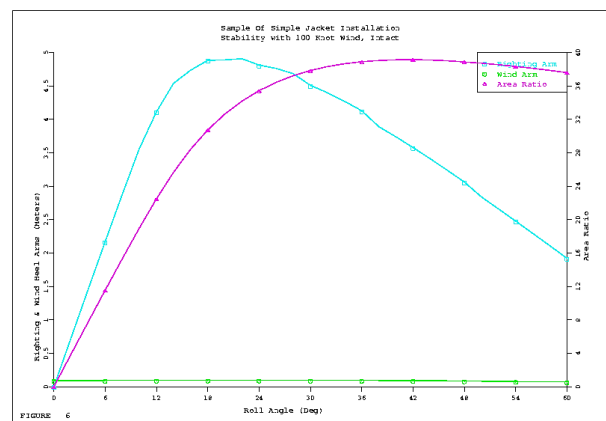
Kecepatan angin pada proses transportasi yaitu 20m/s dengan meninjau 8 arah. Pada Gambar 6 menunjukkan kompartemen *blast* yang terisi.

7P 0%	6P 59.02%	5P 0%	4P 44.47%	3P 0%	2P 42.02%	1P 0%	FP.P 0%
7C.P 79.81%	6C.P 51.75%	5C.P 45.37%	4C.P 39%	3C.P 32.63%	2C.P 36.95%	1C.P 49.74%	FP.CP 84.95%
7C.S 79.86%	6C.S 51.38%	5C.S 45.58%	4C.S 39.09%	3C.S 32.73%	2C.S 37.23%	1C.S 50.18%	FP.CS 85.82%
7S 0%	6S 59.70%	5S 0%	4S 45.14%	3S 0%	2S 42.94%	1S 0%	FP.S 0%

Gambar 6 Compartment Ballast

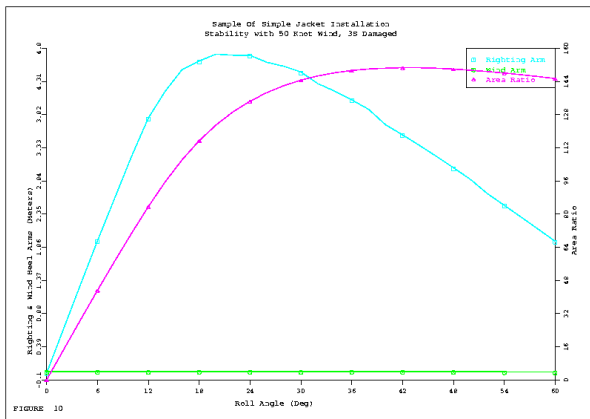
(Sumber: MOSES Output)

Hasil analisis transportasi memberikan nilai UC maksimum pada tegangan *member secondary beam* (6048-6045) sebesar 0.50 pada bagian *topside* dan *jacket and bracing* (402-502) sebesar 0.64 pada bagian *jacket* serta hasil analisis transportasi nilai UC maksimum pada *member connector* antara *jacket* dengan *barge* (SFJ5-203) sebesar 0.5, untuk tegangan *joint punching shear* nilai *load UC* maksimum sebesar 0.922. Pada *intact condition* memiliki maksimum *righting arm* pada *roll angle* sebesar 22° dimana *brage* akan sulit kembali keposisi semula apabila mengalami kemiringan lebih dari *roll angle* tersebut dan pada *damage stability* memiliki maksimum *righting arm* pada *roll angle* saat terjadi kebocoran sebesar -1.33° untuk *compartment 5S* dan *righting arm* pada *roll angle* sebesar 0.92° untuk *compartment 7P* yang mengalami kebocoran ditunjukkan pada Gambar 8 sampai dengan Gambar 10.

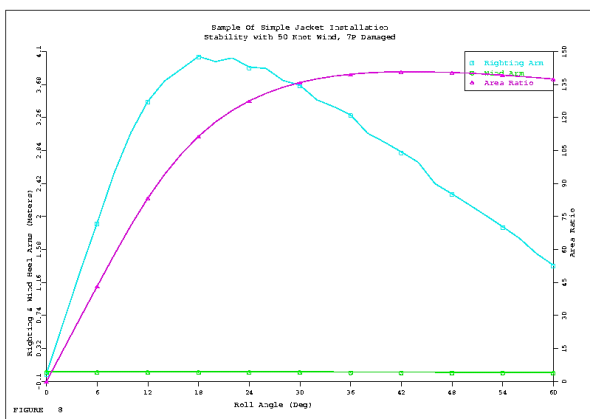


Gambar 8 Intact Stability Condition

(Sumber: MOSES Output)



Gambar 9 5S Damage Stability Condition
(Sumber: MOSES Output)



Gambar 10 7P Damage Stability Condition
(Sumber: MOSES Output)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari seluruh analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis *in-place*, untuk hasil pemeriksaan tegangan elemen dengan nilai UC terbesar untuk *topside* pada member 6048-6045 kondisi operasi sebesar 0.72, *jacket* pada member 402-502 kondisi badai sebesar 0.74, dan *pile* pada member 291-491 kondisi badai sebesar 0.60. Untuk hasil
2. Struktur *braced monood* di Laut Jawa memiliki perioda natural struktur sebesar 3.49 detik. Hasil pemeriksaan tegangan elemen mendapatkan nilai UC terbesar untuk komponen *topside* pada member 2081-2082 bernilai 0.56, *jacket* pada member 701-811 sebesar 0.51, dan *pile* pada member 291-491 sebesar 0.87. Pemeriksaan *joint can* memiliki nilai UC terbesar pada *joint* 401 dengan nilai 0.575. Keseluruhan kapasitas *pile* memenuhi kriteria dengan nilai *safety factor* terkecil sebesar 3.13 dan terbesar 7.01.
3. Struktur *braced monood* di Laut Jawa memiliki *service life* terendah pada member 103-293 sebesar 36.26 tahun dengan *life design* 20 tahun.
4. Hasil dari analisis transportasi, *Barge* yang dipilih untuk transportasi *topside* dan *jacket* adalah KREUZ 282 dan kapal Longindo

defleksi *joint* terbesar untuk arah lateral terjadi pada *joint* 0141 di *Sump Box Deck* dengan besar 11.98 in arah-x dan defleksi vertikal pada *joint* 0142 di *Service Platform* elevasi 34 ft dengan besar -0.18 in arah-z. Untuk hasil pemeriksaan *joint can* memiliki nilai UC terbedar pada *joint* 701 dengan nilai UC sebesar 0.43 saat kondisi *strom* dan keseluruhan *pile* memiliki kapasitas yang memenuhi dengan nilai *safety factor* terkecil untuk *compression* dan *tension* masing-masing sebesar 3.32 dan terbesar 3.13.

Stamina dengan *minimum bollard pull* 42.83MT. Pemilihan metode transportasi struktur *braced monopod* dalam satu *shipment* dapat terpenuhi dilihat dari hasil stabilitas.

SARAN

Dalam melakukan perancangan desain, terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan yaitu:

1. *Seafastening* yang ditinjau sebaiknya lebih lengkap yaitu termasuk desain *grillage, dunnage, cribbing, support structure, roll, pitch, uplift stops*, dan *connections* dengan *brage*.
2. Studi tentang *fatigue* analisis untuk transportasi sebaiknya lebih lengkap dengan menggunakan data lamanya waktu yang diperlukan selama proses transportasi secara terperinci.
3. Studi tentang transportasi yang ditinjau sebaiknya mencakup pemilihan perlengkapan tambahan, perlu ditinjau perletakan modul berdasarkan penulangan pada struktur *barge*, dan ditinjau *towing* analisis pada *tow*.

DAFTAR PUSTAKA

Tawekal, R. L., Baskara, A. R., & Adriadi, R. (2004). Studi Kehandalan Struktur Anjungan Lepas Pantai Tipe Brace Monopod. *Jurnal teknik Sipil*.

ABS. (2003). *Guide for Building and Classing Floating Production Installation*. Texas: American Bureau of Shipping.

American Petroleum Institute. (2005). *Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms-Working Stress Design*. Washington, D.C: API Publishing Services.

Construction, A. I. (2005). *Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago: American Institute Of Steel Construction.

DNV. (1995). *Stability and Watertight Integrity*. Norway: Det Norske Veritas.

DNVGL-ST-N001. (2016). *Guidelines For Marine Transportations*. Noble Denton Group Limited.

Goda, Y. (2000). *Random Seas And Design Of Maritime Structures*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Husen, M. (2014). *Buku Pedoman 1 Upstream Project Development*. Jakarta: Pertamina Hulu.

IMO, A. (2002). *Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments*. London: IMO Publication.

Project Management. (2015). *Document For EPCI-1: PHE-12, PHE-24 AND CPP2 Platform Development, Project Design*

Basis PHE-12 & PHE-24. Pertamina
PHE WMO.

Structural. (2016). *Topside Weight Report PHE-24 Wellhead Platform.* Pertamina PHE WMO.

Subrata K., C. (2005). *Handbook of Offshore Engineering.* Unites States of America: Offshore Structure Analysis, Inc.,.

WMO, P. (2017). *Transportation Analysis & Sea-fastening Calculation.* Jakarta: Pertamina Hulu Energi West Madura Offshore.