

EVALUASI KINERJA JEMBATAN APUNG DENGAN FONDASI PONTON TIPE TERAPUNG TERPISAH UNTUK PEJALAN KAKI

HEIKAL FAJAR RAMADHAN ¹⁾, GATOT SUKMARA ²⁾, EUNEKE WIDYANINGSIH ³⁾

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
e-mail : heikal.fr@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan apung merupakan jenis jembatan yang menggunakan air sebagai fondasi, dimana ponton menjadi media yang memanfaatkan daya apung dari aliran air sungai ataupun danau. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perilaku struktur jembatan dengan ponton sebagai fondasi. Parameter lokasi dan topografi perencanaan jembatan merupakan parameter asumsi yang menjadi input perencanaan jembatan ini. Evaluasi dilakukan dengan menganalisis struktur jembatan terhadap beban mati dan beban hidup dengan menggunakan perangkat lunak analisis struktur dan juga perhitungan manual dari referensi teoritis. Dari hasil analisis struktur tersebut diperoleh perilaku ponton sebagai fondasi menerima beban axial maksimum sebesar 51,3 kN mengacu kepada setiap kombinasi pembebanan baik beban hidup simetris maupun asimetris dimana ponton berada diatas pegas dengan koefisien 121,16 kN/m. Selain itu struktur jembatan dievaluasi terhadap beban gaya seret air pada setiap ponton sebesar 1,815 kN. Dari hasil analisis manual fondasi ponton memiliki kapasitas apung per ponton sebesar 10,84 ton dengan volume ponton yang tenggelam sebesar 11,02 m³ dan draft ponton yang tenggelam 0,85 m. Sehingga dari hasil iterasi analisis struktur diketahui ponton menyisakan freeboard setinggi 0,65 m. Dari kondisi tersebut maka diketahui dengan kombinasi perilaku fleksibilitas struktur dan deformasi ponton yang terpisah, jembatan masih dapat memenuhi persyaratan keamanan bagi pejalan kaki yang melintas jembatan dan dapat memenuhi kaidah kekuatan struktur dari aspek perencanaan.

Kata kunci: apung, draft, freeboard, gaya angkat, gaya seret air, kapasitas apung, ponton

1. PENDAHULUAN

Jembatan apung merupakan jembatan yang menggunakan prinsip *Archimedes* atau dengan memanfaatkan muka air sebagai landasan dari jembatan itu sendiri. Dalam perencanaannya jembatan apung masih menggunakan parameter yang bersifat asumsi karena mengikuti kondisi perairan yang akan dilalui oleh struktur jembatan apung pondasi ponton itu sendiri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter penting dalam simulasi perencanaan jembatan menggunakan fondasi terapung berupa ponton, mengetahui kinerja perilaku struktur jembatan akibat pengaruh penggunaan air pada fondasi ponton terapung, dan mengetahui batasan dan kapasitas fondasi ponton dari hasil perencanaan jembatan apung pejalan kaki.

2. TINJAUAN PUSTAKA

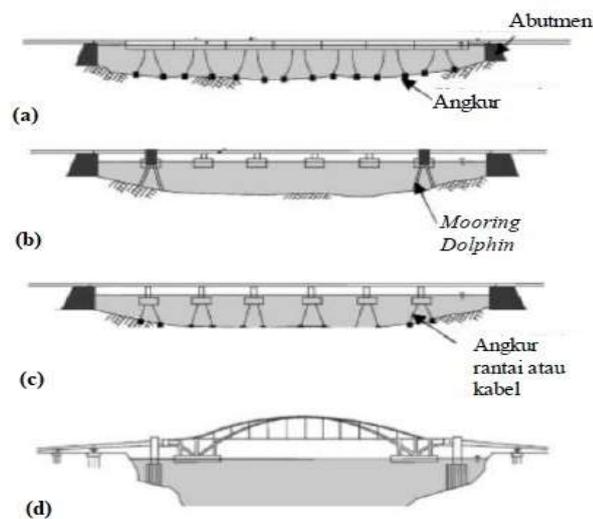
2.1 Jembatan Apung

Jembatan apung merupakan jembatan yang memiliki pondasi yang dapat terapung diatas perairan yang dangkal maupun dalam, jembatan apung ini sesuai dengan infrastruktur

jembatan penghubung antar pulau, maupun jembatan diatas sungai atau perairan lainnya. Jembatan apung ini dapat menggantikan jembatan fondasi biasa jika pada saat pemasangan fondasinya cukup sulit atau mahal karena berada dibawah perairan. Jembatan apung memanfaatkan daya apung ponton sebagai pondasi. Komponen jembatan apung secara umum sama dengan jembatan konvensional, terdiri dari :

1. Komponen struktur atas
2. Komponen struktur bawah (*sub structure*)
3. Komponen pelengkap

Jembatan apung terdapat beberapa tipe atau klasifikasi yang perlu diperhatikan (Watanabe and Utsonomiya, 2003). Klasifikasi tersebut terbagi berdasarkan kondisi lantai jembatan dan pontonnya, antara lain jembatan apung menerus (a), jembatan apung dengan fondasi terapung terpisah (b), jembatan apung dengan fondasi semi-tenggelam (c), dan jembatan apung bentang panjang dengan fondasi terpisah (d) yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Klasifikasi jembatan apung (Sumber: Watanabe and Utsonomiya, 2003)

2.2 Fondasi Ponton

Fondasi ponton merupakan fondasi yang mengapung diatas permukaan air dengan menggunakan prinsip *Archimedes* dapat dilihat pada **Gambar 2**, salah satu fondasi ponton ini adalah foam yang disandarkan di permukaan air sebagai landasan jembatan dan beban dinamis diatasnya.



Gambar 2. Fondasi ponton (Sumber : b-foam, 2015)

Foam sendiri merupakan salah satu jenis fondasi ponton yang terbuat dari *styrofoam* yang memiliki bentuk persegi maupun persegi panjang dapat dilihat pada **Gambar 3**. Fondasi ponton jenis foam ini sudah banyak digunakan untuk bangunan apung lainnya yang memanfaatkan tekanan air sebagai landasan.



Gambar 3. foam (Sumber : b-foam.com, 2015)

3. METODE PENELITIAN

Bahan dalam penelitian ini menggunakan landasan teori mengenai jembatan apung. Untuk data lokasi, dimensi struktur, dan parameter input perencanaan jembatan merupakan data yang bersifat asumsi. Struktur jembatan dimodelkan, dianalisis, dan dievaluasi menggunakan aplikasi analisis struktur MIDAS *Civil* hal ini bertujuan untuk mendapatkan perilaku fondasi ponton sesuai dengan prinsip *bouyancy* menurut hukum *Archimedes*.

4. PEMODELAN STRUKTUR

4.1 Pemodelan struktur jembatan

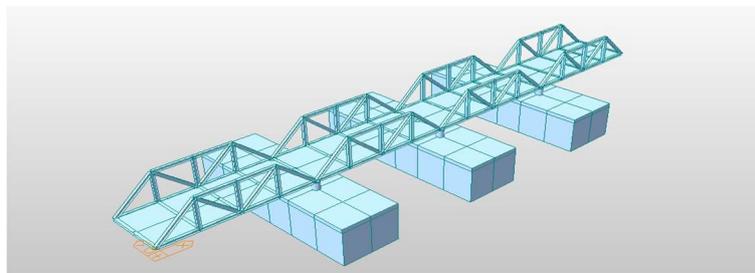
Pemodelan struktur jembatan dilakukan menggunakan aplikasi analisis struktur MIDAS *Civil* dapat dilihat pada **Gambar 5**. Data struktur jembatan apung ini menggunakan data asumsi awal sebagai inisial dan diperoleh spesifikasi akhir melalui iterasi pada proses perhitungan. Sedangkan untuk dimensi panjang total jembatan mengikuti asumsi lokasi rencana jembatan dan data sungai sekunder yang didapatkan.

Data parameter asumsi untuk lokasi jembatan di Sungai Citarum adalah sebagai berikut:

1. Lebar sungai (b) = 20 m
2. Debit air sungai (Q) = 78,74 m³/s
3. Kedalaman sungai (h) = 4 m
4. Arus sungai (v) = 0,98 m/s

Sedangkan hasil iterasi perhitungan analisis struktur diperoleh spesifikasi teknis jembatan sebagai berikut:

1. Tipe struktur atas jembatan = Truss
2. Material = Baja ASTM(S) A36
3. Dimensi = JIS H 100x100x6x8 mm
4. Panjang jembatan = 20 m
5. Panjang per bentang jembatan = 5 m
6. Lebar jembatan = 2 m
7. Tinggi jembatan = 1,2 m

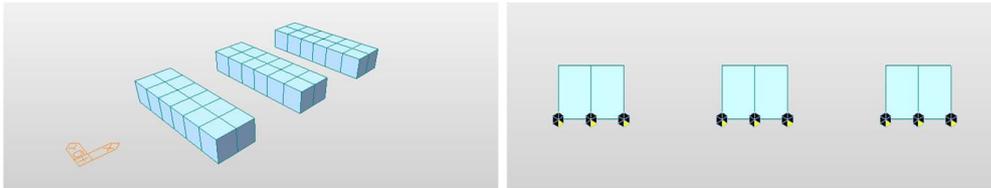


Gambar 5. Pemodelan struktur jembatan tampak 3D

Pada pemodelan fondasi jembatan, ponton bertumpu di atas air seperti pemodelan yang dapat dilihat pada **Gambar 6**. Ponton bertumpu pada pegas dengan koefisien 121,16 kN/m yang

terbagi sebanyak 21 titik per pontonnya dimana bahan utama pontoon terbuat dari material foam yang berbahan *construction-grade expanded polystyrene (EPS)* sebagai berikut:

1. Material ponton = *b-foam Heavy-Duty (HD) Construction-grade expanded polystyrene (EPS)*
2. Berat jenis = $0,392 \text{ kN/m}^3$
3. Bahan = Foam dan campuran beton
4. Dimensi ponton = *EPS 6,5x2x1,5 m*

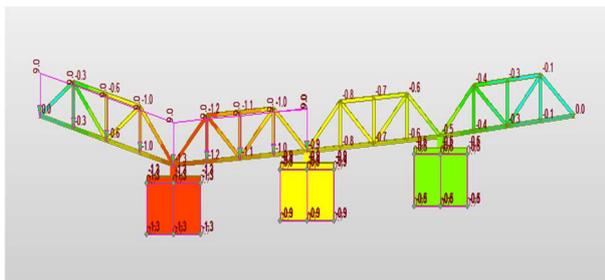


Gambar 6. Pemodelan interaksi ponton dan air

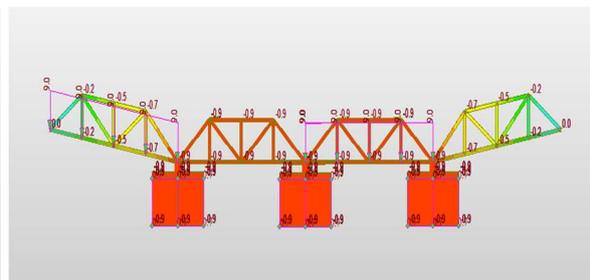
5. PEMBEBANAN DAN PERILAKU STRUKTUR

5.1 Perilaku Struktur diatas Fondasi Ponton

Dalam analisis struktur ini dilakukan pengujian pembebanan dengan menggunakan kombinasi *ultimate* atau beban yang sudah terfaktor untuk mengetahui penurunan maksimal dari fondasi ponton. Tahap pertama ketika pejalan kaki berada dibentang 1 dan 2, ponton pertama turun sebesar 1,3 m, ponton kedua turun sebesar 0,9 m, dan ponton ketiga turun sebesar 0,6 m yang dapat dilihat pada **Gambar 7**. Tahap kedua ketika beban pejalan kaki berada dibentang 1 dan 3, seluruh ponton mengalami penurunan sebesar 0,9 m dapat dilihat pada **Gambar 8**.

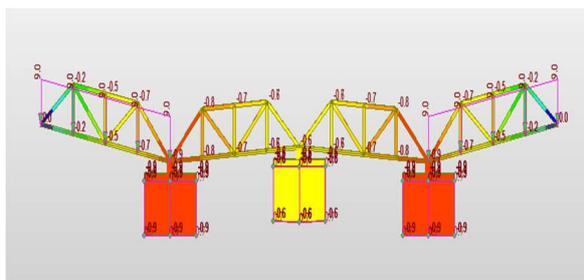


Gambar 7. Beban dibentang 1 dan 2

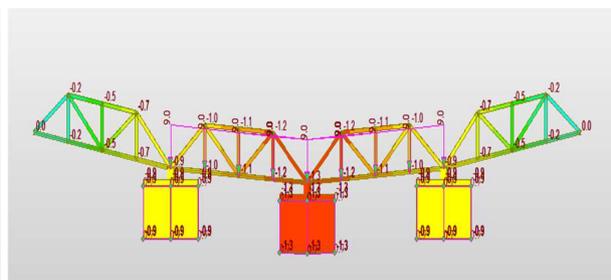


Gambar 8. Beban dibentang 1 dan 3

Tahap ketiga saat beban pejalan kaki berada dibentang 1 dan 4, ponton pertama dan ketiga turun sebesar 0,9 m, sedangkan ponton kedua turun sebesar 0,6 m yang dapat dilihat pada **Gambar 9**. Tahap keempat pada saat beban pejalan kaki berada dibentang 2 dan 3, ponton pertama dan ketiga turun sebesar 0,6 m, sedangkan ponton ke 2 turun sebesar 1,3 m yang dapat dilihat pada **Gambar 10**.

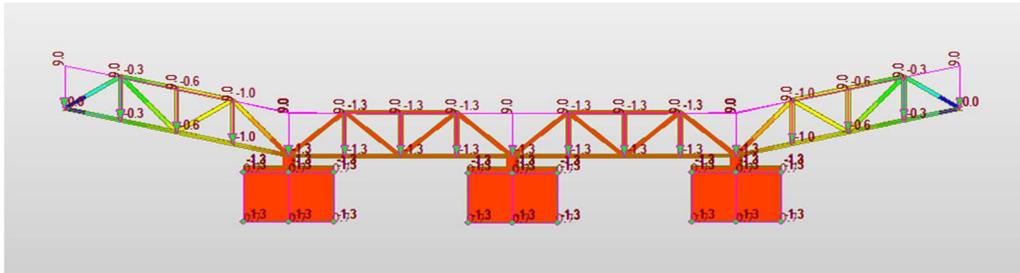


Gambar 9. Beban dibentang 1 dan 4



Gambar 10. Beban dibentang 2 dan 3

Lalu pada tahap kelima saat beban pejalan kaki berada diseluruh bentang jembatan, seluruh ponton mengalami penurunan sebesar 1,5 m yang dapat dilihat pada **Gamabar 11**.



Gambar 11. Beban pejalan kaki diseluruh bentang

Dari perilaku akibat kombinasi pembebanan dan interaksi pada struktur jembatan diperoleh rasio kapasitas bangunan atas sudah memenuhi persyaratan elemen dengan rasio elemen bangunan atas < 1 seperti ditunjukkan pada **Gambar 12**.

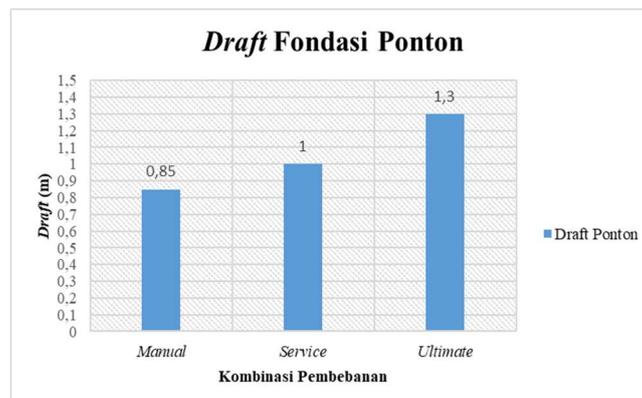
CH	MEMB	SECT	SE	L	Material	Fy
OK	9	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	178	2			PG 267.4x9.3	A36 248211
OK	038	0.018				

CH	MEMB	SECT	SE	L	Material	Fy
OK	1	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	0.175	0.018				
OK	2	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	0.271	0.070				
OK	3	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	0.282	0.069				
OK	4	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	0.338	0.085				
OK	5	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	0.183	0.083				
OK	6	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	0.273	0.008				
OK	7	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	0.124	0.007				
OK	8	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	0.126	0.004				
OK	9	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	0.381	0.010				
OK	10	1			Profile Struktur Atas, H 10	A36 248211
OK	0.129	0.008				

Gambar 12. Ratio elemen struktur jembatan

5.2 Hasil Analisis Struktur

Perilaku fondasi ponton dalam pemodelan dievaluasi terhadap perhitungan secara manual dengan prinsip *bouyancy* menurut hukum *Archimedes* dimana untuk gaya total yang diterima oleh fondasi ponton sebesar 10,26 ton menghasilkan penurunan (*draft*) sedalam 0,85 m dapat dilihat pada **Gambar 13**. Hal ini mendekati nilai yang dihasilkan dari perhitungan model menggunakan aplikasi analisis struktur MIDAS *Civil*.



Gambar 13. Grafik Draft fondasi ponton

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis perhitungan dari struktur jembatan dan perhitungan kapasitas fondasi ponton, maka dapat disimpulkan:

1. Dalam pembangunan jembatan untuk pejalan kaki di daerah aliran sungai, fondasi jembatan dapat menggunakan alternatif fondasi ponton selain fondasi yang tertanam di dalam tanah yaitu dengan memanfaatkan gaya angkat air dengan memperhatikan perilaku fleksibilitas struktur dari perbedaan penurunan antar ponton untuk penggunaan pondasi ponton terpisah
2. Faktor penting yang perlu diperhatikan adalah parameter freeboard dan kondisi arus air untuk menjamin bahwa jembatan dapat dilalui oleh pejalan kaki untuk melintasi sungai dan jembatan tidak hanyut oleh arus yang bekerja pada sungai
3. Hasil dari perencanaan jembatan apung ini, hanya diperoleh pada saat kondisi air normal sehingga dimensi teknis jembatan apung ini belum bisa dimanfaatkan sepenuhnya, dikarenakan dimensi teknis tersebut belum memperhitungkan pada saat kondisi air surut.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian ini terdapat beberapa saran untuk kajian jembatan tipe ini antara lain:

1. Dalam mendesain dan menganalisis fondasi ponton, data eksisting daerah aliran sungai dan tipe arus yang akan dilalui oleh struktur jembatan dapat dimutakhirkan melalui data hasil pengukuran yang akurat
2. Perlu pendetailan khususnya perhitungan terhadap desain angkur ponton, peletakan, dan sambungan antar struktur dari aspek tipe dan kekuatannya
3. Dari hasil penelitian ini, diharapkan fondasi ponton dapat didesain dan dianalisis dengan bentuk dan tipe yang berbeda-beda sesuai kebutuhan wilayah perairan dari lokasi rencana jembatan.

DAFTAR PUSTAKA

- b-foam. (2020, Februari 20). *b-foam EPS Foam Construction Technologies*. Diambil kembali dari b-foam.com: <http://www.b-foam.com/floating/>
- Wang, C.M., Watanabe, E., and Utsunomiya, T. (2008). *Very Large Floating Structures: Applications, analysis and design*. *Taylor & Francis*.