



Professorline

TEKNOLOGI PENAMBATAN

JUSWAN SADE

Juswan Sade

TEKNOLOGI PENAMBATAN

Teknologi Penambatan

Penulis : **Juswan Sade**

Penyunting : **Marwati, S.Sos.**

Tata sampul : **Rezkiawati, S.Pd.**

Tata isi : **Asjmi, ST.**

Cetakan Pertama, **Januari 2024**

ISBN **978-623-09-6286-8**

Penerbit **Professorline**

🏠 Jl. Dg. Ngadde Raya, Parangtambung, Makassar,
Sulawesi Selatan, Indoneisa

✉ professorline123@gmail.com
adminbook@professorline.com

📞 +62 853-4177-7525

🌐 www.professorline.com

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
baik secara elektronik maupun mekanik tanpa izin tertulis

Penerbit Professorline.

KATA PENGANTAR

Buku ajar ini disusun sebagai panduan bagi para pembaca yang ingin memahami lebih dalam tentang teknologi penambatan bangunan laut. Buku ini mencakup berbagai aspek penting dari teknologi penambatan, mulai dari prinsip dasar, aplikasi, manfaat dalam industri, hingga tantangan dan solusi yang ada.

Buku ini juga membahas berbagai jenis penambatan, termasuk penambatan sementara dan permanen, penambatan berat dan dinamis, serta penambatan tunggal dan ganda. Pembaca akan diajak untuk memahami teknologi penambatan baru dan bagaimana memilih jenis penambatan berdasarkan kondisi laut. Selain itu, buku ini juga memberikan pengetahuan mendalam tentang alat-alat penambatan, seperti tali tambat kapal, jangkar kapal, rantai, tali, dan kabel penambatan. Pembaca juga akan mempelajari tentang buoy dan fender, serta winch dan capstan.

Buku ajar ini ditulis dengan bahasa yang mudah dipahami oleh mahasiswa teknik kelautan. Contoh-contoh soal dan latihan yang disajikan dalam buku ini juga berkaitan dengan masalah-masalah nyata yang dihadapi oleh para insinyur kelautan. Buku ini juga dilengkapi dengan gambar-gambar ilustratif, tabel-tabel informatif, rumus-rumus penting, dan kunci jawaban dari latihan-latihan yang ada.

Buku ajar ini diharapkan dapat menjadi sumber belajar yang bermanfaat bagi mahasiswa teknik kelautan yang ingin mempelajari teknologi penambatan sebagai salah satu mata kuliah dasar. Buku ini juga dapat menjadi referensi bagi para dosen, peneliti, praktisi, dan siapa saja yang tertarik dengan bidang teknik kelautan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penulisan buku ajar ini, terutama kepada para dosen pengampu mata kuliah teknologi penambatan di Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin, para reviewer yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun, serta penerbit yang telah menerbitkan buku ajar ini dengan baik.

Penulis juga mengharapkan masukan dan tanggapan dari para pembaca untuk menyempurnakan buku ajar ini di edisi berikutnya. Semoga buku ajar ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi kelautan di Indonesia.

Makassar, Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I PENGANTAR TEKNOLOGI PENAMBATAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Sejarah dan Perkembangan Teknologi Penambatan.....	3
1.3 Prinsip Dasar Penambatan.....	8
1.4 Aplikasi Teknologi Penambatan.....	11
1.5 Manfaat Penambatan dalam Industri	15
1.6 Tantangan dan Solusi dalam Penambatan	17
1.7 Studi Kasus: Penambatan Kapal di Berbagai Lingkungan Laut	23
1.8 Soal Latihan	27
1.9 Kesimpulan	28
BAB II JENIS JENIS PENAMBATAN.....	31
2.1 Pendahuluan	31
2.2 Penambatan Sementara dan Permanen.....	33
2.3 Penambatan Berat dan Dinamis.....	35
2.4 Penambatan Tunggal dan Ganda.....	37
2.5 Penambatan Vertikal dan Horizontal	40
2.6 Teknologi Penambatan Baru	43
2.7 Pemilihan Jenis Penambatan Berdasarkan Kondisi Laut.....	47
2.8 Soal Latihan	51
2.9 Kesimpulan	51
BAB III ALAT-ALAT PENAMBATAN.....	55
3.1 Pendahuluan	55
3.2 Komponen Utama Sistem Penambatan.....	56
3.2.1 Tali Tambat Kapal	57
3.2.2 Jangkar Kapal	66
3.3 Jangkar dan Jenis-jenisnya	68
3.4 Rantai, Tali, dan Kabel Penambatan	71
3.4.1 Rantai Penambatan.....	72
3.4.2 Tali Penambatan	77

3.4.3 Kabel Penambatan	80
3.4.4 Resiko Keamanan Rantai, Tali, dan Kabel Penambat	82
3.5 Buoy dan Fender	84
3.5.1 Buoy.....	85
3.5.2 Fender	92
3.5.3 Standar Internasional yang Berlaku untuk Buoy dan Fender	102
3.5.4 Resiko Lingkungan yang Ditimbulkan	102
3.5.5 Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja dalam Penggunaan Buoy dan Fender	103
3.5.6 Jenis-jenis Kapal yang Membutuhkan Buoy dan Fender	104
3.5.7 Cara Memasang Buoy dan Fender	106
3.6 Winch dan Capstan	106
3.6.1 Winch	107
3.6.2 Capstan	112
3.7 Sensor dan Sistem Monitoring.....	114
3.8 Soal Latihan	118
3.9 Kesimpulan	119
BAB IV STRUKTUR MOORING	122
4.1 Pendahuluan	122
4.2 Desain Struktur Mooring	123
4.3 Material dan Konstruksi	129
4.4 Analisis Kekuatan dan Stabilitas	138
4.4.1 Analisis Gerak Respons Struktur Terapung	138
4.4.2 Analisis Tegangan Tali Tambat	147
4.4.3 Analisis Kekuatan Struktur Terapung.....	147
4.4.4 Analisis Stabilitas Struktur Terapung	153
4.4.5 Analisis Sistem Tambat pada Kondisi ULS dan ALS	154
4.5 Proteksi dan Pemeliharaan.....	156
4.6 Integrasi dengan Fasilitas Lepas Pantai	161
4.6.1 Jenis-Jenis Struktur Lepas Pantai dan Struktur Mooring.....	161
4.6.2 Tahapan Proses Integrasi dengan Fasilitas Lepas Pantai dalam Struktur Mooring.....	163
4.7 Studi Kasus: Struktur Mooring di Berbagai Kondisi Laut.....	169

4.8 Soal Latihan	176
4.9 Kesimpulan	178
BAB V SISTEM MOORING	181
5.1 Pendahuluan	181
5.2 Konfigurasi Sistem Mooring	182
5.3 Sistem Mooring untuk Kapal	201
5.4 Sistem Mooring untuk Platform Lepas Pantai	206
5.4.1 Jenis-Jenis Sistem Mooring untuk Platform Lepas Pantai.....	208
5.4.2 Manfaat dan Keunggulan Sistem Mooring	210
5.5 Otomatisasi dan Kontrol Sistem Mooring	211
5.6 Keandalan dan Keselamatan Sistem Mooring	219
5.6.1 Keandalan Sistem Mooring.....	219
5.6.2 Keselamatan Sistem Mooring	223
5.7 Inovasi dan Tren Masa Depan dalam Sistem Mooring.....	227
5.8 Soal Latihan	232
5.9 Kesimpulan	233
BAB VI DINAMIKA STRUKTUR MOORING	237
6.1 Pendahuluan	237
6.2 Pengantar Dinamika Struktur Mooring	238
6.3 Pengaruh Kondisi Laut Terhadap Dinamika	242
6.4 Model Matematika dan Simulasi	248
6.5 Pengujian dan Validasi Model	250
6.6 Manajemen Risiko dan Mitigasi	257
6.7 Studi Kasus: Dinamika Struktur Mooring dalam Kondisi Ekstrem.	264
6.8 Soal Latihan	265
6.9 Kesimpulan	266
DAFTAR PUSTAKA	270

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Single Point Mooring Tipe CALM [31]	2
Gambar 1.2 Floating Hose pada Kapal Tanker dengan SPM (Indian Oil)	13
Gambar 1. 3 Single Point Mooring 3.....	13
Gambar 2. 1 Vakum Operated Mooring System	44
Gambar 3. 1 Konstruksi Wire Rope	59
Gambar 3. 2 Tipe Catenary Line	62
Gambar 3. 3 Tipe Taut Line.....	64
Gambar 3. 4 Tipe Tension Leg	65
Gambar 3. 5 Jangkar.....	66
Gambar 3. 6 Tipe Rantai	72
Gambar 3. 7 Catenary Mooring using Anchor Chain	73
Gambar 3. 8 Stud-Link	74
Gambar 3. 9 Studless Chain.....	75
Gambar 3. 10 Anchor Chain System	75
Gambar 3. 11 Contoh Rantai.....	77
Gambar 3. 12 Semi Taut Mooring Using Elastic Material.....	78
Gambar 3. 13 Concept Design of Mooring Buoys Observation System	85
Gambar 3. 14 Mechanical Design of the Mooring Buoy	86
Gambar 3. 15 Rangkain Sistem Mooring Buoy yang digunakan dalam Riset.....	91
Gambar 3. 16 Posisi Kapal Terhadap Fender.....	96
Gambar 3. 17 Tipe Fender SCN 800 F.2.5	97
Gambar 3. 18 Desain Panel Fender SCN 800 F.2.5.....	98
Gambar 3. 19 Winch dengan Drum terpisah.....	108
Gambar 3. 20 Winch Listrik	109
Gambar 3. 21 Winch Hidraulik	110
Gambar 4. 1 Catenary Mooring Spread.....	124
Gambar 4. 2 Taut Mooring Spread	125
Gambar 4. 3 Sketsa Catenary Mooring	126
Gambar 4. 4 Konfigurasi Mooring Line	131
Gambar 4. 5 Six Degree Of Freedom (SDOF) pada FPSO	140
Gambar 4. 6 Tipe Time Series yang Diplot dari Rekaman Gelombang Acak.....	146

Gambar 4. 7 Parameter Stokastik pada Gelombang Acak.....	146
Gambar 4. 8 Tabel Parameter Kurva S-N untuk Chain.....	152
Gambar 4. 9 Kurva S-N untuk chain.....	152
Gambar 5. 1 Mooring Konfigurasi Jajaran Linier.....	189
Gambar 5. 2 Contoh Pemodelan Konfigurasi Mooring Linier Array Tampak Atas	190
Gambar 5. 3 Contoh Pemodelan Konfigurasi Mooring Linier Array Tampak Isometris.....	190
Gambar 5. 4 Mooring Konfigurasi Jajaran Persegi	191
Gambar 5. 5 Contoh Pemodelan Konfigurasi Mooring Rectangular array Tampak Atas	192
Gambar 5. 6 Contoh Pemodelan Konfigurasi Mooring Rectangular array Tampak Isometris.....	192
Gambar 5. 7 Mooring Konfigurasi 4 titik Tambat.....	193
Gambar 5. 8 Contoh Pemodelan Konfigurasi 4 Points <i>Mooring</i> Tampak Atas	194
Gambar 5. 9 Contoh Pemodelan Konfigurasi 4 Points Mooring Tampak Isometris.....	194
Gambar 5. 10 Ilustrasi Gaya pada Tali Mooring	197
Gambar 5. 11 Gambar artistik Kapal FPSO dan Mooring System .	201
Gambar 5. 12 Jenis Spread Moring.....	203
Gambar 5. 13 Jenis Single Point Mooring.....	209
Gambar 6. 1 Catenary Anchor Leg Mooring	239

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D.A.Septianto, D.M.Rosyid, and W.Wardhana, "Studi RBI (Risk Based Inspection)*Floating Hose* pada SPM (*Single Point Mooring*)," Jurnal Teknik ITS, Vol.1, No.1, 2012.
- [2] <https://velascoindonesia.com/sistem-penambatan-kapal/>
- [3] M. Trimirza, R. Ramlan, and R.. Repindowaty, "Perlindungan Terumbu Karang Menurut UNCLOS 1982 (Studi Kasus Kerusakan Terumbu Karang oleh Kapal Pesiar M.V. Caledonian Sky di Raja Ampat)", *UPOS*, vol. 2, no. 1, pp. 106-130, Mar. 2021.
- [4] D.Yunita, " Pemilihan Jenis Tali Tambat Sistem Penambatan *Spread Mooring*," Undergraduate Thesis, Institut Teknologi Sepuluh November, 2002.
- [5] Arifin, "Kajian Numerik Ketidakstabilan FPSO Tertambat dalam Kondisi Alami Kerusakan pada Kondisi *Mooring Line* yang Berbeda," Jurnal Wave, Vol,9, No.2, 2015.
- [6] A.R. Jurais, " Analisis Gerak dan Tali Tambat pada Perancangan Struktur *Floating Breakwater* di Nagan Raya, Aceh," Undergraduate Thesis, Institut Teknologi Sepuluh November, 2018.
- [7] Villa Caro, Raul & Formoso, Fraguela & López, Mario & Carral, Luis. (2018). A review of ship *mooring systems*. Brodogradnja. 69. 123. 10.21278/brod69108.
- [8] J. Yu, S. Zhang, W.Yang, Y.Xin, and H.Gao, " Design and Application of *Buoy Single Point Mooring System* with Electro-Optical-Mechanical (EOM) Cable," Journal of Marine Science and Engineering, Vol.8, No.672, 2020.
- [9] M.Irfan, Y.Haryadi, D.Haryanto, and A.Rusdiansyah, "Tinjauan Teknis Penempatan Sistem *Mooring Buoy* dan OBU-INA-TEWS di Dasar Laut," Oseanika: Jurnal Riset dan Rekayasa Kelautan, Vol.2, No.1, 2021.

- [10] B.Triatmodjo, "Perencanaan Pelabuhan," Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta, 2010.
- [11] A.Ridhaya, "Studi Perencanaan Sistem Fender Dermaga Di Pelabuhan Penyeberangan Roro (Roll On-Roll Off) Air Putih Kota Bengkalis," Undergraduate Thesis, Universitas Islam Riau, 2022.
- [12] S. Chakrabarti, *Handbook of Offshore Engineering*, vol. 2. Amsterdam: Elsevier, 2005, doi: 10.1016/B978-008044381-2/50001-0.
- [13] J. C. Carral, M. López, R. Villa-Caro, J. A. Fraguera, and L. Carral, "A review of ship *mooring systems*," *Brodogradnja*, vol. 69, no. 1, pp. 123-149, 2018, doi: 10.21278/brod69108.
- [14] A. Mashuda, and N.Kholis, "Ranvang Bangun Sistem Monitoring Kestabilan Kapal Berbasis Arduino Menggunakan Sensor GY-521 Secara Wireless," *Jurnal Teknik Elektro*, Vol.09, No.0, 2020.
- [15] S. Wahyudi, "Prototipe Alat Penyandaran Kapal dengan Sensor Ultrasonik HC SR04 Berbasis Mikrokontroler At-Mega 16," Undergraduate thesis, Fakultas Teknologi Industri UNISSULA, 2016.
- [16] N.K. Hasan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Posisi dan Kecepatan Kapal Secara *Online* Berbasis Mobile Android," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, Vol.8, No.1, 2021.
- [17] O.Faltinsen, "Sea Load on Ships and Offshore Structure," Unite Kingdom: Cambridge University Press, 1990.
- [18] Murdjito, " *Mooring Design & Analysis*," Surabaya, 2011.
- [19] D.R. Mauliani, Handyanu, M.Murtedjo, "Analisis Kekuatan Struktur Global *Buoy* pada *Single Point Mooring* PSO Arco Ardjuna," *Jurnal Teknik ITS*, Vol.4, No. 1, 2015.
- [20] A.Fauzan, H. Yudo, and M. Iqbal, " Analisa Kekuatan *Spread Mooring* pada Sistem Tambat FPSO Berbentuk Silinder di

- Perairan Lepas Pantai Barat Natuna-Indonesia Menggunakan FEM,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, Vol.4, No.3, 2016.
- [21] *American Petroleum Institute*, “ API RP 2SK Design and Analysis of Stationkeeping System for Floating Structure 3rd Edition”. Washington DC: API Publishing Service, 2015.
- [22] A. Goffar, “ Rancangan Dasar Perhitungan Proteksi Katodik dengan Menggunakan Anoda Karbon pada Struktur Baja Anjungan Minyak di Lingkungan Air Laut,” *Lembaran Publikasi Lemigas*, Vol.45, No.1, 2011.
- [23] A.H. Taherdito, “Desain Sistem *Mooring* Struktur Terapung Multifungsi di Laut Bali,” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lepas Pantai*, Bandung, Indonesia, 2022.
- [24] D. N. Simamora and K. Idris, “Perancangan struktur *Single Point Mooring* (SPM) di lepas pantai Lampung Timur,” in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lepas Pantai*, Bandung, Indonesia, 2021
- [25] Mudiyanto, P.A. Pamungkas, “Pentingnya Perawatan *Mooring Line* di MV. Bali Kuta untuk Kelancaran Berthing,” *Jurnal Aplikasi Pelayaran dan Kepelabuhanan*, Vol.9, No.2, 2019.
- [26] H.B.P. Adi, “Perancangan Sistem *Mooring* dan Analisa Olah Gerak Struktur Aquaculture Model Seastation untuk Laut Lepas Indonesia,” Tugas akhir, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [27] M. Suryaprawira, “Perancangan Konfigurasi *Mooring* untuk Piling Barge Pada Kawasan Pelabuhan Manyar, Gresik, Jawa Timur,” Tugas Akhir, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2017.
- [28] M.L.U.Zen, Warsito, and A.Rachmawati, “Studi Perencanaan Sistem Fender Dermaga (Jetty) di Pelabuhan Tanjung Tembaga Kota Probolinggo,” <https://media.neliti.com/media/publications/485539-none-60d4f94e.pdf>

- [29] B.S. Prasodjo, W.D.Aristanto, and D.F. Ashyar, "Study Optimasi Panjang *Mooring Line* Tipe *Spread Mooring* pada FPSO," Jurnal, UPT.BPPH-BPPT, Vol.5, No.1, 2011.
- [30] R.Gunawan, A.S.Aisjah, and A.A. Masroeri, "Perancangan Sistem Kontrol Sandar Kapal Otomatis Berbasis Logika *Fuzzy* di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya," Jurnal Teknik POMITS, Vol.2, No.2, 2013.
- [31] M.Ardiansyah, "Analisa Kelelahan Berbasis Keandalan pada *Mooring Line Single Point Mooring* (SPM) Jenis *Catenary Anchor Leg Mooring* (CALM) Akibat Beban Gelombang," Tugas akhir, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [32] N.Arifannisa, "Analisis Umur Kelelahan pada *Anchor Chain Single Point Mooring* 3," Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Sepuluh Nopember, 2016.
- [33] DNV GL OS E301, *Position Mooring*, Norway, 2015.
- [34] T. Triputrasetyo M., "Optimasi Desain *Truncated Mooring System* untuk Pengujian Model Perairan dalam (Deepwater)," Jurnal Wave, Vol.9, No.1, 2015.
- [35] <https://www.djkn.kemenkeu.go.id/kanwil-rsk/baca-artikel/16555/Peran-Pimpinan-Dalam-Penerapan-Mitigasi-Risiko-Dalam-Organisasi.html>
- [36] E.Hafudiansyah, and A.A. Anisarinda, "Analisis Struktur *Mooring* Doplhin Kapasitas Kapal 2000 GT (Studi Kasus Pelabuhan Munse Sulawesi Tenggara)," Jurnal Teknik Sipil Cendekia, 2021.
- [37] R.Agatha, "Analisa Ultimate Tegangan pada Struktur *Buoy Mooring* Akibat Gaya yang Ditimbulkan Oleh Rantai Tambat," Tugas Akhir, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Sepuluh Nopember, 2017.