

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tinjauan Umum

Definisi jembatan adalah suatu bentuk umum dari struktur yang disediakan bagi lalu lintas yang melewati sungai, lembah, danau, jalan raya, jalan kereta api dan selat. Secara umum jembatan dibagi atas dua bagian yaitu bangunan atas dan bangunan bawah. Bangunan atas adalah bagian yang langsung menahan beban kendaraan, dan bangunan bawah adalah bagian yang mendukung bangunan atas. Bangunan atas terdiri dari: lantai kendaraan, gelagar memanjang, ikatan angin, gelagar melintang dan tumpuan. Juga termasuk di dalamnya, instalasi seperti: pagar, drainase dan lain-lainya. Sedangkan bangunan bawah terdiri dari: kepala jembatan, pilar dan pondasi.

II.2 Tipe Jembatan

Dengan perkembangan teknologi, maka menurut Ir. H.J Struyk (1984) jembatan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Berdasar kegunaan, yaitu:

- jembatan jalan raya,
- jembatan air,
- jembatan militer,
- jembatan kereta api,
- jembatan pipa.

b. Berdasar material yang digunakan, yaitu:

- jembatan beton (beton pratekan dan beton bertulang),

- jembatan rangka baja,
- jembatan komposit beton dan baja,
- jembatan kayu,
- jembatan batu,
- jembatan aluminium.

c. Berdasar bentuk struktur, yaitu:

- jembatan balok (*girder bridge*),
- jembatan rangka (*truss bridge*),
- jembatan busur (*arc bridge*),
- jembatan rangka kaku (*rigid frame bridge*),
- jembatan gantung (*suspension bridge*),
- jembatan kabel (*cable bridge*).

d. Berdasar formasi datar, yaitu:

- jembatan lurus (*straight bridge*),
- jembatan lengkung (*curve bridge*),
- jembatan miring (*skewed bridge*).

Penggolongan jembatan juga dapat didasarkan pada:

- a. Jembatan-jembatan tetap (golongan I).
- b. Jembatan-jembatan dapat digerakkan (golongan II).

Kedua golongan dipergunakan untuk lalulintas kereta api dan lalulintas biasa.

Golongan I dapat dibagi-bagi dalam:

- a. Jembatan kayu, untuk lalulintas biasa dalam bentang kecil dan untuk jembatan pembantu.

b. Jembatan baja terbagi atas:

1. Jembatan yang sederhana dimana rantai kendaraannya langsung berada di atas gelagar-gelagar.
 2. Jembatan-jembatan gelagar kembar, biasanya untuk lalu lintas kereta api, dengan batang rel di antara balok-balok.
 3. Jembatan dengan pemikul lintang dan pemikul memanjang, gelagar induknya adalah gelagar dinding penuh yang dikonstruksi.
 4. Jembatan pelengkung.
 5. Jembatan gantung.
- c. Jembatan dari beton bertulang, dalam golongan ini termasuk juga jembatan-jembatan yang gelagarnya di dalam beton.
- d. Jembatan batu, hampir tidak ada kecuali dipergunakan untuk lalu lintas biasa.

Golongan II dapat dibagi dalam:

- a. Jembatan-jembatan yang dapat berputar di atas poros mendatar, yaitu:
 - jembatan-jembatan angkat,
 - jembatan-jembatan baskul,
 - jembatan lipat Strauss.
- b. Jembatan yang dapat berputar di atas poros mendatar juga termasuk poros-poros yang dapat berpindah sejajar dan mendatar, seperti apa yang dinamakan jembatan baskul beroda.
- c. Jembatan-jembatan yang dapat berputar atas suatu poros tegak, atau jembatan-jembatan putar.
- d. Jembatan yang dapat berkisar ke arah tegak lurus atau mendatar, terdiri:

- jembatan angkat,
- jembatan beroda,
- jembatan gojah atau *ponts transbordeur*.

II.3 Tipe Konstruksi Jembatan

II.3.1 Berdasarkan Konstruksinya

Jembatan berdasarkan konstruksi, pada umumnya dapat dibedakan:

- a. Bangunan bawah ialah konstruksi yang langsung berdiri diatas dasar tetap. Hal ini termasuk jembatan kuk dan pancang. Bahan-bahannya adalah kayu, batu atau beton dan baja. Sering kali pancang-pancangnya merupakan kesatuan dengan konstruksi yang langsung mendukung lalu lintas, sehingga yang termasuk bangunan bawah tinggal terbatas pada landasan dari titik tumpu.
- b. Bangunan atas yang pada umumnya terdiri atas:
 1. Gelagar-gelagar induk, terbentang dari titik tumpu ke titik tumpu.
 2. Konstruksi tumpuan diatas pangkal jembatan kuk atau pancang.
 3. Konstruksi dari lantai kendaraan dengan apa yang diperlukan untuk itu pemikul lintang dan pemikul memanjang yang disambung dengan gelagar-gelagar induk.
 4. Pertambahan lintang dan pertambahan memanjang.

II.3.2 Lantai Kendaraan

Menurut H.J Struyk (1984) lantai kendaraan dapat di bedakan:

- a. Jembatan dengan lantai kendaraan terletak tinggi. Jika cukup tingginya maka konstruksi ini dapat dipergunakan untuk jembatan-jembatan dengan bentang yang tidak terlampau besar. Jenis ini memberi kemungkinan sambungan yang

sederhana antara dua gelagar induk. Oleh karena itu gelagar-gelagar induk pada jembatan yang lebar untuk lalu lintas biasa dapat lebih banyak dipergunakan. Lebar yang lebih besar dapat dicapai dengan menyatukan lantai kendaraan.

- b. Jembatan dengan lantai kendaraan terletak rendah, gelagar-gelagar induk menonjol diatas lantai kendaraan. Jika tinggi dari gelagar-gelagar induk ada sedemikian sehingga satu dengan yang lainnya pada bagian atas dapat disambung dengan tidak menjadi rintangan untuk lalu lintas, maka akan mendapat jembatan tertutup.

II.4 Balok Komposit

Pengertian komposit adalah gabungan. Gabungan antara beton dan baja adalah perpaduan bahan yang akan menghasilkan kekuatan yang baik. Beton sebagai material yang berkemampuan tinggi mendukung tegangan desak diletakkan di daerah desak. Baja adalah sebagai material yang berkemampuan tinggi mendukung tegangan tarik, diletakkan di daerah tarik. Di antara kedua bahan yang berbeda sifat diperlukan penghubung yang berupa penghubung geser yang berfungsi mendukung gaya horisontal yang timbul antara plat beton dan balok baja sehingga tampang komposit bekerja secara monolit.

Balok komposit banyak digunakan pada jembatan yaitu sebagai gelagar-gelagar pendukung. Balok komposit adalah sebuah balok yang kekuatannya bergantung pada interaksi mekanis diantara dua atau lebih bahan. Istilah balok komposit dalam jembatan dipakai pada sebuah tampang baja dimana telah di cor sebuah lantai beton atau lantai jembatan. Beton itu diikat secara ketat pada tampang baja dengan perantara

penyambung geser yang dirancang secara hati-hati sehingga beton dan baja tersebut bereaksi bersama-sama sebagai sebuah balok T. Bila tidak ada usaha khusus untuk mengikat balok baja dan lantai beton atau lantai acuan, maka slip relatif terjadi pada muka antara dari kedua bahan tersebut dan hasilnya adalah sebuah tampang tak komposit. Sebenarnya ada suatu slip yang kecil yang ditimbulkan oleh deformasi yang tak sama di dalam batang vertikal antara geser, beton dan balok baja, tetapi untuk tujuan praktis maka slip tersebut dapat diabaikan di dalam desain komposit. Kedua metoda konstruksi dasar untuk menghasilkan balok komposit adalah:

- a. Konstruksi yang ditopang (*shored construction*). Balok baja ditaruh ditempatnya dan acuan untuk plat beton ditambahkan. Kumpulan ini kemudian ditopang sehingga tidak dapat terjadi penyimpangan dan beton tersebut dituang. Setelah beton mengeras kira-kira 7 hari maka penyangga dipindahkan. Pada tahap ini maka tegangan di dalam balok komposit ditimbulkan oleh berat mati dari balok baja tambah bagian yang sebanding dari lantai beton (Joseph E. Bowles, 1990).
- b. Konstruksi yang tidak ditopang (*unshored construction*). Balok baja ditempatkan dan acuan diberikan pada lantai beton. Beton tersebut dituang dan pada saat ini maka balok baja mengangkut beban mati baja, acuan seperti yang digunakan dan beton. Setelah beton mengeras, maka setiap acuan dipindahkan. Jelaslah pada tahap konstruksi ini bahwa balok baja telah ditegang secara permanen dengan berat balok baja tambah bagian yang sebanding dari berat lantai beton tersebut (Joseph E. Bowles, 1990).

Dengan demikian konstruksi yang didukung dengan penyangga (*shore*) akan mempunyai ukuran yang lebih kecil daripada konstruksi komposit tanpa penyangga (*unshore*). Tetapi hal ini bukanlah berarti bahwa konstruksi komposit dengan penyangga (*shore*) akan lebih ekonomis bila dibandingkan dengan konstruksi komposit tanpa penyangga (*unshore*). Karena pemasangan penyangga untuk jembatan mempunyai masalah pula, karena penyangga sering mengalami penurunan (*settlement*) yang besar. *Shear connector* sebagai penghubung komponen konstruksi antara beton dan baja mempunyai bentuk batangan baja polos dan bentuk lainnya. *Shear connector* ini di las pada bajanya dan ditanam pada betonnya. Adapun persyaratan yang harus dipenuhi oleh *shear connector* ini adalah mempunyai tahanan terhadap geser horisontal dengan hanya mengalami deformasi yang kecil saja (Ir. Stefanus dan Ir. Sulisty, 1979).

Segi-segi yang menguntungkan dari pelaksanaan konstruksi komposit menurut Ir. Stefanus H dan Ir. Sulisty, 1979 adalah:

- a. Suatu konstruksi komposit lebih kuat dan lebih kaku daripada konstruksi non komposit seandainya konstruksi tersebut dibuat dari bahan yang sama.
- b. Lebih menghemat bajanya.
- c. Mengurangi ketinggian dari batang konstruksi.
- d. Mempunyai *over load capacity* yang lebih besar.

II.5 Shear Connector (Penyambung Geser)

Untuk dapat membuat suatu aksi komposit peranan dari penyambung geser sangat penting. Penyambung-penyambung geser tersebut harus dapat menyalurkan gaya geser horisontal, dengan deformasi yang sangat kecil, sehingga struktur yang dihasilkan dapat berperilaku sebagai satu kesatuan. Penyambung-penyambung geser tersebut juga harus

dapat menahan semua kecenderungan dari plat untuk memisahkan dirinya dalam arah vertikal dari sayap baja akibat dari tekuk atau sebab-sebab lainnya. Jenis penyambung geser yang banyak dipakai adalah jenis stud dan profil kanal, dengan cara meletakkan dalam arah melintang terhadap sumbu gelagar dan kemudian di las pada gelagar tersebut. Menurut spesifikasi, jenis las yang dipakai adalah las busur dengan ketebalan minimum $3/16$ inchi. Penyambung-penyambung geser stud umumnya tersedia dengan diameter $5/8$, $3/4$, dan $7/8$ inchi. Menurut spesifikasi AASHTO tinggi bersih dari beton penutup yang terletak diatas semua penyambung geser tidak boleh kurang dari 2 inchi. Penyambung tersebut harus menmbus sedikitnya sejauh 2 inchi. Dari dasar plat dan jarak bersih antara tepi *flens* girder dengan tepi penyambung geser tidak boleh kurang dari 1 inchi. Penyambung penyambung dari jenis stud dan kanal sangat ekonomis apabila difabrikasi di bengkel. Namun demikian, keuntungan dari cara pengerjaan ini seringkali diimbangi dengan kerugian yang terjadi akibat adanya kemungkinan terjadinya kerusakan selama pengangkutan serta kesukaran yang ditimbulkan untuk bekerja pada bagian atas dari gelagar selama proses ereksi. Menurut spesifikasi AASHTO penyambung geser harus direncanakan untuk menahan terjadinya kelelahan dan selanjutnya jumlah dari penyambung geser yang didapat dari hasil perhitungan diperiksa untuk memastikan telah mempunyai kekuatan yang cukup untuk menyalurkan kapasitas dari gelagar tersebut (George Winter, Arthur H. Nilson, 1993).

II.6 Pengaku Antara Transversal

Pengaku antara transversal dipasang pada berbagai jarak disepanjang bentang dan berfungsi untuk memperbesar kekuatan tekuk *web*. Hal ini akan memperbesar tahanan *web* terhadap kombinasi geser dan momen. Untuk plat *web* yang lebih tinggi, khususnya

pada lokasi yang momennya besar, pengaku *web* longitudinal mungkin juga diperlukan. Efisiensi yang menyeluruh biasanya digunakan plat *web* yang tebalnya cukup sehingga pengaku tidak diperlukan. Pengaku antara transversal berfungsi terutama untuk memperkaku *web girder* tipis tinggi sehingga mencegah tekuk. Akan tetapi AISCS membolehkan *web girder* memasuki selang pasca tekuk karena berdasarkan riset telah membuktikan bahwa sesudah panel *web* tipis yang diperkaku menekuk dalam geser, panel tersebut masih dapat menahan beban. Apabila ini terjadi *web* yang tertekuk mengalami tarik diagonal dan pengaku antara tersebut mengalami gaya tekan. Perilaku ini disebut aksi medan tarik dan desain pengaku harus memperhitungkan adanya tambahan gaya tekan itu (Leonard Spiegel, George F. Limbrunner, 1986).

II.7 Pengaku Landasan

Pengaku landasan digunakan pada titik beban terpusat dan reaksi untuk menyalurkan beban terpusat keseluruhan tinggi *web*. Pengaku landasan pada umumnya diletakkan sepasang pada ujung tak berangka pada *web girder* plat dan apabila diperlukan pada titik-titik beban terpusat. Selain menyalurkan reaksi atau beban terpusat ke seluruh tinggi *web*. Apabila *girder* plat dihubungkan ke kolom diujungnya dengan plat atau siku, pengaku landasan ujung biasanya tidak perlu dipergunakan. Pengaku landasan harus mempunyai kontak yang erat dengan sayap dan harus diteruskan kira-kira ke tepi sayap. Pengaku itu didesain seperti kolom dengan menganggap bahwa penampang kolom terdiri atas sepasang pengaku dan *strip web* yang terletak di tengah dengan lebar sama dengan atau tidak lebih dari 25 kali tebalnya apabila pengaku diletakkan di ujung *web* (Leonard Spiegel, George F. Limbrunner, 1986).

II.8 Pembebanan

II.8.1 Pembebanan Pada Jembatan

Pedoman untuk pembebanan jembatan jalan raya merupakan dasar dalam menentukan beban-beban dan gaya-gaya untuk perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pada setiap bagian jembatan jalan raya. Penggunaan pedoman ini dimaksudkan untuk mencapai perencanaan ekonomis sesuai kondisi setempat, tingkat keperluan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknis lainnya. Sehingga proses perencanaan menjadi lebih efektif. Pedoman pembebanan untuk perencanaan jembatan jalan raya meliputi beban primer, beban sekunder, beban khusus serta persyaratan perencanaan untuk penyebaran beban, kombinasi pembebanan, syarat ruang bebas dan penggunaan beban hidup tidak penuh (Pedoman Pembebanan untuk Perencanaan Jembatan Jalan Raya, 1987).

Pembagian beban berdasarkan Pedoman Pembebanan untuk Perencanaan Jembatan Jalan Raya, (1987) adalah:

- a. Beban primer adalah beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan. Terdiri dari: beban mati, beban hidup, beban kejut dan gaya akibat tekanan tanah.
- b. Beban sekunder adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.
Terdiri dari:
 - beban angin,
 - gaya akibat perubahan suhu,

- gaya akibat rangkai dan susut,
 - gaya rem dan traksi.,
 - gaya akibat gempa bumi,
 - gaya gesekan pada tumpuan-tumpuan bergerak.
- c. Beban khusus adalah beban yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan. Terdiri dari:
- gaya sentrifugal,
 - gaya tumbuk pada jembatan layang,
 - gaya dan beban selama pelaksanaan,
 - gaya aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan.

II.8.2 Pembebanan Pada Struktur Komposit

Macam-macam beban pada konstruksi komposit menurut Ir. Sulistyono dan Ir. Stefanus. H (1979) terdiri dari

a. Beban Hidup:

Berbagai macam standar dari beban hidup, dapat dianut dari penerapan beban-beban yang bekerja misalnya: standar muatan dari Bina Marga, AASHTO.

b. Beban Mati

Yang termasuk beban mati adalah: plat beton, diaphragma dan bagian-bagian lain dari konstruksi jembatan misal pagar, *side-walk*. Dalam konstruksi tanpa penyangga (*unshoring*) seluruh beban mati didukung oleh balok baja.

Shear conector sebagai penghubung antara balok dan baja dari konstruksi komposit haruslah merupakan satu kesatuan, oleh karenanya di antara kedua bahan itu dihubungkan dengan *shear conector* yang bisa memikul tugas tersebut di bawah ini:

1. Menyalurkan gaya geser horisontal.
2. Menahan *relatif movement* antara pelat beton dan balok bajanya.

Untuk beban-beban yang bekerja pada *shear conector*, meliputi:

1. Beban Hidup: Pada jembatan komposit beban ini bekerja pada profil komposit, pada periode waktu yang relatif singkat. Sehingga *shear conector* harus direncanakan pada formasi beban hidup yang paling puncak (optimum) dengan dimasukkan juga *impact* faktornya (Ir. Sulistyono dan Ir. Stefanus H, 1979).
2. Beban Mati: Dapat ditahan oleh baloknya sendiri maupun oleh komposisinya juga. Sehingga *shear conector* akan direncanakan untuk bagian dari beban mati yang ditahan oleh balok komposisinya. Untuk ini dapatlah diambil suatu ketentuan bahwa setelah 21 hari pengecoran beton, maka beban mati ditahan oleh komposit. Lebih lanjut dapatlah dikatakan bahwa untuk balok baja yang dibangun dengan tiga atau lebih penyokong-penyokong sementara antara ujung-ujungnya, maka beban mati didukung sepenuhnya pada penampang profil komposit. Apabila penyokongnya dipakai kurang dari tiga, maka perlu dipertimbangkan gaya geser sebenarnya yang akan terjadi setelah pengambilan-pengambilan penyokong-penyokong tersebut (Ir. Stefanus H. dan Ir. Sulistyono, 1979).