



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Kekuatan Konstruksi Graving Dock Gate Pada Dry Dock 8000 DWT

Septyawan Bintar Saputra¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾, Andi Trimulyono¹⁾,

¹⁾Laboratorium Konstruksi

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*e-mail :septyawanbintara@gmail.com, ahmadfzakki@yahoo.com, andi_trimulyono@undip.ac.id¹⁾,

Abstrak

Floating caisson gate merupakan main gate yang digunakan PT Janata Marina Indah Unit 1. Main gate ini berfungsi menahan air laut saat proses reparasi berlangsung pada graving dock berkapasitas 8000 DWT. Desain konstruksi yang dipakai main gate unit 1 merupakan modifikasi wing tank kapal tanker, sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai kekuatan struktur main gate ini, mengingat fungsinya yang sangat vital pada proses reparasi kapal. Penelitian ini bertujuan mendapatkan nilai tegangan dan defleksi maksimal pada desain asli dan desain modifikasi, serta mengetahui letak tegangan maksimum pada graving dock gate. Penelitian ini menggunakan bantuan software berbasis metode element hingga. Validasi model dilakukan dengan membandingkan perhitungan mekanik (defleksi model) dengan (perhitungan defleksi balok) sehingga didapatkan eror sebesar 2,83 %. Beban yang digunakan berupa tekanan hidrostatis air laut kondisi perairan normal, pasang dan surut, sehingga setup beban diasumsikan kedalam 3 kondisi dengan pembagian garis air sesuai elevasi kedalaman (h). Tegangan maksimum terjadi pada model asli dikondisi perairan pasang, dengan nilai tegangan sebesar 164.140 MPa dan defleksi sebesar 3.647 mm. Sementara pada model pembanding, tegangan dan defleksi maksimum terjadi dikondisi perairan pasang dengan nilai tegangan sebesar 154.962 MPa dan defleksi sebesar 3.455 mm, dari hasil tersebut semua model main gate memenuhi persyaratan regulasi klasifikasi.

Kata Kunci : Graving Dock, Floating Caisson Gate, Defleksi, Tegangan, Metode Element Hingga

1. PENDAHULUAN

Graving dock merupakan sebuah kolam besar yang letaknya berada di tepi laut, kebanyakan galangan kapal memiliki setidaknya satu fasilitas *graving dock* yang berfungsi untuk proses reparasi maupun pembangunan kapal baru [1].

Secara umum konstruksi *graving dock* terdiri dari dinding samping, dinding depan, lantai kolam dan sebuah *main gate*. Terdapat beberapa jenis *main gate* yaitu *cantilever flap gate*, *caisson gates*, *intermediate gates*, *mitre gates sliding and rolling caisson gate* [2].

Graving dock gate yang digunakan oleh PT Janata Marina Indah unit 1 merupakan proses modifikasi *wing tank* kapal tanker yang kemudian di gunakan sebagai *main gate*, berbeda dengan *main gate* yang dimiliki oleh unit 2 dimana desain

main gate ini telah memenuhi standart A.749 (18) Ch3 [3].

Geometri bentuk desain *main gate* unit 1 masih terbilang sederhana. Pencarian desain *graving dock gate* yang lebih efisien mendorong berkembangnya desain geometri, material yang digunakan serta pengoperasionalannya, Dari segi geometri perkembangan pada desain *main gate* memiliki bentuk-bentuk yang lebih kompleks [4].

Pada kondisi operasional *graving dock*, *main gate* harus dapat menahan tekanan air laut pada saat proses reparasi berlangsung. Kekuatan struktur *main gate* menjadi penting karena menyangkut keamanan dan keselamatan pada saat proses reparasi kapal. Sehingga diperlukan pertimbangan analisis kekuatan struktur *main gate graving dock* tersebut.

Berdasarkan penelitian Abdullah. K and Santosa. B mengenai analisis kekuatan konstruksi *graving dock gate* dengan perlakuan variasi perbedaan jarak gading, telah didapat hasil tegangan maksimum dengan jarak pembujur 550 mm pada plat ujung sisi sebesar 155,84 MPa, dan tegangan terkecil pada jarak pembujur 700 mm sebesar 108,58 Mpa [5]. Selain itu terdapat juga Penelitian yang dilakukan oleh Setiahadi. E pada tahun 2016 mengenai analisa *fatigue life graving dock gate* dengan menggunakan metode *simplified*, telah didapat hasil tegangan maksimum antara sekat melintang dan plat sisi dengan nilai tegangan sebesar 230 Mpa [6].

Penelitian yang dilakukan oleh . Budianto mengenai *strength structure analysis of main gate graving dock using* pada kondisi perbaikan pintu, didapat hasil tegangan maksimum pada saat proses reparasi *main gate graving dock* sebesar 153 Mpa [7]. Beberapa penelitian juga telah dilakukan dari kanca internasioanal oleh Prasad, Nagesh, mengenai *design problems for existing dry dock gates* pada *mitre type dock gates*, pada kontruksi *beam* didapatkan hasil tegangan maksimum sebesar 135 Mpa [8], dan oleh Bogdaniuk and Górecki mengenai *design of inner gate* pada Crist Shipyard didapat hasil tegangan maksimum sebesar 210 Mpa [9].

Dalam kasus penelitian ini terdapat beberapa perbedaan dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, berupa variasi terhadap kondisi perairan serta variasi desain bentuk geometri konstruksi. Pada penelitain sebelumnya, ke dua perlakuan tersebut belum dibahas dalam proes penelitiannya

Berdasarkan uraian-uraian yang telah diberikan, sehingga diperlukan adanya penelitian lebih lanjut pada konstruksi *graving dock gate* dan membandingkan dengan desain setelah modifikasi.

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, tujuan pokok bahasan pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai tegangan maksimal pada konstruksi *graving dock gate* pada tiap kondisi, sampai lebih lanjut berupa memperoleh detail letak tegangan maksimum pada konstruksi model *graving dock gate*. Selain itu penelitian ini juga bertujuan membandingkan hasil antara desain asli dengan desain modifikasi, Sehingga nantinya dapat ditarik sebuah kesimpulan apakah hasil analisa apakah model desain sesuai dengan regulasi BKI

2. METODE

2.1. Object Penelitian

Graving dock gate tipe *floating caisson* dipakai PT Janata Marina Indah Unit 1 dalam melakukan proses reparasi kapal, sehari harinya proses pengedokan kapal di galangan ini menggunakan jenis *dry dock* dengan kapasitas kolam 8000 DWT. gambar 1 merupakan contoh *main gate* tipe *floating caisson*

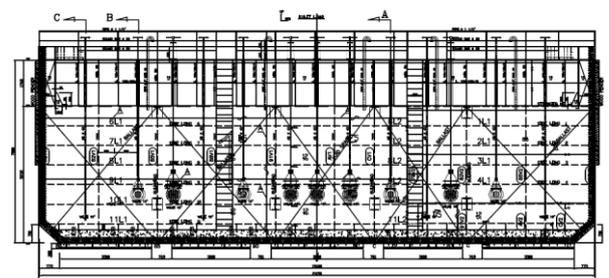


Gambar 1. Floating Caisson Gate

Graving dock gate pada PT Janata Marina Indah unit 1 memiliki ukuran

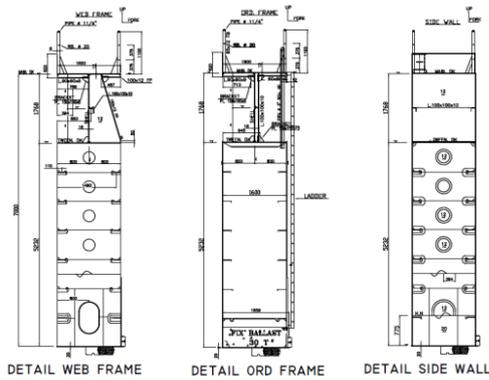
<i>Length overall (LOA)</i>	21,15 m
<i>Breadth (B)</i>	1,6 m
<i>Depth (h)</i>	7 m

Secara umum konstruksi dan struktur *graving dock gate* memiliki kesamaan dengan kapal, konstruksi *graving dock gate* terdiri dari *transverse cross-sections of the gate (web frame planes)*, material kontruksi (*marine use*), kulit plat baja, *stiffners*, sistem perpipaan dan lain lain.[9] . Sesuai pada gambar 2-5

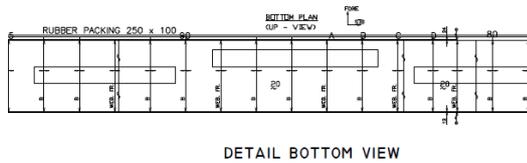


DETAIL GRAVING DOCK GATE

Gambar 2. Detail *Graving dock* Unit 1



Gambar 3. Detail Frame



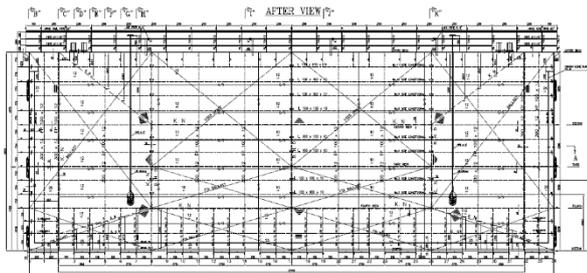
Gambar 4. Detail View

2.2. Variasi Perlakuan

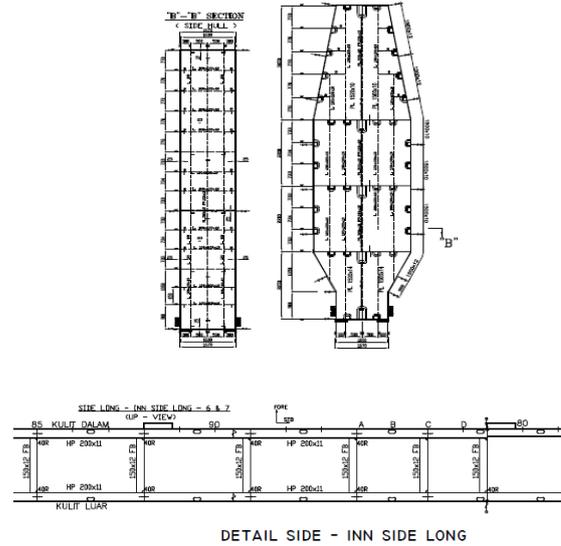
Variasi yang dilakukan pada kasus penelitian tugas akhir ini berupa variasi kondisi perairan dan variasi desain bentuk geometri konstruksi. Desain modifikasi mempunyai ukuran dan tebal yang hampir sama dengan desain asli. Geometri depan, belakang, plat tambahan serta penegar pada desain perbandingan berpedoman pada desain model *graving dock gate* pada PT Janata Marina Indah Unit 2, gambar 5 dan 6 merupakan contoh desain pada unit 2. beberapa modifikasi komponen pada desain modifikasi ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan konstruksi modifikasi

Item	Tebal Sesuai Konstruksi	Tebal Hasil Modifikasi
Sekat Kedap	10 mm	6 mm
Webframe	Plat 12 mm	T 300x200x14
Side long 2 dan 5	I 220x10	T 200x100x10
Wrang floor	13 mm	12 mm
Fix ballast	30 Ton	15 Ton



Gambar 5. Graving dock gate Unit 2

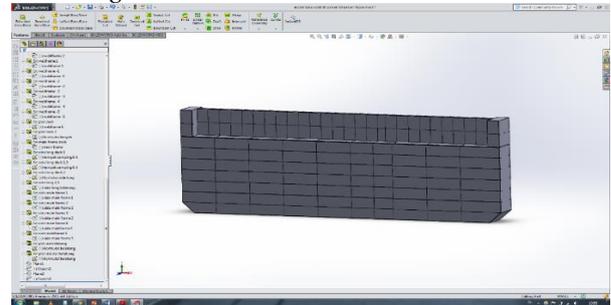


Gambar 6. Detail Frame Unit 2

2.3. Pembuatan Model

Desain konstruksi yang akan dimodelkan mencakup *bottom plate*, *side plate*, *deck plate*, *side long*, *webframe*, *wrang floor* serta plat plat tambahan yang sesuai dengan konstruksi yang telah ada.

Tahap awal proses desain dimulai dari penerjemahan gambar *CAD* menjadi model *solid* dengan menggunakan bantuan aplikasi *3D Modeling*.



Gambar 7. Geometri Desain

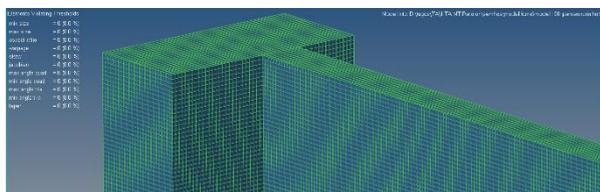
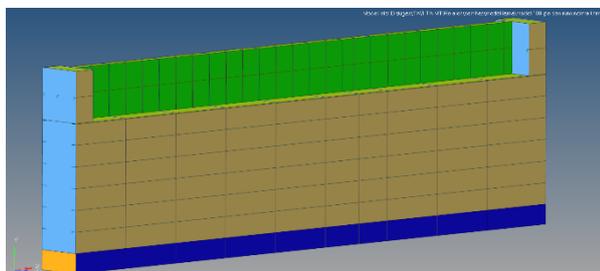
Geometri yang telah terbentuk seperti gambar 7 selanjutnya akan dilakukan proses modeling pada software *FEM*, pada proses ini *conector-conector* pada model di cek kembali agar *surface* satu dengan yang lain telah tersambung.

2.4. Proses Meshing

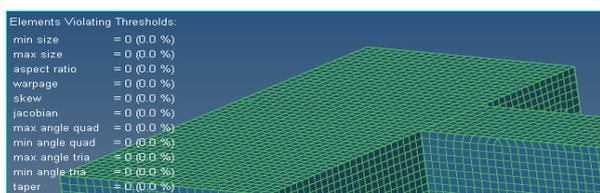
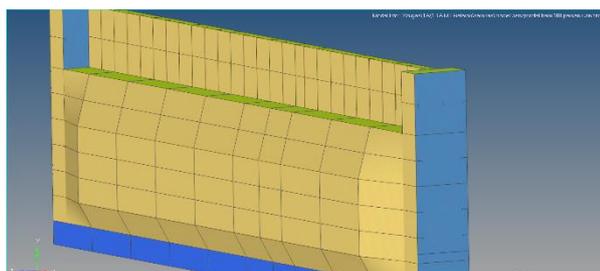
Dalam proses penyelesaian masalah dunia *engineering* pada permasalahan *struktural analysis*, software berbasis metode element hingga dipilih untuk mempermudah perhitungan matematis yang tergolong rumit, [10].

Proses *mesh* pada penelitian tugas akhir ini menggunakan jenis *batch mesh* dengan parameter dan kriteria yang telah di tentukan sebelumnya. Tipe element yang digunakan pada *batch mesh*

menggunakan tipe *mixed mesh (trias and quad elements)* dengan ukuran elemen sebesar 30 mm. Element yang digunakan berupa element 2D, hal ini didasarkan pada perbandingan antara panjang dan tinggi dengan lebar *part* dalam sebuah geometri mempunyai nilai perbandingan yang cukup besar, [11]. Selanjutnya hasil *meshing* akan diinputkan ketebalan sesuai dengan desain model.



Gambar 8. Model Asli Setelah *Meshing*



Gambar 9. Model Modifikasi Setelah *Meshing*

Gambar 8 dan gambar 9 merupakan contoh desain model yang telah jadi dan telah memenuhi aspek kriteria maupun parameter yang telah ditetapkan, hal ini ditunjukkan dengan tidak terdeteksinya (0%) cacat *mesh*.

2.5. Pendefinisian Material

Material pada *graving dock gate* PT Janata Marina Indah Unit 1 menggunakan baja dengan notasi KI-A36, *element properties* yang terkandung pada baja tersebut adalah:

Yield = 250 Mpa
 Ultimate Stress = 400 Mpa
 Poisson Ratio = 0,3
 Modulus Elasticity = 200 Gpa
 Shear Modulus = 79,3 Gpa
 Density = 7850 kg/m³

Gambar 10 merupakan cara penginputan material

Name	Value
Solver Keyword	MAT1
Name	KI A 36
ID	1
Color	1
Include	[Master Model]
Defined	<input checked="" type="checkbox"/>
Card Image	MAT1
User Comments	Hide In Menu/Export
E	200000.0
G	79300.0
NU	0.3
RHO	7.85e-009
A	

Gambar 10. Input Material

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Berat Kontruksi

Perhitungan berat kontruksi didapatkan dengan cara menjumlahkan seluruh berat komponen pada kontruksi *main gate*, sementara berat total merupakan penjumlahan berat dari berat kontruksi, ditambah berat *fix ballast*. Tabel 2 merupakan perbandingan perhitungan berat pada *main gate* asli dan hasil modifikasi

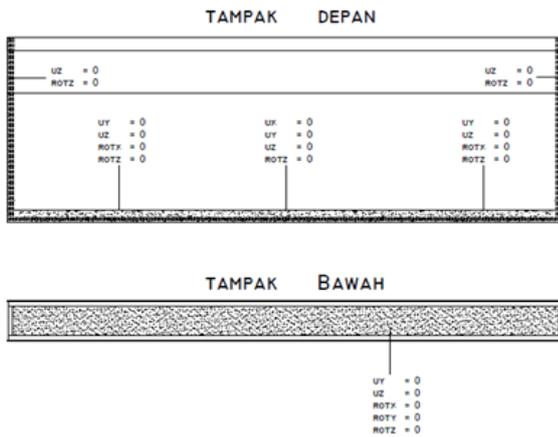
Tabel 2. Perhitungan Berat

No	Description	Berat Kontruksi (ton)	Berat Total (ton)
1	<i>Main gate</i> asli	55,03	85.03
2	<i>Main gate</i> modifikasi	54.85	69.85

3.2. Setup Boundary

Pada *setup boundary*, digunakan beberapa jenis tumpuan yang berada pada sisi *graving dock gate* dengan struktur *graving dock* itu sendiri [6].

Asumsi *boundary condition* yang diambil harus mendukung dengan kondisi *real*, sehingga didapat kondisi dengan tingkat kemiripan semirip mungkin. Asumsi yang dipakai berpedoman pada beberapa penelitian yang telah ada, sesuai pada gambar 11 dan di cocokkan dengan temuan temuan di lapangan. *Set up boundary condition* ditempatkan pada sisi-sisi yang telah ditentukan, dengan cara membuat *degree of freedom* pada *node* sesuai gambar 11



Gambar 11. Boundary Condition

3.3. Setup Beban

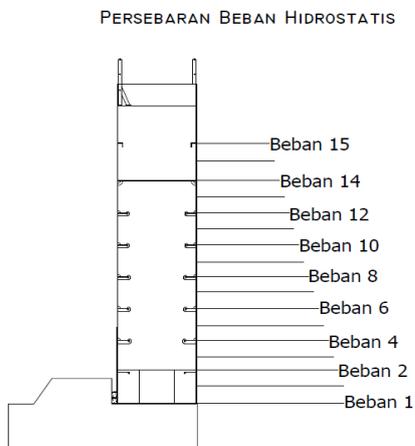
Beban yang bekerja pada *main gate* saat pengoperasian *graving dock* berupa beban tekanan hidrostatik akibat air laut, beban dapat dibagi berdasarkan letak konstruksi komponen *graving dock gate* [7] atau berdasarkan pembagian garis air-garis air baru yang telah diasumsikan pembagiannya secara merata [5].

Persamaan umum tekanan hidrostatik diperoleh dari persamaan berikut ini

$$P = \rho \cdot g \cdot h \text{ [kn/m}^2\text{]} \quad (1)$$

Dimana P adalah tekanan [kn/m²], ρ = massa jenis air laut [ton/m³], g adalah percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s²) dan h adalah kedalaman (m)

Besarnya tekanan hidrostatik air laut diukur pada kondisi normal, pasang, dan surut. Pendefinisian beban hidrostatik dalam software analisa elemen hingga dilakukan dengan cara memasukkan pengurangan beban tiap meternya, sehingga didapat beban maksimum pada dasar/*bottom* model *graving dock gate* dan beban bernilai mendekati “*no*” pada permukaan [12], yang ditunjukkan seperti gambar 12.



Gambar 12. Setup Beban

Tabel 3-5 merupakan perhitungan tekanan hidrostatik air dalam (N/mm²).

Tabel 3. Tekanan Hidrostatik Normal

No	Section	Elevasi (mm)	Tekanan (N/mm ²)
1	Bottom	6500	0.0654
2	Wrank Floor	5775	0.0581
3	Side Long 6	5025	0.0505
4	Side Long 5	4275	0.0430
5	Side Long 4	3525	0.0354
6	Side Long 3	2775	0.0279
7	Side Long 2	2025	0.0204
8	Tween Deck	1265	0.0127
9	Side Long 1	375	0.0038
10	Garis air A	5375	0.0540
11	Garis air B	4635	0.0466
12	Garis air C	3895	0.0392
13	Garis air D	3145	0.0316
14	Garis air E	2395	0.0241

Tabel 4. Tekanan Hidrostatik Pasang

No	Section	Elevasi (mm)	Tekanan (N/mm ²)
1	Bottom	6800	0.0684
2	Wrank Floor	6075	0.0611
3	Side Long 6	5325	0.0535
4	Side Long 5	4575	0.0460
5	Side Long 4	3825	0.0385
6	Side Long 3	3075	0.0309
7	Side Long 2	2325	0.0234
8	Tween Deck	1565	0.0157
9	Side Long 1	675	0.0068
10	Garis air A	5675	0.0571
11	Garis air B	4935	0.0496
12	Garis air C	4195	0.0422
13	Garis air D	3445	0.0346
14	Garis air E	2695	0.0271

Tabel 5. Tekanan Hidrostatik Surut

No	Section	Elevasi (mm)	Tekanan (N/mm ²)
1	Bottom	6000	0.0603
2	Wrank Floor	5275	0.0530
3	Side Long 6	4525	0.0455
4	Side Long 5	3775	0.0380
5	Side Long 4	3025	0.0304
6	Side Long 3	2275	0.0229
7	Side Long 2	1525	0.0153
8	Tween Deck	765	0.0077
9	Side Long 1	-	-
10	Garis air A	4875	0.0490
11	Garis air B	4135	0.0416
12	Garis air C	3395	0.0341
13	Garis air D	2645	0.0266
14	Garis air E	1895	0.0191

3.4. Validasi

Untuk mengetahui keakuratan suatu model yang telah dibuat, maka dilakukan validasi model. Salah satu cara yang ditempuh untuk melakukan validasi yaitu dengan membandingkan hasil antara perhitungan analitik dan perhitungan analitik.

a. Perhitungan Analitik

Perhitungan secara analitik yaitu dengan menggunakan pendekatan rumus defleksi mekanika teknik, adapun rumus perhitungan defleksi yaitu sebagai berikut .

$$Defleksi = \frac{F \times L^3}{3 \times E \times I} \quad (2)$$

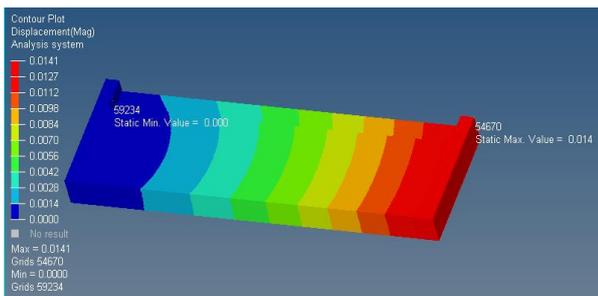
F yaitu *Force* (N), L adalah Panjang model (mm), E adalah Modulus Elastisitas (Mpa) dan I adalah Inersia (mm⁴).

$$Defleksi = \frac{1000 \times 21500^3}{3 \times 200000 \times 1144072485219.23} = 0.0137 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan manual diatas defleksi yang terjadi sebesar 0.0137 mm.

b. Perhitungan Numerik

Perhitungan secara numerik dilakukan dengan bantuan *software FEM*, model yang telah dibuat kemudian diinputan perhitungan sesuai dengan perhitungan secara analitik, pada gambar 13 didapat hasil perhitungan numerik, dengan nilai defleksi sebesar 0,0141 mm



Gambar 13. Perhitungan Numerik

Tabel 6 Hasil Validasi

Hasil Analitik	Hasil Numerik	Error
0,0137 mm	0,0141 mm	2,83 %

Bedasarkan perbandingan atara perhitungan analitik dan numerik pada tabel 6, didapat nilai *error* sebesar 2.83%. Sehingga Model dapat dikatakan valid karena *error* yang terjadi berada pada dibawah rentan 5%.

3.5. Hasil Analisa

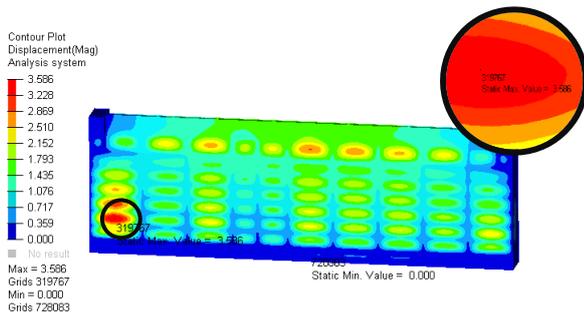
Dalam penyajian hasil analisa, hasil disajikan kedalam beberapa kondisi yang mewakili tiap tiap perlakuan sesuai pada Tabel 7

Tabel 7. Penyajian Hasil Analisa

No	Kondisi	Keterangan
1	Kondisi 1A	Kondisi 1A diasumsikan ketika model asli <i>main gate</i> beroperasi pada kondisi perairan normal, maka diasumsikan beban hidrostatis yang dipakai sesuai tabel 1
2	Kondisi 1B	Kondisi 1B diasumsikan ketika desain model modifikasi <i>main gate</i> beroperasi pada kondisi perairan normal, maka diasumsikan beban hidrostatis yang dipakai sesuai tabel 1
3	Kondisi 2A	Kondisi 2A diasumsikan ketika model asli <i>main gate</i> beroperasi pada kondisi perairan Pasang, maka diasumsikan beban hidrostatis yang dipakai sesuai tabel 2
4	Kondisi 2B	Kondisi 2B diasumsikan desain model modifikasi <i>main gate</i> beroperasi pada kondisi perairan pasang, maka diasumsikan beban hidrostatis yang dipakai sesuai tabel 2
5	Kondisi 3A	Kondisi 3A diasumsikan ketika model asli <i>main gate</i> beroperasi pada kondisi perairan surut , maka diasumsikan beban hidrostatis yang dipakai sesuai tabel 3
6	Kondisi 3B	Kondisi 3B diasumsikan ketika desain model modifikasi <i>main gate</i> beroperasi pada kondisi perairan surut, maka diasumsikan beban hidrostatis yang dipakai sesuai tabel 3

3.6. Hasil Analisa Kondisi 1A

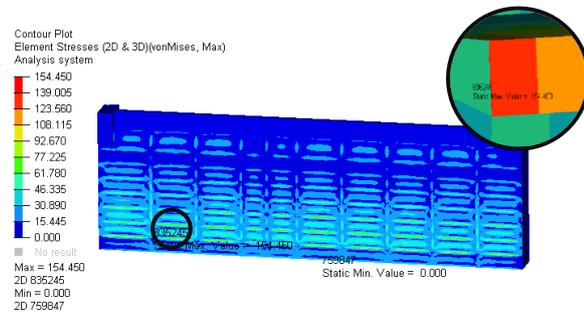
a. Defleksi



Gambar 14. Defleksi Kondisi 1A

Defleksi maksimal pada kondisi 1A memiliki nilai defleksi sebesar 3.586 mm. Sesuai pada gambar 14

b. Stress

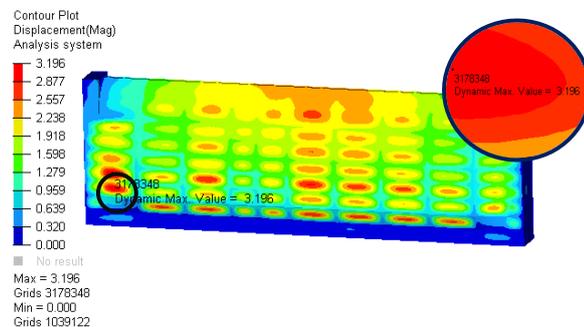


Gambar 15. Stress Kondisi 1A

Stress maksimal pada kondisi 1A memiliki nilai Stress sebesar 154.450 Mpa Sesuai pada gambar 15

3.7. Hasil Analisa Kondisi 1B

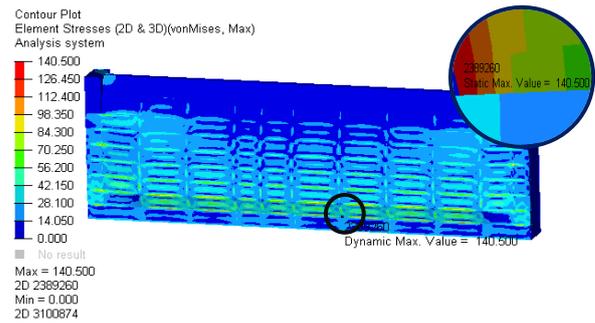
a. Defleksi



Gambar 16. Defleksi Kondisi 1B

Defleksi maksimal pada kondisi 1B memiliki nilai defleksi sebesar 3.196 mm. Sesuai pada gambar 16

b. Stress

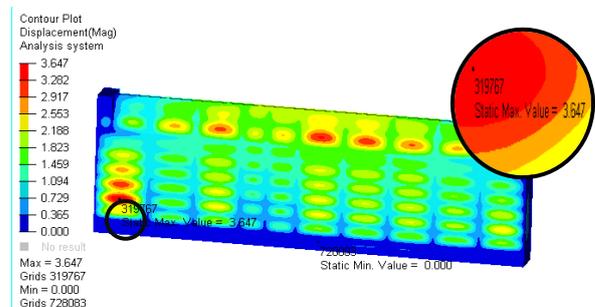


Gambar 17. Stress Kondisi 1B

Stress maksimal pada kondisi 1B memiliki nilai Stress sebesar 140.500 Mpa. Sesuai pada gambar 17

3.8. Hasil Analisa Kondisi 2A

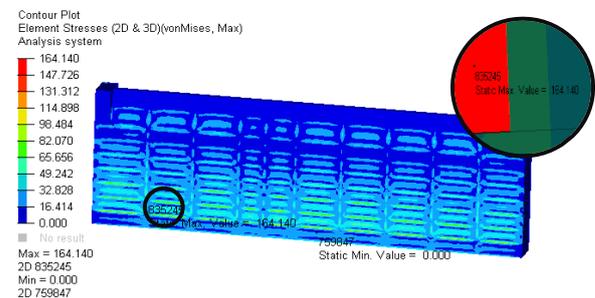
a. Defleksi



Gambar 18. Defleksi Kondisi 2A

Defleksi maksimal pada kondisi 2A memiliki nilai defleksi sebesar 3.647 mm. Sesuai pada gambar 18

b. Stress

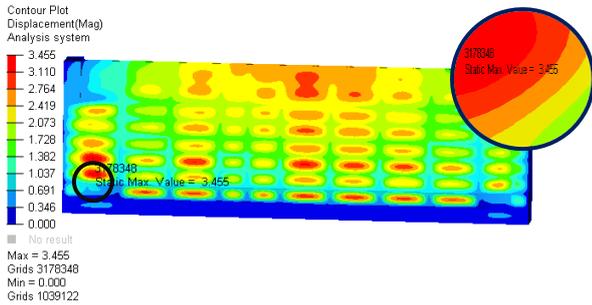


Gambar 19. Stress Kondisi 2A

Stress maksimal pada kondisi 2A memiliki nilai Stress sebesar 164.140 Mpa. Sesuai pada gambar 19

3.9. Hasil Analisa Kondisi 2B

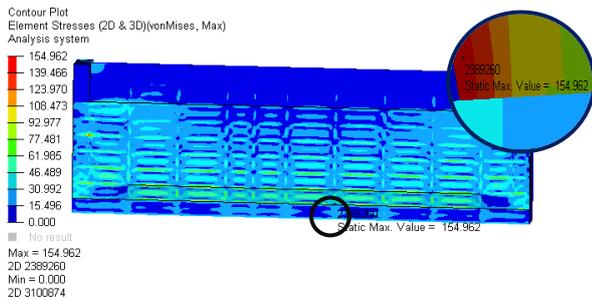
a. Defleksi



Gambar 20. Defleksi Kondisi 2B

Defleksi maksimal pada kondisi 2B memiliki nilai defleksi sebesar 3.455 mm. Sesuai pada gambar 20

b. Stress

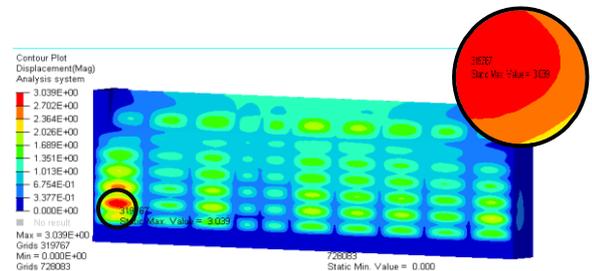


Gambar 21. Stress Kondisi 2B

Stress maksimal pada kondisi 2B memiliki Stress sebesar 154.962 Mpa. Sesuai pada gambar 21

3.10. Hasil Analisa Kondisi 3A

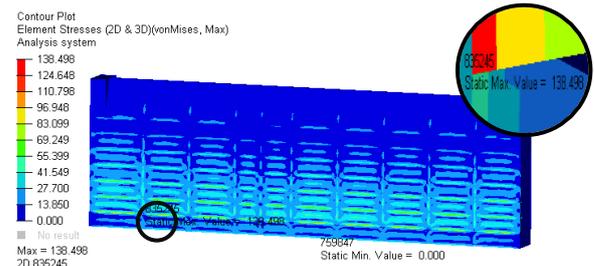
a. Defleksi



Gambar 22. Defleksi Kondisi 3A

Defleksi maksimal pada kondisi 3A memiliki nilai defleksi sebesar 3.039 mm. Sesuai pada gambar 22

b. Stress

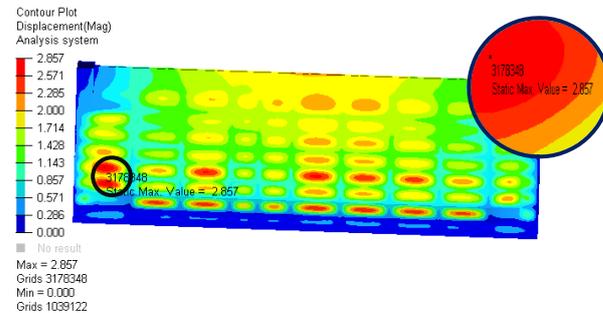


Gambar 23. Stress Kondisi 3A

Stress maksimal pada kondisi 3A terjadi memiliki nilai Stress sebesar 138.496 Mpa. Sesuai pada gambar 23

3.11. Hasil Analisa Kondisi 3B

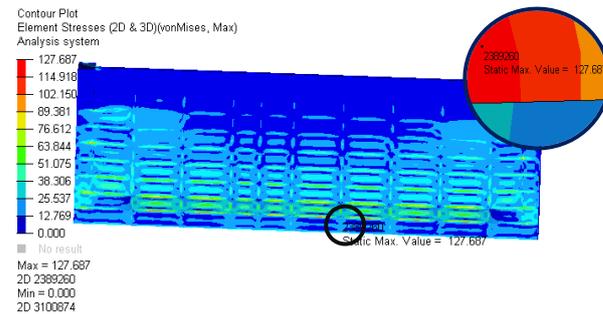
a. Defleksi



Gambar 24. Defleksi Kondisi 3B

Defleksi maksimal pada kondisi 3B memiliki nilai defleksi sebesar 2.857 mm. Sesuai pada gambar 24

b. Stress



Gambar 25. Stress Kondisi 3B

Stress Maksimal Pada Kondisi 3B memiliki nilai stress sebesar 127.667 Mpa. Sesuai pada gambar 25

3.12. Rangkuman Analisa Hasil Struktur

Tabel 8. Rangkuman Hasil Model Asli

No	Jenis Kondisi	σ Maks (Mpa)	δ Maks (mm)
1	Kondisi 1A	154.450	3.586
2	Kondisi 2A	164.140	3.647
3	Kondisi 3A	138.496	3.309

Tabel 8 merupakan rangkuman hasil respon analisa model *graving dock gate* pada kondisi normal, pasang dan surut.

Hasil *stress* dan defleksi maksimum berada pada kondisi 2A, dengan nilai *stress* sebesar 164,140 Mpa dan defleksi sebesar 3.647 mm. Pada kasus tersebut, diketahui nilai tekanan hidrostatik memiliki nilai tertinggi dari kondisi yang lain dengan elevasi kedalaman permukaan air - plat alas sebesar 6800 mm.

Tabel 9. Rangkuman Hasil Desain Modifikasi

No	Jenis Kondisi	σ Maks (Mpa)	δ Maks (mm)
1	Kondisi 1B	140.500	3.196
2	Kondisi 2B	154.962	3.455
3	Kondisi 3B	127.667	2.857

Tabel 9 merupakan rangkuman hasil respon analisa model pembanding *graving dock gate* pada kondisi normal, pasang dan surut.

Hasil *stress* dan defleksi max berada pada kondisi 2B, dengan nilai *stress* sebesar 154,962 Mpa dan defleksi sebesar 3.455 mm. Pada kasus tersebut, diketahui nilai tekanan hidrostatik memiliki nilai tertinggi dari kondisi yang lain dengan elevasi kedalaman permukaan air - plat alas sebesar 6800 mm.

3.13. Perbandingan Hasil Variasi

Variasi yang dilakukan berupa, variasi desain bentuk geometri konstruksi. Sehingga didapat hasil perbandingan sesuai pada tabel 10 dan tabel 11

Tabel 10. Perbandingan Hasil Defleksi.

Jenis Kondisi	Desain Asli	Desain Hasil Modifikasi
Kondisi I	3.586 mm	3.196 mm
Kondisi II	3.647 mm	3.455 mm
Kondisi III	3.309 mm	2.857 mm

Tabel 11. Perbandingan Hasil Tegangan

Jenis Kondisi	Desain Asli	Desain Hasil Modifikasi
Kondisi I	154.450 MPa	140.500 MPa
Kondisi II	164.140 MPa	154.962 Mpa
Kondisi III	138.496 MPa	127.667 Mpa

3.14. Pengecekan Kekuatan

Dialkukan dengan membandingkan tegangan maksimal dengan tegangan ijin material sehingga didapat hasil sesuai pada tabel 12

Tabel 12. Tegangan Ijin

No	Jenis Kondisi	σ Maks (MPa)	σ Ijin (MPa)	Status
1	Kondisi I A	154.450	235	Accepted
2	Kondisi II A	164.140	235	Accepted
3	Kondisi III A	138.496	235	Accepted
4	Kondisi I B	140.500	235	Accepted
5	Kondisi II B	154.962	235	Accepted
6	Kondisi III B	127.667	235	Accepted

Tegangan ijin material sesuai pada BKI Volume II Section 2 sebesar 235 MPa. Pada uraian diatas, dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa model *graving dock* atau model modifikasi memenuhi persyaratan regulasi klasifikasi yang berlaku.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis kekuatan konstruksi *graving dock gate* pada *dry dock* 8000 DWT yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa: Tegangan maksimum terjadi pada model *graving dock gate* asli dengan kondisi perairan pasang, dengan nilai *Stress* yang terjadi sebesar 164.140 Mpa dan defleksi sebesar 3,647 mm, sementara tegangan maksimum terkecil terjadi pada desain hasil modifikasi dengan kondisi perairan surut, dengan nilai *Stress* yang terjadi sebesar 127.667 Mpa dan defleksi sebesar 2.857 mm. Letak *stress* maksimum yang terjadi rata rata berada pada bagian konstruksi *side long* dan pada bagian konstruksi sekat kedap air, pentingnya mengetahui letak komponen kritis pada konstruksi *main gate* yaitu untuk memastikan agar struktur yang bekerja dalam kondisi baik sesuai dengan kapasitasnya pembebanan statik, dan harus berada dibawah batas luluh materialnya. Tegangan maksimum pada model asli *main gate* memiliki nilai tegangan yang lebih besar dari pada model hasil modifikasi. Dari beberapa karakteristik tegangan yang terjadi dengan parameter tegangan ijin maksimum material KI A36 didapat hasil bahwa semua model dengan variasi kondisi perairan memenuhi persyaratan regulasi klasifikasi

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Allah SWT yang selalu memberikan berkah dan rahmatnya, serta Orang Tua dan Keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan penulis, dan juga kepada pembimbing 1 dan pembimbing 2, serta pihak-pihak yang sudah membantu dalam penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Heger, "Dockmaster training manual," *Dry Dock Inc, by (June 2005)*, 2005.
- [2] K. Sadeghi, A. derki, and abdaala shlash, "Dry Docks: Overview Of Design And Construction," *Acad. Res. Int.*, vol. 9, 2018.
- [3] E. J. Sasono, S. Pramono, A. T. Wandono, and others, "Dry dock gate stability modelling," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2018, vol. 983, no. 1, p. 12036.
- [4] E. Cejuela, V. Negro, J. del Campo, M. Martín-Antón, M. Esteban, and J. López-Gutiérrez, "Recent History, Types, and Future of Modern Caisson Technology: The Way to More Sustainable Practices," *Sustainability*, vol. 10, no. 11, p. 3839, 2018.
- [5] K. Abdullah and B. Santosa, "Analisis Kekuatan Konstruksi Graving Dock Gate Menggunakan Metode Elemen Hingga," *KAPAL J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 16, no. 2, pp. 41–48, 2019.
- [6] E. Setiahadi, "Analisa Fatigue Life Graving Dock Gate Dengan Metode Simplified," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [7] B. Budianto, "Strength Structure Analysis of Main Gate Graving Dock Using pontoons for Condition Repairs," *Makara J. Technol.*, vol. 22, no. 2, pp. 109–114, 2018.
- [8] V. V. S. Prasad and B. Nagesh, "Design Problems for Existing Dry Dock Gates for Graving Docks and Trends to be Followed in Design of Mitre Type Dock Gates," *J. Offsh[1] V. V. S. Prasad B. Nagesh, "Design Probl. Exist. Dry Dock Gates Graving Docks Trends to be Follow. Des. Mitre Type Dock Gates," J. Offshore Struct. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2019.
- [9] M. Bogdaniuk and Z. Górecki, "Design of Inner Gate for CRIST Shipyard Dry Dock," *Polish Marit. Res.*, vol. 19, no. 1, pp. 52–56, 2012.
- [10] L. L. Daryl, "A first course in the finite element method," *p. C. Incl. Bibliogr. Ref. index*, 2007.
- [11] M. Gohlke, "Practical aspects of finite element simulation," *Altair Eng.*, 2015.
- [12] A. Ansys Mechanical, "Structural Analysis Guide," *Ansys Inc*, 2017.