

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jembatan

Jembatan merupakan sebuah bangunan yang memiliki fungsi untuk menghubungkan suatu wilayah yang terpisah akibat adanya suatu rintangan. Rintangan ini dapat berupa aliran sungai, jurang, saluran irigasi, dan jalan lalu lintas biasa.

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah, atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permulaannya. Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis, dan estetika-arsitektural yang meliputi aspek lalu lintas, aspek teknis, aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

2.2 Jembatan Apung

2.2.1 Pengertian Jembatan Apung

Jembatan apung merupakan jembatan yang memiliki fondasi yang dapat terapung di perairan, jembatan apung ini direncanakan 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 fondasi.

2.2.2 Komponen Jembatan Apung

Komponen jembatan apung secara umum sama dengan jembatan konvensional. Jembatan apung dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Komponen struktur atas

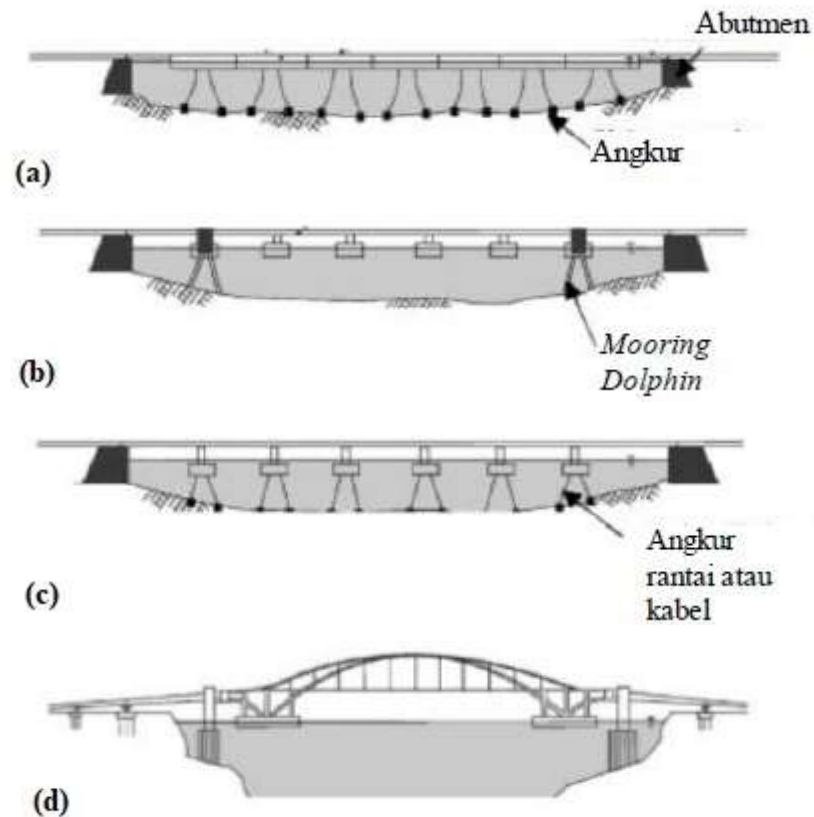
- a. Gelagar induk atau gelagar utama

Bagian dari struktur yang berfungsi untuk menahan beban langsung dari pelat lantai.

- b. Gelagar melintang atau diafragma
Bagian dari struktur yang berfungsi untuk mengikat beberapa balok gelagar induk agar menjadi satu agar tidak terjadi pergeseran.
 - c. Pelat lantai jembatan
Bagian dari struktur yang berfungsi untuk menahan lapisan perkerasan, komponen ini menahan suatu beban dan ditransferkan secara merata keseluruh lantai.
2. Komponen struktur bawah (*sub structure*)
- a. Fondasi
Fondasi yang digunakan di jembatan ponton ini adalah pondasi ponton yang mengapung diatas air sesuai dengan prinsip *Archimedes* dengan mengandalkan tekanan air dari bawah.
 - b. *Abutment*
Berada pada ujung jembatan yang berfungsi sebagai penahan tanah.
3. Komponen pelengkap
- a. Saluran drainase
Saluran ini berfungsi untuk pembuangan air hujan diatas jembatan yang terletak di kanan dan kiri dari perkerasan jembatan.
 - b. Lampu penerangan
Karena jembatan ponton ini digunakan untuk pejalan kaki, maka lampu penerangan sangat penting dan bisa juga berfungsi untuk estetika.

2.2.3 Klasifikasi Jembatan Apung

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 pondasi terapung terpisah (b), jembatan apung dengan pondasi semi-tenggelam (c), dan jembatan apung bentang panjang dengan pondasi terpisah (d), yang dapat dilihat pada (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Klasifikasi jembatan apung

(Sumber: Watanabe and Utsunomiya, 2003)

2.3 Fondasi Ponton

Fondasi ponton merupakan fondasi yang mengapung diatas permukaan air dengan menggunakan prinsip *Archimedes*, fondasi ini biasanya berupa drum kosong yang disandarkan di permukaan air sebagai landasan jembatan dan beban dinamis diatasnya. Seiring berkembangnya jaman fondasi ponton ini sudah menggunakan campuran beton yang dapat mengapung diatas permukaan air, salah satu fondasi ponton campuran beton yang sudah ada dapat dilihat pada (Gambar 2.2)



Gambar 2.2 Fondasi ponton

(Sumber: Concretesubmarine, 2013)

2.3.1 Foam

Foam ini terbuat dari *styrofoam* yang memiliki bentuk persegi maupun persegi panjang. Untuk struktur apung, jenis foam yang digunakan adalah foam *floating structures* dapat dilihat pada (Gambar 2.3). Jenis foam ini terbuat dari EPS (*Expanded Polystyrene*). EPS ini merupakan material yang memiliki daya apung yang cukup baik, karena berat jenisnya lebih kecil 3% dari berat jenis air. Maka dari itu jenis foam ini layak digunakan untuk struktur apung, misalnya untuk dermaga, jembatan, maupun bangunan-bangunan terapung lainnya. Foam ini memiliki beberapa kualitas yang berbeda yang dapat dilihat pada (Gambar 2.4) dan juga memiliki beberapa keunggulan antara lain :

1. Tidak keropos
2. Dimensional stabil
3. Tidak bocor atau tenggelam
4. Kapasitas apung tinggi (Maks beban : 5 ton/m²)
5. Produk ramah lingkungan (*recyled blend*)



Gambar 2.3 Foam

(Sumber: b-foam.com, 2015)

	Heavy-Duty (HD)	Light-Duty (LD)
Foam dalam	b-foam® Construction-Grade FR EPS (Expanded Polystyrene), kepadatan dan campuran berdasarkan beban yang diterima	b-foam® Construction-Grade FR EPS (Expanded Polystyrene), kepadatan dan campuran berdasarkan beban yang diterima
Penyerapan air	< 1% vol/vol setelah 30 bulan, < 5% setelah 15 tahun (Below grade)	
Kestabilan dimensi	+/- < 2 % (ASTM Test Method D2126)	
Lapisan pelindung	High-tensile (20 Mpa) polymer, ketebalan rata-rata 1000 mikron tiap tepi, 500 mikron sisi bawah	High-tensile (20 Mpa) polymer, ketebalan rata-rata 500 mikron untuk semua tepi
Beban hidup maks.	hingga 5 tons/m ²	hingga 1 ton/m ²
Garansi	30 tahun daya apung dan kapasitas beban 10 tahun lapisan pelindung	10 tahun daya apung dan kapasitas beban 1 tahun lapisan pelindung
Faktor keramahan dan lingkungan	Tidak mengandung zat kimia berbahaya seperti Merkuri, Kadmium, Timbal, VOCs. Tidak mencemari perairan sekitarnya. bersertifikat Singapore Green Label.	

Gambar 2.4 Kategori foam *floating structures*

(Sumber: b-foam, 2015)

Dalam pengaaplikasiannya foam *floating structures* ini sudah banyak digunakan untuk konstruksi apung di Indonesia, salah satunya adalah *prototipe* jembatan apung pejalan kaki yang berada di Pusjatan Bandung dapat dilihat pada (Gambar 2).



Gambar 2.5 Jembatan apung pejalan kaki

(Sumber: b-foam.com, 2015)

2.4 Pembebanan

2.4.1 Beban Mati

Beban mati jembatan merupakan kumpulan berat dari setiap komponen struktural dan nonstruktural. Jadi setiap komponen dianggap sebagai suatu kesatuan yang tidak terpisahkan dari faktor beban normal dan faktor beban.

1. Beban Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat dari struktur jembatan dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian

jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap.

Tabel 2.1 Faktor beban untuk berat sendiri

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Alumunium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor ditempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Sumber : (SNI 1725:2016)

Tabel 2.2 Berat isi untuk beban mati

No	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan aspal	22,0	2245
	(<i>bituminous wearing surfaces</i>)		
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan	17,2	1755
	(<i>compacted sand, silt or clay</i>)		
4	Kerikil dipadatkan	18,8-22,7	1920-2315
	(<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)		
5	Beton apal (<i>asphalt concrete</i>)	22,00	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f_c < 35$ Mpa	22,0-25,0	2320
	$35 < f_c < 105$ Mpa	$22+0,022f_c$	$2240+2,29f_c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,00	1125

(Sumber: SNI 1725:2016)

2. Beban Mati Tambahan (MA)

Merupakan berat dari seluruh beban yang berada pada struktur jembatan untuk bagian elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

Tabel 2.3 Faktor beban mati tambahan

Tipe Beban	Faktor beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MA}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MA}^U)	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

(Sumber: SNI 1725:2016)

2.4.2 Beban Lalu Lintas

1. Pembebanan untuk pejalan kaki (TP)

Elemen yang berada diatas jembatan direncanakan memikul beban pejalan kaki sebesar 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan.

2.4.3 Aksi Lingkungan

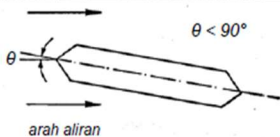


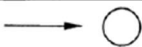
1. Aliran air (EF)

Gaya seret yang terjadi pada perencanaan jembatan tergantung pada kecepatan air rata-rata yang didapatkan. Faktor untuk perhitungan gaya akibat air dapat dilihat pada (Tabel 2.5). Gaya seret air dihitung dengan persamaan :

$$T_{EF} = 0,5C_D V_s^2 A_d$$

Keterangan :

 T_{EF} = Gaya seret (kN) V_s = Kecepatan air rata-rata berdasarkan pengukuran di lapangan (m/s) C_D = Koefisien seret (Tabel 2.4) A_d = Luas proyeksi pilar tegak lurus arah aliran dengan tinggi sama dengan kedalaman aliran

Bentuk pilar	Koefisien seret (C_D)	Koefisien angkat (C_L)												
 $\theta < 90^\circ$ arah aliran	0,8	<table><tr><th>θ</th><th>C_L</th></tr><tr><td>0°</td><td>0</td></tr><tr><td>5°</td><td>0.5</td></tr><tr><td>10°</td><td>0.9</td></tr><tr><td>20°</td><td>0.9</td></tr><tr><td>$\geq 30^\circ$</td><td>1.0</td></tr></table>	θ	C_L	0°	0	5°	0.5	10°	0.9	20°	0.9	$\geq 30^\circ$	1.0
θ	C_L													
0°	0													
5°	0.5													
10°	0.9													
20°	0.9													
$\geq 30^\circ$	1.0													
	1,4													
	0,7 0,7													
		Tidak dapat digunakan												
	0,7	Tidak bisa dipakai												

Gambar 2.6 Koefisien seret (C_D) dan angkat (C_L)

(Sumber: SNI 1725:2016)

Tabel 2.4 Faktor beban akibat aliran air

Tipe beban	Faktor beban (γ_{EF})	
	Keadaan Batas Layan (γ_{EF}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{EF}^U)
Transien	1,0	Lihat Tabel 2.6

Sumber : (SNI 1725:2016)

Tabel 2.5 Periode ulang banjir untuk kecepatan rencana air

Kondisi	Periode ulang banjir	Faktor beban
Daya layan - untuk semua jembatan	20 tahun	1,0
Ultimit :		
Jembatan besar dan penting ⁽¹⁾	100 tahun	2,0
Jembatan permanen	50 tahun	1,5
Gorong-gorong ⁽²⁾	50 tahun	1,0
Jembatan sementara	20 tahun	1,0
Catatan ⁽¹⁾ : Jembatan besar dan penting harus ditentukan oleh instansi yang berwenang		
Catatan ⁽²⁾ : Gorong-gorong tidak mencakup bangunan drainase		

Sumber : (SNI 1725:2016)

2. Tekanan hidrostatik dan gaya apung (EU)

Untuk meninjau gaya apung yang terjadi pada perencanaan jembatan, terdapat beberapa ketentuan yang harus diperhatikan antara lain :

- Pengaruh daya apung pada bangunan bawah dan beban mati bangunan atas
- Syarat-syarat sistem ikatan dari bangunan atas.
- Syarat-syarat drainase dengan adanya rongga-rongga pada pagian dalam supaya air bisa keluar pada waktu surut.

Tabel 2.6 Faktor beban akibat tekanan hidrostatik dan gaya apung

Tipe Beban	Faktor beban (γ_{EU})		
	Keadaan Batas Layan (γ_{EU}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{EU}^U)	
		Biasa	Terkurangi
Transien	1,00	1,0 (1,1) ⁽¹⁾	1,0(0,9) ⁽¹⁾
Catatan ⁽¹⁾ : Angka yang ditunjukkan dalam tanda kurung digunakan untuk bangunan penahan air atau bangunan lainnya dengan gaya apung dan hidrostatik sangat dominan			

Sumber : (SNI 1725:2016)

3. Beban Angin

Diasumsikan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Beban angin diasumsikan terdistribusi merata pada permukaan, yaitu pada bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 1000 mm diatas permukaan air. Kecepatan angin rencana (V_{DZ}) dihitung dengan persamaan :

$$V_{DZ} = 2,5 V_o \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_o} \right)$$

Keterangan :

V_{DZ} = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)

V_{10} = Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan air rencana (km/jam)

V_B = Kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm

Z = Elevasi struktur diukur dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm)

V_o = Kecepatan gesekan angin (km/jam)

Z_o = Panjang gesekan di hulu jembatan ditentukan oleh **Tabel 2.8** (mm)

Tabel 2.7 Nilai V_o dan Z_o

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_o (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_o (km/jam)	70	1000	2500

Sumber : (SNI 1725:2016)

4. Beban angin pada struktur (EW_s)

Tekanan angin rencana dalam Mpa dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

P_B = Tekanan angin dasar ditentukan dalam **Tabel 2.9**

Tabel 2.8 Tekanan Angin Dasar

Komponen Bangunan Atas	Angin Tekan (Mpa)	Angin Hisap (Mpa)
Rangka, kolom, dan Pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan Datar	0,0019	N/A

Sumber : (SNI 1725:2016)

Gaya total beban angin yang diterima oleh bidang tekan tidak boleh kurang dari 4,4 kN/m² sedangkan, gaya total beban angin yang diterima oleh bidang hisap tidak boleh kurang dari 2,2 kN/m².