TUGAS PAPER
MATA KULIAH TEKNIK SUNGAI
RANGKUMAN BANGUNAN SILANGAN DENGAN SUNGAI
BUKU DASAR DASAR TEKNIK SUNGAI (OEHADIJONO, 1993)

Irwansyah Ruslan ¹⁾ Kristina Berta Sani ²⁾ Irwan ³⁾ Lisbet Watumlawar ⁴⁾
^{1), 2), 3), 4)} Mahasiswa/I Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sorong

VIII. BANGUNAN SILANGAN DENGAN SUNGAI

1. PENGERTIAN.

Sudah sejak peradaban manusia transportasi sungai tidak saja melalui arus sungai hilir mudik, tetapi juga melintasi sungai dari tebing satu ke tebing yang lain. Kalau pada jaman dahulu penyeberangan sungai itu menggunakan rakit, perahu atau kapal, tetapi dengan perkembangan ilmu dan teknologi dapat menggunakan fasilitas transportasi lainnya sesuai dengan fungsinya.

Pada jaman sekarang transportasi persilangan sungai menggunakan fasilitas – fasilitas sebagai berikut :

- a. Jembatan
- b. Gorong – gorong dan terowongan
- c. Sypson

a. Jembatan.

Yang dimaksud dengan jembatan adalah suatu struktur yang berfungsi memberikan fasilitas lalu lintas bagi pejalan kaki, kendaraan, kereta api atau benda cair.

1) Klasifikasi jembatan.

Yang di jelaskan pada naskah ini hanya pokok – pokok saja berdasarkan material yang di gunakan yaitu :

- a) Tipe – tipe jembatan kayu adalah :
 - Tipe balok penopang (truss beam)
 - Tipe balok terikat (tied beam)
 - Tipe busur
 - Tipe cantilever
 - Tipe gantung
- b) Jembatan pasangan batu.
Tipe – tipe pasangan batu adalah :
 - Tipe busur tetap (ficed arch bridge)
 - Tipe busur dengan engsel hinged arch bridge)
 - Tipe busur ikatan simpul (bowstring girder arch)
- c) Jembatan baja.
Tipe – tipe jembatan baja adalah :
 - Tipe plaat
 - Tipe gelagar
 - Tipe busur
 - Tipe busur gelagar ikatan simpul
 - Tipe kerangka kaku
 - Tipe dapat di gerakan

d) Jembatan beton bertulang.

Tipe – tipe jembatan bertulang adalah :

- Tipe papan
- Tipe balok T dengan papan
- Tipe kerangka kaku
- Tipe kerangka portal bentangan ganda (Multiple span portal frame tipe).
- Tipe kantilever berpasangan (doubled cantilever type).
- Tipe busur tong (barrei arch type).
- Tipe busur rusuk

e) Jembatan apung (floating bridge).

Tipe – tipe jembatan apung adalah :

- Jembatan perahu
- Jembatan rakit
- Jembatan ponton (pantoon bridge).

2) Struktur jembatan

Struktur jembatan dapat dibagi menjadi dua bahagian yaitu:

- Struktur bawah (substructure) dan
- Struktur atas (superstructure)

Struktur bawah dapat diibaratkan seperti pada gedung yaitu : pondasi, kolom – kolom dan dinding – dinding dimana semuanya itu menyangga atap (superstructure). Pada jembatan yang disebut struktur bawah terdiri atas pondasi, tiang penyangga, (pier), tembok pangkal abutment), dinding sayap dan struktur hubungan antara badan jalan dan jembatan bagian atas yang disebut oprit (ramp).

Struktur atas (superstructure) adalah struktur yang digunakan untuk lalu lintas yang di jamin keamanannya. Bagian atas jembatan terdiri dari : (pagar) dinding samping kiri kanan (parabat), lapisan jalur jalan (roadway) dan gelagar (girders), penopang atau busur yang menyangga jalur jalan.

Lantai jalur jalan dapat diletakkan menurut kerangka penyanggganya yaitu :

- Pada puncak disebut deck bridge
- Pada tengah – tengah disebut semi through bridge
-

3) Penggerusan (scouring).

Dalam naskah ini tidak dibahas tentang teori – teori jembatan, namun dalam teknik sungai yang penting adalah pengaruh pengairan. Yang dapat mengakibatkan akibat – akibat buruk karena di bangunnya suatu bangunan silangan pada sungai yang berupa jembatan dan bagaimana cara menanganulangnya. Akibat buruk tersebut terutama adanya bahaya penggerusan (scouring) disekeliling tiang jembatan dan tembok pangkal terutama pada pondasi.

Pengaruh penggerusan itu akan membawah butiran – butiran tanah kearah hilir. Akibat penggerusan mencapai pondasi, daya dukung tanah pondasi semakin berkurang, tiang jembatan maupun pangkal jembatan akan turun dan akan mengakibatkan jembatan ambruk. Oleh karena itu

bahaya \penggerusan bagi terancamnya tiang dan pangkal jembatan harus diperhitungkan.

Untuk mengamankan jembatan terhadap bahaya penggerusan harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a) Lokasi jembatan seyogyanya ditempatkan pada pengaliran yang lurus dan lancar (stream – line – flow).
 - b) Bentuk tiang jembatan dan pangkal harus didesain sedemikian rupahingga tidak mengakibatkan adanya pusaran (addies) dan arus yang deras (curent).
 - c) Tidak mengganggu ruang bebas pengaliran asli, sehingga kecepatanpengaliran itu tidak membawah material atau erosi pada dasar sungaidisekeliling tiang jembatan. Dengan kata lain lebar sungai asli harus di pertahankan.
 - d) Pada lokasi jembatan partikel material disungai harus memiliki bentuk, berat dan kohesi yang dapat bertahan terhadap kecepatan pengaliran yang tinggi.
 - e) Tebing sungai disebelah hulu, hilir dan calon lokasi bendungan harus cukup baik, tidak mudah kena erosi.
 - f) Untuk melindungi jembatan terhadap penggerusan dapat dilalukan dengan menanamkan tiang jembatan kedalam dasar sungai sesuai dengan perhitungan.
 - g) Apabila dasar sungai terdiri dari pasir, maka pondasi tiang jembatan dapat ditopang oleh tiang pancang.
- Banyak metode untuk menentukan pengaruh penggerusan maksimum yang terjadi pada dasar sungai.
Berikut disajikan rumus empiris menurut “Lacey” yang laziim dikenaldengan persamaan rezim (regime eguation)

$$D = 0.473 \left(\frac{Q}{F} \right) \times R$$

Dimana :

D	=	dalamnya penggerusan (m)
Q	=	debit pengaliran banjir (m ³ /det)
F	=	Faktor lumpur Lacey
R	=	Nilai dengan angka sebagai berikut :
R	=	1.27 → Untuk sungai lurus
R	=	1.50 → Untuk sungai dengan radius belokan sedang
R	=	1.75 → Untuk sungai dengan radius belokan tajam
R	=	2.00 → Untuk sungai dengan sudut belokan siku
R	=	2.00 → Untuk ujung – ujung pilar jembatan

Nilai factor lumpur Lacey diperhitungkan berdasarkan rumus empiris

$$f = 1,7\sqrt{m}$$

Dimana m adalah diameter rata – rata dari partikel endapan di sungai.

Pada sungai yang lebar didaerah eluvial dimana tebing – tebingnya sudah mantap, tetapi dasar sungai mudah tererosi maka penggerusan normal dapat ditentukan dengan rumus empiris sebagai berikut :

$$D = \frac{Q}{W \cdot V}$$

$$D = \frac{1,1}{N} W \cdot D^{\frac{5}{3}} \sqrt{S}$$

$$D = \frac{1,2}{f^{0.33}} \frac{Q^{0.63}}{W^{0.60}}$$

Dimana :

- W = Lebar basah sungai
- V = Kecepatan aliran
- N = Koefisien manning
- S = Kemiringan sungai
- f = Faktor lumpur Lacey

Untuk arus normal kedalaman penggerusan maksimum adalah tidak seragam. Pada tabel 34 menunjukkan kedalaman penggerusan maksimum berdasarkan pengaliran yang berbeda – beda.

Berdasarkan pengamatan bahaya penggerusan jembatan akan terjadi pada :

- Sudut – sudut tembok pangkal dan
- Ujung bagian hilir pilar – pilar

Kadang – kadang untuk menentukan nilai R dari formula

$$D = 0,473 \left(\frac{Q}{f} \right)^{1/3} \times R$$

Digunakan rumus empiris

$$R = \left(\frac{W}{L} \right)^{0.61}$$

Dimana :

- W = Lebar lezim Lacey dari sungai
- L = Lebar saluran dibawah jembatan

Yang paling efektif menanggulangi bahaya penggerusan ialah dengan cara mengurangi kecepatan pengaliran dibawah jembatan.

Contoh soal :

Tentukan kedalaman penggerusan maksimum di daerah eluvial dimana debit banjir pada sungai sebesar $450 \text{ m}^3/\text{det}$, factor lumpur 1,1. Berapa m kedalaman penggerusan untuk :

- Jembatan yang akan dibangun memiliki 3 bentangan masing – masing 45 m.
- Jembatan yang akan dibangun memiliki 4 bentangan masing – masing 25 m

Jawab :

Lebar resim permukaan menggunakan rumus :

$$W = 4,8\sqrt{Q}$$

$$Q = 450 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$W = 4,8\sqrt{450} = 101,81 \text{ m}$$

Soal a.

Seluruh panjang bentangan jembatan $3 \times 45 = 135 \text{ m}$ atau $1 = 135 \text{ m} > W$

$$\begin{aligned} D &= 0,473 \left(\frac{Q}{f} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 0,473 \left(\frac{450}{1,1} \right)^{\frac{1}{3}} = 3,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan demikian kedalaman penggerusan maksimum pada ujung (hidung) pilar jembatan disebelah hilir = 2 D atau :

$$D_m = 2 \times 3,5 \text{ m} = 7,0 \text{ m}$$

Soal b.

Seluruh panjang bentangan jembatan :

$$L = 4 \times 25 \text{ m} = 100 \text{ m} < W$$

Karena saluran sungai 100 m kurang dari lebar normal (135 m), maka kedalaman penggerusan normal atau resim kedalaman menggunakan rumus :

$$D' = D \left(\frac{W}{L} \right)^{0.61}$$

$$= 0,473 \left(\frac{450}{1,1} \right)^{1/3} \times \left(\frac{108,81}{100} \right)^{0,61}$$

$$= 3,5 \text{ m}$$

Maka kedalaman penggerusan maksimum :

$$D = 2 D' = 2 \times 3,5 = 7 \text{ m}$$

$$D = 7 \text{ m}$$

4) Pengaliran Balik (afflux)

Dengan dibangunnya pilar-pilar jembatan dan pangkal-pangkal jembatan mengakibatkan pengaliran dilokasi tersebut terganggu. Pada lokasi hidung pilar bagian hulu menjadi nai, setelah melewati hidung pada dinding pilar terjadi penurunan dan setelah melewati hidung bagian hilir menjadi normal kembali. Perbedaan permukaan tersebut dinamakan pengaliran balik atau tepatnya Afflux.

Afflux tersebut harus dijadikan pertimbangan dalam rangka menghitung stabilitas pilar dan stabilitas pangkal jembatan.

Untuk menetapkan pengaruh afflux diperlukan bantuan data sebagai berikut :

- Resim pengaliran, lebar sungai normal disebelah hulu calon jembatan.
- Penentuan tinggi dari struktur yang akan dilindungi terhadap pengendalian sungai.
- Penentuan ketinggian total dari struktur di hitung dari dasar sungai hingga pilar bagian atas atau pangkal jembatan bagian atas.

Dari dasar tersebut diatas maka afflux diusahakan serendah mungkin dengan pertimbangan sebagai berikut :

- Apabila afflux tersebut semakin besar berarti kecepatan pengaliran lebih tinggi, akibatnya pengerukan semakin dalam berarti pondasi jembatan harus didalamkan lagi.
- Apabila afflux tersebut semakin tinggi, maka muka air banjir sungai menjadi lebih tinggi lagi, akibatnya genangan kanan kiri sungai menjadi semakin luas.

Metode untuk menentukan pengaruh afflux, berikut :

Disajikan dua rumus empiris yaitu :

a) Oleh MERRIMAN

$$X = \left(\frac{50 V^2}{g} \right) \left\{ \left(\frac{L^2}{c^2 l^2} \right) \cdot 1 \right\}$$

Dimana :

- x = Afflux (m)
 V = Kecepatan pengaliran rata – rata (m/det)
 C = Koefisien pengaliran
 g = Gravitasi
 L = Lebar sungai normal
 f = Lebar sungai di bawah jembatan

b) Oleh MOLESWORTH

$$X = \left(\frac{V^2}{17,8} + 0,015 \right) \left\{ \left(\frac{A}{a} \right)^3 - f \right\}$$

Dimana :

- x = Afflux (m)
 V = Kecepatan pengaliran rata – rata (m/det)
 L = Lebar sungai di bawah jembatan
 A = Luas penampang basah sungai
 a = Luas penampang basah dibawah jembatan

Dari rumus – rumus di atas dapat disimpulkan bahwa untuk mengurangi nilai afflux berarti harus meninggikan atau menambah f dan c yang berarti memperluas penampang basah saluran dibawah jembatan.

Jelas disini bahwa pada waktu menentukan calon lokasi jembatan harus dicari kecepatan pengaliran yang sekecil mungkin. Untuk sungai yang lebar dan besar, afflux dapat diambil 60 cm di daerah aluvial dan delta, serta antara 90 cm hingga 120 cm untuk daerah berbatuan dimana sungai mengalir cepat.

Contoh Soal.

- 1) Diketahui debit banjir di bawah jembatan = $975 \text{ m}^3/\text{det}$. Apabila lokasi jembatan ditempatkan di daerah belokan sedang faktor lumpur Lacey = 1,5 , tentukan kedalaman pengerukan.

Jawab.

$$\begin{aligned} \text{Rumus Lacey : } D &= 0,173 \left(\frac{Q}{t} \right)^{1/3} \times R \\ D &= 0,473 \left(\frac{974}{1,5} \right)^{1/3} \times 1,5 = 6,14 \text{ m} \end{aligned}$$

- 2) Dari soal tersebut di atas, apabila lebar sungai normal = 481 m sedangkan lebar saluran di bawah jembatan = 400 m dan kecepatan pengaliran 1,5 m/det, berapa ketinggian afflux tersebut.

Jawab.

Menggunakan rumus MERRIMAN.

$$X = \left(\frac{50 V^2}{g} \right) \left\{ \left(\frac{L^2}{c^2 l^2} \right) \cdot 1 \right\}$$

$$\begin{aligned}
 X &= \left(\frac{50 \times 1,52}{9,81} + 0,015 \right) \left\{ \left(\frac{481,2}{(0,9 \times 400)^3} \right) - 1 \right\} \\
 &= (0,091 + 0,015) \{ (1,753) - 1 \} \\
 &= 0,069 \text{ m} = 6,9 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- 3) Pada jembatan lebar sungai adalah = 185 m. Apabila debit banjir rencana = 1.400 m³/det dimana lebar sungai = 245 m, sedangkan kedalaman banjir rata-rata = 3,5 m, hitung besarnya afflux.

Jawab.

Luas penampang basah sungai :

$$A = 245 \times 3,5 = 857,5 \text{ m}^2$$

Luas penampang basah pada jembatan :

$$A = 185 \times 3,5 = 647,5 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1,400}{857,5} = 1,63 \text{ m/det}$$

$$V = 1.63 \text{ m/det}$$

Tingginya afflux dihitung menurut rumus Molesworth :

$$X = \left(\frac{V^2}{17,9} + 0,015 \right) \left\{ \left(\frac{A}{a} \right)^2 \cdot 1 \right\}$$

$$X = \left(\frac{1,63^2}{17,9} + 0,015 \right) \left\{ \left(\frac{857,5}{647,5} \right)^2 \cdot 1 \right\}$$

$$= (0,091 + 0,015) \{ (1,753) \cdot 1 \}$$

$$= 0,106 \times 0,753 = 0,08 \text{ m}$$

$$x = 8 \text{ cm}$$

b. Gorong-gorong dan Terowongan

1) Pengertian

Gorong-gorong adalah bangunan silang yang melintang dibawah sungai yang arahnya horizontal atau sedikit miring yang digunakan untuk transportasi air atau juga untuk keperluan pelindung dari transmisi kabel atau barang cair seperti minyak bumi. Gorong-gorong yang ukuran besar umumnya berupa tunnel dan digunakan untuk keperluan-keperluan pejalan kaki (pedestrian tunnel) jalan raya dan kereta api. Karena gorong-gorong dan tunnel (terowongan) dibuat dibawah sungai maka

dituntut untuk tidak bocor (rembesi) mampu menahan gaya-gaya diluar dan gaya yang ada didalamnya serta harus stabil akan bergerak.

2) Bentuk Profil gorong-gorong dan terowongan

Bentuk profil gorong-gorong dan terowongan adalah sebagai berikut :

a) Lingkaran (Circular)

Bentuk lingkaran umumnya digunakan untuk saluran tenaga air dan air limbah. Keuntungan bentuk lingkaran adalah :

- Panjang keliling (perimeter) yang terpendek
- Luas penampangnya terbesar
- Lebih ekonomis
- Sangat cocok dibangun pada tanah yang con cohesive
- Tiap bagian potongan memanjang dalam membuatnya dapat digunakan tameng (shield)
- Potongan lingkaran sangat cocok untuk membawa air bagi tenaga listrik dan sluran riolerin (pembuangan air limbah)

Bentuk potongan lingkaran tidak menguntungkan bagi keperluan : jalan raya dan kereta api karena diperlukan banyak pengisian material pada bagian yang tidak dimanfaatkan kecuali untuk tujuan serbaguna.

b) Telapak kuda (Horse-Shoe)

Bentuk telapak kuda paling umum dipergunakan bertalian dengan peralihan bentuk antara bentuk lingkaran dan bentuk busur. Keuntungan dari bentuk telapak kuda adalah :

- Gaya-gaya luar yang bekerja ditahan oleh (resisted by) bagian lekukan dan bagian busur.
- Bentuk telapak kuda paling cocok untuk batuan lunak (soft rock)
- Untuk pembangunan jalan raya dan kereta api adalah ekonomis karena keperluan pengisian struktur relative sedikit.
- Profil telapak kuda mempunyai ruangan yang luas untuk daerah pekerjaan maupun untuk menempatkan material selama berlangsungnya pembangunan terowongan.
- Profil telapak kuda juga cocok sebagai saluran pembawa air maupun air limbah

c) Bentuk Persegi Panjang

Bentuk Profil persegi panjang hanya cocok apabila melalui bantuan yang keras dan kokoh. Profil ini dibangun menggunakan beton bertulang pada umumnya dipergunakan untuk pejalan kaki (pedestrian tralic). Metode pelaksanaan pekerjaan terowongan bentuk persegi panjang adalah sulit dengan biaya yang tinggi. Oleh karena itu jangan dipakai.

d) Bentuk Elips

Bentuk elips ini digunakan pada terowongan yang batuanannya lunak dengan banyaknya sumbu-sumbu retak-retak ke arah vertikal. Pada saat ini sudah tidak lagi digunakan orang

e) Bentuk Bulat Telur

Bentuk profil telur akhir-akhir ini banyak digunakan terutama untuk pembuangan air limbah. Adapun pertimbangannya karena dapat membersihkan dari kecepatan pada pengalirannya walaupun pada musim kering atau sedikit hujan. Profil bentuk telur juga baik untuk menahan baik gaya luar maupun gaya dari dalam.

f) Bagian Atap Bentuk Segment

Profil bagian atap bentuk segment cocok untuk jalan dibawah tanah (sungai) dan untuk keperluan navigasi. Bagian bentuk atap segment menampung gaya-gaya luar dan gaya-gaya tersebut diteruskan ke dinding sisi vertikal. Profil tersebut cocok untuk keperluan keras. Apabila menghadapi tanah lembik maka dinding sisi harus diperkuat dengan beton bertulang yaitu guna menahan gaya-gaya luar.

c. Sifon (Syphon)

1) Latar Belakang

Sifon (syphon) adalah saluran pembawa benda cair (air,minyak) yang melintasi sungai dimana bentuk profil memanjang mirip U atau V yang dasarnya memanjang. Biaya pembangunan sifon adalah mahal karena itu sebelum sampai keputusan terakhir ada beberapa pertimbangan perlunya dibangun sifon adalah :

- a) Apabila saluran pembawa (water way) sama atau lebih tinggi dari muka air banjir disungai.
- b) Apabila membuta gorong-gorong tidak memungkinkan
- c) Apabila membuat tanggul tidak memungkinkan
- d) Apabila membangun talang akan mengganggu tinggi bebas permukaan air disungai.
- e) Apabila membangun talang biayanya lebih tinggi daripada membuat sifon.

2) Letak bangunan Sifon

Tergantung dari kondisi lapangan (topografi,geologi,morfologi) dan kondisi lingkungan, maka perletakan bangunan sifon ada dua kemungkinan :

- a) Dibawah dasar sungai
- b) Diatas muka banjir maksimum apabila jurangnya sangat dalam.

3) Bahan Bangunan Sifon

Tergantung daripada besar kecilnya dimensi sifon, maka bahan bangunan sifon dibuat dari :

- Kayu untuk sifon kecil
- Pipa beton pracetak untuk sifon sedang. Di USA menggunakan precast concrete dengan ukuran diameter 120 Inchi (3.048m)
- Beton bertulang monolitis untuk sifon ukuran besar dan paling banyak digunakan di dunia.
- Pipa baja tahan karet untuk sifon bahan bakar minyak
- Pipa baja tahan karat diselimuti beton bertulang untuk sifon PLTA
-

4) Pedoman Umum Bagi Desainer

Hal-hal yang perlu diperhatikan bagi perencana (desainer) untuk merencanakan bangunan sifon adalah sebagai berikut :

- Data-data pendukung untuk perencanaan harus secermat mungkin yang meliputi : topografi, hidrologi, geologi, morfologi sungai, geoteknik, dan lingkungan hidup.
- Sungai asli tidak boleh dirusak dengan adanya pembangunan sifon.
- Pondasi sifon harus stabil terhadap semua gaya-gaya yang bekerja.
- Jumlah pipa minimal 2 agar system pemberian air atau minyak tidak terlalu terganggu. Hal ini dimungkinkan apabila terjadi kerusakan, perbaikan atau control daripada salah satu pipa. Sistem pemberian bahan cair harus diutamakan tidak mengganggu struktur sifon.
- Adanya kontruksi khusus agar benda-benda padat tidak memasuki sifon. Karena itu di mulut struktur pemasukan dilengkapi dengan saringan (trashrack). Bila perlu dilengkapi dengan alat-alat mekanik untuk membersihkan kotoran
- Kelebihan debit saluran yang akan memasuki pipa sifon harus dibuang, jadi harus ada kontruksi spillway.
- Didepan mulut sifon hulu harus tersedia bangunan penangkap sedimen yang sewaktu-waktu dapat dikuras dan dibuang diluar pipa sifon.
- Kecepatan pengaliran dalam pipa sifon harus dijamin tidak akan merusak dinding sifon. Menurut pengalaman kecepatan pengaliran berkisar antara 1,5 M/det 2,50 M/det.
- Kehilangan tekanan pengaliran dari mulut sifon sampai dengan mulut pengeluaran harus sekecil mungkin.
- Adanya kontruksi pemecah energy dimulut pengeluaran sifon.
- Harus disiapkan manual atau pedoman tertulis cara eksploitasi dan pemeliharaan sifon termasuk didalamnya.
- Cara pengamanan dan keselamatan manusia dan binatang.

DAFTAR PUSTAKA

Oehadijono.(1993). *Dasar-Dasar Teknik Sungai*. Jakarta: Universitas Hasanuddin