

STUDI PERENCANAAN SISTEM FENDER DERMAGA (JETTY) DI PELABUHAN TANJUNG TEMBAGA KOTA PROBOLINGGO

Muh. Lathiful Umam Zen¹, Warsito², Azizah Rachmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, email :
Umam6san@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, email : warsito@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, email :
azizah.rochmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Pelabuhan Tanjung Tembaga, Jawa Timur merupakan pelabuhan yang dipastikan akan menjadi pelabuhan multipurpose dalam melayani pelbagai macam bongkar muat barang. Upaya tersebut dilakukan pemerintah provinsi Jawa Timur dengan membangun dermaga baru yang akan melayani kapal berkapasitas 15000–20000 DWT. Salah satu pokok dalam merencanakan dermaga tersebut adalah tersedianya pengaman dermaga yaitu fender. Tujuan dari studi ini adalah merencanakan sistem fender yang terintegrasi dengan struktur dermaga.

Metode dalam penyelesaian studi ini adalah dengan mengumpulkan data kapal, angin, arus, bathymetri, gelombang, dan pasang surut air laut yang akan diklasifikasi untuk perencanaan sistem fender dan struktur dermaga.

Pada studi ini diperoleh kesimpulan bahwa energi benturan kapal yang terjadi adalah 689.3kN. Sehingga direncanakan jenis fender SCN-800 F.2.5 dengan *frontal pad* 3x1m yang memiliki energi absorpsi 308.6 kN/fender. Pada perencanaan struktur didapat dimensi pelat lantai $t=320$ mm, balok memanjang 1200x850mm, balok crane 1200x900mm, balok melintang 1200x800mm, balok diagonal 1200x850mm, balok tepi 1200x750mm, plank fender 5000x3000x1200mm dan 5000x3000x1100mm. pada *pile cap* diperoleh dimensi 3400x1800x2000 mm, 3600x1800x2000mm, 1800x1800x1800mm, 1800x1700x2000mm, dan 2200x2200x2000mm. pondasi yang digunakan adalah *steel pipe pile* 1016mm dengan kedalaman 18.45m-seabad (tiang tegak), 21.45m-seabad (tiang miring). Serta direncanakan *concrete filler* (kolom virtual) diameter 978mm dengan panjang 3m

Kata Kunci: Pelabuhan, Dermaga, Fender, Struktur

ABSTRACT

The Port of Tanjung Tembaga, East Java is a port that is certain to become a multipurpose port in serving various types of loading and unloading of goods. The effort was carried out by the East Java provincial government by building a new jetty that will serve ships with a capacity between of 15000-20000 DWT. One of the main points in jetty structure planning is safety, which is called fender. The purpose of this study is to plan a fender system that is integrated with the jetty structure.

The method of this study is to collect data on ships, wind, currents, bathymetry, waves, and tides that will be classified for fender system planning and jetty structure.

In this study, it was concluded that the impact energy of the ship that occurred was 689.3kN. So it is planned that the SCN-800 F.2.5 fender type with a 3x1m frontal pad has an absorption energy of 308.6 kN / fender. In the structural design the dimensions of the floor plate $t = 320$ mm, 1200x850mm elongated beam, 1200x900mm crane beam, 1200x800mm transverse beam, 1200x850mm diagonal beam, 1200x750mm edge beam, 5000x3000x1200mm fender beam and 5000x3000x1100mm. the pile cap obtained dimensions 3400x1800x2000 mm, 3600x1800x2000mm, 1800x1800x1800mm, 1800x1700x2000mm, and 2200x2200x2000mm. The foundation used is 1016mm steel pipe pile with a depth of 18.45m-seabad (vertical pile), 21.45m-seabad (diagonal pile). As well as a planned concrete filler (virtual column) with a diameter of 978mm with a length of 3m.

Keywords: Port, Jetty, Fender, Structure

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pelabuhan Tanjung Tembaga secara geografis terletak pada kordinat 7°42'47.42" LS dan 113°12'55.05" BT, dengan batas darat masuk ke dalam wilayah kelurahan Mayangan dan secara administratif masuk wilayah kota Probolinggo. Pelabuhan ini termasuk dalam jajaran pelabuhan yang besar dikarenakan banyaknya kapal-kapal besar dari daerah lain yang berlabuh. Dengan kondisi geografis tersebut maka pelabuhan Tanjung tembaga memenuhi kriteria sebagai proyek rencana strategis nasional (PIPP, 2018). Untuk mendukung rencana tersebut, pemerintah provinsi Jawa Timur melakukan pengembangan pelabuhan dengan membangun dermaga baru. Salah satu fasilitas dermaga yang berguna untuk menghindari kerusakan akibat benturan pada dermaga maupun badan kapal maka di depan dermaga perlu diberikan bantalan yang berupa fender.

TINJAUAN PUSTAKA

Fender

Fender merupakan bagian dari dermaga yang berupa bantalan yang ditempatkan di depan dermaga. Fender berfungsi untuk menyerap energi benturan antara kapal dengan dermaga dan meneruskan gaya ke struktur dermaga (Triatmodjo, 2009). Gaya yang diteruskan ke dermaga tergantung pada tipe dan defleksi fender yang diijinkan.

Instalasi fender harus dipasang di sepanjang dermaga dan beraturan agar kapal dapat bersandar tepat pada badan fender. Karena kapal mempunyai ukuran yang berbeda maka fender harus dibuat agak tinggi pada sisi dermaga.

Perencanaan Sistem Fender Dermaga

1. Prosedur Perencanaan Fender

Prosedur perencanaan fender menurut (Triatmodjo, 2009)

- Menentukan energi benturan kapal berdasarkan ukuran kapal terbesar yang bersandar di dermaga

$$E_N = \frac{WV^2}{2g} C_m C_e C_s C_c \dots\dots\dots (1)$$

Dimana: E_N = energi benturan normal (tonm)

W = berat kapal (ton)

V = kecepatan merapat kapal dalam arah tegak lurus (m/s)

g = percepatan grafitasi (m/s^2)

C_m = koefisien massa

C_e = koefisien eksentrisitas

C_s = koefisien kekasaran (diambil 1.0)

C_c = koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1.0)

- Menentukan energi yang diserap oleh dermaga

$$E_A = Fd/2 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana: E_A = energi arbsorbsi

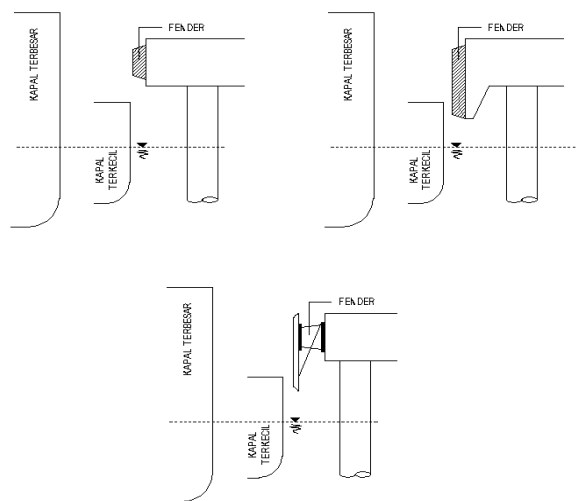
F = reaksi fender

d = defleksi

- Memilih fender yang mampu menyerap energi dari benturan kapal berdasarkan kriteria fender yang dikeluarkan oleh pabrik pembuatnya

2. Posisi daerah yang dilindungi

Fender dapat melindungi dermaga dari benturan kapal besar tetap fender tidak berfungsi dengan baik oleh kapal kecil. Untuk dapat melindungi dermaga terhadap benturan kapal dari berbagai ukuran maka digunakan fender yang lebih panjang dengan penempatan terlihat seperti gambar.



Gambar 1. Posisi Kapal Terhadap Fender

Sumber: (Triatmodjo, 2009)

3. Jarak fender

Jarak fender dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$L = 2 \sqrt{r^2 - (r - h)^2} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana: L = jarak maksimum antara fender (m)

r = jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal (m)

h = tinggi fender

METODE PERENCANAAN

Deskripsi Daerah Studi

Lokasi studi pada penelitian ini berada di Jl. Tanjung Tembaga 8, Mayangan, Kota Probolinggo, Jawa Timur. Daerah tersebut merupakan wilayah perbatasan antara lautan dan daratan yang menjadi penghubung perekonomian antar wilayah.

Data Yang Diperlukan

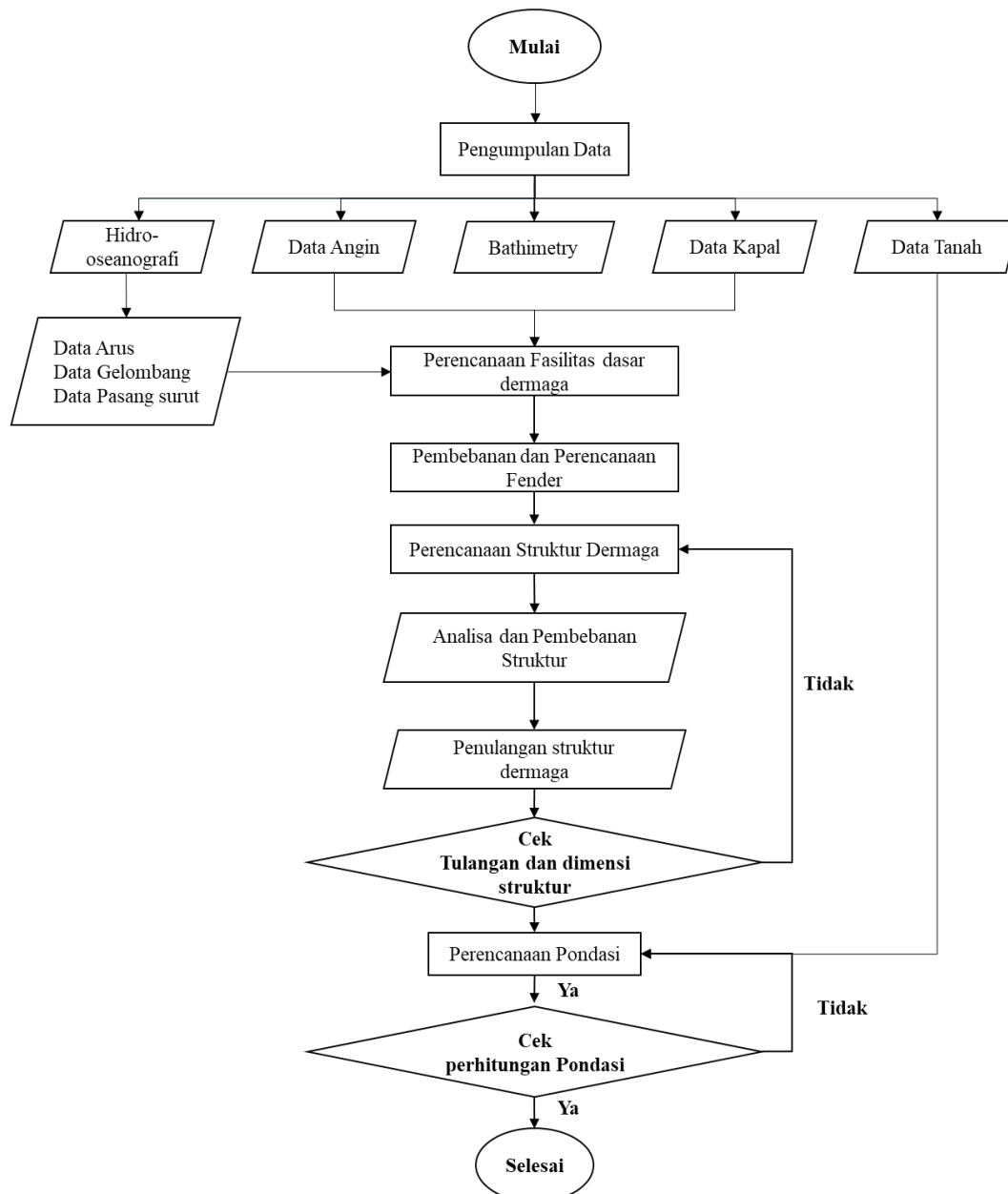
- Data topografi
- Data hidro-oseanografi
 - a. Data pasang surut air laut

- b. Data gelombang
- c. Data Arus
- Data angin
- Data bathymetri
- Data kapal
- Data Tanah

Langkah Studi

1. Pengolahan Data
 - a. Klasifikasi data kapal untuk merencanakan fasilitas dasar dermaga
 - b. Perhitungan gaya arus
 - c. Perhitungan gaya angin
 - d. Perhitungan tinggi dan energi yang dihasilkan oleh gelombang
 - e. Penentuan elevasi muka air dari data pasang surut
 - f. Penentuan tinggi elevasi fender
2. Pembebanan pada fender
3. Pemilihan fender
 - a. Penentuan jenis fender
 - b. Penentuan dimensi fender
 - c. Penentuan jarak fender
4. Perencanaan Struktur Dermaga
 - a. Analisa dan pembebanan dermaga
 - b. Penulangan struktur dermaga
 - c. Kontrol perhitungan struktur
 - d. Perencanaan pondasi dermaga
 - e. Kontrol perhitungan struktur dermag

Bagan alir



Gambar 2. Bagan Alir

PEMBAHASAN

Pembebanan Pada Fender

- a. Koefisien Massa

$$C_m = 1 + \frac{\pi d}{2 C_b B}$$

$$= 1 + \frac{3.14 \times 9.9}{2 \times 0.85 \times 27.1} = 1.68$$

Dimana: nilai C_b adalah 0.8

$d = 9.9$ m dan $B = 27.1$ m

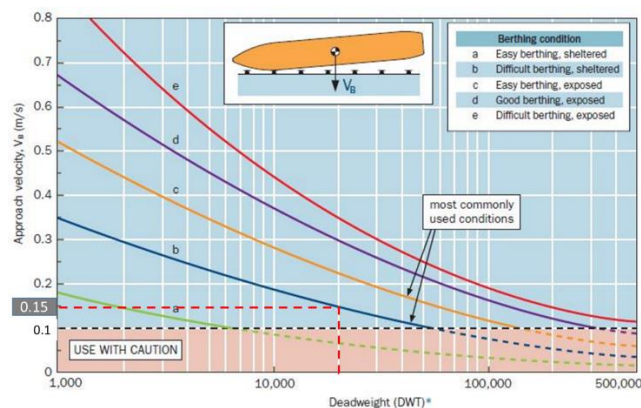
- b. Koefisien eksentrisitas

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{1}{1 + \left(\frac{44.25}{43.03}\right)^2} = 0.49$$

Dimana: $l = \frac{1}{4} L_{oa} = \frac{1}{4} (177) = 44.25$ m

- c. Koefisien kekasaran (C_s) = 1,0 (PIANC, 2002: Tabel 4.13)
 d. Koefisien bentuk dari tambatan (C_c) = 1,0 (PIANC, 2002: Tabel 4.12)
 e. Komponen tegak lurus dari kecepatan kapal (V) = $1.5 \sin 10^\circ = 0.26$ m/d



Gambar 3. Grafik Komponen Tegak Lurus Dari Kecepatan Kapal

Sumber: (PIANC, 2002: hal. 18)

- f. Berat kapal total

$$W = W_a + W_d$$

$$= 1424.76 + 20000 = 21424.76 \text{ ton}$$

Dimana: W_d = bobot kapal (20000 ton)

$$W_a = 0.25 \pi d^2 B \gamma_{\text{air laut}} \left(\frac{2}{3}\right)$$

$$= 0.25 \times 3.14 \times 9.9^2 \times 27.1 \times 1.025 \left(\frac{2}{3}\right)$$

$$= 1424.76 \text{ ton}$$

- g. Besarnya gaya tumbukan disebabkan benturan kapal

$$E_N = \frac{WV^2}{2g} C_m C_e C_s C_c$$

$$= \frac{21424.76 \times 0.15^2}{2 (9.81)} (1.68)(0.49) (1) (1)$$

$$= 20.226 \text{ tonm} = 202.26 \text{ kNm}$$

Pemilihan Tipe Fender

Defleksi yang dipilih adalah 35% dan menghasilkan nilai $R_R = 100\%$ dan nilai $E_R = 40\%$. Adapun klasifikasi Jenis fender yang dipilih yaitu:

Tipe Fender : SCN 800 F 2.5

E_R : 308.6 kNm $> E_A = 303.39$ kNm

R_R : 689.3 kN

Diameter : 1.280 m

Berat : 606 kg

Beban yang diaplikasikan pada struktur dermaga rencana adalah *reaction rated* (R_R) dikalikan dengan persentase *reaction rated*. Sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} R_{\text{rencana}} &= 689.3 \times 100\% \\ &= 689.3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Perencanaan Panel Fender (*Frontal Pad*)

$$\begin{aligned} P &= \frac{\sum R_R}{W b H} < P_p && (\text{Trelleborg's Fender System v3.9, 2019}) \\ &= \frac{689.3}{(2)(3.3)} \\ &= 104.44 \text{ kN/m}^2 < P_p = 300 \text{ kN/m}^2 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

Jadi dipakai panel ukuran 2.0 m x 3.3 m

Menentukan Jarak Antar Fender

Untuk menentukan jarak antar fender, perlu diketahui data-data sebagaimana berikut:

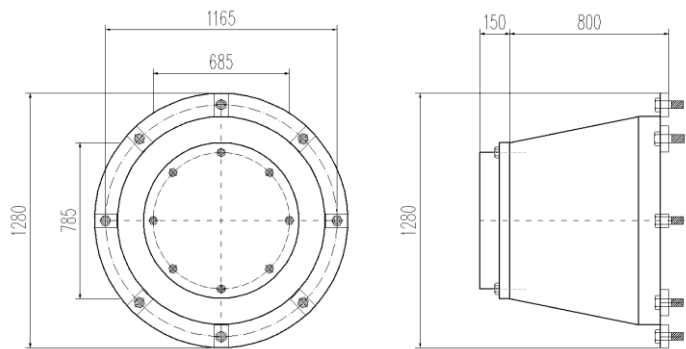
$$r = 0.26 L_{pp} = 0.26 (165.48) = 43.03 \text{ m}$$

$$h = 0.8 \text{ m}$$

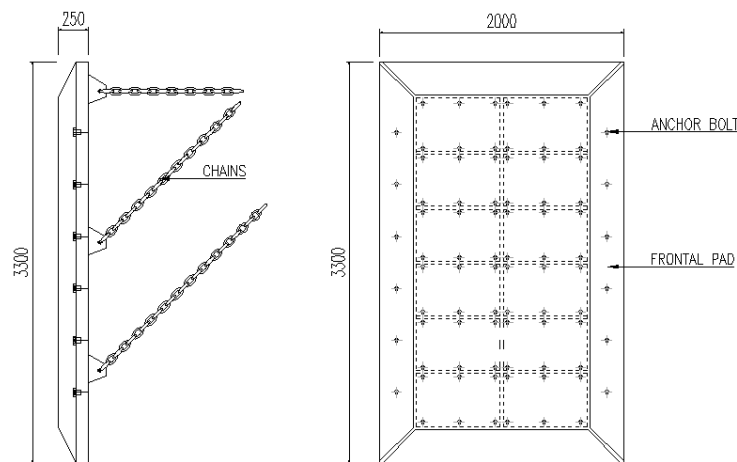
Jarak maksimal antar fender dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} L &\leq 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2} \\ &\leq 2\sqrt{43.03^2 - (43.03 - 0.8)^2} = 16.52 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi jarak antar fender yang dipakai adalah 7.5 m, dengan tujuan agar kapal-kapal kecil juga dapat bersandar di dermaga.



Gambar 4. Tipe Fender SCN 800 F.2.5



Gambar 5. Desain Panel Fender SCN 800 F.2.5

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perencanaan dapat disimpulkan bahwa:

1. Energi benturan kapal (*berthing forces*) yang terjadi adalah 689.3 kN
2. Jumlah fender yang dibutuhkan sebanyak 35 buah, terpasang dengan jarak 7.5 m di sepanjang dermaga. Fender yang digunakan adalah tipe SCN-800 F.2.5 dan dipasang *frontal pad* (3 x 1) m. Energi *absorbsi* sebesar 308.6 kN (30.86 ton/fender).
3. Pada perencanaan struktur dermaga, diperoleh hasil sebagai berikut:
 - a. Pelat lantai ($t = 0.32$ m) dengan tulangan D19-75 (tulangan rangkap utama) dan D19-300 (tulangan rangkap bagi)
 - b. Balok yang direncanakan memiliki 4 tipe balok yaitu,
 - Balok memanjang (1200 x 850) mm
 - Balok crane (1200 x 900) mm
 - Balok melintang (1200 x 800) mm
 - Balok diagonal (1200 x 850) mm
 - Balok tepi (1200 x 750) mm
 - c. Plank fender yang direncanakan yaitu, Tipe 1 (3000 x 1200 x 5000) mm dan Tipe 2 (3000 x 1100 x 5000) mm

- d. *Pile cap* yang direncanakan memiliki 5 tipe yaitu,
 - Tipe 1 (3400 x 1800 x 2000) mm
 - Tipe 2 (3600 x 1800 x 2000) mm
 - Tipe 3 (1800 x 1800 x 1800) mm
 - Tipe 4 (1800 x 1700 x 2000) mm
 - Tipe 5 (2200 x 2200 x 2000) mm
 - e. Kolom virtual dengan diameter Ø978 mm dan panjang 3.2 m
 - f. Pondasi *steel pipe pile* (Ø1016 mm) dengan kedalaman 18.45 m (tiang tegak) dan 21.45 m (tiang miring) dari *seabad*.
4. Pemodelan sistem fender yang terintegrasi dengan struktur dermaga dimodelkan dengan pemasangan fender dengan dudukan fender (plank fender).

Saran

Pada perencanaan dermaga selanjutnya disarankan untuk:

1. Menghitung anggaran biaya yang dikeluarkan untuk konstruksi dermaga;
2. Membuat metode pelaksanaan konstruksi dermaga;
3. Membuat jadwal pelaksanaan konstruksi dermaga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] CERC, (Coastal Engineering Research Center). 1984. *Shore Protection Manual*. Vol. 2. 2 vols. Washington: Department Of The US Army.
- [2] ECMWF, (European Centre for Medium Range Weather Forecasts). n.d. "Datasets ERA Interim." *ECMWF* (blog). Accessed April 5, 2019. <https://www.ecmwf.int/>.
- [3] Fauzan. 2018. "Perencanaan Fender Dermaga (Jetty) Kapal Dengan Bobot 10000 DWT" Vol. 1. <http://jurnal.ensiklopediaku.org>. Accessed Maret 11, 2019.
- [4] Kementerian Perhubungan, (Direktorat Jenderal Perhubungan Laut). 2013. *Standarisasi Desain Teknik Fasilitas Pelabuhan Laut T.A 2013*. (Direktorat Jenderal Perhubungan Laut).
- [6] OCEDI, (The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan). 2009. *Technical Standards And Commentaries For Port And Harbour Facilities In Japan*. Tokyo: Japan Port and Harbour Association.
- [7] PIANC, (International Navigation Association). 2002. *Guidelines for the Design of Fenders Systems*. Belgium: Report of Working Group.
- [8] Thoresen, Carl A. 2014. *Port Designer Handbook*. 3 (Third). London: Institute of Civil Engineering.
- [9] Trelleborg's Fender System v3.9. 2019. *Fender System Brochure*. Sweden: Trelleborg.
- [10] Triatmojo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.