

SKRIPSI

**STUDI ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR ATAS
*NAVIGABLE AQUEDUCT***



ELDO HARVIANTO

NPM: 6101801009

PEMBIMBING: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.

KO-PEMBIMBING: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG

JANUARI 2022

SKRIPSI

STUDI ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR ATAS *NAVIGABLE AQUEDUCT*



ELDO HARVIANTO

NPM: 6101801009

BANDUNG, 24 Januari 2022

PEMBIMBING : Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.

KO-PEMBIMBING : Wivia Octarena N., S.T., M.T.

PENGUJI 1 : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

PENGUJI 2 : Helmy Hermawan T., Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG

JANUARI 2022

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Eldo Harvianto
 NPM : 6101801009
 Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi^{?)} dengan judul:
 Studi Analisis dan Desain Struktur Atas Navigable Aqueduct

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 8 Januari 2022



Eldo Harvianto

? coret yang tidak perlu

STUDI ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR ATAS *NAVIGABLE AQUEDUCT*

Eldo Harvianto

NPM: 6101801009

Pembimbing: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.

Ko-Pembimbing: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG

JANUARI 2022

ABSTRAK

Navigable aqueduct merupakan salah satu jenis infrastruktur yang mengizinkan pelayaran diatas akueduk (jembatan air), sehingga kapal barang dan penumpang dapat berlayar tanpa hambatan melewati bukit, lembah, atau bahkan diatas sungai lainnya. Berbagai negara di Eropa membangun *navigable aqueduct* guna mengoptimasi transportasi logistik di daerah tertentu. Di Belgia, misalnya, terdapat *navigable aqueduct* terbuat dari beton prategang, dan juga di Jerman yang menggunakan baja sebagai struktur atas dan beton bertulang sebagai struktur bawah jembatan air. Setelah dibuka, *navigable aqueduct* yang berada di Jerman berhasil meningkatkan lalu lintas air dan menciptakan tempat wisata baru di kota jembatan air berada. Berbagai keuntungan *navigable aqueduct* yang sudah disebutkan membuat infrastruktur ini memiliki potensi untuk berkembang di Indonesia, terlebih di Pulau Kalimantan. Meskipun demikian, penelitian tentang *navigable aqueduct* di Indonesia masih sangat terbatas. Tugas akhir ini membahas perencanaan dan analisis struktur atas suatu *navigable aqueduct* yang direncanakan berada di Samarinda, Kalimantan Timur. Struktur atas *navigable aqueduct* direncanakan menggunakan pelat baja dengan berbagai ketebalan, dimana masing-masing memiliki kuat leleh 355 MPa. Analisis pada tugas akhir ini dilakukan menggunakan Metode Elemen Hingga dikarenakan pembebanan yang tidak seragam. Menggunakan perangkat lunak berbasis Metode Elemen Hingga, diperoleh nilai tegangan von Mises (tegangan efektif) maksimum sebesar 279,22. Tegangan yang bernilai paling besar berada di daerah tumpuan dan di tengah bentang. Adapun dilakukan perhitungan momen plastis di tumpuan dan di lapangan, dimana masing-masing lebih besar dari gaya momen ultimit maksimum, M_u sebesar $1,51 \times 10^6$ kN m. Tegangan tekuk elastis pelat dihitung bernilai 276,6 MPa, lebih besar dari tegangan tekan terbesar.

Kata Kunci: jembatan, *navigable aqueduct*, baja, Metode Elemen Hingga

ANALYSIS AND DESIGN OF NAVIGABLE AQUEDUCT SUPERSTRUCTURE

Eldo Harvianto

NPM: 6101801009

Advisor: Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T.

Co-Advisor: Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING**

(Accredited by SK-BAN PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG

JANUARY 2022

ABSTRACT

Navigable aqueduct is an infrastructure that allows shipping above the aqueduct (water bridge), so that passenger and cargo ships can sail unobstructed by valleys, hills, or even above another river.. Countries in Europe constructed their own navigable aqueduct to optimize logistic transportation in certain regions. For example, in Belgium, where a navigable aqueduct using prestress concrete was constructed, and also in Germany, where a navigable aqueduct with steel-based superstructure and reinforced concrete substructure resides. After it opened, the navigable aqueduct in Germany managed to increase ship traffic while creating a new tourist attraction within the city. The various advantages of navigable aqueducts mentioned make this infrastructure have the potential to develop in Indonesia, especially on the island of Kalimantan. However, research on navigable aqueduct in Indonesia is still very limited. This final project discusses the planning and analysis of a navigable aqueduct superstructure which is planned to be located in Samarinda, East Borneo. The navigable aqueduct superstructure is designed using steel plates of various thickness, each with tensile strength of 355 MPa. Analyses were done using Finite Element Method because of uneven loading. Using a Finite Element Analysis-based software, the maximum von Mises stress (effective stress) was calculated to be 279.22 MPa. The stress with maximum values are located around the support and in the middle span. Plastic moment of the cross section at the support and in the field was also calculated, both of which has values greater than the maximum ultimate moment, M_u that equals to 1.51×10^6 kN m. The elastic buckling stress was calculated to be 276.6 MPa, greater than the maximum compressive stress.

Keywords: bridge, navigable aqueduct, steel, Finite Element Method

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena hanya dengan berkat dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Studi Analisis dan Desain Struktur Atas *Navigable Aqueduct* tepat waktu. Skripsi ini sekiranya memenuhi syarat akademik untuk menyelesaikan studi tingkat Sarjana di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, sekaligus menjadi proses pembelajaran bagi penulis.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua dan seluruh anggota keluarga penulis yang senantiasa memberikan semangat, motivasi, serta dukungan materi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
2. Ibu Lidya Fransisca Tjong, Ir., M.T. selaku dosen pembimbing dan Ibu Wivia Octarena Nugroho, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing yang memperkaya penulis dengan saran dan arahan selama proses pengerjaan skripsi.
3. Bapak Dr. Johannes Adhijoso Tjondro, Bapak Helmy Hermawan Tjahjanto, Ph.D. dan Bapak Liyanto Eddy, Ph.D. atas masukan dan saran yang membantu menyempurnakan penyusunan skripsi.
4. Para dosen dan staf Tata Usaha Program Studi Teknik Sipil yang senantiasa membantu melancarkan proses kuliah penulis.
5. Teman-teman seperjuangan, Lie Vernando, Rezaldi Ongky, Eric Anthony, Octavianus William, Irfan Wiranata, Steven Kent, Janssen Tanjaya, Kelvin Handoko, Laurensius Ivan, Jonathan Tirtadjaja, Brian Edric, Sandy Aldi Rama, Samson Cheung yang senantiasa memberikan dukungan dan bantuan selama perkuliahan.
6. Teman-teman satu bimbingan, Henry, Haris, Ari, Taufan, Elbert, Ivan.
7. Teman-teman angkatan Teknik Sipil UNPAR 2018 yang telah memberikan banyak pengalaman berkesan sepanjang perkuliahan.

8. Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan banyak dukungan dan bantuan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis mengharapkan segala bentuk kritik dan saran yang membangun untuk penyusunan karya tulis selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembacanya.

Bandung, 24 Januari 2022



Eldo Harvianto
6101801009



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR NOTASI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1-1
1.1. Latar Belakang.....	1-1
1.2. Inti Permasalahan.....	1-4
1.3. Tujuan Penulisan.....	1-4
1.4. Pembatasan Masalah.....	1-4
1.5. Metodologi Penelitian.....	1-6
BAB II STUDI PUSTAKA.....	2-1
2.1. Jembatan.....	2-1
2.2. <i>Navigable Aqueduct</i>	2-1
2.3. Lendutan.....	2-2
2.3.1. Batas Lendutan untuk Balok.....	2-2
2.3.2. Batas Lendutan untuk Kantilever.....	2-2
2.4. Kuat Geser Penampang.....	2-2
2.5. Kuat Lentur Penampang.....	2-3
2.6. Tegangan dan Tekuk.....	2-5
2.7. Material Baja Struktural.....	2-8
2.8. Penampang <i>Box Girder</i> Baja.....	2-10
2.8.1. Proporsi <i>Web</i>	2-11

2.8.2.	Web tanpa pengaku longitudinal.....	2-11
2.8.3.	Web dengan pengaku longitudinal.....	2-12
2.8.4.	Proporsi <i>Flange</i>	2-12
2.9.	Pembebanan Struktur Atas <i>Navigable Aqueduct</i>	2-12
2.9.1.	Berat Sendiri (MS)	2-13
2.9.2.	Beban Mati Tambahan (MA)	2-13
2.9.3.	Beban Angin	2-14
2.9.4.	Beban Hidrostatik.....	2-18
2.9.5.	Beban Gempa	2-20
2.9.6.	Beban Kapal Tenggelam.....	2-33
2.9.7.	Beban Benturan Kapal	2-34
2.9.8.	Kombinasi Pembebanan.....	2-35
2.10.	Metode Elemen Hingga	2-40
2.10.1.	Model Konstitutif	2-40
2.10.2.	Teori Pelat Reissner-Mindlin	2-42
2.10.3.	Formulasi Isoparametrik.....	2-42
2.11.	Pemodelan Menggunakan Program.....	2-43
2.11.1.	<i>Plane Stress Element</i>	2-43
2.11.2.	<i>Plane Strain Element</i>	2-43
2.11.3.	<i>Plate Element</i>	2-44
BAB III STUDI ANALISIS		3-1
3.1.	Pemodelan Struktur	3-1
3.1.1.	Data Struktur	3-1
3.1.2.	Data Material.....	3-1
3.2.	Perencanaan <i>Box Girder</i> Baja	3-2
3.2.1.	Ketinggian <i>Girder</i>	3-2

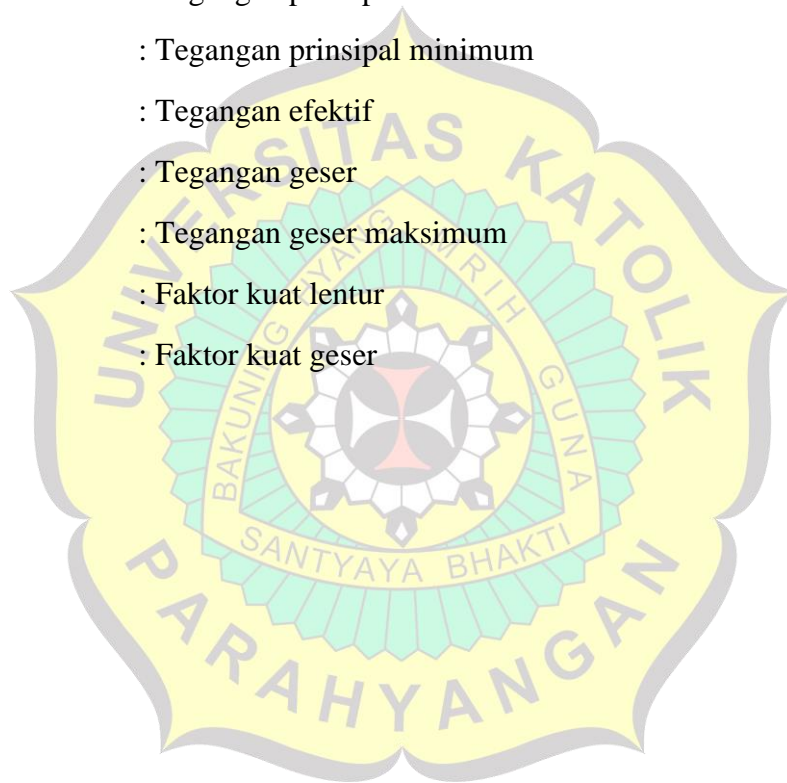
3.2.2.	Perencanaan Dimensi <i>Web</i>	3-2
3.2.3.	Perencanaan Dimensi <i>Flange</i>	3-3
3.3.	Model Struktur Atas <i>Navigable Aqueduct</i>	3-4
3.4.	Data Pembebanan	3-7
3.4.1.	Pemodelan Berat Sendiri (MS)	3-7
3.4.2.	Pemodelan Beban Mati Tambahan (MA)	3-7
3.4.3.	Pemodelan Beban Angin.....	3-11
3.4.4.	Pemodelan Beban Hidrostatik.....	3-12
3.4.5.	Pemodelan Beban Gempa	3-12
3.4.6.	Pemodelan Beban Kapal Tenggelam	3-17
3.4.7.	Pemodelan Beban Benturan Kapal.....	3-18
3.5.	Kombinasi Pembebanan	3-19
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		4-1
4.1.	Perilaku Tegangan Struktur.....	4-1
4.2.	Pengecekan Kondisi Layan	4-3
4.2.1.	Pengecekan Tegangan Efektif.....	4-3
4.2.2.	Pengecekan Lendutan.....	4-7
4.2.3.	Pengecekan Tekuk	4-8
4.3.	Pengecekan Kondisi Ultimit.....	4-10
4.3.1.	Pengecekan Geser	4-12
4.3.2.	Pengecekan Lentur	4-14
4.4.	Pengaruh Ketebalan Pelat Baja	4-16
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1.	Kesimpulan.....	5-1
5.2.	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA		6-1

DAFTAR NOTASI

A	: Luas penampang
b_f	: Lebar <i>flange box girder</i> baja
C_b	: Koefisien blok kapal
C_c	: Koefisien bentuk dari tambatan
C_e	: Koefisien eksentrisitas
C_m	: Koefisien massa sem
C_{sm}	: Koefisien respon elastik
C_{v2}	: Koefisien tekuk geser pelat badan
D	: Tinggi <i>web box girder</i> baja
E_n	: Energi benturan kapal
E	: Modulus elastisitas material
E_Q	: Gaya gempa horizontal statis
F_a	: Faktor amplifikasi untuk periode 0,2 detik
F_L	: Gaya yang diterima dermaga
F_{PGA}	: Faktor amplifikasi untuk PGA
F_y	: Kuat leleh baja
g	: Percepatan gravitasi
h	: Kedalaman titik tinjau
k_v	: Koefisien tekuk geser pelat badan
L_{pp}	: Panjang garis air
m	: <i>Deadweight tonnage</i>
M_n	: Kekuatan lentur nominal
M_p	: Momen plastis penampang
M_u	: Gaya momen ultimit
N_i	: Nilai hasil uji penetrasi standar
P	: Tekanan hidrostatis

P_B	: Tekanan angin dasar
P_D	: Tekanan angin rencana
Q_i	: Beban yang bekerja pada elemen jembatan
R	: Faktor modifikasi respon
S	: Modulus elastis penampang
S_1	: Parameter respon spektra percepatan gempa $T = 1,0$ detik
S_{D1}	: Nilai spektra pada permukaan tanah untuk periode 1,0 detik
S_{DS}	: Nilai spektra pada permukaan tanah untuk periode 0,2 detik
S_s	: Parameter respon spektra percepatan gempa $T = 0,2$ detik
S_{ui}	: Kuat geser tak terdrainase
t_f	: Tebal <i>flange box girder</i> baja
t_i	: Tebal lapisan tanah ke-i
t_w	: Tebal <i>web box girder</i> baja
v	: Kecepatan benturan kapal
V_0	: Kecepatan gesekan angin
V_{10}	: Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm
V_B	: Kecepatan angin dasar
V_{DZ}	: Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana
V_E	: Kecepatan pelayaran izin
V_n	: Kapasitas geser penampang
V_{si}	: Kecepatan rambat gelombang geser
W	: Volume air yang dipindahkan kapal
W_t	: Berat total struktur
z	: Elevasi struktur dimana sedang dianalisis beban angin
Z	: Modulus plastis penampang
Z_0	: Nilai panjang gesekan di hulu jembatan
γ_i	: Faktor beban
γ_w	: Berat jenis air
Δt	: Waktu benturan

Δv	: Selisih kecepatan saat dan setelah benturan
η_i	: Faktor pengubah respons
λ	: Rasio lebar terhadap tebal
λ_p	: Batas kompak/nonkompak
λ_r	: Batas nonkompak/langsing
ρ	: Massa jenis fluida
ρ_w	: Massa jenis air
σ	: Tegangan normal
σ_1	: Tegangan prinsipal maksimum
σ_2	: Tegangan prinsipal minimum
σ_{eff}	: Tegangan efektif
τ	: Tegangan geser
τ_{max}	: Tegangan geser maksimum
ϕ_b	: Faktor kuat lentur
ϕ_v	: Faktor kuat geser



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta potensi batubara Indonesia.....	1-1
Gambar 1.2 Pont Cysyllte Aqueduct	1-2
Gambar 1.3 Magdeburg Water Bridge	1-3
Gambar 1.4. Model <i>navigable aqueduct</i>	1-5
Gambar 2.1. Ilustrasi tegangan yang muncul pada suatu irisan tiga dimensi.....	2-5
Gambar 2.2. Ilustrasi tegangan yang muncul pada suatu irisan dua dimensi.....	2-6
Gambar 2.3. Diagram tegangan-regangan pada baja.....	2-9
Gambar 2.4. Konfigurasi <i>box girder</i> baja.....	2-10
Gambar 2.5. Ilustrasi tekanan hidrostatik.....	2-19
Gambar 2.6. Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampau 7% dalam 75 tahun.....	2-22
Gambar 2.7. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampau 7% dalam 75 tahun.....	2-23
Gambar 2.8. Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampau 7% dalam 75 tahun.....	2-24
Gambar 2.9. Bentuk umum respon spektra di permukaan tanah.....	2-29
Gambar 2.10. Ilustrasi dimensi-dimensi suatu kapal.....	2-33
Gambar 2.11. Ilustrasi benturan kapal pada dermaga	2-34
Gambar 2.12. Uji tarik uniaksial	2-41
Gambar 2.13. Deformasi geser pada pelat Mindlin.....	2-42
Gambar 3.1. Data material perencanaan.....	3-4
Gambar 3.2. Potongan melintang <i>navigable aqueduct</i> (segmen per 4 m)	3-5
Gambar 3.3. Tampak dalam potongan <i>navigable aqueduct</i> (segmen per 4 m)	3-5
Gambar 3.4. Tampak keseluruhan <i>navigable aqueduct</i>	3-6
Gambar 3.5. Perencanaan struktur atas <i>navigable aqueduct</i> pada tumpuan	3-6
Gambar 3.6. Katalog <i>fender</i> tipe V dari CV. Gada Bina Usaha	3-10
Gambar 3.7. Beban mati tambahan akibat <i>fender</i> pada potongan melintang <i>navigable aqueduct</i> (dinyatakan dalam kN)	3-11
Gambar 3.8. Ilustrasi input beban angin pada struktur atas (dinyatakan dalam kN/m ²)	3-11

Gambar 3.9. Ilustrasi input beban hidrostatis (dinyatakan dalam kN/m^2)	3-12
Gambar 3.10. Nilai percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk Kota Samarinda	3-13
Gambar 3.11. Nilai respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk Kota Samarinda	3-14
Gambar 3.12. Nilai respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk Kota Samarinda	3-15
Gambar 3.13. Respon spektra pada Kota Samarinda (belum termasuk faktor R)	3-16
Gambar 3.14. Input beban kapal tenggelam pada program Midas Civil ($48,95 \text{ kN/m}^2$)	3-18
Gambar 3.15. Input beban benturan kapal pada program Midas Civil ($677,69 \text{ kN}$)	3-19
Gambar 4.1 Distribusi tegangan pada struktur atas <i>navigable aqueduct</i>	4-1
Gambar 4.2 Daerah A struktur atas <i>navigable aqueduct</i>	4-1
Gambar 4.3 Distribusi tegangan pada tumpuan sebelum diberi <i>stiffener</i> (dalam MPa).....	4-2
Gambar 4.4 Distribusi tegangan pada tumpuan setelah diberi <i>stiffener</i> (dalam MPa)	4-2
Gambar 4.5. Tegangan efektif pada <i>navigable aqueduct</i> akibat <i>Envelope Max Layan</i> (dalam MPa)	4-3
Gambar 4.6 Optimasi ketebalan pelat <i>flange</i>	4-5
Gambar 4.7 Optimasi ketebalan pelat <i>web</i>	4-5
Gambar 4.8 Tegangan efektif akibat <i>Envelope Max Layan</i> setelah optimasi ketebalan pelat	4-5
Gambar 4.9 Lendutan pada pelat bawah akibat beban benturan kapal dan kapal tenggelam (dinyatakan dalam mm)	4-7
Gambar 4.10 Lendutan pada pelat dinding akibat beban benturan kapal dan kapal tenggelam (dinyatakan dalam mm)	4-8
Gambar 4.11 Tegangan tekan maksimum pada pelat 60 mm akibat <i>Envelope Min Layan</i> (dinyatakan dalam MPa).....	4-9

Gambar 4.12 Tegangan tekan maksimum akibat kombinasi pembebanan <i>Envelope Layan Min</i> (dinyatakan dalam MPa)	4-10
Gambar 4.13 Lokasi pengecekan ultimit.....	4-10
Gambar 4.14 Bentuk penampang di potongan B-B.....	4-11
Gambar 4.15 Bentuk penampang di potongan C-C.....	4-11
Gambar 4.16 Bentuk penampang di potongan D-D	4-11
Gambar 4.17 Bentuk penampang di Potongan E-E.....	4-12



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Properti baja struktural pada konstruksi gedung dan jembatan menurut <i>European Standard</i>	2-9
Tabel 2.2. Faktor beban untuk berat sendiri	2-13
Tabel 2.3. Faktor beban untuk beban mati tambahan.....	2-14
Tabel 2.4. Nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu	2-15
Tabel 2.5. Tekanan angin dasar	2-16
Tabel 2.6 Tekanan angin dasar (P_B) untuk berbagai sudut serang	2-17
Tabel 2.7. Komponen beban angin yang bekerja pada kendaraan	2-18
Tabel 2.8. Penjelasan masing-masing peta gempa	2-21
Tabel 2.9. Kelas situs	2-26
Tabel 2.10. Faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2 detik (F_{PGA}/F_a).....	2-28
Tabel 2.11. Nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v)	2-28
Tabel 2.12. Klasifikasi zona gempa	2-31
Tabel 2.13. Nilai faktor modifikasi respon R untuk bangunan bawah jembatan ..	2-32
Tabel 2.14. Nilai faktor modifikasi respon (R) untuk hubungan antar elemen struktur.....	2-32
Tabel 2.15. Dimensi tongkang untuk perencanaan	2-33
Tabel 2.16. Kombinasi beban dan faktor beban	2-38
Tabel 3.1. Penentuan jarak antar <i>fender</i>	3-7
Tabel 3.2. Gaya reaksi dan energi diserap per meter panjang serta defleksi 45% dari <i>fender V</i>	3-9
Tabel 4.1. Rekapitulasi pengecekan tegangan efektif pada struktur atas <i>navigable aqueduct</i>	4-4
Tabel 4.2 Rekapitulasi pengecekan tegangan efektif setelah optimasi tebal pelat	4-6
Tabel 4.3 Rekapitulasi pengecekan momen struktur atas <i>navigable aqueduct</i>	4-16
Tabel 4.4 Pengaruh tebal pelat baja terhadap pengecekan kondisi servis	4-17

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan Modulus Plastis Penampang Di Potongan B-B
Lampiran 2	Perhitungan Momen Plastis Penampang Di Potongan C-C Dan Potongan D-D
Lampiran 3	Perhitungan Modulus Plastis Penampang Di Potongan E-E
Lampiran 4	Gaya Dalam Hasil Perhitungan Midas Civil



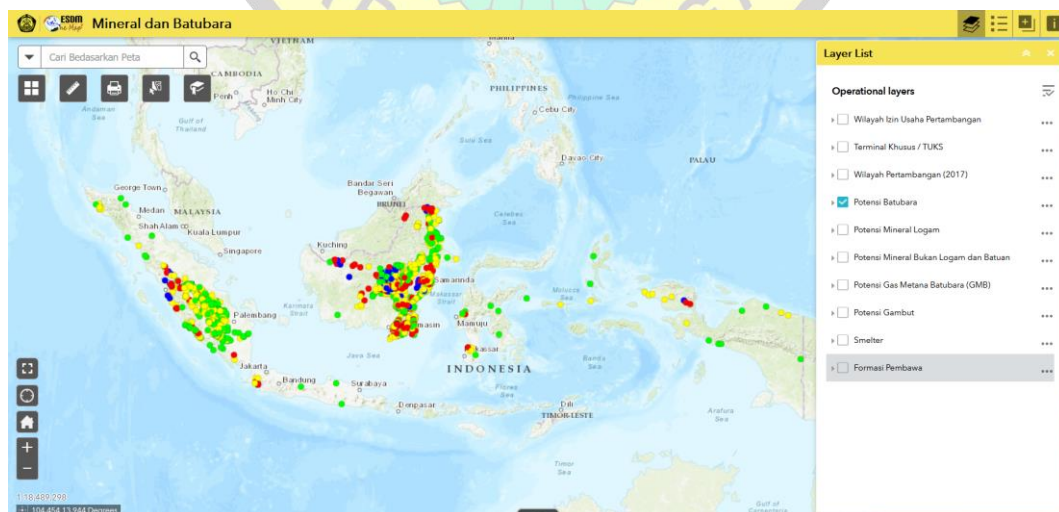
BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pulau Kalimantan memiliki potensi batu bara yang melimpah. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2020, Pulau Kalimantan menyimpan 25,84 miliar ton cadangan batu bara, dimana angka ini memegang 62,1% cadangan batu bara di seluruh Indonesia. Hal ini didukung oleh Peta Mineral dan Batubara pada Gambar 1.1 dimana masing-masing titik berwarna mengindikasikan potensi batu bara yang terdapat di suatu lokasi.

Hasil penambangan dari Pulau Kalimantan perlu diangkut menuju berbagai tempat untuk dijual ataupun diolah. Pengangkutan dilakukan dengan berbagai moda transportasi, baik melalui jalur darat maupun jalur air. Pengangkutan batu bara biasanya dilakukan menggunakan kereta api dan kapal tongkang, dimana kapal tongkang cukup efektif digunakan sebagai angkutan utama batu bara di Pulau Kalimantan berkat keberadaan sungai-sungai besar seperti Sungai Barito. Meskipun demikian, pelayaran tongkang melewati sungai memiliki kendala tertentu, salah satunya yaitu fluktuasi muka air akibat perubahan cuaca, menyebabkan kapal tidak dapat berlayar secara optimal.



Gambar 1.1 Peta potensi batubara Indonesia

(sumber: geoportals.esdm.go.id)

Sehubungan dengan pelayaran melalui sungai (pelayaran dalam pulau), beberapa lembaga pemerintahan di Eropa melakukan berbagai optimasi guna memaksimalkan performa angkutan logistik dalam pulau dengan cara membangun dan mengoperasikan berbagai bangunan air. Dari berbagai infrastruktur air tersebut, dikenal suatu konstruksi disebut sebagai *navigable aqueduct* atau *water bridge*. *Navigable aqueduct* dibangun untuk menyelesaikan beberapa persoalan pelayaran khusus seperti beda elevasi air antara satu badan air dengan yang lainnya, ataupun kebutuhan akan rute transportasi air diatas sungai lain, lembah, jalan ataupun jalan rel.

Navigable aqueduct sendiri merupakan istilah yang sudah ada sejak abad ke 18, dimana perahu penumpang ataupun kapal pengangkut barang diizinkan berlayar di atas akueduk. Sejumlah *navigable aqueduct* tertua di dunia terdapat di Inggris. Salah satu *navigable aqueduct* yang masih fungsional hingga kini yaitu Pont Cysyllte Aqueduct yang berada di Wales. Pont Cysyllte Aqueduct selesai dibangun pada tahun 1805 menggunakan material besi tuang dan batu bongkah.



Gambar 1.2 Pont Cysyllte Aqueduct

(sumber: Wikipedia.org)

Navigable aqueduct yang paling signifikan di Eropa saat ini terdapat di Magdeburg, Jerman. Jembatan air ini memiliki bentang total sepanjang 918,05 meter dengan lebar komponen basah rata-rata sebesar 34 meter. Magdeburg Water Bridge menghubungkan kanal Elbe-Havel dan kanal Mittellandkanal, menyeberangi Sungai Elbe yang berada dibawahnya. Sebelum adanya jembatan air ini, kapal logistik perlu lagi perlu berputar arah sejauh 12 km dikarenakan perbedaan elevasi kanal Elbe-Havel dan Mittellandkanal yang besar. Selain itu Magdeburg Water Bridge dilengkapi oleh *canal/water lock*, sehingga fluktuasi kedalaman air akibat perubahan cuaca dan musim dapat dihindari. Pembangunan Magdeburg Water Bridge memicu terjadinya peningkatan efisiensi dan efektivitas pelayaran di daerah Magdeburg, disertai dengan kehadiran tempat wisata baru bagi turis yang berkunjung. Dengan demikian, pembangunan suatu *navigable aqueduct* dapat memberikan keuntungan serupa ke beberapa wilayah Indonesia.



Gambar 1.3 Magdeburg Water Bridge

(sumber: sudardjattanusukma.wordpress.com)

1.2. Inti Permasalahan

Istilah *navigable aqueduct* atau *water bridge* terdengar asing bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Pada saat penulisan skripsi ini belum ada peraturan dalam mendesain suatu *navigable aqueduct*. Padahal, infrastruktur ini dapat menjadi solusi alternatif masalah pelayaran khusus di beberapa wilayah, mengingat potensi sungai-sungai di Indonesia yang dapat dipergunakan sebagai prasarana transportasi air, khususnya di Pulau Kalimantan. Skripsi ini diharapkan menjadi tolakan berkembangnya penelitian dan penggunaan *navigable aqueduct* di Indonesia.

1.3. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk menganalisis dan mendesain struktur atas suatu *navigable aqueduct* sehingga dapat menjadi alternatif penyelesaian masalah pelayaran khusus di Indonesia.

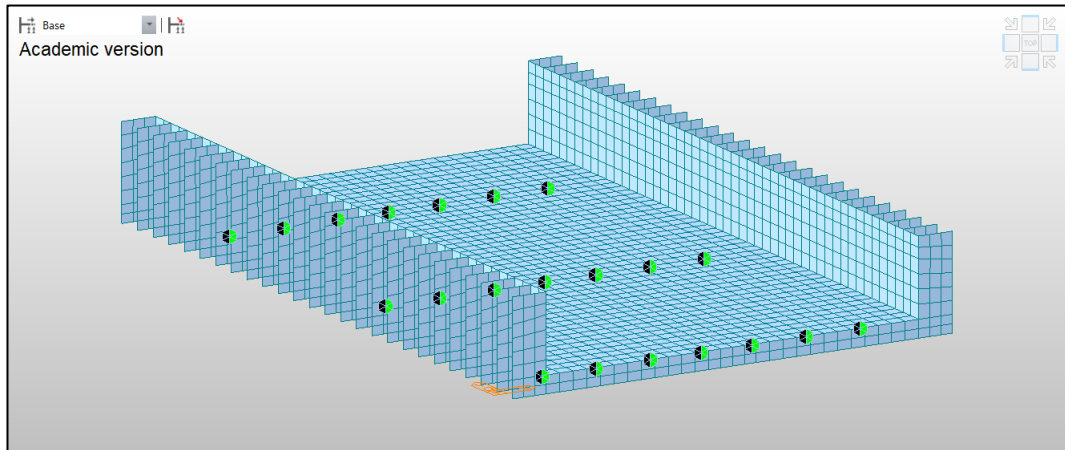
1.4. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Dimensi melintang *navigable aqueduct* ditentukan berdasarkan dimensi kapal tongkang sebagai berikut:

No.	Kriteria	Ukuran
1	<i>Length overall, LOA</i>	91,44 m
2	Breadth	24,4 m
3	Depth	5,5 m
4	Max Draft	4,4 m
5	<i>Gross register tonnage, GRT</i>	3137 ton
6	<i>Net register tonnage, NRT</i>	941 ton
7	<i>Deadweight tonnage, DWT</i>	8000 ton

2. *Navigable aqueduct* dimodelkan sebagai jembatan menggunakan material baja sebagai penampang basah.



Gambar 1.4. Model *navigable aqueduct*

3. Desain struktur jembatan memiliki panjang 100 m
4. Mutu baja, $F_y = 355$ MPa
5. Peraturan-peraturan yang digunakan sebagai berikut:
 - SNI 1725:2016. Pembebanan untuk Jembatan
 - SNI 1729:2020. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural
 - SNI 2833:2016. Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa
 - RSNI T-03-2005. Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan
 - AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 8th Ed. 2017
6. Analisis dan desain struktur dilakukan dengan bantuan program midas Civil, Microsoft Excel, dan smath
7. Tidak dilakukan perhitungan sambungan las
8. Perhitungan pondasi jembatan tidak dilakukan

1.5. Metodologi Penelitian

Skripsi ini ditulis dengan menggunakan metode-metode penelitian sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Skripsi ini mengangkat berbagai konsep dan analisis berdasarkan fakta-fakta yang terkandung dalam artikel, buku teks, jurnal, tesis dan peraturan terkait. Referensi masing-masing literatur penelitian tercantum pada daftar pustaka.

2. Studi Analisis

Analisis pada model struktur dilakukan menggunakan program midas Civil. Digunakan juga program komputasi seperti Microsoft Excel dan smath untuk membantu proses perhitungan.

