

MODUL PEMBELAJARAN



ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN

Oleh:

Faqih Ma'arif, M.Eng.

faqih_maarif07@uny.ac.id

+6285643395446

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL & PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke Hadirat Allah S.W.T. karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Modul pembelajaran Analisis Struktur Jembatan. Dalam penyusunannya, Penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan FT UNY terutama Bapak dan Ibu Dosen, serta mahasiswa yang terlibat dalam penulisan ini.
2. Berbagai pihak yang belum tersebut di sini

Dengan menyadari bahwa “Tiada gading yang tak retak”, maka Penulis mengharapkan saran dan kritikan yang membangun guna penyempurnaan Modul ini.

Akhirnya penulis berharap semoga Modul ini memberikan manfaat bagi kita semua. Amin

Yogyakarta, Juli 2012

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iii |
| | |
| BAB I PERSYARATAN JEMBATAN | 4 |
| BAB II PERKEMBANGAN JEMBATAN DI INDONESIA | 18 |
| BAB III PROSES PERENCANAAN JEMBATAN | 30 |
| BAB IV PEMBEBANAN JEMBATAN | 43 |
| BAB V METODE DESAIN DAN PERENCANAAN GELAGAR / DECK | 53 |
| JEMBATAN | |
| BAB VI METODE DESAIN DAN PERENCANAAN GELAGAR / DECK | 64 |
| JEMBATAN BAGIAN (2) | |
| BAB VII METODE DESAIN DAN PERENCANAAN TIANG JEMBATAN | 73 |
| | |
| DAFTAR PUSTAKA | |

BAB I

PERSYARATAN JEMBATAN

A. PENDAHULUAN

Jembatan mempunyai arti penting bagi setiap orang. Akan tetapi tingkat kepentingannya tidak sama bagi tiap orang, sehingga akan menjadi suatu bahan studi yang menarik. Suatu jembatan tunggal diatas sungai kecil akan dipandang berbeda oleh tiap orang, sebab penglihatan/ pandangan masing-masing orang yang melihat berbeda pula. Seseorang yang melintasi jembatan setiap hari pada saat pergi bekerja, hanya dapat melintasi sungai bila ada jembatan, dan ia menyatakan bahwa jembatan adalah sebuah jalan yang diberi sandaran pada tepinya. Tentunya bagi seorang pemimpin pemerintahan dan dunia bisnis akan memandang hal yang berbeda pula.

Dari keterangan diatas, dapat dilihat bahwa jembatan merupakan suatu sistem transportasi untuk tiga hal, yaitu:

1. Merupakan pengontrolan kapasitas dari sistem,
2. Mempunyai biaya tertinggi per mil dari sistem,
3. Jika jembatan runtuh, sistem akan lumpuh.

Bila lebar jembatan kurang lebar untuk menampung jumlah jalur yang diperlukan oleh lalu lintas, jembatan akan menghambat laju lalu lintas. Dalam hal ini jembatan akan menjadi pengontrol volume dan

berat lalu lintas yang dapat dilayani oleh sistem transportasi. Oleh karena itu, jembatan dapat dikatakan mempunyai fungsi keseimbangan (balancing) dari sistem transportasi. Pada saat yang penting untuk membangun jembatan, akan muncul pertanyaan: Jenis jembatan apa yang tepat untuk dibangun? Dari catatan desain, ada banyak kemungkinan. Sehingga kreativitas dan kemampuan perencana memainkan peranan besar dalam menjawab pertanyaan di atas. Kreativitas perencana jembatan seharusnya didasarkan pada disiplin bidang rekayasa (engineering). Hal tersebut juga penting untuk sebagai bahan masukan dalam penentuan material yang akan digunakan dalam pembangunan jembatan sebelum proses perencanaan. Selain hal-hal tersebut di atas juga penting bagi perencana dalam mengumpulkan dan menganalisis data jembatan yang pernah dibangun dan mengaplikasikannya berdasarkan hasil analisis yang telah dibuatnya. Pengetahuan akan teknik jembatan dan pengalaman praktis di lapangan juga memiliki nilai masukan yang sangat berarti. Oleh sebab itu tinjauan terhadap perspektif sejarah merupakan aspek yang tidak boleh diabaikan. Pada buku ini tidak meninjau secara keseluruhan tipe jembatan yang pernah dibangun sepanjang sejarah peradaban manusia, tetapi akan disajikan beberapa tipe dan konsep dasar asal mula jembatan.

Jembatan yang merupakan bagian jalan yg sangat penting sebagai suatu prasarana transportasi harus memenuhi persyaratan (BSP):

1. keamanan,
2. kenyamanan,
3. estetika,
4. keawetan,
5. kemudahan pengerjaan &
6. ekonomis

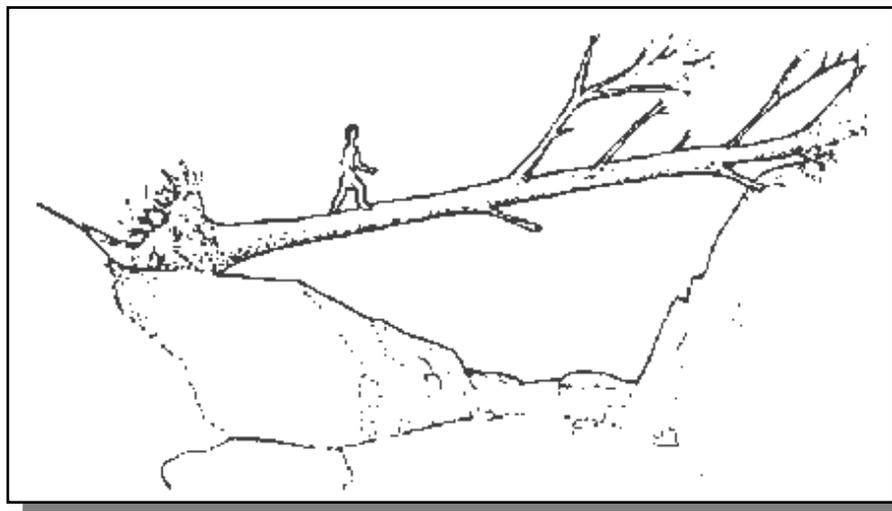
B. PERKEMBANGAN SEJARAH

Dapat dikatakan bahwa sejarah jembatan sejalan dengan waktu sejarah peradaban manusia. Akan tetapi keberhasilan di bidang teknik jembatan bukan berarti suatu hal yang mudah untuk menjadi seperti sekarang ini. Jembatan, sebagaimana bidang keteknikan lainnya khususnya teknik struktur (*structure engineering*), diawali dengan proses "cut and try", atau banyak orang mengatakan proses "*try and fail*".

Sebagai awalnya digunakan metode empiris. Mereka membuat beberapa perkiraan-perkiraan intelegensi tentang kekuatan bahan dalam membangun jembatan yang sesuai. Beberapa abad lampau sebelum manusia mengkatagorikan lima tipe jembatan: balok (*beam*), kantiliver (*cantilever*), pelengkung (*arch*), kabel gantung (*suspension*),

dan rangka (truss). Empat tipe pertama jembatan di ilhami dari kehidupan sebelum Masehi.

Contoh alami dari jembatan balok sederhana (*simple beam bridge*) adalah pohon yang tumbang melintas di atas sungai. Perkembangan selanjutnya digunakan slab-slab batu alam sebagai jembatan, Seperti pada Gambar 1 di bawah ini.



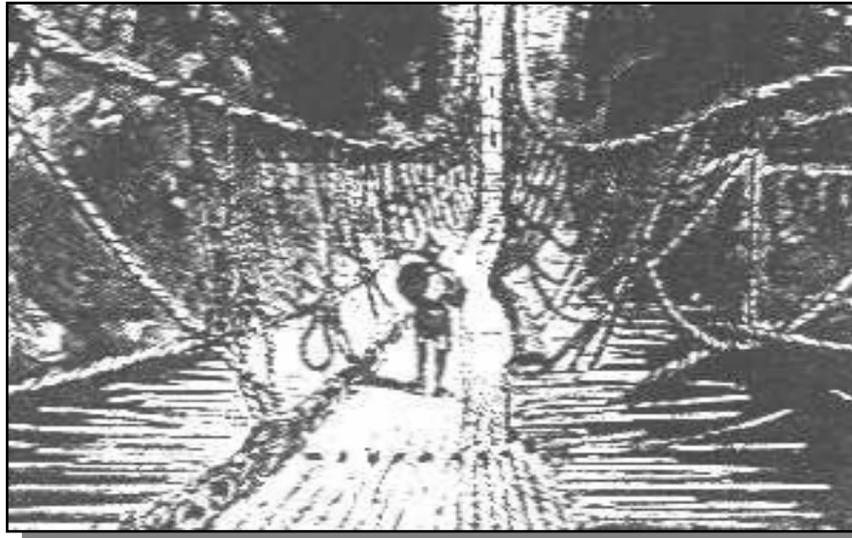
Gambar 1. Pohon yang tumbang digunakan untuk Jembatan



Gambar 2. Slab batu alam sebagai Jembatan

Suatu hal yang telah dicapai manusia purba saat itu adalah pemakaian prinsip-prinsip jembatan kantilever pada kedua pangkal jembatan. Mereka menggunakan prinsip tersebut untuk membangun bentang-bentang panjang agar jembatan balok sederhana dapat dibangun. Jembatan gantung digambarkan di alam oleh akar-akar pohon yang bergantung dan digunakan oleh hewan dan manusia untuk melewati dari satu pohon satu ke pohon yang lainnya di atas sungai. Bentuk yang sangat sederhana dari jembatan gantung hanya terdiri atas kabel dan jalan.

Pada jembatan-jembatan gantung pada zaman kuno, jalan sering diletakkan pada bagian atas kabel. Akan tetapi posisi tersebut tidak tepat, dan para pembuat jembatan akhirnya menemukan suatu bahan dari kabel rantai besi untuk menggantungkan jalan tersebut. Jembatan gantung yang pertama menggunakan sistem ini dibangun di Italia pada abad ke- 16. Sejak awal abad ke-19, besi batangan digunakan sebagai kabel. Terakhir, tipe jembatan rangka berkembang bersamaan dengan masa kehidupan modern. Pada abad ke-15 Leonardo da Vinci untuk pertama kalinya menyelidiki gaya-gaya dan kekuatan struktur balok segitiga.



Gambar 3. Jembatan gantung kuno pertama di Amerika Selatan

1. Periode zaman purba

Dewasa ini teknik jembatan merupakan salah satu ilmu yang telah diakui. Akan tetapi, pada \pm 100 tahun silam hampir tidak dihargai sebagai suatu hasil karya. Dalam bidang teknik jembatan, pemikiran-pemikiran di masa lampau telah memberikan kontribusi yang berharga seperti sekarang ini. Pada periode ini manusia purba menyebrangi sungai dengan memasang tiang-tiang batu dan slab batu, kayu gelondongan, atau pohon yang tumbang yang terbatas untuk bentang sungai yang pendek. Untuk melewati sungai mereka memanfaatkan cabang-cabang atau akar-akar yang bergantung sebagai jembatan gantung dengan cara berayun dari pohon ke pohon. Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa

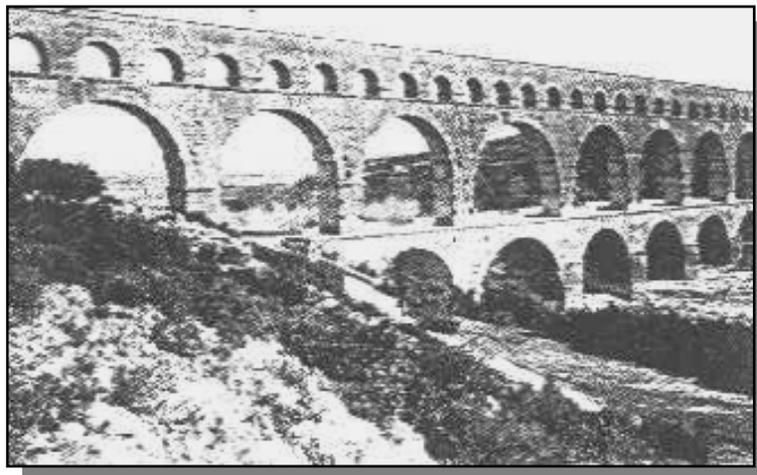
perkembangan teknik jembatan dihasilkan dari evolusi bentuk struktur, material, metode perencanaan, fabrikasi, dan cara pendiriannya. Tipe jembatan yang telah digunakan adalah jembatan balok sederhana untuk bentang-bentang pendek, jembatan gantung, jembatan kantilever.

Tipe jembatan terbaru pada periode ini adalah jembatan tipe pelengkung (*arch bridge*). Bentuk dan material konstruksi yang digunakan pada umumnya masih relatif sederhana dan alami. Seperti yang dibangun diatas Sungai Euprat dan Sungai Tigris di Babylonia kira-kira 2000 SM.

2. Periode Romawi Kuno

Zaman Romawi Kuno dimulai dari tahun 300 SM dan berlangsung kurang lebih selama 600 tahun. Bangsa Romawi merupakan ahli-ahli jembatan pertama. Mereka telah membangun jembatan dari kayu, batu, dan beton. Untuk jembatan batu dan beton, mereka membuat dalam bentuk lengkung (*arch*). Mereka berhasil mengatasi Zaman Romawi Kuno dimulai dari tahun 300 SM dan berlangsung kurang lebih selama 600 tahun. Bangsa Romawi merupakan ahli-ahli jembatan pertama. Mereka telah membangun jembatan dari kayu, batu, dan beton. Untuk jembatan batu dan beton, mereka membuat dalam bentuk lengkung (*arch*). Mereka berhasil mengatasi. Untuk membangun pilar dibawah muka air,

Bangsa Romawi menggunakan cofferdam. Mereka memancang tiang-tiang kedasar sungai mengelilingi lokasi tiang-tiang tersebut, dan diselubungi dengan tanah lempung agar kedap air. Kemudian bagian dalamnya dapat dipompa keluar, dan beton dituangkan ke dalam cetakan pilar. Untuk dasar sungai yang terlalu dalam bagi pekerja, penyelesaiannya adalah dengan cara menmenjatuhkan blok-blok beton ke dasar sebagai lantai kerja. Beberapa dari jembatan-jembatan terbesar Bangsa Romawi merupakan aquaduct, yang dibangun bukan untuk lalu lintas manusia tetapi untuk saluran air. Aquaduct yang saat ini masih ada dan merupakan termegah adalah Pont duGard, dekat daerah Nimes, Perancis. Selain itu, dibangun pula Selain itu, dibangun pula aquaduct Segovia di Spanyol, yang dibangun dari batu pecah tanpa mortar.



Gambar 4. *Aqua duct pont du gard*

3. Zaman Pertengahan

Zaman pertengahan di Eropa berlangsung dari abad ke-11 sampai dengan abad ke-16 sesudah runtuhnya Romawi. Secara

prinsip konstruksi jembatan yang dibangun pada periode ini tidak jauh berbeda seperti pada zaman Romawi. Bentuk-bentuk lengkung (*arch bridge*) dan pilar-pilar batu masih sering digunakan seperti pada jembatan Old London yang dibangun pada abad ke-12. Zaman pertengahan di Eropa berlangsung dari abad ke-11 sampai dengan abad ke-16 sesudah runtuhnya Romawi. Secara prinsip konstruksi jembatan yang dibangun pada periode ini tidak jauh berbeda seperti pada zaman Romawi. Bentuk-bentuk lengkung (*arch bridge*) dan pilar-pilar batu masih sering digunakan seperti pada jembatan Old London yang dibangun pada abad ke-12. Beberapa ahli mengatakan bahwa Jembatan Rialto yang dibangun pada abad ke-16 di atas Grand Canal, Venice adalah jembatan terbaik di zaman pertengahan dalam segi pengembangan teknik jembatan dan estética. Pada jembatan ini, jalan raya menghubungkan dua ruas kawasan perdagangan yang mempunyai jalan masuk menuju jalur pejalan kaki (*footwalks*) yang dibangun dibagian tepi dalam satu kesatuan konstruksi.

Dalam pelaksanaan pembangunan jembatan tersebut para pelaksana dihadapkan pada permasalahan tanah dasar yang digunakan sebagai fondasi berupa tanah lunak (*soft subsoil*). Untuk mengatasi hal tersebut, dipancang ±6000 tiang kayu dibagian tepi kanal. Tiang-tiang tersebut dipancang dalam kelompok-kelompok jarak yang rapat membentuk satu kesatuan kelompok tiang kayu

yang solid. Bagian atas tiang kemudian dilapisi tiga lapisan kayu sebagai kepala tiang (pile cap) dan diperkuat dengan penjepit besi. Selanjutnya, lapisan batu ditempatkan di atasnya sebagai pangkal jembatan dan kemudian dibuat bentuk lengkungnya.

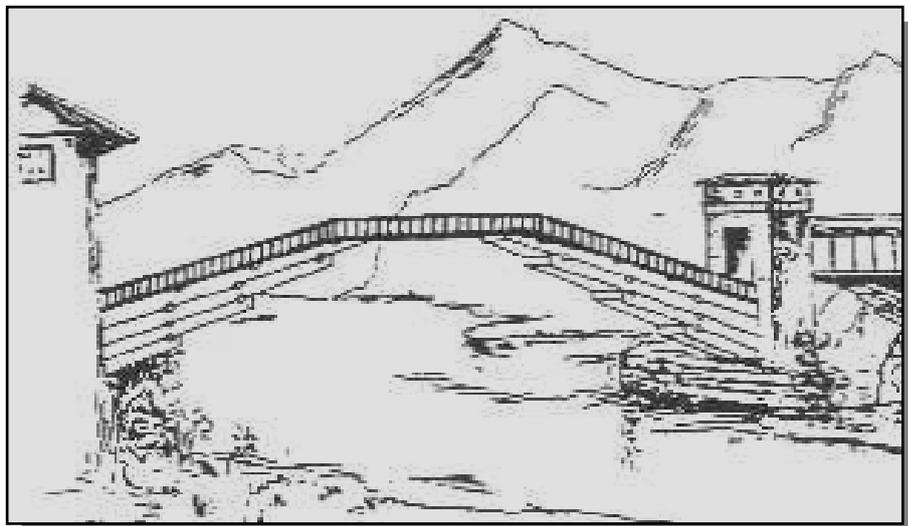
4. Zaman Jembatan Besi Dan Baja

Era jembatan besi dan baja sejalan dengan adanya Revolusi Industri. Untuk pertama kali konstruksi jembatan batu. Jembatan besi yang pertama kali dibangun adalah Jembatan Coalbrookdale yang melintasi Sungai Severn, Inggris tahun 1776 yang dibangun dengan bagian yang berbeda yang berbentuk setengah lingkaran. Sampai dengan saat ini jembatan ini masih tetap berdiri. Namun pada beberapa tahun baru-baru ini telah dilakukan renovasi perkuatan terhadap abutment dan konstruksi besi yang masih ada.

Di zaman ini pertengahan ini jembatan besi yang dibangun masih menggunakan prinsip-prinsip bentuk lengkung (arch bridge) terutama untuk jembatan jalan raya. Walaupun jembatan yang dibangun menggunakan sistem kantilever, masih tetap memakai bentuk lengkung murni atau dengan beberapa perubahan, seperti pada Jembatan Fith of Forth di Skotlandia dan Jembatan Quebec di Kanada. Untuk jembatan jalan rel, beberapa ahli pada saat itu menggunakan jembatan bentuk pipa (tubular bridge), seperti jembatan Britania yang melintasi Selat Menai, Inggris, dan

Jembatan Victoria melintasi Sungai St. Lawrence di Montreal, Kanada.

Pada awal pembangunan jembatan tersebut di atas, timbul keraguan berkenaan dengan kekuatan jembatan akibat getaran kereta. Untuk mengatasinya maka digunakan rantai penggantung untuk mendukung jalan rel yang ditumpukan pada tower yang dibangun diatas pilar. Namun setelah pembangunan selesai, diketahui bahwa jembatan cukup kaku dan kuat tanpa rantai penggantung tersebut. Jembatan ini sampai saat ini masih tetap berdiri tanpa rantai penggantung, meskipun dilintasi oleh kereta modern. Salah satu hasil karya pemikiran genius dan monumental James Eads adalah Jembatan St.Louis yang dibangun melintasi Sungai Mississippi, Amerika Serikat pada tahun 1860.



Gambar 5. Jembatan lengkung baja

5. Era Jembatan Gantung

Jembatan gantung tertua dan terbesar pada abad ke-18 adalah Jembatan Menai Straits di Inggris yang dibangun pada tahun 1825. Jembatan ini masih menggunakan menara batu dan kabel dari rantai besi untuk menggantung jalan raya. Pada tahun 1939 kabel penggantung digantikan dengan baja batangan. Awal kemajuan inovasi jembatan gantung dapat dikatakan adalah pada saat dibangunnya Jembatan Gantung Niagara di Amerika Serikat. Struktur jembatan ini mempunyai dua dek, dek bagian atas untuk jalan rel dan bagian bawah untuk lalu lintas jalan raya. Dek ini berupa "stiffening truss" yang terbuat dari kayu. Bentang jembatan digantungkan pada 4 kelompok kabel, didukung dengan 4 bangunan menara dan ujung kabel diangkitkan dalam solid rock dibelakangnya. Keberhasilan pembangunan jembatan Niagara ini merupakan sumbangan besar untuk kemajuan ilmu teknologi jembatan. Penggunaan kabel baja (wire steel) menggantikan kabel besi untuk pertama kali digunakan di dunia pada Jembatan Gantung Brooklyn, New York (1867). Ciri khusus Jembatan Brooklyn adalah sistem kabel yang menjadi terarah dek dari tower, yang lebih stabil terhadap angin. Pada Jembatan George Washington yang dibangun tahun 1927, digunakan tower berupa rangka baja yang dilapisi dengan beton dan granit. Dekade ini awal dari penggunaan bentuk-bentuk tower berupa rangka. Sebagaimana halnya jembatan-jembatan yang diuraikan di atas,

Jembatan Golden Gate di California dan Mackinac Straits di Michigan menggunakan dek dari stiffing truss.

Dengan berkembangnya gelegar box (box girder), penggunaan stiffing truss sebagai dek mulai berkurang seperti yang digunakan pada Jembatan Humber dan Verrazano-Narrows. Terdapat kesamaan pada sistem kabel pada jembatan terakhir yang digunakannya penggantung tegak. Walau bagaimanapun sistem dek dan penggantung pada dua jembatan terakhir dapat mengurangi berat sendiri dan biaya pembangunan jembatan.

6. ERA JEMBATAN CABLE-STAYED

Selama lebih dari tiga dekade jembatan cable stayed digunakan secara luas terutama di Eropa Barat dan di bagian lain di dunia . Keberhasilan penggunaan system cable stayed dicapai dengan ditemukannya baja berkekuatan tinggi dan tipe *deck-orthotropik*, kemajuan teknik las. Kemajuan pengetahuan yang secara luas dan tidak terbatas memungkinkan penyelesaian matematis sistem statis tak tentu dan untuk analisis statis yang lebih akurat model tiga-dimensi. Suatu penelitian antara jembatan gantung dan jembatan cable stayed menunjukkan bahwa jembatan *cable stayed* lebih unggul daripada jembatan gantung. Kelebihan jembatan *cable stayed* antara lain rasio panjang bentang utama dan tinggi *pylon* yang lebih murah.

Defleksi akibat pembebanan simetris dan asimetris pada lebih dari separuh bentang jembatan gantung mempunyai defleksi yang lebih besar ditengah bentang daripada *cable stayed*. Keuntungan yang menonjol dari *cable stayed* adalah tidak diperlukannya pengangkeran kaber yang berat dan besar seperti pada jembatan gantung. Gaya-gaya angker pada ujung kabel bekerja secara vertikal dan biasanya diseimbangkan dengan berat dari pilar dan fondasi tanpa menambah biaya konstruksi lagi. Komponen horizontal gaya pada kabel dilimpahkan pada struktur atas gelagar berupa tekanan atau tarik. Jembatan *cable stayed* Saint Nazaire yang melintas diatas sungai Loire, Perancis adalah salah satu jembatan *cable stayed* terpanjang di dunia. Jembatan ini menggunakan dek baja dengan bentuk streamline dan tower terbentuk A. Jembatan Saint-Nazaire selesai dibangun tahun 1974. Jembatan *cable stayed* Maracaibo, Venezuela yang selesai dibangun pada tahun 1962 berbeda dalam banyak aspek dari jembatan sebelumnya. Pertama, kedua pylon dan "*stiffening girder*" terbuat dari beton, yang belum pernah digunakan sebelumnya.

Selanjutnya merupakan jembatan *cable stayed* pertama yang menggunakan multispun. Dek beton dicetak ditempat di kedua ujung jembatan dan seterusnya menggunakan dek prefabrikasi. Sehingga dalam pemasangannya terdapat bagian kantilever.

BAB II

PERKEMBANGAN JEMBATAN DI INDONESIA

Lulusan engineer muda lebih memilih perencanaan perkerasan jalan dari pada jembatan. lebih sederhana, hanya dengan mencocokkan tabel sudah didapatkan ketebalan pavement yang diperlukan engineer muda lebih senang menjadi pimpro daripada pakar perencanaan jembatan.

A. KEBIJAKAN PEMBANGUNAN JEMBATAN

SESUAI UU 38 TAHUN 2004 TENTANG JALAN: dinyatakan bahwa jalan (termasuk jembatan) sebagai bagian dari sistem transportasi nasional mempunyai peranan penting terutama dalam mendukung bidang ekonomi, sosial dan budaya serta lingkungan yang dikembangkan melalui pendekatan pengembangan wilayah agar tercapai *keseimbangan dan pemerataan pembangunan antar daerah*.

Sesuai visi dan misi Ditjen Bina Marga :

Tersedianya infrastruktur jalan yang handal, bermanfaat dan berkelanjutan untuk mendukung terwujudnya Indonesia yang aman dan damai, adil dan demokratis , lebih sejahtera.

Standarisasi bangunan atas jembatan

Penyediaan komponen bangunan atas standar termasuk pabrik pracetak Penyediaan standar konstruksi jembatan standar yang dapat dibuat dilapangan. Penyiapan NSPM bidang Jembatan (BMS) Penyiapan IBMS (sistem informasi BMS) Menjaga mutu konstruksi

Prinsip dasar standarisasi:

1. Produk konstruksi jembatan yang aman & berkualitas (adanya jaminan mutu konstruksi)
2. Mudah & siap dipasang di segala tempat dengan resiko yang minimal
3. Pembagian biaya konstruksi dengan pemerintah setempat

Alasan standarisasi

Hampir seluruh sungai di Indonesia adalah sungai-sungai kecil; Hanya 2% jembatan yang melintasi sungai-sungai besar (> 100 m)

Strategi Penanganan Jembatan

Meningkatkan program Rehabilitasi dan percepatan pembangunan
Memprioritaskan pelayanan dan pembangunan di jalan nasional dan propinsi. Penggunaan bangunan atas jembatan adalah bentang standar, antara lain:

1. Jembatan Rangka Baja (dari berbagai sumber termasuk produk lokal)
2. Jembatan Baja Komposit
3. PC-girders
4. Gelagar beton bertulang, void slab, etc.

Mulai membangun Jembatan non standar (Bentang panjang) sesuai dengan perkembangan teknologi.

Tugas dan Fungsi Direktorat Bina Teknik, Ditjen BM

1. Perencanaan teknik jembatan nasional

2. Pembinaan perencanaan teknik jembatan Propinsi, Kabupaten & Desa/Kota (diluar metropolitan)
3. Pengembangan teknologi jembatan
4. Pengumpulan data dan monitoring jembatan

Jembatan Indonesia dan populasi

Terdapat 89.000 buah jembatan (1050km) di Indonesia yang terdiri dari:

1. 60.000 buah jembatan (550 km) di ruas jalan kabupaten/kota
2. 29.000 buah jembatan (500 km) di ruas jalan nasional & provinsi

Program Pengembangan Jembatan

1. Dimulai dari PELITA I sd PELITA VI
2. Prioritas pada peningkatan pelayanan pada ruas jalan nasional dan provinsi
3. Saat ini lebih dari 29.000 buah jembatan (500 km) telah terbangun ±16.500 buah jembatan (316.2 km) jembatan pada ruas jalan nasional. Didominasi oleh jembatan standar, terutama :
 - a. jembatan rangka baja (Belanda, Australia, Austria, Kanada, Inggris, Spanyol, & jembatan lokal),
 - b. Jembatan komposit dan
 - c. Gelagar beton bertulang

Kebijakan Pembangunan Jembatan

Komposisi Jembatan di Indonesia (sumber IBMS)

1. BENTANG

| <u>Bentang</u> | <u>Persentase</u> | <u>Panjang</u> |
|----------------|-------------------|----------------|
| 0-20 | 78% | 390 km |
| 20-30 | 9% | 45 km |
| 30-60 | 9% | 45 km |
| 60-100 | 2% | 10 km |
| > 100 | 2% | 10 km |

B. Kondisi Jembatan di Indonesia

| <u>Kondisi</u> | <u>Persentase</u> | <u>Panjang</u> |
|----------------|-------------------|----------------|
| 0 | 46% | 230 km |
| 1 | 22% | 110 km |
| 2 | 15% | 75 km |
| 3 | 8% | 40 km |
| 4 | 6% | 30 km |
| 5 | 3% | 15 km |

Kondisi di atas menunjukkan tingkat kerusakan, kondisi 0 berarti belum ada kerusakan, atau 100%, sedangkan kondisi lainnya ditengarai ada kerusakan atau tidak dapat didayagunakan secara penuh

C. Distribusi Jembatan Berdasarkan Tipe Bangunan Atas

| <u>No</u> | <u>Jenis</u> | <u>Panjang</u> | | <u>Jumlah</u> | |
|-----------|-----------------|----------------|----------|---------------|----------|
| | <u>Jembatan</u> | <u>km</u> | <u>%</u> | <u>Buah</u> | <u>%</u> |
| 1 | Culvert | 20.6 | 7 | 2.823 | 17 |
| 2 | Gelagar | 164.4 | 51 | 11.384 | 69 |
| 3 | Rangka | 100.5 | 32 | 1.589 | 10 |
| 4 | Lain-lain | 30.7 | 10 | 791 | 5 |
| | | 316.2 | 100 | 16.587 | 100 |

Jembatan gelagar adalah tipe jembatan balok, ini adalah tipe jembatan yang tempo hari di Surabaya mengalami kegagalan. Ini adalah tipe jembatan yang paling sederhana, biasanya terletak di bawah jalan

sehingga yang melewatinya kadang-kadang bahkan tidak merasakan bahwa mereka telah melewati suatu jembatan

D. Distribusi Jembatan Berdasarkan Tahun Bangun

| No | Tahun | Panjang | | Jumlah | |
|----|-----------|---------|-----|--------|-----|
| | | km | % | Buah | % |
| 1 | <1970 | 50.4 | 16 | 3.388 | 20 |
| 2 | 1970-1980 | 54.9 | 17 | 3.910 | 24 |
| 3 | 1980-1990 | 86.1 | 27 | 4.508 | 27 |
| 4 | 1990-2000 | 112.7 | 36 | 4.481 | 27 |
| 5 | > 2000 | 11.8 | 4 | 300 | 2 |
| | | 316.2 | 100 | 16.587 | 100 |

Era Reformasi hanya 2%, orde baru 10x lipat era reformasi.

E. Jenis Material Jembatan di Indonesia

| Material | Persentase | Panjang |
|----------|------------|---------|
| Concrete | 36% | 180 km |
| Steel | 46% | 230 km |
| Others | 18% | 90 km |

Penggunaan jembatan BAJA perlu dilakukan inspeksi, apalagi jika metode pelapisannya hanya menggunakan CAT.

F. Jembatan Berbahan dasar Beton

| Beton | Persentase |
|-------------------------|------------|
| Gelagar Pratekan | 5,0 % |
| Gelagar Beton Bertulang | 49,4 % |
| Pelat Pratekan | 0,7 % |
| Pelat Beton Bertulang | 38,4 % |
| Pelengkung Beton | 6,4 % |

G. Perkembangan pembangunan jembatan

Jembatan standar indonesia

Jenis bangunan atas jembatan di Indonesia terdiri dari :

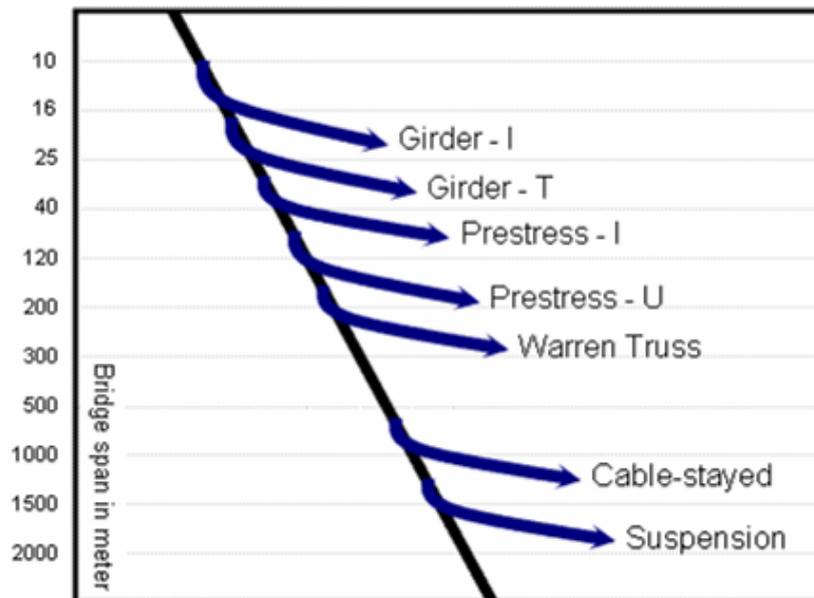
1. Box Culvert,
2. Jembatan Flat Slab,
3. Gelagar Beton T,
4. Gelagar Pratekan I,

Rangka Baja dari beberapa sumber yaitu:

Belanda (Warren Truss), Australia, Austria, Canada, UK yang dikenal dengan Callender Hamilton, Spaniel dan dari fabrikator lokal selain juga jembatan Gantung dan Cable Stayed dengan populasi yang tidak banyak.

Bentang Jembatan standar

1. T-BEAM (6 – 25 m)
2. COMPOSITE (20 – 30 m)
3. PRESTRESSED (16 – 40 m)
4. TRUSS (35 – 100 m)
5. VOIDED SLAB (5 – 16 m)



Dep. PU mempunyai 5 Pabrik komponen Pracetak jembatan

1. Kalbar di Sanggau pada tahun 1973
2. Aceh di Beureunuen pada tahun 1979
3. Buntu di Purwokerto pada tahun 1980
4. Bengkulu di Bengkulu pada tahun 1980
5. Sulteng di Poso pada tahun 1983



Produksi berupa :

Balok K400-K500 dengan

1. type I : 13m, 16m, 19m; H=90cm
2. type II : 19m, 22m, 25m; H=125cm
3. type III : 25m, 28m, 31m; H=160cm
4. type IV : 35m. ; H=170cm

**Pelat berongga K-400 dg panjang 8m- 10m, 12m, 14m, 16m.

**Gorong-gorong K-350 dg diameter 0.6m, 0.8m, 1.0m, 1.5m.

**Tiang pancang beton K-350 dg panjang 6m – 12m.

**Tetra pot beton (Penehan gelombang laut) K-350

Jembatan Non-standar Indonesia

| No. | Nama Jembatan | Provinsi | Bentang Utama (m) | Total Bentang (m) | Tahun Bangun |
|-----|---------------------------------|----------|-------------------|-------------------|--------------|
| 1 | Box Beton Menerus | | | | |
| | Rantau Berangin | Riau | 121 | 200 | 1972 – 1974 |
| | Rajamandala | Jabar | 132 | 222 | 1972 – 1979 |
| | Serayu Kesugihan | Jateng | 128 | 274 | 1978 – 1985 |
| | Mojokerto | Jatim | 62 | 230 | 1975 – 1977 |
| | Arakundo | Aceh | 96 | 210 | 1987 – 1990 |
| 2 | Gelagar Baja Menerus | | | | |
| | Ampera | Sumsel | 75 | 354 | 1962–1965 |
| | Danau Binguang | Riau | 120 | 200 | 1968 – 1970 |
| 3 | Pelengkung Beton | | | | |
| | Rempang-Galang | Riau | 245 | 385 | 1995-1998 |
| | Serayu Cindaga | Jateng | 90 | 90 | 1993-1998 |
| | Besok Koboan | Jatim | 80 | 125 | 2000 |
| | Bajulmati | Jatim | 60 | 90 | 2007 |
| | Kelok-9 | Sumbar | 90 | 945 | Construction |
| 4 | Pelengkung Baja | | | | |
| | Kahayan | Kalteng | 150 | 150 | 1995 – 2000 |
| | Martadipura | Kaltim | 200 | 560 | 2004 |
| | Rumbai Jaya | Riau | 150 | 780 | 2003 |
| | Rumpiang | Kalsel | 200 | 754 | 2008 |
| | Batang Hari I | Jambi | 150 | 804 | Dec 2008 |
| | Teluk Mesjid | Riau | 250 | 1500 | Dec 2008 |
| | Siak III | Riau | 120 | 520 | Construction |
| 5 | Suspension / Cablestayed | | | | |
| | Memberamo | Papua | 25 | 235 | 1996 |
| | Barito | Kalsel | 240 | 240 | 1997 |
| | Batam-Tonton | Kepri | | 350 | 1998 |
| | Pasupati | Jabar | 106 | 161 | 1999 |
| | Mahakam II | Kaltim | 270 | 710 | 2001 |
| | Mahkota II | Kaltim | 370 | 1388 | Construction |
| | Suramadu | Jatim | 434 | 5380 | Apr 2009 |



Gambar 6. Jembatan Cindaga, Jawa tengah, 1979
double Plane Arch Concrete Bridge, Bentang 90 meter.



Gambar 7. Malang, Jawa Timur,
Single Plane Jembatan Pelengkung Beton
Bentang 15 + 60 + 15 meter



Gambar 8. Jawa Barat, Jembatan Box girder beton menerus Kelas-A,
1979. Bentang utama 132 meter san sisi simetris 45meter (total 222
meter).



Gambar 9. Jembatan Pulau Balang



Gambar 10. Jembatan Kelok-9

Bukit tinggi, Sumatera barat, Jembatan Pelengkung Beton Kelas-A,
Bentang 80 meter

H. Tri Nusa Bakti

Ide awal dikemukakan oleh Prof. Sedyatmo mengenai upaya menghubungkan Pulau Jawa dengan Pulau Sumatera. Pada Januari 1989 telah disepakati bersama oleh BPPT, Bappenas dan Dep PU untuk melakukan studi mengenai koneksi Jawa-Bali yang dikenal dengan sebutan “Tri Nusa Bima Sakti dan Jembatan Utama”.

Tri Nusa Bima Sakti sendiri terdiri dari 3 jembatan besar, yaitu:

1. Jembatan Surabaya-Madura (SURAMADU).
2. Jembatan Selat Bali, dan
3. Jembatan Selat Sunda.



Gambar 11. Jembatan Suramadu (Surabaya Madura)

BAB III

PROSES PERENCANAAN JEMBATAN

A. PENDAHULUAN

Sering kali ahli merasa yakin bahwa dengan mengumpulkan data dan informasi tentang lokasi jembatan dan beban-beban yang bekerja telah cukup memadai dalam perencanaan. Maksud perencanaan antara lain untuk menentukan fungsi struktur secara tepat, dan bentuk yang sesuai, efisien serta mempunyai fungsi estetika. Perlu diakui bahwa terdapat beberapa perbedaan persepsi pada tahap perencanaan.

Akan tetapi bila kita mampu menjelaskan dan mencari relevansi antara parameter-parameter yang berbeda tersebut, membatasi permasalahan, serta menyusun integritas batasan yang sesuai, maka akan dapat memberikan kepada kita konsep terbaik tentang analisis perancangan jembatan yang akan dibangun. Pada kenyataannya, seringkali pula dijumpai bahwa setelah memperoleh data-data yang memadai, cukup sulit untuk menghubungkannya dengan rumus atau persamaan-persamaan yang telah ada. Bahkan rumus-rumus atau persamaan yang diinginkan belum ada sama sekali. Oleh karenanya, bagaimana mungkin kita akan menganalisis dan merancang serta melakukan proses penghitungan bila rumus-rumus yang diinginkan tidak ada? untuk itu, perlu dipahami adanya suatu proses desain

(*design process*) sebelum kita melakukan penghitungan dan pemilihan bentuk struktur.

B. Tahapan Perencanaan

Dalam perencanaan jembatan dimungkinkan adanya perbedaan antara ahli satu dengan yang lainnya, tergantung latar belakang kemampuan dan pengalamannya. Akan tetapi perbedaan tersebut harus tidak boleh menyebabkan gagalnya proses perencanaan. Sebelum sampai tahap pelaksanaan konstruksi, paling tidak seorang ahli atau perancang telah mempunyai data baik sekunder maupun primer yang berkaitan dengan pembangunan jembatan. Data tersebut merupakan bahan pemikiran dan pertimbangan sebelum kita mengambil suatu keputusan akhir. Berikut ini ditunjukkan tentang suatu proses tahapan perencanaan yang paling tidak perlu dilaksanakan.

Data yang diperlukan dapat berupa :

1. Lokasi :
 - a. Topografi
 - b. Lingkungan : Kota dan luar kota
 - c. Tanah dasar
2. Keperluan : melintas sungai, melintas jalan lain
3. Bahan Struktur :
 - a. Karakteristik

b. Ketersediaanya

4. Peraturan

C. Pemilihan Lokasi Jembatan

Penentuan lokasi dan layout jembatan tergantung pada kondisi lalu lintas. Secara umum, suatu jembatan berfungsi untuk melayani arus lalu lintas dengan baik, kecuali bila terdapat kondisi-kondisi khusus. Prinsip dasar dalam pembangunan jembatan adalah *"jembatan untuk jalan raya, tetapi bukan jalan raya untuk jembatan"* (Troitsky, 1994). Oleh karenanya kondisi lalu lintas yang berbeda-beda dapat mempengaruhi lokasi jembatan pula. Panjang-pendeknya bentang jembatan akan disesuaikan dengan lokasi jalan setempat. Penentuan bentangnya dipilih yang sangat layak dari beberapa alternatif bentang pada beberapa lokasi yang telah diusulkan. Beberapa pertimbangan terhadap lokasi sangat didasarkan pada kebutuhan. Dalam penentuan lokasi akan dijumpai suatu permasalahan apakah akan dibangun di daerah perkotaan ataukah pinggiran kota bahkan di pedesaan. Perencanaan dan perancangan jembatan di daerah perkotaan terkadang tidak diperhatikan

D. Aspek Lalu Lintas

Persyaratan transportasi meliputi kelancaran arus lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki (*pedestrians*) yang melintasi jembatan

tersebut. Perencanaan yang kurang tepat terhadap kapasitas lalu lintas perlu dihindarkan, karena akan sangat mempengaruhi lebar jembatan. Untuk itu sangatlah penting diperoleh hasil yang optimum dalam perencanaan lebar optimumnya agar didapatkan tingkat pelayanan lalu lintas yang maksimum.

Mengingat jembatan akan melayani arus lalu lintas dari segala arah, maka muncul kompleksitas terhadap existing dan rencana, volume lalu lintas, oleh karenanya sangat diperlukan ketepatan dalam penentuan tipe jembatan yang akan digunakan. Selain daripada itu, pendekatan ekonomi selayaknya juga sebagai bahan pertimbangan biaya jembatan perlu dibuat seminimum mungkin. Berdasarkan beberapa kasus biaya investasi jembatan didaerah perkotaan adalah sangat tinggi. Dalam hal ini akan sangat terkait dengan kesesuaian lokasi yang akan direncanakan.

E. Aspek teknis

Persiapan teknis yang perlu dipertimbangkan antara lain :

1. Penentuan geometri struktur, alinemen horizontal dan vertical, sesuai dengan lingkungan sekitarnya, Pemilihan system utama jembatan dan posisi dek.
2. Penentuan panjang bentang optimum sesuai dengan syarat hidraulika, arsitektural, dan biaya konstruksi,

3. Pemilihan elemen – elemen utama struktur atas dan struktur bawah, terutama tipe pilar dan *abutment*,
4. Pendetailan struktur atas seperti: sandaran, parapet, penerangan, dan tipe perkerasan,
5. Pemilihan bahan yang paling tepat untuk struktur jembatan berdasarkan pertimbangan struktural dan estetika.

F. Aspek estetika

Dewasa ini jembatan modern di daerah perkotaan didesain tidak hanya didasarkan pada struktural dan pemenuhan transportasi saja, tetapi juga untuk ekonomi dan artistik. Aspek estetika jembatan di perkotaan merupakan faktor yang penting pula dipertimbangkan dalam perencanaan.

Kesesuaian estetika dan arsitektural akan memberikan nilai lebih kepada jembatan yang dibangun ditengah- tengah kota. Pada bnyak kota- kota besar di dunia terdapat jembatan yang mempunyai nilai estetika yang maha tinggi disamping kekuatan strukturnya.

G. Layout jembatan

Setelah lokasi jembatan ditentukan, variabel berikutnya yang penting pula sebagai pertimbangan adalah layout jembatan terhadap topografi setempat. Pada awal perkembangan sistem jalan raya, standar jalan raya lebih rendah dari jembatan. Biaya investasi

jembatan merupakan proporsi terbesar dari total biaya jalan raya. Sebagai konsekuensinya, struktur tersebut hampir selalu dibangun pada tempat yang ideal untuk memungkinkan bentang jembatan sangat pendek, fondasi dapat dibuat sehematnya, dan melintasi sungai dengan layout berbentuk square layout.

Dalam proses perencanaan terdapat dua sudut pandang yang berbeda antara seorang ahli jalan dengan ahli jembatan (Troitsky, 1994). Berikut ini diberikan beberapa ilustrasi, beberapa perbedaan kepentingan antara seorang ahli jalan dan jembatan.

1. Pandangan Ahli Jembatan. Perlintasan yang tegak lurus sungai, jurang atau jalan rel lebih sering terpilih, daripada perlintasan yang membentuk alinemen yang miring. Penentuan ini didasarkan pada aspek teknis dan ekonomi. Waddel (1916) menyatakan bahwa struktur yang dibuat pada alinemen yang miring adalah abominasi dalam lingkup rekayasa jembatan.
2. Struktur jembatan sederhana. Merupakan suatu kenyataan untuk struktur jembatan yang relatif sederhana sering diabaikan terhadap alinemen jalan. Para ahli jalan raya sering menempatkan alinemen jalan sedemikian sehingga struktur jembatan merupakan bagian penuh dari alinemen jalan tersebut. Sehingga apabila melalui sungai seringkali kurang memperhatikan layout secara cermat.
3. Layout jembatan bentang panjang. Sebagai suatu struktur bertambahnya tingkat kegunaan jalan dan panjang bentang

merupakan hal yang cukup penting untuk menentukan layout. Pada kasus seperti ini, dalam menentukan bagaimana layout jembatan yang sesuai perlu diselaraskan oleh kedua ahli tersebut guna menekan biaya konstruksi. Banyak faktor yang mempengaruhinya, salah satunya adalah sudut yang dibentuk terhadap bidang alinemen.

H. Jembatan sederhana untuk lalu lintas ringan



Gambar 12. Jembatan sederhana untuk lalu lintas ringan

Teknologi jembatan sederhana yang mudah dan murah untuk dilaksanakan menjadi topik untuk pengembangan ekonomi dan transportasi di kawasan pedesaan. Bahan lokal kayu sebagai bahan utama jembatan yang tersedia panjang dan diameternya terbatas.

Untuk mencapai bentangan yang cukup panjang diperlukan struktur kabel (*cable stayed*) yang berfungsi sebagai pilar-pilar penghubung dalam memikul sebagian besar dari beban jembatan yang kemudian dilimpahkan ke pondasi. Mengingat keterbatasan dana pembangunan jalan dan jembatan, maka perlu dikaji teknologi canggih untuk desain struktur jembatan murah yang dapat dilaksanakan dengan teknologi sederhana sesuai dengan kemampuan teknik pedesaan.



Gambar 13. Jembatan di Pedesaan

Mengingat keterbatasan dana pembangunan jalan dan jembatan, maka perlu dikaji teknologi canggih untuk desain struktur jembatan murah yang dapat dilaksanakan dengan teknologi sederhana sesuai dengan kemampuan teknik pedesaan. Maksud pengembangan teknologi kabel ialah merangkai bentang-bentang pendek menjadi satu bentang panjang yang mempunyai kekuatan memadai untuk memikul berat sendiri dan lalu lintas yang melewati jembatan.

Tipe jembatan *cabel-stayed* telah dikembangkan di negara maju dengan bentang rata-rata 500 m dan dalam ini tidak lagi merupakan konstruksi sederhana. Khusus untuk pengembangan wilayah terisolasi diperlukan bentang rata-rata 50 m yang sederhana dalam desain maupun pelaksanaan dan lebih menguntungkan dibanding jembatan gelagar biasa dengan bentang rata-rata 20m. Analisis statik dan perkiraan biaya nyata untuk jembatan cable stay dan rangka kayu sederhana dilakukan untuk berbagai varian sebagai berikut:

1. Jembatan *cabel-stayed* 50 m yang terdiri dari bentang 10 m + 30 m + 10 m dengan gelagar pengaku balak kayu dan lantai kayu, lebar satu jalur, beban 50% BM.
2. Jembatan *cabel-stay* 54 m yang terdiri dari bentang 12 m + 30 m + 12 m dengan gelagar pengaku profil daja I dan lantai kayu, lebar satu lajur, beban 50% BM.
3. Jembatan *cabel-stayed* 64 m yang terdiri dari bentang 15.25 m + 33.55 m dengan gelagar pengaku rangka Bailey susunan 1 - 1 dan lantai papan kayu atau pelat baja, lebar satu jalur, beban 50% BM.
4. Jembatan rangka pelengkung kayu bentang tunggal 60 m dengan batang dari balak kayu, lantai kayu dan batang vertikal dari baja tulangan, lebar satu jalur, beban 50% BM.

Dwi fungsi sistem *cabel-stayed* ialah sebagai perletakan antara dari bentangan gelagar pengaku dan sekaligus sebagai penahan untuk stabilitas menara. Jembatan *cabel stayed* dengan gelagar pengaku

rangka Bailey mempunyai perilaku baik dari segi deformasi, biaya dan kapasitas daya pikul sebesar 50% (dengan panel lama) 70% (dengan panel baru) beban Bina Marga. Biaya bangunan atas berada antara 2.6-5 juta per m. Untuk bangunan bawah dengan pondasi dangkal tipe sumuran diperlukan tambahan biaya sekitar 0.7 juta per m, sehingga biaya nyata total berkisar antara 3.3 - 5.7 juta per m untuk jembatan sederhana satu jalur. Biaya pondasi sangat tergantung pada kedalaman lapisan tanah keras dan harus disesuaikan dengan hasil penyelidikan tanah setempat.

I. Jembatan gantung untuk pejalan kaki

Struktur jembatan ini sudah sejak lama dipergunakan di Indonesia. Keuntungan jembatan ini dapat dibuat panjang tanpa pilar ditengah, tetapi struktur jembatan ini mempunyai kelemahan rentan/sensitif terhadap getaran, goyangan akibat beban lalu lintas dan angin. Dalam rangka menunjang program kemiskinan dan desa terpadu tipe jembatan ini telah banyak dipasang diberbagai Propinsi. Untuk mendukung tercapainya program PSDPU masyarakat di pedesaan diharapkan dapat mengolah dan memanfaatkan sumber daya alam secara optimal, dengan penerapan teknologi sederhana yang tepat guna di pedesaan yang sesuai dengan situasi dan kondisi daerah sebayak mungkin dapat memanfaatkan sumber daya alam

setempat sehingga pelaksanaannya relatif mudah, murah serta masyarakat pedesaan mampu melaksanakannya



Gambar 14. Jembatan gantung pejalan kaki

Spesifikasi produk:

1. Sling baja
2. Besi beton
3. Besi profil
4. Papan kayu 3/20 cm
5. Balok kayu 6/15 cm
6. Pipa besi baja
7. Semen (PC)
8. Pasir
9. Batu kali
10. Kerikil atau batu pecah



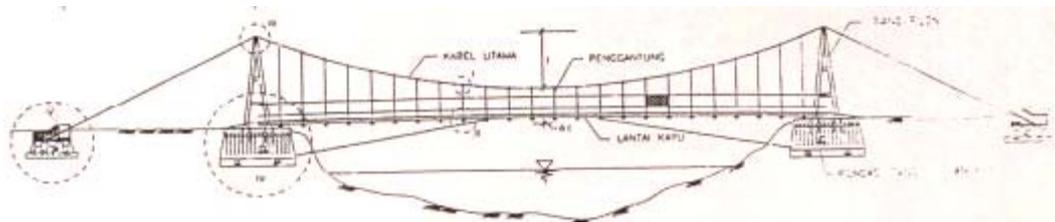
Gambar 15. Jembatan gantung pejalan kaki dengan kabel pengaku menggunakan komponen bambu, dipasang di Desa Padasenang, Sukabumi, Jawa Barat

Aplikasi Teknologi:

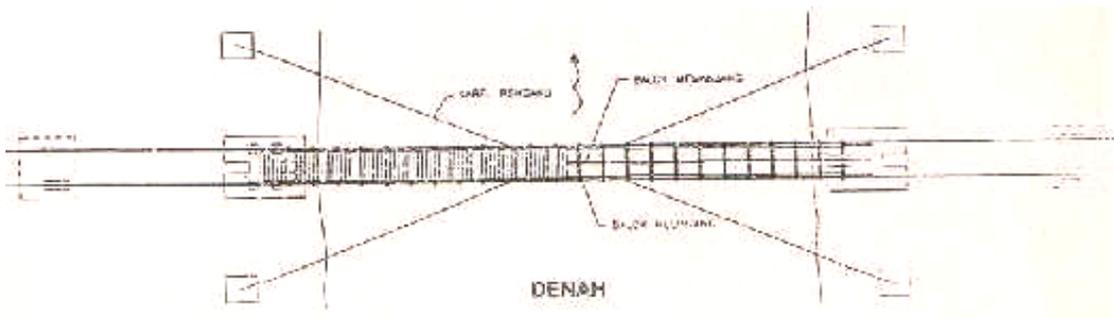
Jembatan ini digunakan untuk wilayah/daerah: Pedesaan, wilayah terisolir, permukiman/perkampungan dalam perkotaan dan lain sebagainya.

Kriteria perencanaan:

1. Panjang bentang jembatan \pm 15,00 s/d 60,00 meter
2. Lebar jembatan \pm 1,20 s/d 2,00 meter
3. Kapasitas \pm 300 kg / m panjang
4. Lalu lintas yang dapat melewati: Pejalan kaki; Becak; Sepeda motor/Ojeg; Roda dorong.
5. Waktu pelaksanaan \pm 30 – 60 hr



Gambar 16. Potongan memanjang Jembatan



Gambar 17. Denah Jembatan

BAB IV

PEMBEBANAN JEMBATAN

A. Beban Sekunder

Beban sekunder pada struktur Jembatan, diantaranya adalah sebagai berikut ini:

1. Beban Angin

Pengaruh beban angin sebesar 150 kg/m² pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horisontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena oleh angin ditetapkan sebesar suatu prosentase tertentu terhadap luas bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup.

Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 (dua) meter diatas lantai kendaraan. Dalam menghitung jumlah luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut:

a. Kendaraan tanpa beban hidup

- 1) Untuk jembatan gelagar penuh diambil sebesar 100% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 50% luas bidang sisi lainnya.

2) Untuk jembatan rangka diambil sebesar 30% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin ditambah 15% luas sisi-sisi lainnya.

b. Kendaraan dengan beban hidup

1) Untuk jembatan diambil sebesar 50% terhadap luas bidang.

2) Untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin.

c. Jembatan menerus diatas lebih dari 2 perletakan

Untuk perletakan tetap diperhitungkan beban angin dalam arah longitudinal jembatan yang terjadi bersamaan dengan beban angin yang sama besar dalam arah lateral jembatan, dengan beban angin masing–masing sebesar 40% terhadap luas bidang menurut keadaan tanpa beban hidup dan dengan beban hidup.

2. Gaya Akibat perbedaan Suhu

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan-tegangan struktural karena adanya perubahan bentuk akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama maupun dengan bahan yang berbeda. Perbedaan suhu ditetapkan sesuai dengan data perkembangan suhu setempat.

Pada umumnya pengaruh perbedaan suhu tersebut dapat dihitung dengan mengambil perbedaan suhu:

Bangunan baja

- a. Perbedaan suhu maksimum – minimum = 30oC
- b. Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan = 15oC

Bangunan beton

- a. Perbedaan suhu maksimum – minimum = 15oC
- b. Perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan < 15oC, tergantung dimensi penampang.

Untuk perhitungan tegangan-tegangan dan pergerakan pada jembatan/bagian-bagian jembatan/perletakan akibat perbedaan suhu dapat diambil nilai modulus elastis young (E) dan koefisien muai panjang (ϵ) sesuai Tabel dibawah ini

Tabel 1. Modulus Elastisitas Young (E) dan Koef. muai Panjang (ϵ)

| Jenis bahan | E (kg/cm ²) | ϵ per deajat celcius |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Baja | 2,1 x 10 ⁶ | 12 x 10 ⁻⁶ |
| Beton | 2 sampai 4 x 10 ^{5*} | 10 x 10 ⁻⁶ |
| Kayu | | |
| - Sejajar serat | 1,0 x 10 ^{5*} | 5 x 10 ⁻⁶ |
| - Tegak lurus serat | 1,0 x 10 ^{4*} | 50 x 10 ^{-6*} |

*) tergantung pada mutu bahan

3. Gaya rangkak dan susut

Pengaruh rangkak dan susut bahan beton terhadap konstruksi harus ditinjau. Besarnya pengaruh tersebut apabila tidak

ada ketentuan lain dapat dianggap senilai dengan gaya yang timbul akibat turunnya suhu sebesar 15°C.

4. Gaya rem

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem harus ditinjau. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu – lintas yang ada dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter di atas permukaan lantai kendaraan.

5. Gaya akibat gempa bumi

Pengaruh-pengaruh gempa bumi pada jembatan dihitung senilai dengan pengaruh suatu gaya horisontal pada konstruksi akibat beban mati konstruksi/bagian konstruksi yang ditinjau dan perlu ditinjau pula gaya-gaya lain yang berpengaruh seperti gaya gesek pada perletakan, tekanan hidrodinamik pada gempa, tekanan tanah akibat gempa dan gaya angkat apabila pondasi yang direncanakan merupakan pondasi terapung/pondasi langsung.

6. Gaya akibat gesekan pada tumpuan – tumpuan benda bergerak

Jembatan harus pula ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat perbedaan suhu atau akibat-akibat lain. Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau akibat beban

mati saja, sedangkan besarnya ditentukan berdasarkan koefisien gesek pada tumpuan yang bersangkutan dengan nilai sebagai berikut:

a. Tumpuan rol baja:

1) Dengan satu atau dua roll = 0.01

2) Dengan tiga atau lebih roll = 0.05

b. Tumpuan gesekan:

1) Antara baja dengan campuran tembaga keras dan baja=0.15

2) Antara baja dengan baja atau besi tuang = 0.25

3) Antara karet dengan baja/beton = 0.15 sampai 0.18

Tumpuan-tumpuan khusus harus disesuaikan dengan persyaratan spesifikasi dari pabrik material yang bersangkutan atau didasarkan atas hasil percobaan dan mendapat persetujuan pihak yang berwenang.

B. BEBAN KHUSUS

1. Gaya sentrifugal

Gaya ini diperhitungkan pada jembatan yang kondisinya ada pada tikungan.

2. Gaya tumbuk

Gaya tumbuk diperhitungkan pada jembatan layang. Gaya tumbuk terjadi antara kendaraan dan pilar dimana dibagian bawah jembatan digunakan untuk lalu lintas.

3. Beban dan Gaya selama pelaksanaan

Gaya-gaya khusus yang mungkin timbul dalam masa pelaksanaan pembangunan jembatan, harus ditinjau dan besarnya dihitung sesuai dengan cara pelaksanaan pekerjaan yang digunakan.

4. Gaya akibat aliran air dan tumbukan benda-benda hanyutan

Semua pilar dan bagian-bagian lain dari bangunan jembatan yang mengalami gaya-gaya aliran air harus diperhitungkan dapat menahan tegangan-tegangan maksimum akibat gaya-gaya tersebut. Gaya tekanan air adalah hasil perkalian tekanan air dengan luas bidang pengaruh pada suatu pilar, yang dihitung dengan rumus :

$$Ah = k.Va^2$$

dimana:

Ah = tekanan aliran air (ton/m²)

Va = kecepatan aliran yang dihitung berdasarkan analisa hidrologi (m/detik), bila tidak ditentukan lain maka: Va = 3m/detik

k = koefisien aliran yang tergantung bentuk pilar dan dapat diambil menurut tabel dibawah ini :

Tabel 2. Koefisien Aliran (k)

| Bentuk depan pilar | k |
|----------------------------|-------|
| Persegi (tidak disarankan) | 0.075 |
| Bersudut $\leq 30^\circ$ | 0.025 |
| Bundar | 0.035 |

5. Gaya angkat

Bagian-bagian dasar bangunan bawah pada rencana pondasi langsung atau pondasi terapung harus diperhitungkan terhadap gaya angkat yang mungkin terjadi

C. Penyebaran Gaya (Distribusi beban)

1. Beban mati

a. Beban mati primer

Beban mati yang dipikul dalam perhitungan kekuatan-kekuatan gelagar-gelagar (baik gelagar tengah maupun gelagar pinggir) adalah berat sendiri plat dan sistem lainnya yang dipikul langsung oleh masing-masing gelagar tersebut.

b. Beban mati skunder

Beban mati sekunder yaitu kerb, trotoar, tiang sandaran dan lain-lain, yang dipasang setelah plat dicor dan dapat dianggap terbagi rata disemua gelagar.

2. Beban hidup

a. Beban "T"

Dalam menghitung kekuatan lantai akibat beban "T" dianggap bahwa beban tersebut menyebar ke bawah dengan arah 45 derajat sampai ke tengah-tengah tebal lantai.

b. Beban "D"

Dalam menghitung momen dan gaya lintang dianggap bahwa gelagar-gelagar mempunyai jarak dan kekuatan yang sama atau hampir sama, sehingga penyebaran beban “D” melalui kendaraan ke gelagar-gelagar harus dihitung dengan cara sebagai berikut:

PERHITUNGAN MOMEN

1) Gelagar tengah

Beban hidup yang diterima oleh tiap gelagar tengah adalah :

$$\text{Beban merata} \quad q' = \frac{q}{2,75} \cdot \alpha \cdot s$$

$$\text{Beban Garis} \quad p' = \frac{p}{2,75} \cdot \alpha \cdot s$$

dimana:

s = jarak gelagar yang berdekatan (yang ditinjau) dalam meter, diukur dari sumbu ke sumbu

α = faktor distribusi

α = 0.75 bila kekakuan gelagar melintang diperhitungkan

α = 1.00 bila kekakuan gelagar melintang tidak diperhitungkan

q = beban merata.....ton/meter/jalur

p = beban garis.....ton/jalur

2) Gelagar pinggir

Beban hidup yang diterima oleh gelagar pinggir adalah beban hidup tanpa memperhitungkan faktor distribusi ($\alpha =$

1.00). Gelagar pinggir harus tetap direncanakan minimum sama kuat dengan gelagar tengah. Dengan demikian beban hidup yang diterima oleh tiap gelagar pinggir tersebut adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban merata} \quad q' = \frac{q}{2,75} \cdot s$$

$$\text{Beban Garis} \quad p' = \frac{P}{2,75} \cdot s$$

dimana:

s' = lebar pengaruh beban hidup pada gelagar pinggir

q = beban merata.....ton/meter/jalur

p = beban garis.....ton/jalur

Semua gelagar harus diperhitungkan cukup kuat terhadap beban hidup total yang bekerja sesuai dengan lebar jalur yang bersangkutan

PERHITUNGAN GAYA LINTANG

1) Gelagar tengah

Beban hidup yang diterima oleh tiap gelagar tengah adalah :

$$\text{Beban merata} \quad q' = \frac{q}{2,75} \cdot \alpha \cdot s$$

$$\text{Beban Garis} \quad p' = \frac{P}{2,75} \cdot \alpha \cdot s$$

dimana :

s = jarak gelagar yang berdekatan (yang ditinjau) dalam meter, diukur dari sumbu ke sumbu

α = faktor distribusi

$\alpha = 0.75$ bila kekakuan gelagar melintang diperhitungkan

$\alpha = 1.00$ bila kekakuan gelagar melintang tidak diperhitungkan

q = beban merata.....ton/meter/jalur

p = beban garis.....ton/jalur

2) Gelagar pinggir

Beban hidup yang diterima oleh gelagar pinggir adalah beban hidup tanpa memperhitungkan faktor distribusi ($\alpha = 1.00$). Gelagar pinggir harus tetap direncanakan minimum sama kuat dengan gelagar tengah. Dengan demikian beban hidup yang diterima oleh tiap gelagar pinggir tersebut adalah sebagai berikut:

Beban merata $q' = \frac{q}{2,75} \cdot s'$

Beban Garis $p' = \frac{p}{2,75} \cdot s'$

dimana:

s' = lebar pengaruh beban hidup pada gelagar pinggir

q = beban merata.....ton/meter/jalur

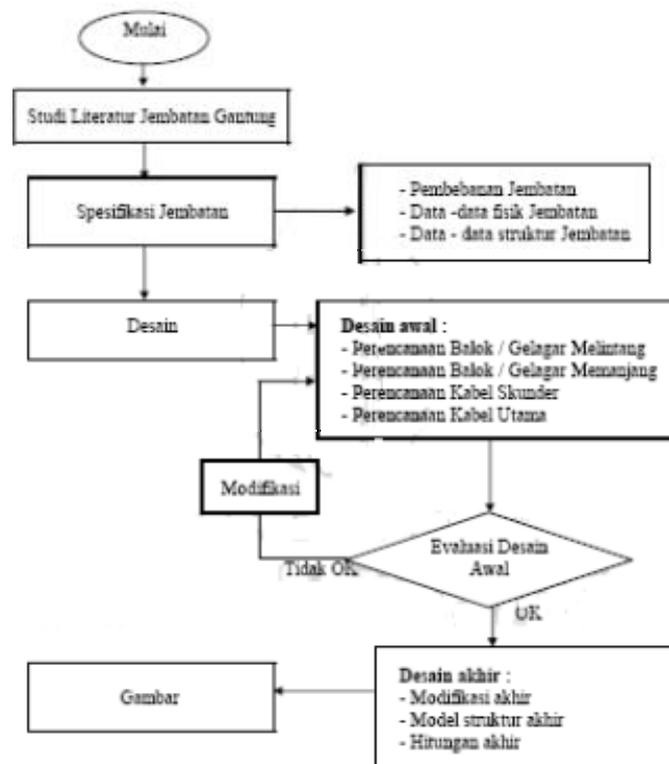
p = beban garis.....ton/jalur

BAB V

METODE DESAIN DAN PERENCANAAN GELAGAR/DECK JEMBATAN

A. Bagan Alir

Untuk mempermudah dalam perencanaan suatu jembatan, dibuat suatu alur sistematika. Adapun alur sistematika yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 18. Diagram alir perencanaan jembatan

1. Penjelasan Bagan Alir

Tahap-tahap pengerjaan Tugas Akhir

a. Mulai

b. Studi Literatur mengenai Jembatan

Studi literatur dimulai dari pengumpulan / penyusunan data-data (teori) tentang jembatan. Data-data (teori) yang dikumpulkan pada tahap ini adalah data-data tentang Peraturan Pembebanan Jembatan, Struktur Beton, dan Struktur Baja.

c. Spesifikasi Jembatan

Menentukan spesifikasi / data-data jembatan yang akan di desain:

1) Data-data fisik jembatan:

- a) Jenis Jembatan
- b) Bentang total
- c) Bentang utama
- d) Bentang tepi
- e) Lebar jembatan total
- f) Lebar total jalur lalu lintas (kendaraan)
- g) Jumlah jalur lalu lintas (kendaraan)
- h) Ruang bebas vertikal

2) Data-data struktur jembatan:

- a) Lantai / lapisan perkerasan dan lapisan aus jalan
 - Bahan / Material yang dipakai
 - Mutu Bahan
 - Tebal lantai
- b) *Deck* jembatan

- Bahan / Material yang dipakai

- Mutu Bahan

c) Kabel jembatan

- Jenis kabel

- Mutu

d. Desain

Perencanaan Struktur Jembatan Gantung dimulai dengan *preliminary design*.

1. Perencanaan *Deck*/Gelagar melintang

Pada tahap ini ada beberapa perhitungan:

a) Beban mati (semua ukuran diasumsikan sudah fix/sudah ada perhitungan terlebih dahulu), terdiri dari:

(1). Aspal

(2). Plat beton bertulang

(3). Rangka baja

(4). Genangan air

(5). Trotoar

(6). Tiang pengaman

b) Beban hidup, terdiri dari:

(1). Beban Truck → T

(2). Beban Garis → D

(3). Beban Angin

(4). Beban kejut ▪ K

c) Perhitungan Momen Maksimum

Setelah perhitungan pembebanan selesai, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan reaksi tumpuan untuk mendapatkan momen maksimum yang terjadi.

d) Kontrol terhadap tegangan dan lendutan

Pengecekan dilakukan untuk memeriksa apakah tegangan dan lendutan yang terjadi pada profil yang dipakai dalam perhitungan diatas masih dibawah batas yang diijinkan (maksimum) atau sudah melewati batas. Jika lendutan yang terjadi melewati / lebih besar dari batas yang diijinkan, maka profil tersebut harus diganti ukuran atau tipe profilnya.

2. Perencanaan *Deck*/Gelagar memanjang

Pada tahap ini ada beberapa perhitungan:

a) Beban mati (semua ukuran diasumsikan sudah fix / sudah ada perhitungan terlebih dahulu), terdiri dari :

- (1). Aspal
- (2). Plat beton bertulang
- (3). Rangka baja
- (4). Air
- (5). Trotoar
- (6). Tiang pengaman

b) Beban hidup, terdiri dari :

- (1). Beban Roda → T
- (2). Beban Garis → D
- (3). Beban Angin
- (4). Beban kejut → K

c) Perhitungan Momen Maksimum

Setelah perhitungan pembebanan selesai, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan reaksi tumpuan untuk mendapatkan momen maksimum yang terjadi.

d) Perhitungan Pembebanan akibat beban bergerak.

Pada perhitungan ini data yang dipakai adalah beban sumbu roda, beban garis dan faktor kejut. Untuk perhitungan momen maksimum menggunakan garis pengaruh.

e) Kontrol terhadap tegangan dan lendutan

Pengecekan dilakukan untuk memeriksa apakah tegangan dan lendutan yang terjadi pada profil yang dipakai dalam perhitungan diatas masih dibawah batas yang diijinkan (maksimum) atau sudah melewati batas. Jika lendutan yang terjadi melewati / lebih besar dari batas yang diijinkan, maka profil tersebut harus di ganti ukuran atau tipe profilnya.

3. Perencanaan Kabel Penggantung (sekunder)

Gaya (P) yang digunakan dalam perhitungan diameter penampang (A) kabel penggantung adalah

$q_{total} \times \frac{1}{n} + \text{berat sendiri kabel}$, dimana $q_{total} = q_{LL} + q_{DL}$, l

adalah bentang utama (*main span*) dan n adalah jumlah *section* di tambah dengan berat sendiri kabel. Untuk tegangan ijin tarik maksimum menggunakan tegangan ijin

baja 1600 kg/cm² (Baja ST 37) $\sigma = \frac{P}{A}$ Untuk menghitung

panjang/tinggi kabel penggantung menggunakan

persamaan: $y = 4f \frac{x}{l^2} (l - x)$ atau dengan menggunakan

program kecil "**BRANTAC**" (program/software hasil download dari internet)

4. Perencanaan Kabel Utama (primer)

Perhitungan tegangan pada kabel utama

Faktor pengurangan lendutan akibat pengaku

$$N = \frac{8}{5} + \frac{3EI}{Af^2Es} (1 + 8n^2)$$

$$\text{Tegangan kabel awal } T = \frac{q_{total} \cdot l^2}{8f} \cdot (1 + 16n^2)^{1/2}$$

Tegangan komponen horizontal

$$\text{awal } H_{\max} = \frac{1}{(5Nn)} \cdot PI \rightarrow n = \frac{f}{l}$$

$$\text{Panjang kabel setelah pembebanan } \Delta L = \frac{H \cdot l^2}{E_s \cdot A} \cdot \left(1 + \frac{16}{3} n^2\right)$$

$$\text{Lendutan sag } \Delta f = \frac{\Delta L}{\frac{16}{15} n(5 - 24n^2)}$$

$$\text{Tambahan komponen horizontal akhir } \Delta H = -\frac{H}{f} \cdot \Delta f$$

$$\text{Komponen horizontal akhir} = H_{\text{akhir}} = H - \Delta H$$

Tegangan pada kabel utama = tegangan kabel awal +
komponen horizontal akhir

$$= \left(\left(\frac{q_{\text{total}} \cdot l^2}{8f} \right) \cdot (1 + 16n^2)^{1/2} \right) + (H - \Delta H)$$

B. Data teknis Jembatan

| | |
|-------------------------|------------------|
| Bentang total | = 500 m |
| Bentang utama | = 250 m |
| Bentang tepi | = 125 m |
| Lebar total | = 14 m |
| Lebar jalur lalu lintas | = 12 m → 4 x 3 m |
| Lebar trotoar | = 2 m → 2 x 1 m |

Tinggi trotoar = 0.2 m

Tinggi menara dari permukaan jalan = 40m

Ruang bebas vertikal jembatan = 15m

Berat jenis beton bertulang = 2.4 t/m^3

Berat jenis lapisan aspal = 2.0 t/m^3

Berat jenis air = 1 t/m^3

Mutu baja = ST 37

Tegangan Tarik Ijin (σ_t) = 1600 kg/cm^2

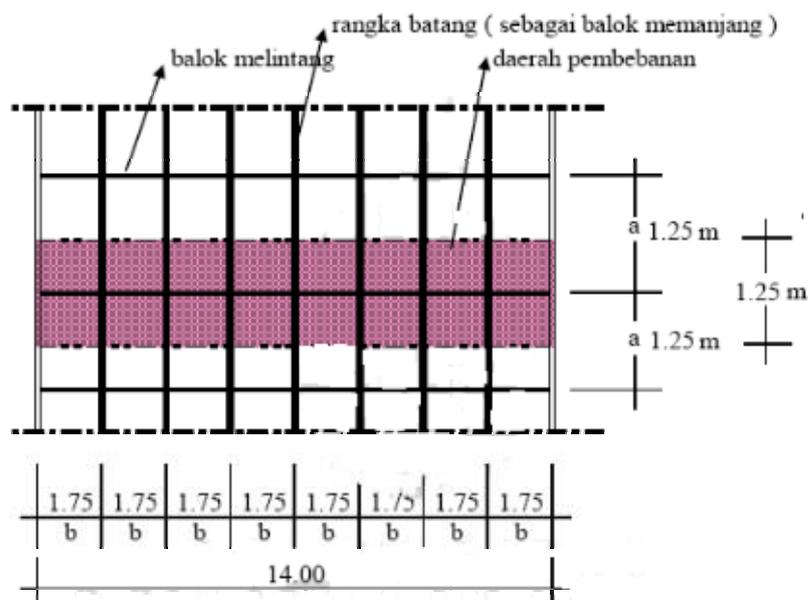
Tegangan Tekan Ijin (σ_d) = 2400 kg/cm^2

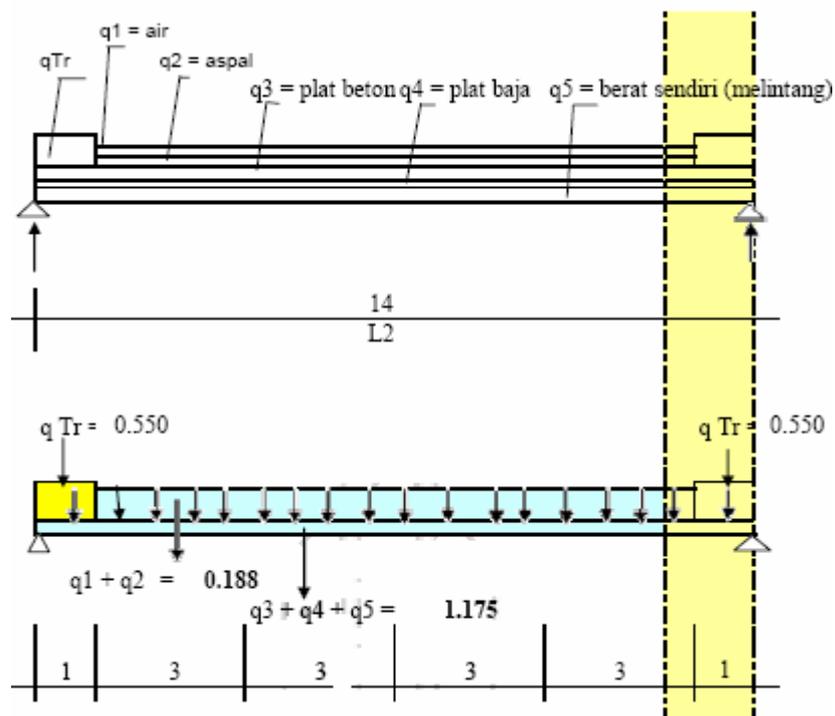
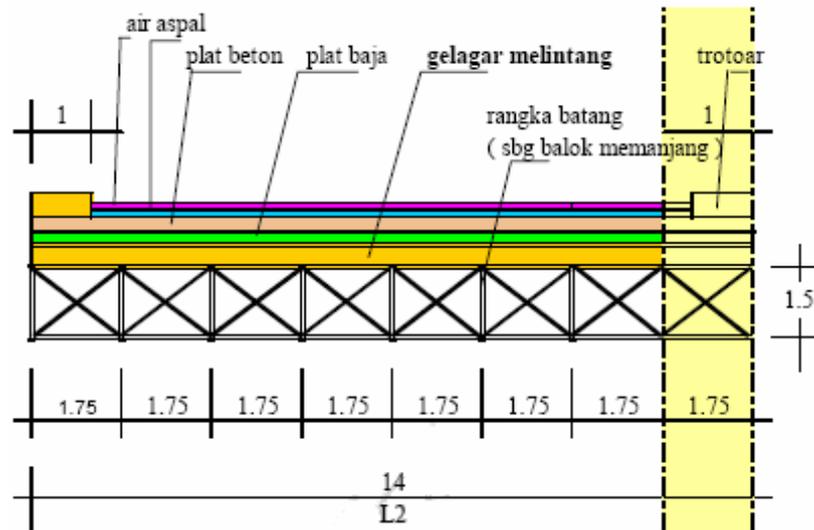
Tegangan Lentur Ijin (σ_b) = 2400 kg/cm^2

Tegangan Geser Ijin (τ) = $0.58 \times \sigma_t = 0.58 \times 1600 = 928 \text{ kg/cm}^2$

Modulus Elastisitas Baja (E_s) = $2.1\text{E}+6 \text{ kg/cm}^2$

C. Perencanaan/desain Gelagar/Deck Melintang





D. Beban Mati

Genangan air hujan ($t = 5 \text{ cm}$) = $0.05 \times 1.25 \times 1.0 = 0.063 \text{ t/m} \rightarrow q_1$

Lapisan aspal ($t = 5 \text{ cm}$) = $0.05 \times 1.25 \times 2.0 = 0.125 \text{ t/m} \rightarrow q_2$

Trotoar (beton t= 20 cm) = $0.20 \times 1.25 \times 2.2 = 0.550 \text{ t/m}'$

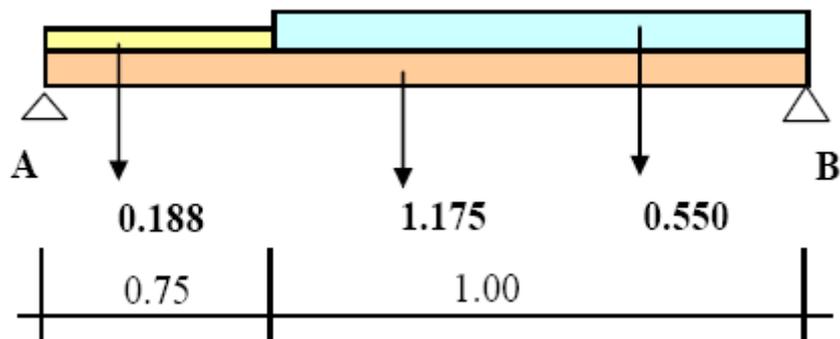
→ qtr

Plat beton (t= 35 cm) = $0.35 \times 1.25 \times 2.4 = 1.05 \text{ t/m}' \rightarrow q3$

Plat baja (t= 0.48 cm) = $1.25 \times 0.039 = 0.049 \text{ t/m}' \rightarrow q4$

Gelagar melintang (asumsi profil DIR 15) = $0.076 \text{ t/m}' \rightarrow q5 +$

= $1.910 \text{ t/m}'$



Dari perhitungan dengan program SAP diperoleh :

RA = 1.30 t

RB = 1.45 t

MBM max = 0.61 tm

DBM max = 1.45 t

BAB VI
METODE DESAIN DAN PERENCANAAN GELAGAR / DECK
JEMBATAN

A. Beban Hidup

1. Beban "D"

Beban "D" atau beban jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban-beban terbagi rata sebesar q t/m panjang per jalur, dan beban "P" ton per jalur lalu lintas.

Beban terbagi rata (q)

Untuk $L > 60$ m

$$q = 1,1x \left(1 + \frac{30}{L_1} \right)$$

$$q = 1,1x \left(1 + \frac{30}{250} \right) = 1,23t$$

$$q' = \left(\frac{q}{2,75} \right) x \alpha x a$$
$$= \left(\frac{1,23}{2,75} \right) x 1 x 1,25 = 0,56 / t / m / jalur$$

$$\frac{1}{2} q' = 0,28 / t / m / jalur$$

2. Beban garis (P)

$$P = 12 t$$

$$a = 1.25 m$$

$$P' = (P/2.75) x \alpha x a$$

$$= \left(\frac{12}{2,75} \right) \times 1 \times 1,25$$

$$P' = 5.45 \text{ t/jalur}$$

3. Koefisien kejut (K)

$$K = 1 + \left(\frac{20}{50 + L1} \right)$$

$$= 1 + \left(\frac{20}{50 + 250} \right) = 1,0667$$

Koefisien kejut hanya dikalikan pada beban garis 'P' saja

$$P = P' \times K$$

$$= 4,45 \times 1,0667 = 5,82 \text{ t/jalur}$$

$$1/2P' = 2,91 \text{ t/jalur}$$

4. Beban Truck ('T')

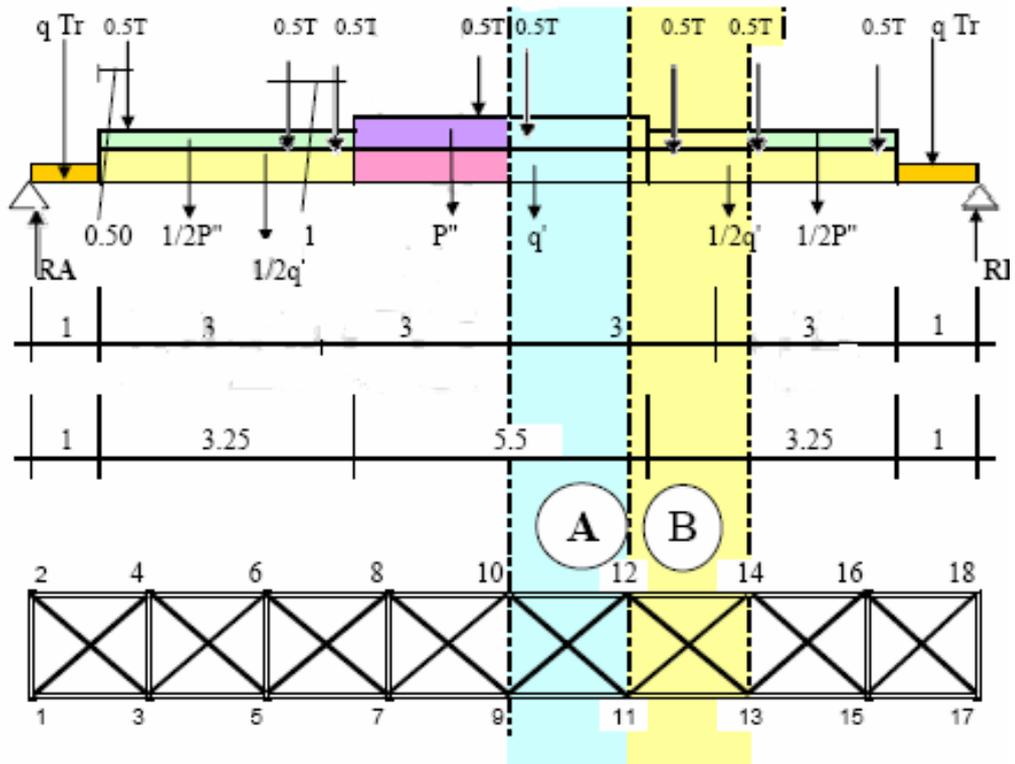
$$\text{Beban truck (T)} = 10 \text{ ton}$$

5. Beban Trotoar

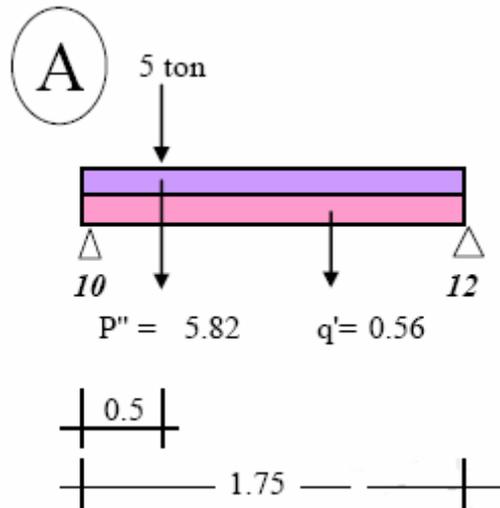
Berdasarkan pada Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya 1987 Bab III Pasal 2 ayat 2.5 (beban hidup pada trotoar, kerb dan sandaran) diperoleh: Muatan hidup trotoar : 500 kg/m²; untuk muatan trotoar = 60% dari muatan hidup trotoar dalam 1 bentang (a = 1.25 m)

$$\text{Muatan hidup trotoar (q}_{tr}) = 60\% \times 500 \text{ kg/m}^2 \times 1.25$$

$$= 375 \text{ kg/m} = 0.375 \text{ t/m}$$



Perhitungan A



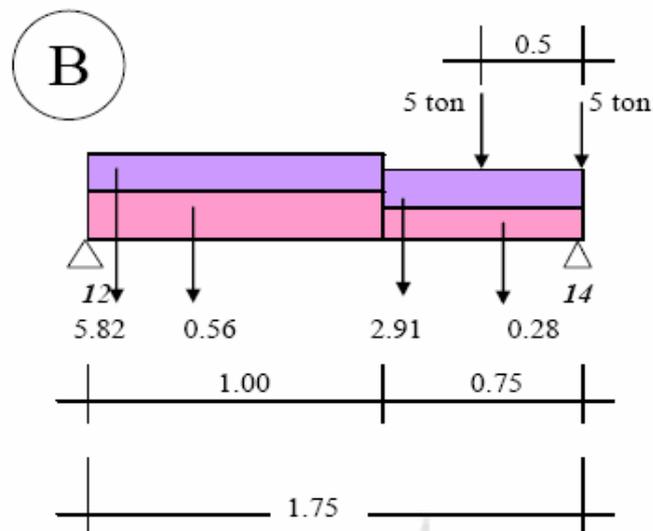
Dari perhitungan program SAP diperoleh:

R 10 = 9.15 t

R 12 = 7.01 t

$$\begin{aligned}
 \text{MBH max} &= 3.78 \text{ tm} \\
 \text{DBH} &= 9.15 \text{ t} \\
 \text{M total} &= \text{MBM max} + \text{MBH max} \\
 &= 0.61 + 3.78 \\
 &= 4.39 \text{ tm} = 439,000 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan B



Dari perhitungan program SAP diperoleh :

$$\text{R 10} = 6.50 \text{ t}$$

$$\text{R 12} = 12.27 \text{ t}$$

$$\text{MBH max} = 3.24 \text{ tm}$$

$$\text{DBH} = 7.27 \text{ t}$$

Dipakai yang terbesar (reaksinya) ---- **perhitungan B**

$$\begin{aligned}
 \text{M total} &= \text{MBM max} + \text{MBH max} \\
 &= 0.61 + 3.24 \\
 &= 3.85 \text{ tm} = 385,000 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

Dimensi gelagar

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\text{total}}}{W_{\text{perlu}}} = \frac{385.000}{1600} = 240.625 \text{ m}^3$$

dicoba dengan profil I DIR 15

$$I_x = 4610 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 530 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 320 \text{ cm}^3$$

$$d = 16 \text{ mm} = 1.6 \text{ cm}$$

Periksa tegangan dan lendutan

Tegangan yang terjadi (σ)

$$\sigma = \frac{M_{\text{total}}}{W_{\text{perlu}}} = \frac{385000}{530} = 726.42 \text{ kg/cm}^2 < \text{tegangan ijin } 1600 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Tegangan Geser

$$D_{\max} = \text{DBM} + \text{DBH}$$

$$= 1,45 + 7,27 = 8,72 \text{ ton} = 8720 \text{ kg}$$

$$\tau = \frac{D_{\max} \cdot S_x}{d \cdot I_x} = \frac{8.720 \times 320}{1.6 \times 4.610} = 378.31 \text{ kg/cm}^2 < \text{tegangan ijin geser } 928 \text{ kg/cm}^2$$

(OK)

Lendutan yang terjadi

$$\delta_{\max} = \frac{L}{500} = \frac{1400}{500} = 2.80 \text{ m}$$

$$P' = 5,82 \text{ ton} = 5.818,18 \text{ kg}$$

$$T = 10 \text{ ton} = 10.000 \text{ kg}$$

$$Q' = q_{\text{BM}} + q' + q_{\text{Tr}}$$

$$= 1,91 + 0,56 + 0,38$$

$$= 2,847 \text{ t/m}^3 = 28,47 \text{ kg/cm}$$

$$\delta = \frac{5}{384} x \frac{q(l)^4}{E.(I_x)} + \frac{1}{48} x \frac{T'(l)^3}{E.(I_x)} + \frac{1}{48} x \frac{P''(l)^3}{E(I_x)}$$

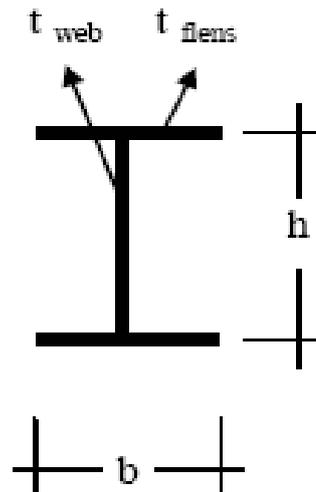
$$= \frac{5}{384} x \frac{28.47 \times 175^4}{2.100.000 \times 4.160} + \frac{1}{48} x \frac{10.000 \times 175^3}{2.100.000 \times 4.610} + \frac{1}{48} x \frac{5818,18 \times 175^3}{2.100.000 \times 4.610}$$

$$\delta = 0.035918744 + 0.115332761 + 0.067102697$$

$$\delta = 0.218354202 \text{ cm} < \text{Lendutan ijin } 2.80 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

Stabilitas balok (kip)

Syarat $\rightarrow \sigma \text{ tekan max} \leq \sigma \text{ kip}$



$$\text{Compact section } \frac{h}{t_{web}} = \frac{17,4}{1,6} = 10,88 < 75 \rightarrow \text{OKE}$$

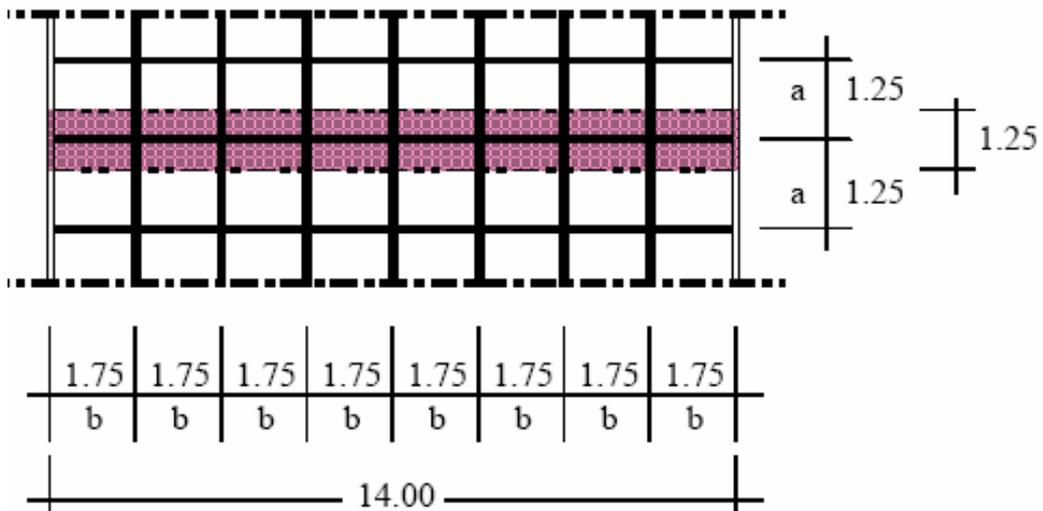
$$\frac{L}{h} = \frac{175}{17,4} \geq 125 x \frac{b}{t_{flens}}$$

$$\frac{L}{h} = 10,06 \geq 125 x \frac{15,8}{2,4} = 10,06 \geq 8,20 \rightarrow \text{OK}$$

$$C_1 = \frac{L x h}{b x t_{flens}} = \frac{175 x 17}{15,80 x 2,40} = 80,30 < 250 \text{ maka } \sigma_{kip} = \sigma'$$

jadi Gelagar melintang dipakai Baja profil DIR 15 berat = 76.3 kg/m

B. Perencanaan Rangka Batang Melintang



1. Beban Mati + Hidup

- a. Reaksi Max (titik buhul 14) □ perhitungan gelagar melintang = 12.27 t
- b. Berat rangka batang melintang



$$h = (14 \times 2) = 28.0 \text{ m}$$

$$(P \text{ Berat Sendiri}) \text{ asumsi profil DIR 25 } v = (1.5 \times 9) = 13.5 \text{ m}$$

$$d = (\sqrt{(1.75^2 + 1.5^2)}) \times 16$$

$$= 2.30 \times 16 = 36.90$$

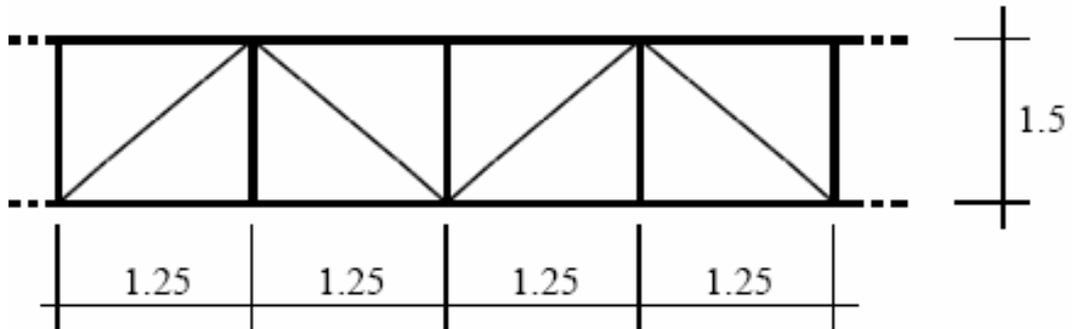
$$\text{Total (m)} = 28 + 13.5 + 36.9$$

$$= 78.4 \text{ m} \times 0.153 \text{ t/m}$$

$$\text{Total (ton)} = 12.0 \text{ t}$$

PBS → satu titik buhul = $12/8 = 1,503\text{ton}$

Berat rangka batang memanjang (asumsi profil DIR 25)



satu titik buhul → $h = 1.25 \times 2 = 2.50 \text{ m}$

$$v = (1.5 \times 1) = 1.50 \text{ m}$$

$$d = (\sqrt{(1.25^2 + 1.5^2)}) \times 1$$
$$= 1.953 \text{ m}$$

$$\text{Total (m)} = 2.5 + 1.5 + 1.953$$

$$= 6 \text{ m} \times 0.153 \text{ t/m}$$

$$\text{Total (ton)} = 0.913 \text{ t}$$

2. Beban Angin

Berdasarkan pada pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan

Jalan Raya 1987 bab III pasal 2 ayat (1) 1.2 a diperoleh:

$$\text{Beban angin} = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Luas bidang sisi (rangka) jembatan} = 1.5 \times 250 = 375 \text{ m}^2$$

$$= 150 \times 375 \times 30 \% = 16,875 \text{ kg}$$

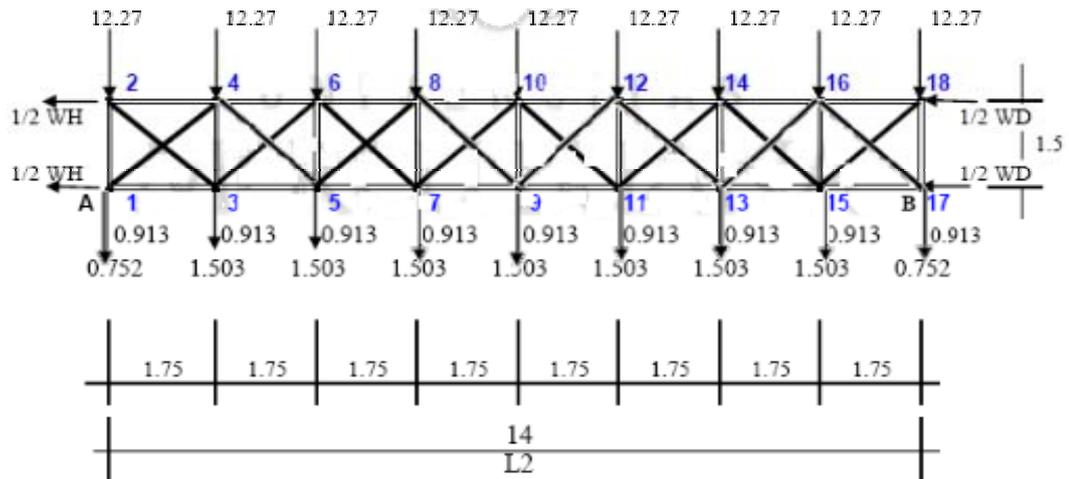
$$\text{Luas bidang sisi perkerasan} = 0.555 \times 250 = 138.7 \text{ m}^2$$

$$= 150 \times 138.7 \times 100\% = 20,805 \text{ kg}$$

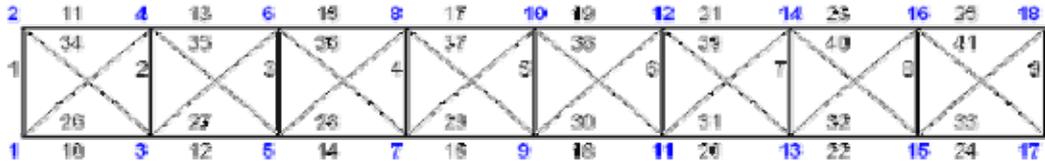
WD total = WH total = 37,680 kg

$$WD = WH = \frac{37680}{200} = 188,40kg$$

1/2WD = 1/2WH = 94,20kg = 0,0942ton



BAB VII
METODE DESAIN DAN PERENCANAAN GELAGAR / DECK
JEMBATAN



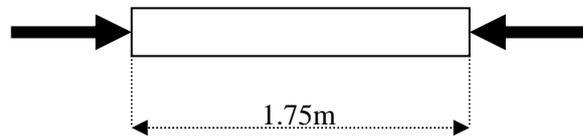
A. Batang horisontal atas (11,13,15,17,19,21,23,25)

Dari perhitungan dengan program SAP 2000 diperoleh:

$$P_{maks} = -124.6188 \text{ t} \rightarrow \text{batang 17,19}$$

$$= -124,618.8 \text{ kg (tekan)}$$

$$Lk = L_{maks} = 1.75 \text{ m} = 175 \text{ cm (sendi - sendi)}$$



Tegangan tekan ijin = 1600 kg/cm²

$$I_{min} = 1.69 \times P \times Lk^2$$

$$= - 644.9802 \text{ cm}^4$$

Dicoba profil DIR 20

dari tabel profil □ A = 136 cm²

$$I_y = 3800 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 10900 \text{ cm}^4$$

$$i_y = 5.28 \text{ cm}$$

$$i_x = 8.96 \text{ cm}$$

$$W_x = 991 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 369 \text{ cm}^3$$

$$\lambda = \frac{Lk}{i_{\min}} = \frac{175}{5,28} = 33,14 \leq 140 \text{ OKE}$$

dari tabel faktor tekuk $\lambda = 33 \rightarrow \omega = 1.088$

$$\lambda = 34 \rightarrow \omega = 1.096$$

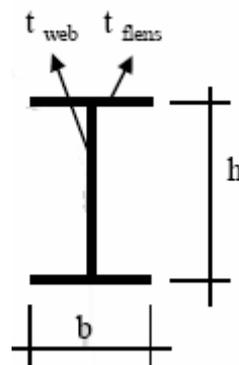
$$\omega = 1.0892$$

$$I_{\min} = 644.98 < I_y = 3800 \rightarrow \text{OK}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{n \cdot Lk^2} \\ &= \frac{9.8596 \times 2100000 \times 3800}{3.5 \times 30625} \\ &= 734037.16 \text{ kg} \\ &= 734.04 \text{ t} > P_{\max} = 124.619 \text{ t} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P \cdot \omega}{A} \\ &= \frac{124,618.8 \times 1.0892}{136} \\ &= 998.01 \text{ kg/cm}^2 < \text{Tegangan tekan ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Syarat kelangsingan



$$\frac{1/2 b}{t_{flenz}} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{10.3}{2.6} \leq 0.56 \sqrt{\frac{2100000}{2400}}$$

$$3.962 < 16.57 \rightarrow \text{OK}$$

$$\frac{h}{t_{web}} \leq 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{22}{1.6} \leq 1.49 \sqrt{\frac{2100000}{2400}}$$

$$13.75 < 44.07 \rightarrow \text{OKE}$$

Jadi batang horisontal atas dipakai profil DIR 20 □ berat = 107 kg/m

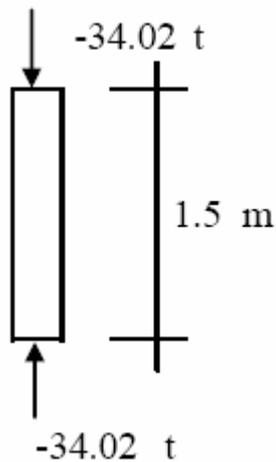
B. Batang vertikal (1,2,3,4,5,6,7,8,9)

Dari perhitungan dengan program SAP 2000 diperoleh:

$$P \text{ maks} = -34.0241 \text{ t} \square \text{ batang } 1,9$$

$$= -34024.10 \text{ kg (tekan)}$$

$$L_k = L \text{ maks} = 1.50 \text{ m} = 150 \text{ cm (sendi - sendi)}$$



$$\text{Tegangan tekan ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_{\min} = 1.69 \times P \times L_k^2$$

$$= - 644.9802 \text{ cm}^4$$

Dicoba profil DIR 20

dari tabel profil \square $A = 136 \text{ cm}^2$

$$I_y = 3800 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 10900 \text{ cm}^4$$

$$i_y = 5.28 \text{ cm}$$

$$i_x = 8.96 \text{ cm}$$

$$W_x = 991 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 369 \text{ cm}^3$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_{\min}} = \frac{150}{5,28} = 28,41 \leq 140 \text{ OKE}$$

dari tabel faktor tekuk

$$\lambda = 28 \rightarrow \omega = 1.052$$

$$\lambda = 29 \rightarrow \omega = 1.059$$

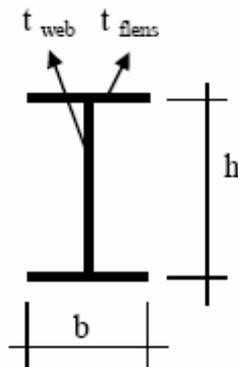
$$\omega = 1.0549$$

$$I_{\min} = 129.377 < I_y = 3800 \rightarrow \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{n \cdot L k^2} \\
 &= \frac{9.8596 \times 2100000 \times 3800}{3.5 \times 22500} \\
 &= 999106.13 \text{ kg} \\
 &= 999.11 \text{ t} > P_{\max} = 34.024 \text{ t} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{P \cdot \omega}{A} \\
 &= \frac{34024.1 \times 1.0549}{136} \\
 &= 263.9028 \text{ kg/cm}^2 < \text{Tegangan tekan ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Syarat kelangsingan



$$\frac{1/2 b}{t_{flens}} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{10.3}{2.6} \leq 0.56 \sqrt{\frac{2100000}{2400}}$$

$$3.962 < 16.57 \rightarrow \text{OK}$$

$$\frac{h}{t_{web}} \leq 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{22}{16} \leq 1.49 \sqrt{\frac{2100000}{2400}}$$

$$1.375 < 44.07 \rightarrow \text{OK}$$

Jadi batang vertikal dipakai profil DIR 20 \rightarrow berat = 107 kg/m

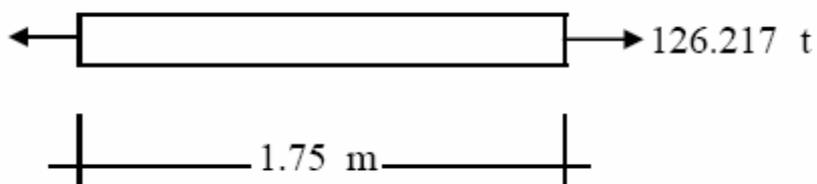
Batang horisontal bawah (10,12,14,16,18,20,22,24)

Dari perhitungan dengan program SAP 2000 diperoleh:

$$S \text{ maks} = 126.2172 \text{ t} \rightarrow \text{batang 16,18}$$

$$= 126217.2 \text{ kg (tarik)}$$

$$L_k = L \text{ maks} = 1.75 \text{ m} = 175 \text{ cm (sendi - sendi)}$$



$$\text{Tegangan tekan ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Dicoba profil DIR 20

$$\text{dari tabel profil} \rightarrow A = 136 \text{ cm}^2$$

$$I_y = 3800 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 10900 \text{ cm}^4$$

$$i_y = 5.28 \text{ cm}$$

$$i_x = 8.96 \text{ cm}$$

$$W_x = 991 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 369 \text{ cm}^3$$

$$\lambda = \frac{Lk}{I_{min}}$$

$$= \frac{175}{5.28} = 33.14 \leq 250 \rightarrow \text{OK}$$

$$\sigma = \frac{Starik}{Anetto} = \frac{Starik}{0.85 \times Abrutto}$$

$$= \frac{126217.2}{115.6}$$

$$= 1091.8443 \text{ kg/cm}^2 < \text{Tegangan tekan ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Jadi batang horizontal bawah dipakai profil DIR 20 \rightarrow berat = 107 kg/m

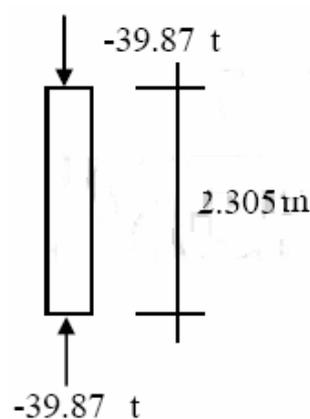
Batang Diagonal (26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41)

Dari perhitungan dengan program SAP 2000 diperoleh:

$$P \text{ maks} = -39.8683 \text{ t} \rightarrow \text{batang 26}$$

$$= -39868.3 \text{ kg (tekan)}$$

$$L_k = L \text{ maks} = 2.3049 \text{ m} = 230.49 \text{ cm (sendi - sendi)}$$



$$\begin{aligned} \text{Tegangan tekan ijin} &= 1600 \text{ kg/cm}^2 \\ I_{\min} &= 1.69 \times P \times Lk^2 \\ &= - 357.9426 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Dicoba profil Kanal 28

$$\begin{aligned} \text{dari tabel profil} \rightarrow A &= 53.3 \text{ cm}^2 \\ I_y &= 399 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$I_x = 6280 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2.74 \text{ cm}$$

$$i_x = 10.9 \text{ cm}$$

$$W_x = 448 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 572 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{Lk}{I_{\min}} \\ &= \frac{230.49}{2.74} = 84.12 \leq 140 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

$$\text{dari tabel faktor tekuk} \quad \lambda = 84 \rightarrow \omega = 1.682$$

$$\lambda = 85 \rightarrow \omega = 1.703$$

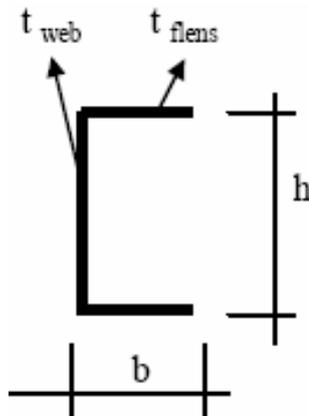
$$\omega = 1.6872$$

$$I_{\min} = 357.943 < I_y = 399 \rightarrow \text{OK}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{n \cdot Lk^2} \\ &= \frac{9.8596 \times 2100000 \times 399}{3.5 \times 53125} \\ &= 44430.837 \text{ kg} \\ &= 44.43 \text{ t} > P_{\max} = 39.868 \text{ t} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P \cdot \omega}{A} \\ &= \frac{39868.3 \times 1.6872}{53.3} \\ &= 1261.9916 \text{ kg/cm}^2 < \text{Tegangan tekan ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Syarat kelangsingan



$$\frac{b}{t} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{9.5}{1.5} \leq 0.56 \sqrt{\frac{2100000}{2400}}$$

$$6.333 < 16.57 \rightarrow \text{OK}$$

$$\frac{h}{t_{web}} \leq 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{28}{1} \leq 1.49 \sqrt{\frac{2100000}{2400}}$$

$$28 < 44.07 \rightarrow \text{OK}$$

Jadi batang vertikal dipakai profil Kanal 28 \rightarrow berat = 41.8 kg/m

Perhitungan sambungan baut

Tegangan ijin (σ') = 1600 kg/cm²

Tegangan geser (τ') = 0.6 x σ
= 960 kg/cm²

Tegangan tumpu (σ_{tu}) = 1.5 x σ' \rightarrow untuk $S1 \geq 2d$
= 2400 kg/cm²

Tegangan tumpu (σ_{tu}) = 1.2 x σ' \rightarrow untuk $1.5d \leq S1 < 2d$
= 1920 kg/cm²

$S1$ = jarak baut yang terakhir terhadap ujung batang

Perhitungan kebutuhan baut

Digunakan baut dia. $\frac{3}{4}$ " = 1.905 cm

Diameter lubang = 2.005 cm

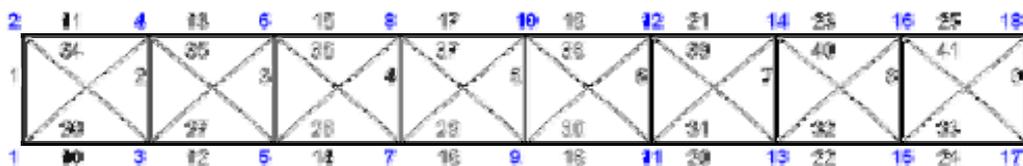
Tebal plat penyambung = 1.6 cm

Potongan ganda

$$\begin{aligned} N_{\text{geser}} &= 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2 \times \tau' \\ &= 2 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 2.005^2 \times 960 \\ &= 6,058.89 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\text{tumpu}} &= 2 \times t \times d \times \sigma_n \\ &= 2 \times 1.6 \times 2.005 \times 1920 \\ &= 12,318.72 \text{ kg} \end{aligned}$$

diambil nilai terkecil (NG) = 6,058.89 kg



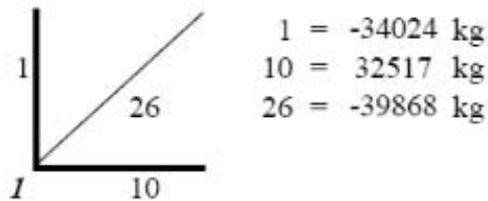
jarak baut

$$S1 = 1.5d = 2.86 \text{ cm} \rightarrow 3 \text{ cm}$$

$$S3 = 3d = 5.72 \text{ cm} \rightarrow 6 \text{ cm}$$

Titik Buhul 1

n = jumlah baut



$$n_1 = \frac{34024}{6058.89} = 5.6155 \approx 6 \text{ bh}$$

$$n_{10} = \frac{32517}{6058.89} = 5.3667 \approx 6 \text{ bh}$$

$$n_{26} = \frac{39868}{6058.89} = 6.58 \approx 8 \text{ bh}$$

untuk mempermudah perhitungan jumlah baut, maka dibuat tabel seperti dibawah ini:

TABEL KEBUTUHAN BAUT

| No | Titik Buluh | Btg | P (kg) | N geser (kg) | Jml Baut (n) (P / N geser) | Pembulatan | Ket |
|----|----------------|-----|------------|-----------------|-------------------------------|------------|-----|
| 1 | 1 | 1 | -34,024.10 | 6,058.98 | -5.61548 | 6 | |
| | | 10 | 32,516.70 | 6,058.98 | 5.36669 | 6 | |
| | | 26 | -39,868.30 | 6,058.98 | -6.58003 | 8 | |
| 2 | 2 | 1 | -34,024.10 | 6,058.98 | -5.61548 | 6 | |
| | | 11 | -24,518.10 | 6,058.98 | -4.04657 | 6 | |
| | | 34 | 29,286.10 | 6,058.98 | 4.83350 | 6 | |
| 3 | 3 | 2 | -1,736.60 | 6,058.98 | -0.28662 | 4 | |
| | | 10 | 32,516.70 | 6,058.98 | 5.36669 | 6 | |
| | | 12 | 77,340.90 | 6,058.98 | 12.76467 | 14 | |
| | | 27 | -26,026.40 | 6,058.98 | -4.29551 | 6 | |
| | | 34 | 29,286.10 | 6,058.98 | 4.83350 | 6 | |
| 4 | 4 | 2 | -1,736.60 | 6,058.98 | -0.28662 | 4 | |
| | | 11 | -24,518.10 | 6,058.98 | -4.04657 | 6 | |
| | | 13 | -76,170.40 | 6,058.98 | -12.57149 | 14 | |
| | | 26 | -39,868.30 | 6,058.98 | -6.58003 | 8 | |
| | | 35 | 24,444.10 | 6,058.98 | 4.03436 | 6 | |

DAFTAR PUSTAKA

- Edifrizal, Dharma. 2012. Perencanaan Struktur Jembatan. Pusat Pengembangan Bahan Ajar. Universitas Mercubuana: Jakarta.
- Supriyadi, Bambang dan Muntohar, A.S. 2005. Analisis Struktur Jembatan. Yogyakarta.
- Dewobroto, Wiryanto. 2005. Perkembangan Jembatan di Indonesia. Universitas Pelita Harapan: Jakarta.