

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai perencanaan ulang struktur jembatan menggunakan cable stayed sudah pernah di tulis, beberapa penelitian yang terdahulu dalam penelitian ini akan memperoleh informasi mengenai topic pembahasan yang akan dilakukan. Penelitian sebelumnya antara lain :

- a. AHMAD HAIDZIR (2015)
PERENCANAAN ABUTMENT DAN PONDASI PILAR JEMBATAN
CABLE STAYED di LEMAH IRENG, SEMARANG

Hasil analisa produktivitas penulisan studi terdahulu diatas dan beberapa jurnal , ada kesamaan metode dalam perencanaan ulang jembatan menggunakan cable stayed. Dari hasil analisa dari HAIDZIR (2015) Setelah diperhitungkan pada posisi abutmen A dan abutmen B membutuhkan 5 buah tiang pondasi bored pile berdimensi diameter silinder (D_s)= 1,70m dan diameter bell (D_b)= 2,75m serta jarak antar pile sebesar 5,50m sampai kedalaman 15,00m untuk mencapai daya dukung vertikal pile maksimum sebesar 463,12Ton dan daya dukung lateral tiap tiang sebesar 85,42Ton.

Selain dari penulisan terdahulu, penulisan juga mengacu pada berapa sumber buku yang berhubungan dengan cable stayed sebagai sumber referensi untuk penyusunan skripsi ini, antara lain :

- a. Agus Setiawan. 2008. Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD : Erlangga.
- b. Agus Setiawan. 2008. Analisis Struktur : Erlangga.
- c. DR. RI. Bambang Supriyadi, CES., DEA. ; Agus Setyo Muntohar, ST. 2007. JEMBATAN. ISBN 979-8541-17-0

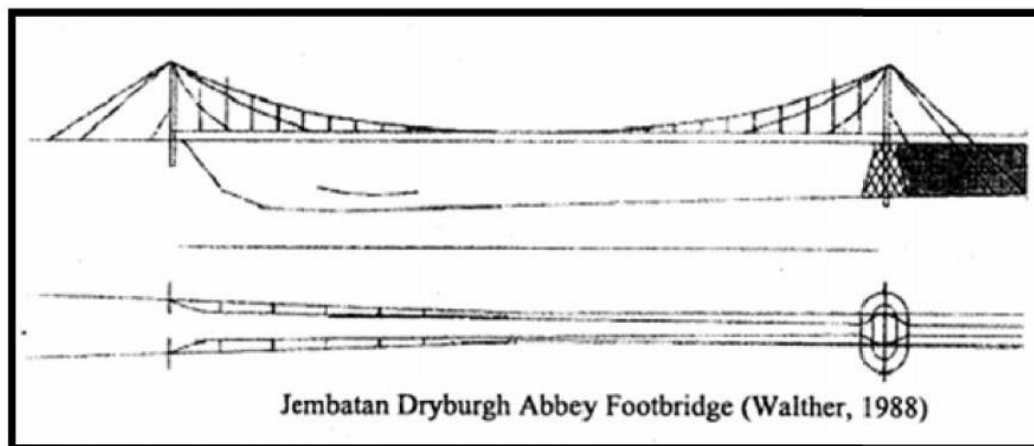
Dari beberapa judul di atas memberikan informasi mengenai Material baja dan sifat sifat nya , sambungan baut, gaya –gaya aksial, tegangan, dll. sehingga dapat memberikan gambaran perhitungan perencanaan

struktur jembatan baja/trus, maka dari itu beberapa sumber buku diatas dapat dijadikan bahan pertimbangan referensi untuk penyusunan tugas akhir ini.

2.2 Uraian Umum

Jembatan adalah salah satu struktur bangunan utama sebagai jalur alternatif yang menghubungkan dua atau lebih daerah yang terhambat atau terhalang oleh sungai, lembah, jurang, maupun laut. Dengan adanya jembatan dapat menunjang suatu perekonomian masyarakat dan waktu perjalanan menjadi singkat, seperti halnya transportasi darat dapat berjalan dengan aman lancar dan bebas hambatan. (No Title, 2018)

Dalam suatu bangunan jembatan pasti mempunyai tipe atau jenis jembatan contoh, jembatan kayu (*log bridge*), beton (*concrete bridge*), beton prategang (*prestressed concrete bridge*), baja (*steel bridge*), komposit (*compossite bridge*) dan jembatan kabel (*cable stayed*). pada jembatan yang akan di rencanakan adalah jembatan *cable stayed*, yang sudah di kembangkan pada awal era 19-an.



Gambar 2.1 Struktur jembatan kabel
(Sumber : Fajar santoso, surakarta 2009)

Yang umumnya jembatan dibangun dengan menggunakan kabel vertical dan miring dan di kenal sebagai jembatan *cable stayed* yang banyak mengalami perkembangan perubahan desain menarik, pada umumnya perencanaan jembatan biasanya menggunakan gelagar beton (*girder/precast*). (Supriyadi dan Muntohar, 2007:197)

2.23 Standar Perencanaan

Jembatan yang direncanakan harus memenuhi beberapa kriteria agar layak di oprasikan termasuk :

2.3.1 Kekuatan

Jembatan harus mampu menahan beban kerja, termasuk beban jembatan itu sendiri dengan aman yang sesuai dengan peraturan perencanaan SNI.

2.3.2 Defleksi/Lendutan

Jembatan yang direncanakan tidak boleh ditekuk karena akan terjadi lentur Menyebabkan ketidak stabilan jembatan termasuk kenyamanan bagi pengguna dan dapat menyebabkan kegagalan perencanaan.

2.3.3 Pembebanan

Ukuran jembatan yang cukup besar diperlukan perhatian khusus bahwa jembatan mampu mengangkat beban yang bekerja meliputi, beban hidup, beban mati dan berat sendiri yang akan mempengaruhi getaran dan tekukan/lendutan torsi perubahan struktur dan sudut dengan gelagar akan mengubah besarnya gaya angkatnya yang dapat menyebabkan jembatan runtuh.

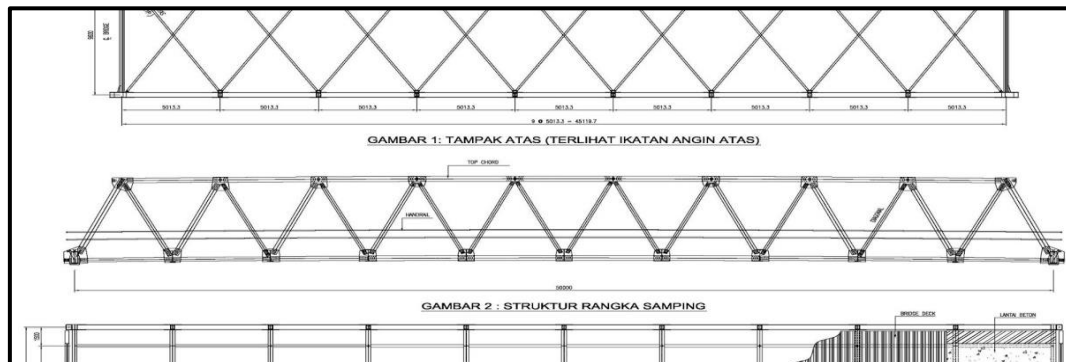
2.4 Jenis-Jenis Jembatan

Pada dasarnya *infrastruktur* jembatan mempunyai jenis-jenis struktur perencanaan yang telah di rencanakan yang sesuai dengan

lokasi terhadap daya dukung tanah pada suatu bangunan jembatan, adapun jenis - jenis jembatan yaitu :

2.4.1 Jembatan Rangka Baja

Era jembatan baja bertepatan dengan revolusi industri, Jembatan besi pertama yang dibangun adalah Jembatan *Coalbrookdale* yang melintasi Sungai *Severn* di Inggris pada tahun 1776. Bentuknya setengah lingkaran.



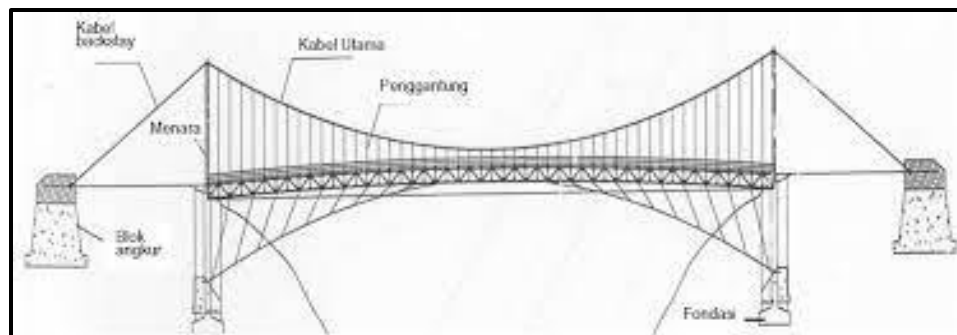
Gambar 2.2 Struktur jembatan rangka baja
(Sumber : <https://images.app.goo.gl/4UYE2KK92zTejS9M8>)

Pada Abad Pertengahan, pembangunan jembatan besi masih menggunakan prinsip jembatan lengkung, khususnya jembatan jalan raya. Meskipun jembatan ini dibangun dengan sistem *kantilever*, namun tetap menggunakan lengkungan murni atau telah mengalami beberapa modifikasi, seperti Jembatan *Faith of fourth* di Skotlandia dan Jembatan *Quebec* di Kanada.

2.4.2 Jembatan Gantung

Awal dari pengembangan inovatif jembatan gantung bisa dikatakan Jembatan Gantung Niagara dibangun pada tahun 1851, yang *mengangkangi* Air Terjun Niagara di Amerika Serikat. Struktur jembatan ini memiliki dua *geladak/dek*, satu *geladak* atas untuk rel kereta api dan

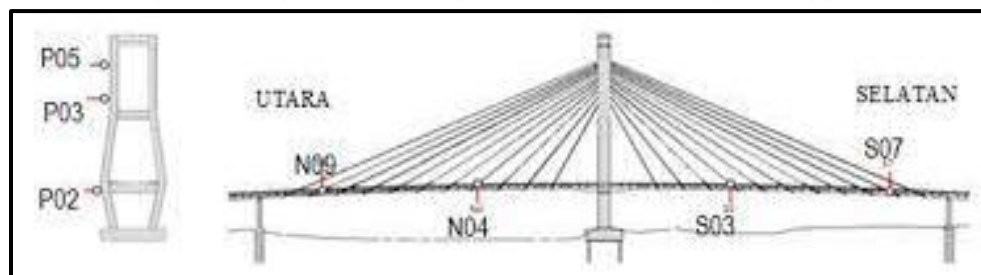
bagian bawah untuk lalu lintas jalan raya. Dek ini adalah "tiang penopang kaku" yang terbuat dari kayu. Rentang jembatan digantung pada 4 set kabel, didukung oleh 4 menara, dan ujung kabel ditinggikan di batuan padat di belakangnya. Pada tahun 1867, di Jembatan Gantung *Brooklyn* di New York, penggunaan kabel baja (*wire steel*) menggantikan kabel baja untuk pertama kalinya. Fitur dari Jembatan *Brooklyn* adalah sistem kabel yang diperluas ke dek menara, yang lebih stabil dan tahan angin.



Gambar 2.3 Struktur jembatan gantung
(Sumber : <https://images.app.goo.gl/ZqP4LxYTaLSz489i9>)

2.4.3 Jembatan *Cable Stayed*

Sebuah studi antara jembatan gantung dan jembatan kabel menunjukkan bahwa jembatan kabel lebih baik dari pada jembatan gantung. Kelebihan dari jembatan kabel di antaranya adalah rasio panjang bentang utama yang lebih murah dengan tinggi menara.



Gambar 2.4 Struktur jembatan *cable stayed*
(Sumber : <https://images.app.goo.gl/t6qsBrzuh84afpMcA>)

Pada lebih dari separuh bentang jembatan gantung, defleksi akibat beban *asimetris* dan *simetris* lebih besar di tengah bentang dibandingkan *defleksi* yang dipertahankan oleh kabel. Keuntungan *signifikan* dari kabel penahan adalah tidak perlu kabel yang berat dan kaku seperti jembatan gantung. Gaya jangkar di ujung kabel bekerja secara vertikal, yang biasanya dapat menyeimbangkan berat pilar dan pondasi tanpa menambah biaya konstruksi. Komponen gaya horizontal pada kabel dipindahkan ke struktur atas balok dalam bentuk tegangan atau tarikan.

2.4.4 Jembatan Beton Bertulang

Natural Semen pertama kali digunakan untuk konstruksi jembatan pada abad ke-19. Setelah tahun 1865, perkembangan industri silikat Portland didominasi oleh jembatan, dan beton massa banyak digunakan pada konstruksi bawah jembatan lengkung (*arch*) dan struktur jembatan.



Gambar 2.5 Jembatan beton bertulang bentuk lengkung
(Sumber : <https://images.app.goo.gl/wDcEvqupk5NYVPc4A>)

Jembatan beton bertulang pertama dibangun setelah penemuan teknis beton bertulang yang digunakan dalam struktur tersebut. Yang

pertama adalah jembatan lengkung yang dibangun di Prancis pada tahun 1875. Dek dan gelagar jembatan beton bertulang telah banyak digunakan untuk bentang pendek selama beberapa dekade. Bentang terpanjang yang bisa diperoleh dengan menggunakan balok beton bertulang adalah 256 kaki (78m). Dibangun pada tahun 1964, Jembatan Lengkungan *Sydney* membentang di Sungai *Porramatta* dan merupakan jembatan terpanjang di dunia, dengan total panjang 1.000 kaki (300 m).

2.4.5 Jembatan Beton *Prategang*

Penggunaan beton pratekan modern pertama kali diusulkan oleh *Freyssinet* di Prancis. Pada tahun 1928, kabel baja berkualitas tinggi diaplikasikan pada balok beton pra-tekan melalui sistem pra-tegangan dan pasca-tegangan. Pada tahun 1950-an, jembatan beton pratekan ter-segmentasi pasang di tempat. pertama kali dikembangkan di Eropa Barat menggunakan sistem ini di Jembatan *Finsterwalder* di atas Sungai *Baldwinsteinrahn* di Jerman.

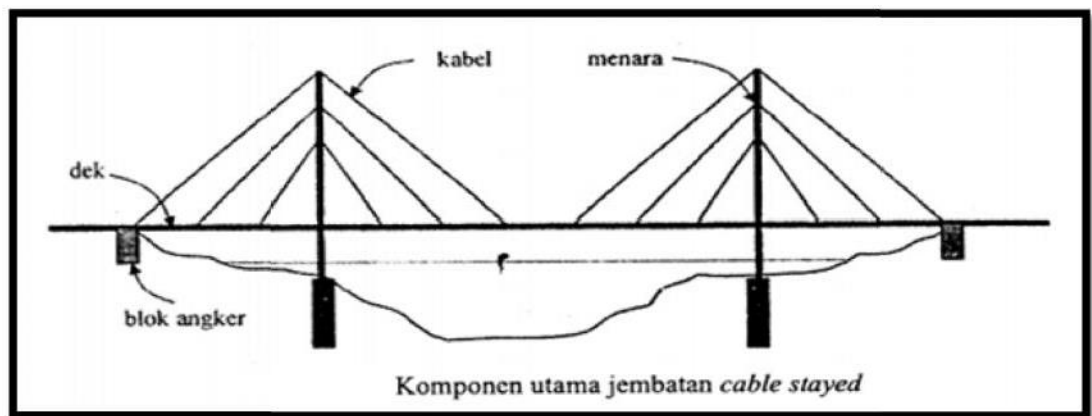


Gambar 2.6 Jembatan prategang / pratekan
(Sumber : <https://images.app.goo.gl/sH29ZYJfgNBfNNd79>)

Jembatan *tersegmentasi* di atas juga dapat dibuat *prefabrikasi* atau dicetak menggunakan metode konstruksi *kantilever*, yang merupakan pemasangan selangkah demi selangkah atau sistem peluncuran tambahan. Rentang struktur jembatan beton prategang *tersegmentasi* dapat mencapai 1.000 kaki (300m). Saat digunakan di jembatan kabel, rentangnya bisa mencapai 1500 kaki (450m).

2.5 Bagian Jembatan *Cable Stayed*

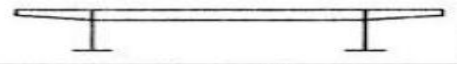
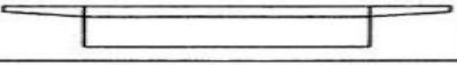
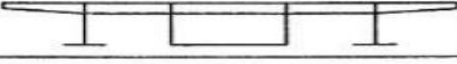
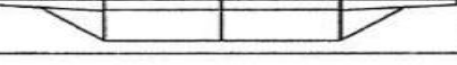
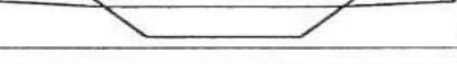
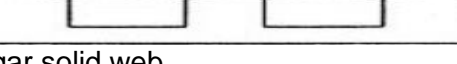
Pada suatu struktur jembatan *cable stayed* mempunyai komponen-komponen utama yang terdiri dari berikut :



Gambar 2.7 Struktur bagian-bagian jembatan cable stayed
(Sumber : Supriyadi dan Muntohar, 2007:197)

2.5.1 Gelagar

Jembatan penyangga kabel (*cable stayed*) yang modern dan kaku Truss telah banyak digunakan, tetapi sekarang telah menjadi usang dan langka Digunakan dalam desain karena memiliki banyak kekurangan. Kerugian Membutuhkan banyak pabrikasi, perawatan relatif sulit dan lebih sedikit Menarik dari segi estetika. Namun, bisa digunakan sebagai ikat pinggang Karena memiliki karakteristik aerodinamis yang baik.

	Susunan	Tipikal potongan melintang
Tipe gelagar utama	Gelagar I Kembar	
	Gelagar box persegi	
	Kombinasi gelagar box (tengah) - gelagar I individual (tepi)	
	Kombinasi gelagar box seluler kembar individual dan sloping struts	
	Gelagar box trapezoidal individual	
	Gelagar box persegi kembar	

Gambar 2.8 Gelagar solid web
(Sumber : Fajar santoso, surakarta 2009)

Dalam keadaan jalan dan jembatan Jalan raya dihubungkan dengan jembatan kereta api, biasanya menggunakan dek ganda Multi-lapis, rangka dapat dianggap sebagai elemen utama dek, (Supriyadi & Muntohar, 2007). Gelagar solid web atau beton precast memiliki beberapa keuntungan (Zarkasi dan Rosliansjah, 1995) antara lain :

1. Struktur dek beton tidak mudah bergetar dan dapat dibentuk Performa aerodinamis yang bagus.
2. Komponen gaya horizontal pada kabel akan mengaktifkan gaya tekan pada kabel Beton sangat cocok untuk sistem dek di bawah tekanan.
3. Berat beton sangat besar sehingga rasio bebannya Umur hidup dan beban mati menjadi lebih kecil, sehingga terjadi rasio defleksi Beban hidup dan beban statis tidak terlalu besar.
4. Struktur atas dan kabel relatif mudah dipasang melalui teknologi Pratekan hari ini, prefabrikasi, tersegmentasi, termasuk Lokal tinggi.
5. Mudah dirawat, karena beton tidak akan berkarat seperti baja.

dalam merancang jembatan kabel Menunjukkan bahwa tinggi balok dapat digunakan antara 1/15 – 1/18 Panjang panel bisa juga 1/100 –

1/200 Panjang bentang utama. Pada saat yang sama, menurut Leonart (di Zarkasi dan Rosliansjah, 1995), perbandingan antara ketinggian balok utama dengan bentang utama Ketinggian jembatan tergantung pada rasio defleksi maksimum di bawah beban hidup dan beban beban Beban statis, jika nilainya berada pada kisaran 1, maka dapat memberikan nilai ekonomis 1/10 – 1/90. Sangat cocok untuk jembatan beton kabel dengan sistem kabel dua bidang, Tidak ada gejala aerodinamis yang mengkhawatirkan di kolom terakhir memenuhi persyaratan:

Dengan: B = lebarjembatan

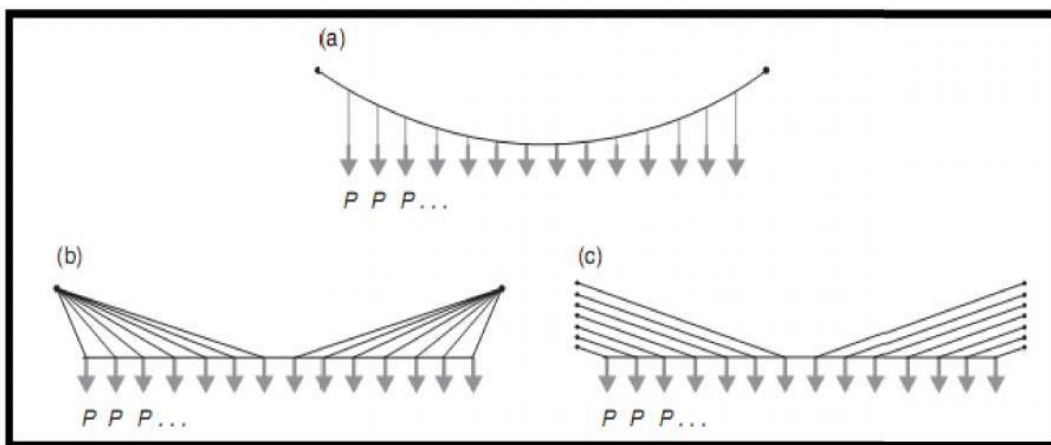
H = tinggi gelagar

L = panjang bentang

$$B \geq 10H \text{ atau } B \geq \frac{L}{30}$$

2.5.2 Kabel Baja

Sistem kabel adalah salah satu isi dasar dalam rencana tersebut Jembatan kabel. Kabel digunakan untuk menopang gelagar di antara keduanya Dukung dan pindahkan beban ke tower / *pylon*. Sistem kabel terpisah Dibagi menjadi 3 bentuk dasar, yaitu: a) sistem suspensi, b) sistem kipas/*fan*, c) sistem kecapi/*harp*.

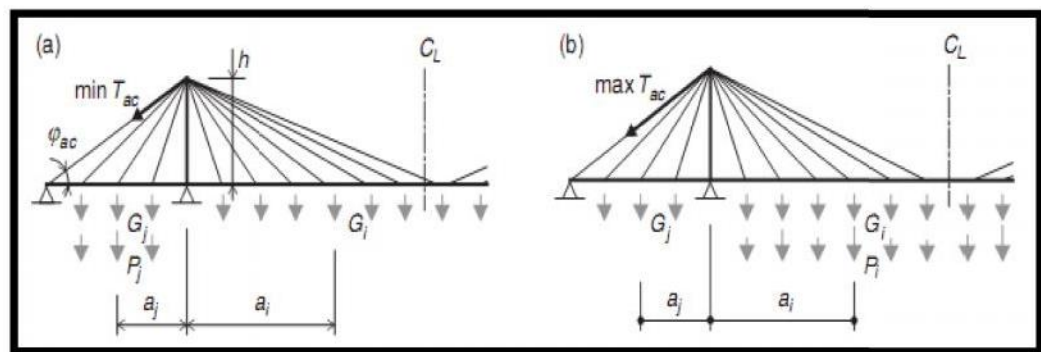


Gambar 2.9 Sistem kabel
(Sumber : Fajar santoso, surakarta 2009)

2.5.3 Sistem Kabel Kipas/Fan

Sudut kemiringan kabel terbaik adalah 45° , tetapi masih dapat diubah Dalam kisaran yang wajar antara $25^\circ - 65^\circ$. Bandingkan jarak yang diperbolehkan antara panjang kabel atau panel dan struktur sudah ada, nilai terbaik yang di berikan adalah :

1. Bentang tengah yang direkomendasikan adalah 450-490 kaki (130 m-150 m) Panjang panel 65 kaki (20 m).
2. Untuk bentang tengah yang lebih kecil, panjang panel antara 50 kaki dan 55 kaki (15m-17m).
3. Untuk kasus di mana bentang tengah lebih besar dari 550 kaki (170 m) panjang panel itu harus 30 meter (100 kaki).



Gambar 2.10 Sistem kabel baja fan
(Sumber : Fajar santoso, surakarta 2009)

jarak kabel pada bentang adalah 15m-25m pada gelagar baja dan jarak pada bentang 5 m – 10 m digunakan untuk gelagar beton.

Dimensi kabel dapat dihitung dengan rumus:

$$A_{sc} = \frac{P \cos \theta}{(0,7fu)(\sin \theta \cdot \cos \theta) - \gamma \cdot a}$$

Dimana : A_{sc} = Luas penampang kabel

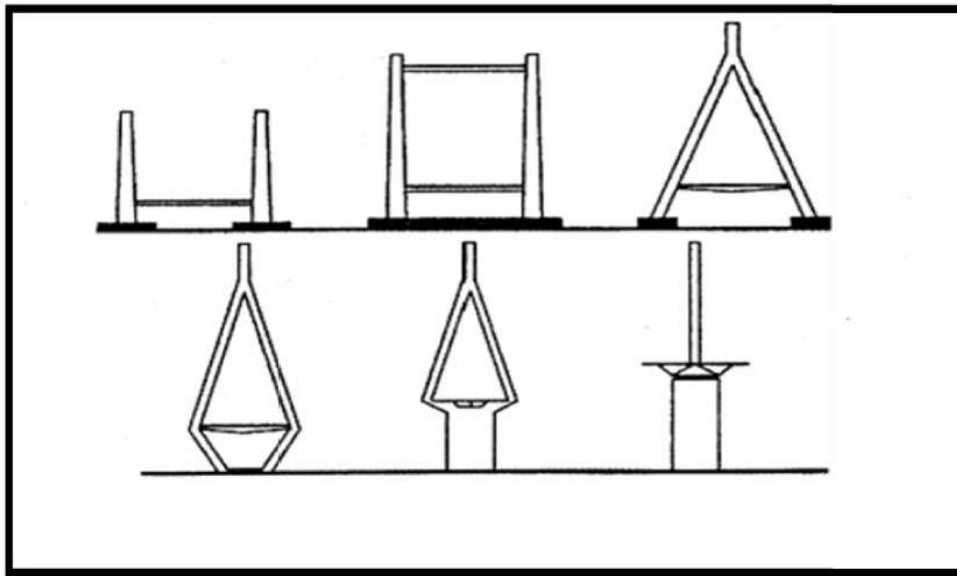
P = beban yang bekerja

θ = sudut kabel terhadap horisontal

- γ = berat jenis kabel = 77 kN/m³
- a = jarak mendatar dari *pylon* ke kabel pada gelagar
- f_u = tegangan putus kabel = 1860 Mpa

2.5.4 Tower Atau *Pylon*

Pemilihan menara sangat dipengaruhi oleh konfigurasi kabel, estetika dan Persyaratan perencanaan dan pertimbangan biaya. Bentuk menaranya bisa Rangka portal trapesium, menara ganda, bentuk menara atau menara tunggal.



Gambar 2.11 Tipe struktur menara/*pylon*
(Sumber : Fajar santoso, surakarta 2009)

Untuk menentukan tinggi suatu menara/*pylon* harus mengetahui bentang dari pada jembatan tersebut, Rumus dari pada tinggi *pylon* yaitu :

$$h \geq L/6$$

$$H \geq L/6$$

$$H = n \cdot a \cdot \tan 25^\circ$$

$$h = 0,465 \times n \cdot a \text{ atau bisa juga dengan } h = 0,291 \cdot L$$

Dimana : L = bentang jembatan

n = jumlah kabel

a = jarak kabel antar gelagar

h = tinggi pylon

2.5.5 Pembebanan pada gelagar

1. beban lantai kendaraan

beban kendaraan bisa disebut juga dengan beban T, yang mempunyai beban dua kali lipat (*dual wheel load*) berkisar 10 ton. Yang di ambil dari data *RSNI, PPPJJR*.

2. Beban gelagar memanjang

Beban yang berada pada gelagar memanjang adalah beban kendaraan (T) dan beban lajur (D). Yaitu, susunan beban-beban yang terbagi rata pada jalur dengan nilai "q" ton/m panjang dari pada lajur dan beban garis yang mempunyai nilai "p = 12 ton"

3. Beban gelagar melintang

Mengacu pada beban nilai p atau beban garis, Dengan menggunakan nilai beban garis p = 12 ton

- Jika $L \leq 30$ m maka, $q = 2,2$ t/m
- $30 < L < 60$ m maka, $q = 2,2 - \{ 1,1 (L-30)/60\}$ t/m
- $L > 60$ maka, $q = \{q, q (1+(30/L))\}$ t/m

4. Koefisien kejut

Nilai dari koefisien kejut sendiri harus sesuai dengan ketentuan *PPPJJR*, Yaitu : $K = (0,07)$.

5. Beban angin