

ANALISIS MODULUS KONSTRUKSI AKIBAT PERUBAHAN TINGGI MAIN DECK dan PENAMBAHAN PANJANG RAMP DOOR STUDI KASUS: KMP. CITRA MANDALA BAKTI

Budi Utomo¹

¹ Program Studi DIII Teknologi Perancangan dan Konstruksi Kapal, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Jalan Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email: budiutomo_undip@yahoo.com

Abstrak

Kapal Motor Penyeberangan KMP. Citra Mandala Bakti untuk melakukan bongkar muat dilengkapi dengan jembatan atau ramp door yang menghubungkan kapal dengan dermaga atau kade. Kapal tersebut mengalami perubahan konstruksi berupa penurunan tinggi main deck di ceruk haluan dan penambahan panjang konstruksi ramp door. Untuk mengatasi permasalahan yang ada, maka dilakukan rekayasa sebagai berikut: 1. Penurunan tinggi main deck di ceruk haluan sebesar 300 mm dan panjang penurunan 3000 mm bertujuan memperbesar sudut θ , dari 168° menjadi 180° . 2. Perpanjangan konstruksi ramp door, hal ini dilakukan tidak hanya memperbesar sudut θ saja, tetapi dimaksudkan agar kapal mampu melakukan bongkar muat dipantai atau diluar dermaga yaitu dari 3300 mm menjadi 9300 mm. Akibat adanya penambahan panjang ramp door perlu dilakukan tinjauan ulang pada perhitungan kekuatannya atau modulus kerangka utama pembujur ramp door. Hasil perhitungan modulus Ramp door dengan metode Mekanika Teknik, $W_1 = 362,700 \text{ cm}^3$, hasil perhitungan modulus profil menurut rule BKI, $W_2 = 362,855 \text{ cm}^3$, hasil perhitungan modulus profil maksimal dengan metode titik berat, $W_3 = 368,290 \text{ cm}^3$. Dari hasil perhitungan diatas dapat ditetapkan bahwa konstruksi ramp door dapat menahan beban sebesar, $P = 7,800 \text{ ton}$ dan beban maksimal sebesar, $P = 7,920 \text{ ton}$.

Kata kunci: Kapal Ferry, Dek Utama, Pintu Rampa, Haluan, Modulus Profil

Abstract

Ferry Ship Citra Mandala Bakti equipped with ramp door that connects ship to port. Ship need modification in construction to change decrease in height of main deck at bow niche and increase in length of ramp door construction. To solve the existing problems, so can solve following engineering was: 1. Reducing the height of the main deck in the bow niche by 300 mm and length of 3000 mm lowering aims to increase angle θ , from 168° to 180° . 2. Extension of ramp door construction, this is done not only to change the angle θ , but is intended to make ship capable of loading and unloading on the beach or outside the port, that from 3300 mm to 9300 mm. Due to increase in length of the Ramp door, it necessary to review the calculation strength or modulus longitudinal main frame Ramp door. The results of calculation of the modulus Ramp door using Mechanics method, $W_1 = 362,700 \text{ cm}^3$, the results of the calculation modulus profile according to BKI rule, $W_2 = 362,855 \text{ cm}^3$, and calculation of maximum modulus profile using center gravity method, $W_3 = 368,290 \text{ cm}^3$. From calculation we know determined that, Ramp door construction can withstand a load of, $P = 7,800 \text{ tons}$ and a maximum load of, $P = 7,920 \text{ tons}$.

Keywords: Ferry Ship, Main Deck, Ramp Door, Bow, Profile Modulus

1. PENDAHULUAN

Kapal Motor Penyeberangan (KMP) atau sering disebut kapal *Ferry* adalah kapal yang dipergunakan untuk menyeberangkan penumpang dan barang atau kendaraan dari suatu tempat ketempat lain yang tertentu dalam jarak yang tidak terlalu jauh sebagai penyambung perhubungan darat yang terputus

karena adanya selat atau laut [1]. Oleh karena itu kapal *Ferry* dilengkapi dengan fasilitas untuk muatan kendaraan, misalnya kendaraan roda empat (mobil), truck, bus dan sarana lainnya. Untuk bongkar muat pada kapal *Ferry* dilengkapi dengan jembatan yang dapat diangkat dan dimasukkan kedalam kapal (*Ramp door*) yang menghubungkan kapal dengan dermaga atau kade.

Pada umumnya pemasangan *Ramp door* adalah sebagai berikut: Dipasang pada sisikapal disebut rampa sisi (*side Ramp door*), dipasang pada buritan kapal disebut rampa buritan (*stern Ramp door*), dipasang pada haluan kapal disebut rampa haluan (*bow Ramp door*)[2]. Konstruksi *Ramp door* ini dirancang sedemikian rupa, sehingga kendaraan yang dimuat dan diturunkan (naik turun kapal) dapat berjalan dengan rodanya sendiri melalui *Ramp door*.

Geladak Utama (*Main deck*) adalah geladak menerus yang dipandang paling pokok pada kapal yang mempunyai beberapa geladak. Sehingga proses produksi kapal dengan sistem block perludi perhatikan pada sambungan pengelasan bagian main deck[3],[4]. Pada kapal *Ferry* biasanya geladak utama juga berfungsi sebagai geladak kendaraan (*vehicle deck*) yaitu geladak yang dipergunakan untuk menempatkan muatan kendaraan [5]. Ceruk haluan adalah ruangan yang terletak antara sekat tubrukandengan linggi haluan yang biasanya dipergunakan untuk tangki air balas atau *ballast tank*. KMP Citra Mandala Bakti adalah sebuah kapal *Ferry* milik PT. Jembatan Madura Surabaya.

Kapal tersebut mengalami perubahan konstruksi, berupa penurunan tinggi *Main deck* di ceruk haluan dan penambahan panjang konstruksi *Ramp door*, karena adanya permasalahan sebagai berikut:

1. Mula-mula timbul dari laporan atau keluhan para pengguna jasa, khususnya dari pengemudi kendaraan roda empat atau lebih. Keluhan yang diceritakan adalah adanya kendala pada waktu kendaraan melakukan bongkar muat atau naik turun kapal melalui *Ramp door* haluan. Bagian kendaraan paling bawah atau *axle gear* membentur *Main deck* di ceruk haluan.
2. Setelah dikaji permasalahannya, ternyata yang menjadi kendala utama adalah sudut

Main deck dengan *Ramp door* terlalu kecil (sudut $\emptyset = 168^0$).

3. Untuk mengatasi padatnya arus lalu lintas pada hari libur atau lebaran, karena dermaga terlalu ramai dan harus antri cukup lama, maka kapal harus mampu melakukan pendaratan tidak pada dermaga atau kade, tetapi mendarat di pantai atau *mitching*.

Data Kapal menurut Register BKI:

Nama Kapal:	KMP. Citra Mandala Bakti
No. Register	: 4764
Jenis kapal	: <i>Ferry</i>
Pemilik	: PT. Jembatan Madura
Bendera	: Indonesia
Pelabuhanpendaftar	: Jakarta
GRT	: 321 ton
NRT	: 96
LOA	: 36.01 meter
LPP	: 35.00 meter
B	: 9.50 metrer
H	: 3.10 meter
T	: 2.20 meter
LT	: 914 mm
KecepatanDinas	: 10 Knot
Galangan pembangun:	BinonSenpaku Kogyo Co, Ltd. Jepang.

Perhitungan modulus profil Kerangka Utama Membujur (*Longitudinal Main Frame*) *Ramp door* menggunakan *rules* BKI (Biro Klasifikasi Indonesia). Perhitungan digunakan untuk mengetahui kekuatan bahan yang digunakan untuk konstruksi profil yang baru. Sehubungan dengan Penambahan Panjang Konstruksi *Ramp door*, maka perlu dipertimbangkan perhitungannya terhadap beban yang bekerja di atasnya[6]. Disini akan kita bandingkan hasil perhitungan modulus penampang profil (*W*) konstruksi *Ramp door* menurut tabel modulus penampang terkecil dengan penampang *I* atau *T* menurut *rules* Biro Klasifikasi Indonesia dengan hasil perhitungan modulus penampang (*W*) dengan metode Titik

Berat. Persyaratan utama dari kekuatan Konstruksi *Ramp door* yaitu modulus penampang profil harus lebih besar dari modulus *Ramp door* (perhitungan dari mekanika teknik). Sedangkan perhitungan modulus penampang dengan metode titik berat bertujuan untuk mengetahui modulus maksimal profil[7],[8].

2. METODE

Perhitungan modulus profil menggunakan *rules* BKI (Biro Klasifikasi Indonesia). Perhitungan digunakan untuk mengetahui kekuatan modulus yang digunakan oleh suatu konstruksi profil. Sehubungan dengan penambahan panjang konstruksi *Ramp door*, maka perlu dipertimbangkan perhitungannya terhadap beban yang bekerja di atasnya[9]. Disini akan kita bandingkan hasil perhitungan modulus penampang profil (W) konstruksi *Ramp door* menurut tabel modulus penampang terkecil dengan penampang I atau T menurut *rules* Biro Klasifikasi Indonesia dengan hasil perhitungan modulus penampang (W) dengan metode titik berat. Persyaratan utama dari kekuatan konstruksi *ramp door* yaitu modulus penampang profil harus lebih besar dari modulus *Ramp door* (modulus perhitungan dari metode mekanika teknik). Sedangkan perhitungan modulus penampang dengan metode titik berat bertujuan untuk mengetahui modulus maksimal profil.

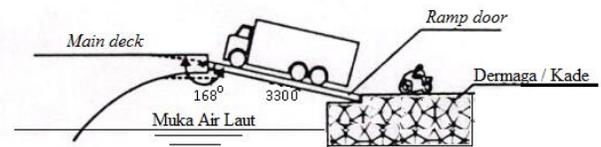
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk kegiatan keluar masuk muatan kendaraan yang akan diangkat pada kapal *Ferry* ini selalu melewati *Ramp door*, *Ramp door* menerima beban yang berulang-ulang sehingga dapat mengakibatkan deformasi, keretakan, kerusakan dan lain-lain[10], [11]. Kekuatan konstruksi *Ramp door* perlu di perhatikan dan dilakukan peninjauan dimensi akibat oleh beban dari kendaraan yang melewatinya tidak boleh melebihi batas maksimum berdasarkan *rule* dari

klas, sebagai acuan *rule* yang dipakai adalah rule dari Biro Klasifikasi Indonesia.

3.1 Penurunan tinggi *Main deck* dan Perpanjangan Konstruksi *Ramp door*. Untuk mengatasi masalah yang adaya itu perlunya penambahan sudut \emptyset , hal ini dapat diambil beberapa alternatif, yaitu;

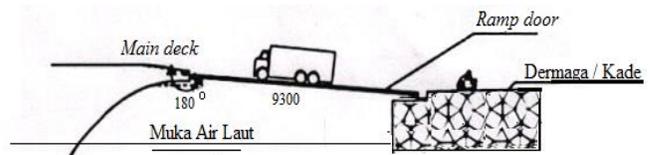
3.1.3. PenurunanTinggi *Main deck* hal ini dilakukan untuk memperbesar sudut \emptyset , lihat gambar 1.



Gambar1. Rencana penurunan tinggi *main deck*

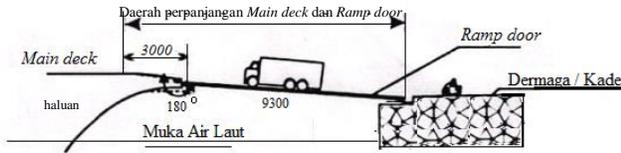
Sudut \emptyset semakin besar, namun panjang keseluruhan *Main deck* dengan *Ramp door* belum rata, pada engsel masih terlihat menjorok.

3.1.4. Perpanjangan Konstruksi *Ramp door* hal ini dilakukan tidak hanya memperbesar sudut \emptyset saja, tetapi juga dilakukan untuk pendaratan dipantai atau di luar dermaga, lihat gambar2.



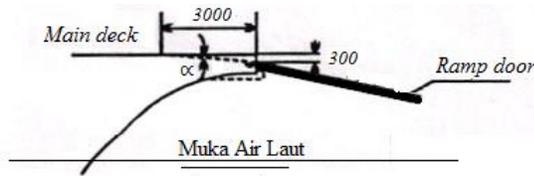
Gambar 2. Rencana perpanjangan konstruksi *ramp door*

3.1.5. Penurunan tinggi *Main deck* dan penambahan panjang *Ramp door*, hal ini dilakukan agar seluruh permasalahan terselesaikan, lihat gambar 3.



Gambar 3. Penurunan tinggi Main deck dan perpanjangan konstruksi Ramp door

Sudut α makin besar dan hubungan Main deck dengan Konstruksi Ramp door makin landai dan tidak ada penonjolan pada engsel. Sehingga terjadi perubahan besarnya sudut α dari 1680 menjadi 1800. Tinggi Main deck tepat pada engsel Ramp door diturunkan 300 mm dan panjang Penurunan 3000 mm. Konstruksi Ramp door diperpanjang dari 3300 mm menjadi 9300 mm. Dengan diturunkannya Main deck akan terjadi sudut α (alpha) antara batas penurunan Main deck dengan Main deck yang diturunkan. Jika sudut α terlalu besar maka dapat berakibat masalah tidak terselesaikan (axle gear kendaraan tetap membentur Main deck), lihat gambar 4.



Gambar 4. Simulasi penurunan tinggi main deck

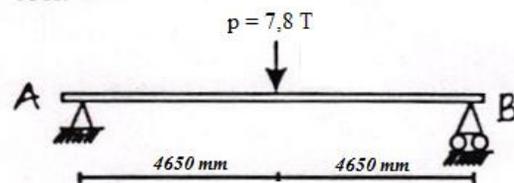
Besarnya sudut α

$$\begin{aligned} \text{Tg } \alpha &= \frac{\text{Tinggi Penurunan}}{\text{Panjang Penurunan}} \\ &= \frac{300}{3000} \\ \text{Tg } \alpha &= 0,10 \\ &= 5,42^0 \end{aligned}$$

Dari koreksi diatas ternyata besarnya sudut α kecil, sehingga tidak mengakibatkan kendala pada muatan kendaraan yang melewatinya.

3.1.6. Perhitungan Modulus (W_1) Balok Utama Membujur Ramp door dengan metode Mekanika Teknik.

Konstruksi dianggap sebagai balok diatas dua tumpuan dengan asumsi beban sebesar 7,80 ton., dengan Panjang balok = 9,30 meter dan bahan Konstruksi Ramp door dari baja ST 50 (= 50 kg/mm²). Beban ditahan oleh 2 tumpuan, A = tumpuan sendi atau engsel pada Main deck, B = tumpuan rol pada dermaga.



Gambar 5. Konstruksi Ramp door diatas dua tumpuan

Reaksi tumpuan

$$\begin{aligned} \text{RA} &= \text{RB (simetris)} \\ &= \frac{7,8}{2} = 3,90 \text{ ton} \end{aligned}$$

Momen maksimum yang terjadi

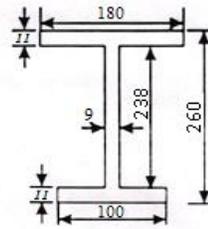
$$\begin{aligned} \text{M mak} &= 3,9 \times 4,65 = 18,135 \text{ ton.m} \\ &= 18135 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Modulus yang didapat:

$$W_1 = \frac{M}{\tau} = \frac{18135}{50} = 362,70 \text{ cm}^3$$

3.1.7. Perhitungan Modulus Profil dengan metode BKI

Dari modulus yang didapatkan yaitu $W_1 = 362,70 \text{ cm}^3$ kemudian direncanakan ukuran profilnya dan dilakukan perhitungan modulus penampang profil ramp door[6]:

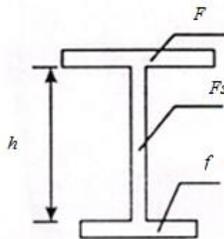


Gambar 6. Rencana ukuran profil ramp door

Lebar efektif profil dapat dilihat dari tabel section 3.e.2.1 dengan menggunakan perbandingan l/e .

$$l/e = 500/1000 = 0,50$$

$$Em l/e = 0,18 = 180 \text{ mm}$$



Gambar 7. Penentuan Notasi F, F_s, f

$$W = w \cdot f \cdot h$$

$$F = 18,0 \times 1,1 = 19,80 \text{ cm}$$

$$F_s = 23,8 \times 0,90 = 21,42 \text{ cm}$$

$$f = 10,0 \times 1,10 = 11,00 \text{ cm}$$

$$F_s/F = \frac{24,21}{19,80} = 1,082$$

$$f/F = \frac{11,00}{19,80} = 0,550$$

$$w = 0,77 \text{ (lihat tabel)}$$

$$W_2 = 0,77 \times 19,80 \times 23,80 = 362,855 \text{ cm}^3$$

Modulus penampang profil lebih besar dari modulus Balok Utama Ramp door $W_2 = 362,855 \text{ cm}^3$

Lebih besar dari $W_1 = 362,70 \text{ cm}^3$ (memenuhi syarat)

3.1.8. Perhitungan Modulus Profil dengan metode Titik Berat

Untuk selanjutnya dilakukan kontrol perhitungan modulus penampang profil dengan metode titik berat untuk mengetahui modulus maksimal profil.

Tabel 1. Pehitungan *Netral Axis*(NA)

No.	b	H	F	Z	F.z
I	18	1,1	19,8	25,45	503,910
II	0,9	23,8	21,42	13	278,46
III	10	1,1	11	0,55	6,05
	Σ_1		52,22	Σ_2	788,42

$$NA = \frac{\Sigma_1}{\Sigma_2}$$

$$NA = \frac{788,420}{52,22} = 15,098 \text{ cm}$$

Tabel 2. Pehitungan Momen Inersia

No.	F	A	F.a ²	I = 1/12(b. h ³)
I	19,8	10,35	2121,02	1,996
II	21,42	2,09	93,56	1011,095
III	11	14,55	2328,72	1,109
	Σ_3		4543,30	Σ_4 1014,200

$$I \text{ total} = \Sigma_3 + \Sigma_4$$

$$I \text{ total} = 4543,30 + 1014,200 = 5557,50 \text{ cm}^4$$

$$W_3 = \frac{I \text{ total}}{NA}$$

$$W_3 = \frac{5557,50}{15,098} = 368,290 \text{ cm}^3$$

Tabel 3. Modulus penampang profil dengan metode titik berat didapatkan hasil sebesar $W_3 = 368,290 \text{ cm}^3$.

No.	b	H	F	Z	F.z
I	18	1,1	19,8	25,45	503,910
II	0,9	23,8	21,42	13	278,46
III	10	1,1	11	0,55	6,05
	Σ_1		52,22	Σ_2	788,42

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan koreksi, selanjutnya dapat disimpulkan bahwa untuk

mengatasi keseluruhan permasalahan yaitu dengan cara menurunkan tinggi *Main deck* di ceruk haluan dan penambahan panjang konstruksi *Ramp door*.

Dari hasil perhitungan modulus kekuatan konstruksi *Ramp door* $W_1 = 362,700 \text{ cm}^3$, dibandingkan dengan hasil perhitungan modulus penampang konstruksi *Ramp door* menurut Biro Klasifikasi Indonesia $W_2 = 362,855 \text{ cm}^3$ maka hasil tersebut dapat dikatakan aman atau memenuhi syarat dengan beban sebesar 7,80 ton. Untuk mengetahui modulus maksimal profil dilakukan perhitungan dengan metode titik berat yang hasilnya $W_3 = 368,290 \text{ cm}^3$, maka konstruksi *Ramp door* mampu menahan beban maksimal sebesar = 7,920 ton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. P. de Lucas, "Longitudinal strength of a high-speed ferry," *Applied Ocean Research*, vol. 26, no. 6, pp. 298–308, Aug. 2004.
- [2] H. B. Moraes, J. M. Vasconcellos, and P. M. Almeida, "Multiple criteria optimization applied to high speed catamaran preliminary design," *Ocean Engineering*, vol. 34, no. 1, pp. 133–147, Jan. 2007.
- [3] S. F. Khristyson and S. H. Laksono, "Analisa Joint Erection Konstruksi Baja Block B05 & B07 Kapal Patroli Polisi 63 Meter Dengan Mobile Crane 72.000 Ton," *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, vol. 03, no. 1, pp. 10–17, 2020.
- [4] M. Kang, J. Seo, and H. Chung, "Ship block assembly sequence planning considering productivity and welding deformation," *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, vol. 10, no. 4, pp. 450–457, Jul. 2018.
- [5] J. Andrić and V. Žanić, "The global structural response model for multi-deck ships in concept design phase," *Ocean Engineering*, vol. 37, no. 8–9, pp. 688–704, Jun. 2010.
- [6] Biro Klasifikasi Indonesia. Indonesia, "Rules For The Classification and Construction of Seagoing Steel Ships", Volume II. 2018.
- [7] C. Jiang, Z.-Q. Zhang, G.-J. Gao, and G. R. Liu, "A modified immersed smoothed FEM with local field reconstruction for fluid–structure interactions," *Engineering Analysis with Boundary Elements*, vol. 107, pp. 218–232, 2019.
- [8] S. Sulaiman, S. D. Said, S. F. Khristyson, and I. D. Cahyo, "Desain Konstruksi Bar Keel Pada Kapal Kayu Nelayan," *Jurnal Pengabdian Vokasi*, vol. 1, no. 3, pp. 153–158, Jun. 2020, Accessed: Aug. 09, 2020.
- [9] Y. Guo, H. Wang, X. Liang, and H. Yi, "A quantitative evaluation method for the effect of construction process on shipbuilding quality," *Ocean Engineering*, vol. 169, pp. 484–491, Dec. 2018.
- [10] H. Gong, A. Polojärvi, and J. Tuhkuri, "Discrete element simulation of the resistance of a ship in unconsolidated ridges," *Cold Regions Science and Technology*, vol. 167, p. 102855, 2019.
- [11] D. Ma, Q. Ma, Z. Yao, and K. Huang, "Static-dynamic coupling mechanical properties and constitutive model of artificial frozen silty clay under triaxial compression," *Cold Regions Science and Technology*, vol. 167, p. 102858, 2019.