

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara kepulauan dan pada setiap pulau juga banyak sungai yang melintas membelah pulau tersebut. Di sisi lain, Indonesia juga merupakan Negara berkembang yang membutuhkan perkembangan perekonomian untuk menunjang dan mendukung pembangunan dan pendapatan masyarakat. Oleh karena itu, perlu dibuat prasarana berupa jalan dan jembatan untuk menyambung pulau yang terbelah oleh sungai dan menyambung antar pulau. Jembatan yang dibuat untuk menyeberang sungai dan pulau bervariasi bentuknya, dari bentang pendek hingga bentang panjang, tergantung dari lebar sungai dan jarak antar pulau. Kaitan tipe jembatan dan tipe jembatan Menurut SEM PUPR Nomor 07 tahun 2015 tentang pedoman persyaratan umum perencanaan jembatan, dapat dilihat pada **Tabel 1.1** dibawah :

**Tabel 1. 1** Pedoman umum penentuan bentang ekonomis

No	Tipe Bangunan Atas	Bentang Ekonomis (m)
1	Pelat Beton Bertulang	0 – 15
2	Gelagar Beton T	10 – 18
3	Mod Gelagar Beton T	18 – 25
4	Gelagar Boks Beton Bertulang	25 – 40
5	Gelagar I Beton Pratekan	25 – 40
6	Gelagar Boks Baja	40 – 300
7	Rangka Baja ( <i>Steel Truss</i> )	40 – 200
8	Pelengkung Baja ( <i>Steel Arch</i> )	150 – 400
9	Beruji Kabel ( <i>Cable Stayed</i> )	200 – 500
10	Gantung ( <i>Suspension</i> )	300 – 2000

Catatan : Besarnya bentang di atas hanya sekedar referensi dan dapat diubah oleh yang berwenang karena berbagai pertimbangan.

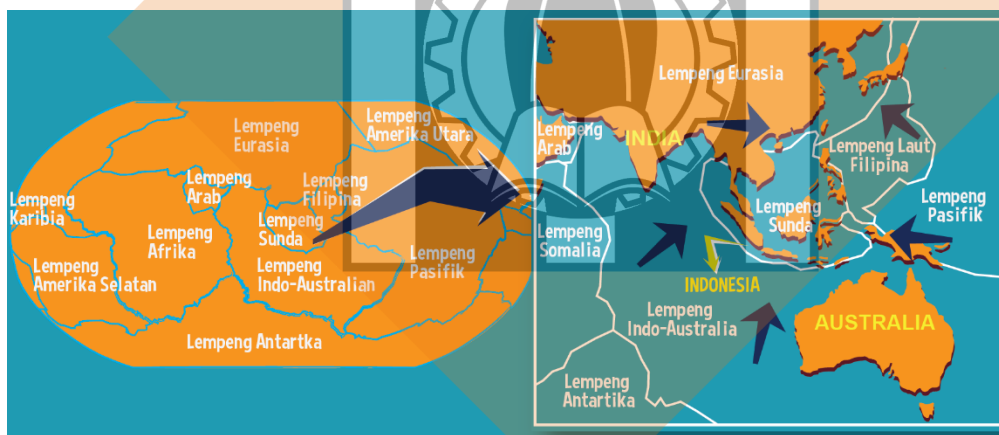
(Sumber : SEM PUPR Nomor 07 tahun 2015)

Dalam perencanaan pembuatan jembatan, harus dipastikan bahwa desain harus memenuhi standar desain yang diberikan, memenuhi keselamatan struktural (misalkan, jembatan tidak boleh rusak parah atau bahkan runtuh di bawah beban statis atau dinamis desain) dan kemudahan servis (misalkan jembatan itu dapat menyebabkan

ketidaknyamanan bagi pengguna jembatan sehingga harus dihindari), serta akibat beban gempa yang terjadi pada struktur jembatan tersebut.

Menurut Prof. Dipl.-Ing. Holger Svensson (2012), Beban gempa adalah eksitasi penopang dinamis melalui sebagian besar guncangan lateral tanah. Hal ini menyebabkan efek inersia dan hingga *time-dependent displacement* pada struktur seperti jembatan kabel. Karena besarnya pembebanan, pengukuran dimensi biasanya dilakukan dengan asumsi perilaku plastis, yang merupakan perbedaan signifikan, misalnya, desain angin atau efek dinamis lainnya.

Berdasarkan dokumen Kekayaan Tektonik Indonesia yang dikeluarkan oleh kementerian ESDM, Negara Indonesia berlokasi diantara empat buah lempeng bumi yaitu, Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, Lempeng Filipina dan Lempeng Indo-Australia. Keempat lempeng tersebut merupakan lempeng aktif yang terus bergerak dari waktu ke waktu. Pergerakan lempeng inilah yang menyebabkan terjadinya gempa, sehingga Indonesia tergolong ke dalam wilayah yang rawan akan terjadinya gempa.



**Gambar 1. 1** Lempeng-lempeng tektonik Indonesia

(Sumber : Kekayaan Tektonik Indonesia, Kementerian ESDM)

Sebagai wilayah yang berada dalam zona rawan gempa, beban gempa sangat harus diperhitungkan dalam melakukan perencanaan sebuah struktur maupun infrastruktur yang terdapat di Indonesia, untuk menghindari kerusakan atau kegagalan sebuah struktur maupun infrastruktur, termasuk jembatan. Menurut Lukman

Murdiansyah (2019), Kerusakan yang terjadi pada jembatan akibat beban gempa sangat beragam, seperti beberapa contoh berikut :

1. Kerusakan Struktur Atas

Terjatuhnya girder dari dudukan girder (*unseating*) akibat pergerakan pilar atau *abutment* sedangkan dimensi dudukan girder yang tersedia tidak cukup untuk mengakomodasi deformasi yang terjadi pada pilar/abutmen.

2. Kerusakan Struktur Bawah (Pada *Abutment* Dan Pilar)

Salah satu penyebab kerusakan pada abutment adalah penurunan tanah yang memicu terjadinya rotasi global struktur. Kegagalan pada pilar secara umum disebabkan oleh kurangnya tulangan *confinement* di daerah terjadinya sendi plastis dan diskontinuitas tulangan lentur.

3. Kerusakan Pada Sambungan

Kerusakan pada sambungan terdiri dari kerusakan sambungan antar girder dalam arah longitudinal jembatan seperti jembatan beton prategangan yang dibuat menerus dan kerusakan pada join kepala pilar dan pilar (pilar tipe portal)

4. Kerusakan Pada Fondasi

Kerusakan pada fondasi terjadi akibat pembentukan sendi plastis terutama di ujung fondasi dekat *pile cap*.

Oleh karena penyebab-penyebab itu, penting sekali untuk melakukan perencanaan jembatan terhadap beban gempa. Indonesia memiliki standarisasi terbaru yang tertuang dalam SNI 2833:2016 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan. Dalam SNI 2833:2016, terdapat 4 zona gempa yang didasari oleh kategori kinerja seismik sesuai spektra percepatan periodenya. Hal ini sangat diperlukan untuk menghindari kemungkinan terjadinya kerusakan yang akan terjadi pada jembatan akibat adanya beban gempa yang bekerja.

Jembatan *Cable-Stayed* merupakan salah satu jenis jembatan dimana struktur utama dari jembatan ini merupakan rangkaian gabungan berbagai komponen struktural antara *Cable-Stayed (pylon)*, kabel, dan gelagar. Kabel inilah yang akan menyalurkan gaya yang diperoleh dari gelagar atau lantai jembatan akibat beban mati dan beban lalu lintas yang bekerja untuk disalurkan ke *Pylon* jembatan. *Main Span* ekonomis untuk

jembatan *Cable-Stayed* terbentang dengan panjang antara 200 m dengan satu *Pylon* dan 250 m dengan dua *Pylon*.

Jembayan *Cable-Stayed* banyak dijadikan sebagai opsi dalam pembuatan sebuah jembatan karena jembatan *Cable-Stayed* memiliki beberapa kelebihan seperti contohnya yang dikatakan oleh Prof. Dipl.-Ing. Holger Svensson (2012), momen lentur yang terjadi pada jembatan *Cable-Stayed* sangat berkurang dengan transfer beban oleh kabel penampang dengan memasang penampang kabel dengan panjang presisi yang telah ditentukan sebelumnya, kondisi *support* untuk balok yang didukung kuat pada titik angkur kabel dapat dicapai dan dengan demikian momen dari beban permanen dapat diminimalkan, bahkan untuk beban hidup sekalipun, momen lentur balok yang didukung secara elastis oleh kabel tetap kecil. Jembatan *Cable-Stayed* sangat ekonomis serta memiliki penampilan yang elegan karena kedalaman gelagar yang relatif kecil dan telah terbukti sangat kompetitif terhadap jenis lainnya. Jembatan *Cable-Stayed* memiliki titik pusat massa yang relatif rendah posisinya sehingga jembatan tipe ini sangat baik digunakan pada daerah dengan resiko gempa. Oleh karena itu, diperlukan studi mendalam untuk bagian konstruksi ini.

Mengenai desain jembatan *Cable-Stayed*, pilihan bentuk dan materi sangat penting untuk perilaku jembatan. Salah satunya adalah pemilihan bentuk *Pylon* jembatan. Menurut Weiwei Lin dan Teruhiko Yoda (2017), *Pylon* pada jembatan *Cable-Stayed* umumnya terdiri dari Tipe *H-Shape*, *A-Shape*, *Y-Shape* terbalik, *Diamond Pylon*, dan *Twin-Diamond Pylon*. Semua bagian struktur dalam jembatan *Cable-Stayed* mempengaruhi kekuatan dari suatu struktur terhadap banyak sekali beban, salah satunya adalah beban gempa.

Dari banyak jenis tipe *Pylon*, pada penelitian ini akan dibahas tentang *Pylon* tipe A dan *Pylon* tipe H karena masing-masing *Pylon* memiliki kelebihan dibandingkan *Pylon* lainnya :

— Menurut Madhuri Yadav & Kaushik Majumdar (2018), Di antara semua *Pylon* (yaitu satu lapisan aksial dari penampang dan dua lateral tetap dari penampang), tipe *H-Shape* dapat memiliki jumlah *sag* dan momen yang rendah di kabel dan dek karena memiliki lebih banyak jumlah sambungan (*joints*) yang berada di bawah non-homogenitas sehingga konsentrasi tegangan dan regangan yang membawa kapasitas

kabel tidak efektif ke bagian lain dari kabel yang dapat menyebabkan konsentrasi maksimum pada beberapa kabel.

- Menurut Mohammad Syarif Al huseiny (2017), Dibandingkan *Pylon* lainnya, *Pylon* tipe A memiliki kekakuan lateral yang lebih besar dibandingkan tipe lainnya. Penggunaan *Pylon* dengan tipe A pada daerah dengan kecepatan angin yang tinggi adalah solusi optimal dari segi penampilan dan stabilitas aerolastik.

Atas dasar kelebihan-kelebihan yang dimiliki oleh masing-masing *Pylon*, perlu diketahui bagaimana perbandingan dari *Pylon* tipe A dengan H ditinjau dari kekuatan strukturnya. Serta, perlu diketahui *Pylon* manakah yang lebih baik bila dipergunakan di dalam zona rawan gempa.

Berdasarkan hal-hal tersebut, akan dibahas mengenai perbandingan *Pylon* pada jembatan *Cable-Stayed* tersebut pada penelitian yang berjudul “**Perbandingan Pylon Cable Stayed Tipe A dan Tipe H Dalam Zona Rawan Gempa**”, dengan bentang 300 m.

## 1.2 Rumusan Masalah

Untuk mengetahui pentingnya analisa kekuatan struktur *Pylon* jembatan *Cable-Stayed* terhadap gempa, maka rumusan masalah yang akan dijawab pada studi ini antara lain:

1. Bagaimana kinerja kedua tipe *Pylon* dengan indikator gaya dalam, kontrol lendutan, serta menentukan beban gempa rencana pada jembatan dengan kedua tipe *Pylon* tersebut?
2. Komponen atau elemen apa saja yang digunakan pada kedua *Pylon* tersebut dalam jembatan *Cable-Stayed*?
3. Dari kedua jembatan dengan *Pylon* yang berbeda tersebut, jembatan mana yang lebih baik dalam segi ketahanan struktur terhadap gempa?

### 1.3 Maksud Dan Tujuan

Maksud dari penelitian (Tugas Akhir) ini adalah mendesain jembatan *Cable-Stayed* dengan *Pylon* jenis tipe A dan tipe H dengan profil yang sama dan juga dalam bentang yang sama yaitu 300 m.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan :

- Perbedaan desain dari *Pylon* jenis tipe A dan tipe H dalam jembatan *Cable-Stayed* dengan profil yang sama dan juga dalam bentang yang sama yaitu 300 m.
- Perbedaan kekuatan struktur masing-masing *Pylon* pada *Pylon* bentuk jenis tipe A dan tipe H dengan profil yang sama dan juga dalam bentang yang sama yaitu 300 m
- Membandingkan kelayakan kedua tipe *Pylon* yaitu jenis H dan A dalam zona gempa 3 dengan indikator gaya dalam, kontrol lendutan, serta menentukan beban gempa rencana sesuai dengan SNI, yaitu SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung, RSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan, SNI 1725:2016 tentang Pembebanan dan Teori Jembatan, dan Surat Edaran Menteri PUPR 2015 Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel
- Membandingkan mana tipe *Pylon* yang biayanya lebih murah sehingga didapatkan jembatan dengan *Pylon* yang biayanya efisien untuk pelaksanaan pembuatan Jembatan *Cable-Stayed*.

### 1.4 Batasan Masalah

1. Zona gempa yang ditinjau adalah zona gempa 3 berdasarkan SNI 2833:2016 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan
2. Bentang jembatan yang digunakan adalah 300 meter dengan lebar bersih jembatan 13 meter dan lebar jalur lalu lintas selebar 11 meter yang terdiri dari dua jalur (satu jalur terdiri dari dua lajur yang satu lajurnya selebar 2.75 meter) dan terdapat dua sisi trotoar kanan dan kiri masing masing 1 meter.
3. Dalam penelitian ini digunakan standarisasi sebagai berikut :
  - a. SNI 2833:2016 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan

- b. SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
  - c. SNI 1725:2016 tentang Standar Pembebanan untuk Jembatan
  - d. RSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan
  - e. RSNI T-04-2005 tentang Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan
  - f. RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan
  - g. Surat Edaran Menteri PUPR 2015 Pedoman Pelaksanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel
4. Pemodelan jembatan yang diteliti adalah struktur utama jembatan dengan panjang bentang 300 m.
  5. Analisa struktur jembatan pada penelitian ini menggunakan aplikasi StaadPro V8i SS6.

## 1.5 Sistematika Penulisan

### BAB I Pendahuluan

Terdiri dari latar belakang dilakukannya penelitian, maksud dan tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### BAB II Tinjauan Pustaka

Berisikan mengenai kajian pustaka mengenai hal hal yang akan dibahas, terdiri dari definisi jembatan secara umum dan definisi jembatan *Cable-Stayed*, kriteria perencanaan, pembebanan, definisi gempa, pengaruh gempa terhadap jembatan, peta gempa serta perencanaan gempa untuk jembatan dengan Analisa respon spektrum, aplikasi komputer yang akan digunakan serta dengan tinjauan penelitian terdahulu tentang *Pylon A* dan *Pylon H*.

### BAB III Metodologi Penelitian

Terdiri dari prosedur analisis dan perancangan, modelisasi struktur, metode untuk menganalisa, variasi pemodelan, pembebanan, dan output pemodelan.

#### BAB IV Analisa dan Pembahasan

Setelah metodologi dapat dipahami dengan baik, dalam bab IV ini akan membahas mengenai kinerja kedua tipe *Pylon* dengan indikator gaya dalam, kontrol lendutan, serta menentukan beban gempa rencana pada jembatan dengan kedua tipe *Pylon* tersebut, komponen atau elemen apa saja yang digunakan pada kedua jenis jembatan dengan jenis *Pylon* berbeda tersebut, menganalisis perbandingan biaya pembuatan jembatan, serta menentukan jembatan mana yang lebih baik dalam segi ketahanan struktur terhadap gempa.

#### BAB V Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisikan saran dan kesimpulan dari penjabaran dan penjelasan tentang spesifikasi apa saja yang digunakan dalam kedua jembatan di penelitian ini, membandingkan gaya-gaya yang dipengaruhi oleh gempa yang mengakibatkan momen maksimum, gaya aksial tekan maksimum, gaya aksial tarik maksimum, dan lendutan maksimum, serta perbandingan biaya dari kedua jembatan tersebut.