

BAB V
ANALISIS DAN PEMECAHAN MASALAH

5.1. Analisa Kondisi Yang Baru

5.1.1. Analisa Pola/ Sistem Sandar

Dalam menentukan banyaknya kapal yang dapat sandar di Dermaga Tulung Selapan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

Dermaga 1

- a. Jumlah Kapal Yang Dapat Sandar dengan sistem memanjang 180° pada sisi depan dermaga 1:

$$L = (2 \cdot a) + (n \cdot LOA) + \{(n - 1) \times b\}$$

L = Panjang dermaga

a = Jarak antara kapal dengan sudut dermaga (0,5)

LOA = Panjang kapal terbesar

n = Jumlah kapal yang bisa tambat

b = Jarak antara kapal dan kapal adalah 0,5

Penyelesaian:

$$9,6 = 2 \cdot 0,5 + 17 \cdot n + (n - 1) 0,5$$

$$9,6 = 1 + 17n + 0,5n - 0,5$$

$$9,6 = 0,5 + 17,5n$$

$$9,6 - 0,5 = 17,5n$$

$$9,1 = 17,5n$$

$$n = 0,52 \text{ kapal} > 1 \text{ kapal}$$

jadi jumlah kapal yang dapat tambat pada system memanjang pada sisi depan dermaga 1 adalah 1 kapal

- b. Jumlah Kapal Yang Dapat Sandar dengan sistem tegak lurus 90° pada sisi depan dermaga 1

$$L = (2 \times a) + (n \times B) + \{(n - 1) \times b\}$$

L = Panjang dermaga

A = Jarak antara kapal dengan sudut dermaga (0,5)

B = Lebar kapal terbesar

n = Jumlah kapal yang bisa tambat

b = Jarak antara kapal dan kapal adalah 0,5

Penyelesaian:

$$9,6 = 2 \cdot 0,5 + 4 \cdot n + (n - 1) 0,5$$

$$9,6 = 1 + 4n + 0,5n - 0,5$$

$$9,6 = 0,5 + 4,5n$$

$$9,6 - 0,5 = 4,5n$$

$$9,1 = 4,5n$$

$$n = 2,02 \text{ kapal} > 2 \text{ kapal}$$

jadi jumlah kapal yang dapat tambat pada system tegak lurus pada sisi depan dermaga 1 adalah 2 kapal

c. Jumlah Kapal Yang Dapat Sandar dengan sistem menyudut 45° pada sisi depan dermaga

$$L = 2 a + \{ n \cdot (\cos \alpha \cdot LOA) \}$$

L = Panjang dermaga

A = Jarak antara kapal dengan sudut dermaga (0,5)

N = jumlah kapal yang bisa tambat

α = Sudut yang di bentuk

LOA= Lebar kapal terbesar

Penyelesaian:

$$9,6 = 2 \cdot 0,5 + \{n (\cos 45^\circ \cdot 17)\}$$

$$9,6 = 1 + 12,02n$$

$$9,6 - 1 = 12,02n$$

$$8,6 = 12,02n$$

$$n = \frac{8,6}{12,02}$$

$$n = 0,71 \text{ kapal jukung} > 1 \text{ kapal jukung}$$

jadi jumlah kapal yang dapat tambat pada system menyudut pada sisi depan dermaga 1 adalah 1 kapal

Dermaga 2

Jumlah Kapal Yang Dapat Sandar dengan sistem memanjang 180° pada sisi depan dermaga:

$$L = (2 \cdot a) + (n \cdot LOA) + \{(n - 1) \times b\}$$

Penyelesaian:

$$37,5 = 2 \cdot 0,5 + 17 \cdot n + (n - 1) 0,5$$

$$37,5 = 1 + 17n + 0,5n - 0,5$$

$$37,5 = 0,5 + 17,5n$$

$$37,5 - 0,5 = 17,5n$$

$$37 = 17,5n$$

$$n = 2,11 > 3 \text{ kapal}$$

jadi jumlah kapal yang dapat tambat pada system memanjang pada sisi depan dermaga 2 adalah 3 kapal

Jumlah Kapal Yang Dapat Sandar dengan sistem tegak lurus 90° pada sisi depan dermaga

$$L = (2 \times a) + (n \times B) + \{(n - 1) \times b\}$$

Penyelesaian:

$$37,5 = 2 \cdot 0,5 + 4 \cdot n + (n - 1) 0,5$$

$$37,5 = 1 + 4n + 0,5n - 0,5$$

$$37,5 = 0,5 + 4,5n$$

$$37,5 - 0,5 = 4,5n$$

$$37 = 4,5n$$

$$n = 8,22 \text{ kapal} > 8 \text{ kapal}$$

jadi jumlah kapal yang dapat tambat pada system tegak lurus pada sisi depan dermaga 2 adalah 8 kapal

Jumlah Kapal Yang Dapat Sandar dengan sistem menyudut 45° pada sisi depan dermaga

$$L = 2 a + \{ n \cdot (\cos \alpha \cdot LOA)\}$$

Penyelesaian:

$$37,5 = 2 \cdot 0,5 + \{n (\cos 45^\circ \cdot 17)\}$$

$$37,5 = 1 + 12,02n$$

$$37,5 - 1 = 12,02n$$

$$36,5 = 12,02n$$

$$n = \frac{36,5}{12,02}$$

$$n = 3,03 \text{ kapal} > 3 \text{ kapal}$$

jadi jumlah kapal yang dapat tambat pada system menyudut pada sisi depan dermaga 2 adalah 3 kapal

5.1.2. Analisa Peralatan pola tambat

1. Tiang tambat (*bolder*)

Kapal yang merapat di dermaga akan ditambatkan dengan, menggunakan tali ke alat penambat yang di sebut *bolder*. Pengikatan ini dimaksudkan untuk menahan gerakan kapal yng disebabkan oleh angin dan arus.

a. Jarak aman antar bolder dengan sistem tambat memanjang 180°

1) Jarak antar *bolder* = $\frac{1}{3}$ panjang kapal (*m*)

$$\text{Jarak antar } bolder = \frac{1}{3} \times 17 \text{ meter}$$

$$\text{Jarak antar } bolder = 5,6 \text{ meter}$$

$$\text{Jumlah } bolder = \frac{\text{Panjang dermaga}}{\text{jarak antar bolder}}$$

$$\text{Jumlah } bolder = \frac{9,6}{5,6}$$

Jumlah *bolder* = 2 *bolder*

Dari perhitungan di atas didapatkan 5,6 meter untuk jarak antar *bolder* dan jumlah *bolder* yang harus di miliki adalah 2.

2) Jarak antar *bolder* = $\frac{1}{3}$ panjang kapal (*m*)

Jarak antar *bolder* = $\frac{1}{3}$ x 17 meter

Jarak antar *bolder* = 5,6 meter

Jumlah *bolder* = $\frac{\text{Panjang dermaga}}{\text{jarak antar bolder}}$

Jumlah *bolder* = $\frac{37,5}{5,6}$

Jumlah *bolder* = 6,69

Jumlah *bolder* = 7 *bolder*

Dari perhitungan di atas didapatkan 5,6 meter untuk jarak antar *bolder* untuk sistem memanjang dan jumlah *bolder* yang harus di miliki adalah 7.

b. Jarak aman antar *bolder* dengan sistem tambat tegak lurus 90°

$S = b + B$

$S = 4 + 0,5$

$S = 4,5$ m

Keterangan:

b = jarak antar kapal (0,5 m)

B = lebar kapal (4)

Maka jarak aman antar *bolder* untuk sistem tegak lurus yaitu 4,5 m.

1) Jumlah *bolder* = $\frac{\text{Panjang dermaga}}{\text{jarak antar bolder}}$

Jumlah *bolder* = $\frac{9,6}{4,5}$

Jumlah *bolder* = 2,13

Jumlah *bolder* = 2 *bolder*

Dari perhitungan di atas didapatkan 4,5 meter untuk jarak *antar bolder* untuk sistem tegak lurus dan jumlah *bolder* yang harus di miliki adalah 2.

$$2) \text{ Jumlah } bolder = \frac{\text{Panjang dermaga}}{\text{jarak antar bolder}}$$

$$\text{Jumlah } bolder = \frac{37,5}{4,5}$$

$$\text{Jumlah } bolder = 8,3$$

$$\text{Jumlah } bolder = 8 \text{ bolder}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan 4,5 meter untuk jarak *antar bolder* untuk sistem tegak lurus dan jumlah *bolder* yang harus di miliki adalah 8.

2. *Fender*

Fungsi *fender* adalah untuk menahan sebagian gaya benturan kapal dan selebihnya gaya bentur kapal dibebankan kepada konstruksi dermaga itu sendiri. Dalam melakukan perencanaan *fender* adalah menghitung energi benturan kapal dan dermaga. Energi benturan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$E = \frac{wv^2}{2g} C_m. C_e. C_s. C_c$$

Keterangan :

E = energi benturan (ton m)

W = displacement/berat kapal (ton)

V = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/d)

g = percepatan grafitasi (m/d²)

C_m = koefisien massa

C_e = koefisien eksentrisitas

C_s = koefisien kekerasan

C_c = koefisien tekanan arus

Untuk menentukan jenis fender dan besarnya tubrukan yang diakibatkan kapal pada saat melakukan sandar, harus diketahui kecepatan yang ditimbulkan kapal saat mendekati dermaga sampai merapat dan sudut yang dihasilkan saat kapal merapat. Untuk kecepatan sandar diukur dengan cara pada saat kapal masuk kolam pelabuhan dengan jarak 10 m dari kolam pelabuhan sampai tepi dermaga dan diketahui kecepatan sandar tiap-tiap kapal sebagai berikut:

Tabel 5. 1 data kecepatan kapal untuk mencari energi bentur

No	Waktu (detik)	Jarak	Kecepatan
1.	41	10	0,24
2.	40	10	0,25
3.	44	10	0,22
4.	42	10	0,23
5.	47	10	0,21
6.	49	10	0,20
7.	43	10	0,23
8.	44	10	0,22
9.	50	10	0,20
10.	48	10	0,21

Sumber: Hasil Survey, 2021

Dikarenakan semakin cepat kapal merapat pada dermaga maka daya bentur yang dibebankan oleh kapal semakin besar. Sehingga kecepatan sandar kapal (V) yang terbesar adalah 0,25 m/dt

Komponen kecepatan kapal pada arah tegak lurus kapal:

$$V = v. \sin 10^\circ$$

$$V = 0,25. \sin 10^\circ$$

$$V = 0,043 \text{ m/dtk}$$

Keterangan:

V = komponen kecepatan dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/d)

v = kecepatan merapat kapal (m/d)

Selain itu harus diketahui besarnya *displasment* kapal (massa kapal sama dengan volume air yang dipindahkan). Dalam buku Perencanaan Pelabuhan menyebutkan bahwa Koefisien Blok (C_b) adalah perbandingan antara volume displasment terhadap hasil kali panjang kapal (LOA), lebar dan draft. data tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. 2 koefisien bentuk khas berbagai jenis kapal

Koefisien	Kapal Barang	Kapal tunda	Kapal penumpang	Kapal penyebrangan
C_b	0,643	0,585	0,597	0,785

Sumber: Modul Ilmu Bangunan Kapal

Untuk mencari *displasment* digunakan panjang, lebar dan draft kapal terbesar dari kapal yang beroperasi pada dermaga, dimana rumus displasment :

$$\Delta = L \cdot B \cdot d \cdot C_b \cdot \rho$$

Dimana :

L = Panjang Kapal (17 meter)

B = Lebar Kapal (4 meter)

d = draft kapal terbesar (1 meter)

C_b = koefisien blok (0,64)

ρ = densitas air (air tawar = 1000kg/m³)

Maka untuk displasment kapal adalah :

$$= L \cdot B \cdot d \cdot C_b \cdot \rho$$

$$= 17 \text{ m} \cdot 4 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0,64 \cdot 1$$

$$= 43,52 \text{ ton}$$

Untuk mengetahui DWT (Dead Weight Tonnage) kapal dapat didapat dengan cara:

$$\Delta = LWT + DWT$$

Jika LWT adalah Light Weight Tonnage (kondisi kapal dalam keadaan kosong) maka:

$$\begin{aligned} LWT &= L \cdot B \cdot d_{\min} \cdot C_b \cdot \rho_{\text{air}} \\ &= 17 \cdot 4 \cdot 0,7 \cdot 0,64 \cdot 1 \\ &= 30,46 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka didapat

$$\begin{aligned} DWT &= \Delta - LWT \\ &= 43,52 \text{ ton} - 30,46 \text{ ton} \\ &= 13,06 \text{ ton} \end{aligned}$$

(1) menghitung nilai C_m :

nilai C_m dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

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

Maka :

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

$$C_m = 1 + \frac{3,14}{2 \times 0,64} \times \frac{1}{4}$$

$$C_m = 1 + 0,613$$

$$C_m = 1,613$$

Keterangan:

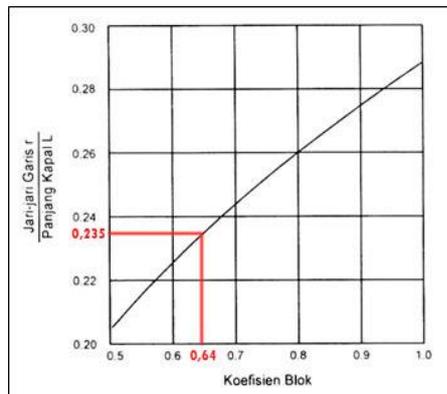
C_m = koefisien massa

C_b = koefisien blok

B = lebar kapal (m)

d = draft kapal (m)

(2) menghitung nilai C_e :



Sumber: Perencanaan Pelabuhan (2009)

Gambar 5. 1 jari-jari putaran di sekeliling berat kapal

Dengan menggunakan gambar di atas di ketahui $C_b=0,64$ maka:

$$\frac{r}{loa} = 0,235$$

$$r = 0,235 \times loa$$

$$r = 0,235 \times 17$$

$$r = 3,995 \text{ m}$$

Untuk kapal yang bersandar di dermaga:

$$l = \frac{1}{4} \times loa$$

$$l = \frac{1}{4} \times 17$$

$$l = 4,2$$

Keterangan :

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

l = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal pada permukaan air (m)

Loa = panjang kapal (m)

Maka nilai koefisien C_e dihitung dengan persamaan berikut:

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

$$C_e = \frac{1}{1+(4,2/3,995)^2}$$

$$C_e = 0,475$$

(3) Menghitung nilai E :

Energi benturan kapal adalah sebagai berikut dengan nilai $C_s=1$ $C_c=1$

$$E = \frac{wv^2}{2g} C_m.C_e.C_s.C_c$$

$$E = \frac{43,52 \times 0,043^2}{2 \times 9,81} \times 1,613 \times 0,475 \times 1 \times 1$$

$$E = 0,04 \times 1,613 \times 0,475 \times 1 \times 1$$

$$E = 0,03 \text{ tm}$$

Energi yang membentur dermaga adalah $\frac{1}{2} E$, maka energi benturan kapal yang di serap *fender* adalah $E \frac{1}{2} 0,03 = 0,015$.

Dari perhitungan dan analisis darri hasil yang di dapatkan maka daya benturan yang di hasilkan adalah 0,015 tm. Sehingga diperlukan pemilihan jenis dan tipe *fender* yang sesuai dengan energi yang dapat diserap oleh *fender* tersebut.

Tabel 5. 3 Dimensi dan Kapasitas *Fender* Silinder

dimensi OD x ID (mm)	Gaya R (ton)	energi diserap E (ton-m)	Dimensi OD x ID (mm)	Gaya R (ton)	Energi diserap E (ton-m)
100x50	4.38	0.08	1200 x 600	67.28	16.51
125 x65	5.20	0.13	1200 x 700	55.25	15.39
150 x 75	6.63	0.18	1300 x 700	66.26	18.76
175 x 75	9.38	0.28	1300 x 750	60.65	18.14
200 x 90	9.99	0.36	1400 x 700	78.49	22.43
200 x 100	8.77	0.34	1400 x 750	71.78	21.81
250 x 125	11.01	0.53	1400 x 800	66.16	21.20
300 x 150	13.15	0.75	1500 x 750	84.10	25.79
380 x 190	16.72	1.20	1500 x 800	77.47	25.08
400 x 200	17.53	1.34	1600 x 800	89.70	29.36
450 x 225	19.78	1.69	1600 x 900	77.17	27.83

500 x 250	28.03	2.85	1650 x 900	72.58	30.07
600 x 300	33.64	4.08	1750 x 900	94.70	34.66
700 x 400	33.13	5.30	1750 x 100	82.67	33.13
750 x 400	38.74	6.22	1800 x 900	100.92	37.10
800 x 400	44.85	7.34	1850 x 1000	93.88	37.92
875 x 500	41.39	8.26	2000 x 1000	112.23	45.87
925 x 500	47.07	9.48	2000 x 1200	88.79	42.30
1000 x 500	46.99	11.42	2100 x 1200	99.29	47.60
1050 x 600	56.07	11.93	2200 x 1200	110.40	53.41
1100 x 600	49.64	13.35	2400 x 1200	134.66	65.95

Sumber : seibu rubber chemical co, Ltd (dalam AF Quinn)

Berdasarkan hasil yang didapatkan di atas, maka diketahui energi benturan yang diserap sistem fender adalah sebesar 0,015 ton meter. Berdasarkan tabel klasifikasi jenis fender diatas maka jenis fender yang cocok digunakan adalah *fender* silinder dengan dimensi 100 x 50 mm.

(4) Perhitungan jarak antar fender

Untuk menentukan jarak maksimum yang akan dipasang pada dermaga, maka dalam perhitungannya di tentukan oleh jenis kapal yang akan sandar dan bobot matinya. Pada dermaga ini jarak fender yang di rencanakan adalah sebagai berikut:

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

Keterangan :

L = jarak maksimum antar fender

r = jari – jari kelengkungan sisi haluan kapal

h = tinggi fender

$$L = 2\sqrt{3,995^2 - (3,995 - 0,50)^2}$$

$$L = 3,870 > 4 \text{ m}$$

(5) Penentuan jumlah fender

Penentuan banyak fender yang dipasang pada dermaga di tentukan dengan rumus:

Dermaga 1 sisi depan

$$\frac{\text{panjang Dermaga}}{\text{jarak antar fender}}$$

$$= \frac{9,6 \text{ meter}}{4 \text{ meter}}$$

$$= 2,4 > 2 \text{ fender}$$

Dermaga 2 sisi depan

$$\frac{\text{panjang Dermaga}}{\text{jarak antar fender}}$$

$$= \frac{37,5 \text{ meter}}{4 \text{ meter}}$$

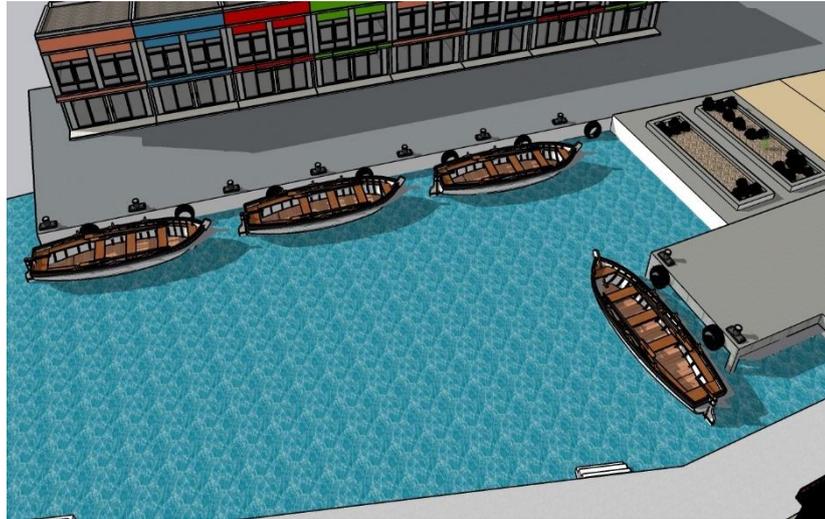
$$= 9,37 > 9 \text{ fender}$$

5.2. Perbandingan Kondisi Yang Di Rencanakan

1. pola tamba

a. System pola tambat memanjang 180°

Untuk system pola tambat memanjang pada dermaga, didapatkan bahwa kapal yang bisa tambat di dermaga 1 berjumlah 1 kapal sedangkan di dermaga 2 berjumlah 3 kapal.

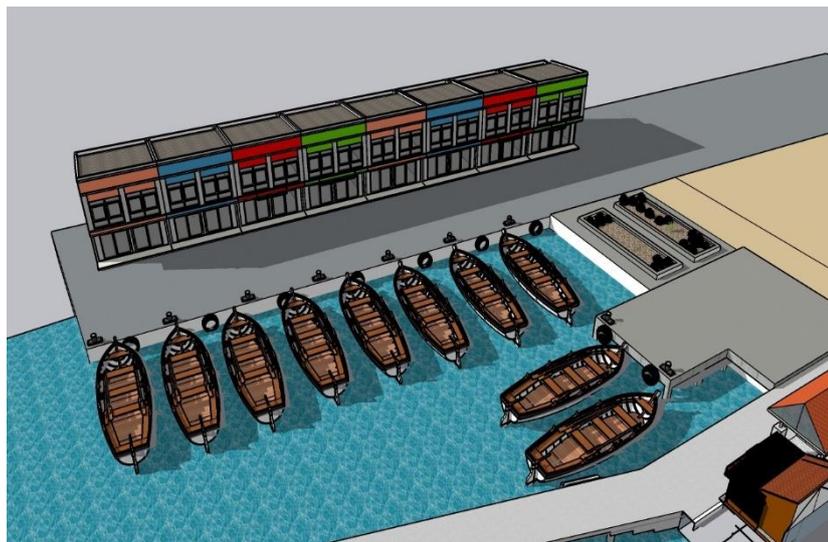


Sumber: Hasil Survey, 2021

Gambar 5. 2 sistem pola tambat memanjang

b. System pola tambat tegak lurus 90°

Untuk system pola tambat tegak lurus pada dermaga, didapatkan bahwa kapal yang bisa tambat di dermaga 1 berjumlah 2 kapal sedangkan di dermaga 2 berjumlah 8 kapal.



Sumber: Hasil Survey, 2021

Gambar 5. 3 sistem pola tambat tegak lurus

c. System pola tambat menyudut 45°

Untuk system pola tambat tegak lurus pada dermaga, didapatkan bahwa kapal yang bisa tambat di dermaga 1 berjumlah 1 kapal sedangkan di dermaga 2 berjumlah 3 kapal.



Sumber: Hasil Survey, 2021

Gambar 5. 4 sistem pola tambat menyudut

2. Fasilitas tambat

Dari analisis yang di dapatkan pada setiap dermaga jarak antara bolder dari masing-masing dermaga yaitu 5,6 meter untuk system pola tambat memanjang sedangkan untuk pola tambat tegak lurus jarak antar bolder yaitu 4,5 meter. Untuk system tambat memanjang jumlah bolder yang harus di miliki pada dermaga 1 yaitu 2 bolder sedangkan pada dermaga 2 yaitu 7 bolder sedangkan untuk system tambat tegak lurus pada dermaga 1 yaitu 2 bolder dan pada dermaga 2 yaitu 8 bolder.

Tabel 5. 4 perbandingan kapasitas bolder pada system memanjang dan tegak lurus

system tambat	dermaga	jarak bolder	jumlah bolder
memanjang	1	5,6 meter	2

	2	5,6 meter	7
tegak lurus	1	4,5 meter	2
	2	4,5 meter	8

Sumber: Hasil Survey, 2021

Untuk fasilitas fender dari hasil perhitungan yang dilakukan di dapatkan untuk jarak antar fender yaitu 4 meter dengan jumlah fender pada dermaga 1 berupa 2 fender dan pada dermaga 2 berupa 9 fender, dengan energi benturan yang akan di serap fender yaitu 0,015 ton-meter.

5.3. Pemilihan system yang baru

Kondisi Dermaga tulung selapan saat ini mempunyai kendala yang berhubungan pola tambat dan fasilitas sandar. Berdasarkan analisa yang telah didapat, untuk kegiatan di dermaga serta keselamatan kapal, maka dermaga tulung selapan diusulkan untuk memperbaiki pola tambat serta memperbaiki fasilitas tambat sesuai analisa yaitu sebagai berikut :

1. Pola tambat

Untuk system pola tambat di dermaga tulung selapan yang efektif digunakan untuk proses naik dan turun penumpang serta bongkar dan muat barang ialah perhitungan dengan pola/ sistem sandar tegak lurus . analisa ini dipilih karena adanya kesesuaian antara panjang dermaga dengan jumlah kapal yang dapat sandar di Dermaga tulung selapan. Biasanya kapal banyak melakukan pola sandar yang tidak beraturan dengan pola sandar yang lama setelah pola sandar kapal diubah menjadi pola tambat tegak lurus 90° maka jumlah kapal yang dapat sandar menjadi 10 kapal.

2. Fasilitas sandar kapal

fasilitas yang diutamakan adalah bolder dan fender, karena menyangkut keselamatan pada saat proses naik dan turun penumpang serta bongkar dan muat barang. Dari hasil analisa yang di dapat bahwa dermaga yang telah diukur panjangnya sebesar 9,6 dan 37,5 meter seluruhnya dibutuhkan bolder sebanyak 10 buah dengan jarak tiap bolder adalah 5,6 meter. Selain itu, tidak hanya bolder yang dibutuhkan begitupun juga fender diperlukan untuk mengurangi benturan ketika kapal akan sandar dan tambat di dermaga. Dengan hasil Analisa yang didapatkan maka jarak masing-masing fender yaitu 4 meter dan keseluruhan fender yang di butuhkan yaitu 11 fender yang menggunakan jenis *fender* silinder berdimensi 100 x 50 mm atau juga bisa diganti dengan fender ban bekas mobil yang di pasang pada sisi depan dermaga untuk meyerap defleksi pada energi benturan yang kecil.