

RESPON DINAMIK SISTEM *CONVENTIONAL BUOY MOORING*

Gilang Giffary¹

Pembimbing : Krisnaldi Idris, Ph.D²

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,

Jalan Ganesha 10 Bandung 40123

gilang_giffary@yahoo.com dan krisnaldi@ocean.itb.ac.id

Kata Kunci: *CBM, buoy, tension, respons*

PENDAHULUAN

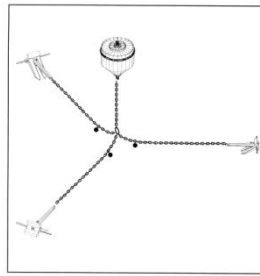
Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang sangat besar yaitu minyak bumi. Kebutuhan manusia akan jumlah minyak bumi hingga sekarang belum dapat tergantikan. Dalam pemanfaatan sumber daya tersebut diperlukan suatu teknologi yang dapat mengoptimalkan sumber daya tersebut. Karena itu, maka dikenal adanya teknologi struktur terapung dalam anjungan lepas pantai yang dapat digunakan. Salah satu jenis struktur terapung ini adalah menggunakan Sistem *Conventional Buoy Mooring*, dimana kapal ditambat dengan tali pada *buoy* dan adanya rantai yang dihubungkan dari *buoy* ke dasar laut. Fungsi teknologi ini sering digunakan untuk tempat ditambatnya kapal lepas pantai sehingga kapal dapat mengalirkan suatu minyak/gas langsung ke darat. Struktur ini terletak di Ampenan, Selat Lombok. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1**. Dalam kasus ini, kapal bergerak masuk dan keluar dalam area diantara 4 *buoy*. Kapal tersebut digunakan untuk mengalirkan minyak melalui *riser* ke Depot Pertamina Ampenan, kapal tersebut harus ditambatkan oleh tali ke semua *buoy* yang ada. Maka dalam Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai respon perpindahan struktur yaitu *buoy* dan kapal, serta *tension* yang terjadi pada setiap *line mooring*.



Gambar 1.1Lokasi Sistem *Conventional Buoy Mooring*

TEORI & METODOLOGI

Sistem *Conventional Buoy Mooring* ini mempunyai 4 *buoy* sebagai penambatnya, struktur CBM ini dibangun dengan posisi tetap. Struktur ini berfungsi untuk penambat kapal. Jika ada kapal yang masuk dalam area sistem ini untuk mengalirkan suatu minyak maka kapal harus ditambatkan agar kapal tidak berpindah terlalu jauh. Kapal yang ditambatkan dihubungkan dengan *rope* dari kapal ke 4 *buoy* tersebut. Untuk setiap struktur *buoynya*, si *buoy* dihubungkan lagi dengan *chain* ke dasar laut, dengan model cabang 3 seperti **Gambar 1.2**. Kapal yang ditambat yaitu kapal tanker yang berkapasitas 6500 DWT dan juga akan direncanakan akan diganti dengan kapal tanker yang berkapasitas 13000 DWT dengan sistem *CBM* yang tetap.



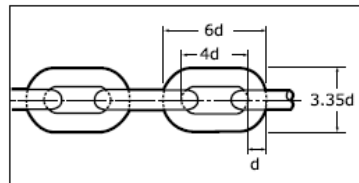
Gambar 1.2 Struktur model *buoy*

Keterangan	Nilai
Berat (kg)	4717.44
Diameter (m)	3.65
Tinggi (silinder) (m)	1.69
Tinggi (kerucut) (m)	0.96

Tabel 1.1 Data *Buoy*

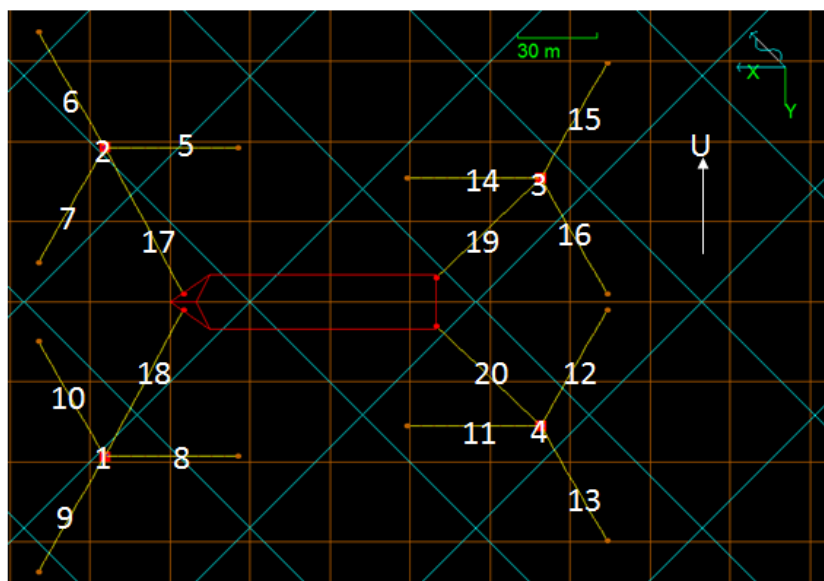
Mooring yang digunakan disini yaitu rantai 76 mm *studless* dan *rope* 90 mm. Gambar 1.3 berikut ini adalah properti rantai yang digunakan.

STUDLESS CHAIN



Gambar 1.3 Properti *studless chain*

Berikut hasil layout dapat dilihat pada Gambar 1.4 dibawah ini.



Gambar 1.4 Tampak atas *vessel*, *buoy* dan *mooring*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan sistem *CBM* ini menggunakan perangkat lunak simulasi dinamik kelautan yaitu *Orcaflex-V847a*. Perangkat lunak tersebut digunakan untuk memodelkan suatu sistem *CBM* beserta *mooring linenya*. Komponen struktur yang dimodelkan hanya 4 *buoy* beserta *mooring chain* dan *mooring rope*. *Output* pemodelan adalah berupa respons struktur dan juga nilai *tension* pada *mooring line*. Rangkuman *tension* yang terjadi pada kondisi operasional dan ekstrim disajikan pada **Tabel 1.2** dan **Tabel 1.3**.

Line	6500 DWT Effective Tension (kN)										Minimum Breaking Load (kN)
	Operasional (STOKES)		Ekstrim (STOKES)		Operasional (JONSWAP)			Ekstrim (JONSWAP)			
	max	max	max	mean	std.dev	3 std.dev	max	mean	std.dev	3 std.dev	
1	126.08	234.17	115.88	67.54	12.26	104.32	223.15	150.96	46.05	289.11	4621
2	111.67	642.17	109.34	51.27	14.81	95.71	1049.10	46.26	36.41	155.48	4621
3	39.71	179.27	86.46	34.56	11.54	69.17	2109.40	44.86	56.35	213.92	4621
4	116.28	356.80	118.71	83.49	16.02	131.55	351.22	261.91	51.43	416.19	4621
5	367.93	254.85	349.37	215.84	47.43	358.15	469.57	175.92	80.66	417.91	4621
6	435.37	259.80	409.15	235.28	56.28	404.11	509.77	182.47	85.84	439.98	4621
7	357.07	252.02	338.03	212.36	45.35	348.42	452.58	173.26	77.80	406.66	4621
8	389.50	616.95	433.47	266.72	39.77	386.02	664.50	459.32	99.96	759.21	4621
9	450.73	747.01	442.96	294.77	44.75	429.02	754.19	544.81	128.55	930.47	4621
10	402.62	563.82	387.45	261.39	37.66	374.37	600.87	438.12	85.50	694.61	4621
11	401.93	757.82	394.80	282.48	53.00	441.47	762.80	588.76	77.35	820.82	4621
12	423.87	776.47	414.97	295.00	57.10	466.31	780.99	613.77	82.99	862.73	4621
13	478.92	1048.89	466.14	325.94	66.82	526.40	1057.97	801.23	124.22	1173.90	4621
14	174.44	240.56	319.82	136.71	43.38	266.86	596.36	164.05	85.96	421.93	4621
15	182.80	250.68	348.11	143.72	46.30	282.61	508.35	166.17	91.89	441.84	4621
16	176.40	252.28	371.48	140.55	46.24	279.27	581.37	168.39	99.06	465.56	4621
17	76.04	21.25	56.51	22.09	11.91	57.82	49.15	10.94	14.22	53.60	519
18	61.25	158.35	49.97	31.00	7.56	53.69	150.62	96.69	40.01	216.73	519
19	8.33	8.80	20.09	5.88	3.33	15.87	16.41	1.50	2.53	9.09	519
20	71.78	282.65	62.64	37.66	12.15	74.11	276.29	201.88	48.85	348.43	519

Tabel 1.2Rangkuman kekuatan *mooring* pada kapal 6500 DWT

Dari **Tabel 1.2** dapat dilihat bahwa antara *tension* pada kondisi STOKES dengan kondisi JONSWAP, *tension* yang paling besar ada di kondisi JONSWAP. *Tension* maksimum yang terjadi tidak ada yang melebihi *tension* izin, dimana *tension* paling besar terjadi pada kondisi ekstrim beban JONSWAP.

Line	13000 DWT Effective Tension (kN)										Minimum Breaking Load (kN)
	Operasional (STOKES)		Ekstrim (STOKES)		Operasional (JONSWAP)			Ekstrim (JONSWAP)			
	max	max	max	mean	std.dev	3 std.dev	max	mean	std.dev	3 std.dev	
1	108.57	275.14	98.17	40.44	15.15	85.89	225.75	164.56	64.20	357.16	4621
2	35.78	131.08	501.80	25.93	8.01	49.95	2048.65	46.61	66.75	246.86	4621
3	33.07	61.07	87.73	28.18	11.71	63.32	1250.87	46.20	64.75	240.45	4621
4	130.57	469.02	123.33	86.94	19.67	145.95	415.95	336.87	70.41	548.09	4621
5	160.25	241.05	194.59	109.44	31.49	203.90	550.09	171.09	101.01	474.14	4621
6	165.49	240.55	200.80	111.06	33.46	211.45	483.30	167.84	93.66	448.83	4621
7	160.11	239.22	193.24	108.72	31.70	203.83	509.81	169.12	96.22	457.79	4621
8	385.12	700.18	343.78	188.86	54.21	351.50	669.09	482.19	141.29	906.06	4621
9	442.82	829.27	363.39	199.73	59.45	378.09	747.12	558.93	176.66	1088.90	4621
10	372.52	586.30	311.46	183.41	51.03	336.50	582.36	438.83	115.89	786.49	4621
11	443.28	907.18	413.53	298.11	62.81	486.54	873.43	701.78	105.15	1017.23	4621
12	432.20	861.51	410.97	297.76	62.32	484.72	837.26	674.38	99.49	972.84	4621
13	514.90	1263.82	478.16	338.73	76.93	569.52	1183.53	959.97	162.30	1446.87	4621
14	150.37	236.66	330.77	117.80	42.58	245.54	528.63	166.09	92.06	442.28	4621
15	149.83	243.77	346.36	118.12	43.21	247.75	607.44	168.23	94.45	451.57	4621
16	150.40	242.51	384.87	118.47	44.97	253.37	608.36	169.95	102.05	476.10	4621
17	4.22	6.16	9.57	2.06	2.51	9.60	18.22	1.74	4.61	15.56	519
18	58.65	197.85	35.97	14.84	9.51	43.37	143.75	104.92	57.01	275.94	519
19	0.38	7.38	8.96	0.85	0.66	2.81	16.24	104.92	57.01	275.94	519
20	77.60	396.00	65.45	40.44	15.15	85.89	339.07	276.61	68.03	480.69	519

Tabel 1.3Rangkuman kekuatan *mooring* pada kapal 13000 DWT

Dari **Tabel 1.3** dapat dilihat bahwa antara *tension* pada kondisi STOKES dengan kondisi JONSWAP, *tension* yang paling besar ada di kondisi JONSWAP. *Tension* maksimum yang terjadi tidak ada yang melebihi *tension* izin, dimana *tension* paling besar terjadi pada kondisi ekstrim beban JONSWAP. Dari kedua **Tabel 1.2** dan **Tabel 1.3** dapat dilihat juga perbandingan antara *tension* yang terjadi pada kapal berkapasitas 6500 DWT dengan kapal yang berkapasitas 13000 DWT. Disana dapat dilihat bahwa *tension* pada line 11, 12, dan 13 untuk kapal yang berkapasitas 13000 DWT mengalami *tension* lebih besar yang dikarenakan perpindahan *vessel* yang sangat besar yang menarik line tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil studi kasus dan analisis, dapat diambil kesimpulannya itu untuk kapal yang berkapasitas 6500 DWT, *tension* maksimum pada *mooring line* berada dibawah minimum *breaking load* dan juga sudah memenuhi persyaratan menurut API RP2SK. Dan juga untuk kapal yang berkapasitas 13000 DWT masih dibawah batas minimum *breaking loadnya* untuk di semua *mooring*. Serta dalam pemodelan sistem *CBM* ini sebaiknya menggunakan data RAO kapal yang sebenarnya dan juga memodelkan arah gelombang dari berbagai arah agar hasil yang didapat semakin akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute (API). 1996. "Recommended Practice for Design and Analysis of Stationkeeping Systems for Floating Structures", Washington, D.C.
- Dean, Robert G., dan Dalrymple, Robert A., *Water Wave Mechanics For Engineers And Scientists*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 1991.
- Aditia, Moechamad, Analisis Dinamik Pada Mooring Buoy, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Kelautan ITB, Bandung.
- Primantoko, Rachman Dali, Analisis Penggantian Mooring *Vessel Floating Production Unit (FPU)*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Kelautan ITB, Bandung.
- Orcina, Ltd., "*Orcflex Manual version 8.4a9*".