
BAB IV

ANALISA DATA

Untuk memperoleh struktur jembatan yang efektif dan efisien maka diperlukan suatu perencanaan yang matang dengan mempertimbangkan berbagai aspek yang saling berkaitan dari berbagai disiplin ilmu yang berbeda. Hal ini mempunyai tujuan agar konstruksi jembatan yang direncanakan dapat berfungsi secara optimal tanpa mengesampingkan faktor-faktor ekonomi dan sosial daerah tersebut.

Di dalam memilih jenis struktur jembatan, maka aspek-aspek yang perlu diperhatikan antara lain :

- Aspek lalu lintas
- Aspek hidrologi
- Aspek mekanika tanah
- Aspek topografi

Dalam bab ini, aspek yang akan ditinjau adalah aspek lalu lintas, aspek hidrologi, aspek mekanika, dan aspek topografi tanah dari sungai setempat :

4.1 Aspek Lalu lintas

Untuk menentukan suatu kelas jembatan perlu ditinjau kepadatan lalu lintas daerah tersebut. Dengan diketahuinya kepadatan lalu lintas yang lewat pada ruas jalan tersebut dalam waktu tertentu yang dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP), maka akan diketahui kelas jalan tersebut. Setelah kelas jalan diketahui, maka dapat ditentukan tebal perkerasan, lebar jembatan dan persyaratan lainnya. Pada umumnya lalu lintas jalan raya terdiri dari kendaraan campuran yaitu kendaraan cepat, kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Dalam

hubungannya dengan kapasitas jalan, pengaruh dari setiap kendaraan tersebut terhadap keseluruhan lalu lintas diperhitungkan dengan membandingkan terhadap pengaruh dari satuan mobil penumpang. Pengaruh dalam hal ini dipakai dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP).

4.1.1 Pertumbuhan Lalu-Lintas

Dari data survey yang dilakukan oleh Dirjen Bina Marga diperoleh data LHR untuk ruas jalan Jepara - Tayu sebagai berikut :

No	Golongan	1997	1998	1999	2000
1	Sepeda motor	2647	2383	2167	2357
2	Sedan, Jeep, Station Wagon	335	354	432	855
3	Oplet, Pick up, Mini bus, Daihatsu	606	717	785	804
4	Bus	823	742	812	1099
5	Truk 2 as	30	60	65	101
6	Truk 3 as	15	18	15	32
	Total LHR	4456	4274	4278	5248

Tabel 4.1 Data LHR Ruas Jalan Jepara - Tayu Tahun 1997 - 2000

Untuk memperhitungkan jumlah LHR, digunakan persamaan regresi :

$$y = a + bx,$$

dimana : y = data berkala

x = waktu

a & b = konstanta

Tahun	x	LHR (y)	xy
1997	0	4456	0
1998	1	4274	4274
1999	2	4278	8556
2000	3	5248	16044
Jumlah	6	18256	28874

Tabel 4.2 Analisa Regresi LHR jalan Jepara – Tayu 1997 – 2000

$$b = \frac{(n * (\sum XY)) - (\sum X) * (\sum Y)}{n * \sum X - (\sum X)}$$

$$a = \frac{\sum Y - b * \sum X}{n}$$

dimana n = jumlah data

Diperoleh :

$$b = \frac{(4 * 28874) - (6) * (18256)}{4 * 6 - 6} = 331$$

$$a = \frac{18256 - 331 * 6}{4} = 4068$$

Jadi persamaan regresinya adalah :

$$y = 4068 + 331 x$$

Pertumbuhan lalu lintas per tahun rencana adalah :

$$I_n = (LHR_n - LHR_{(n-1)}) / LHR_{(n-1)} * 100 \%$$

Sedangkan pertumbuhan lalu lintas sampai dengan akhir umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$I = (\sum I_n) / \sum n$$

Hasil Analisa Regresi LHR ruas jalan Jepara – Tayu tahun 2006 – 2026 dapat dilihat dalam tabel di bawah :

Tahun Regresi	Umur Rencana	Tahun Rencana	LHR	I (%)
9	0	2006	7047	4.7
10	1	2007	7378	4.49
11	2	2008	7709	4.29
12	3	2009	8040	4.12
13	4	2010	8371	3.95
14	5	2011	8702	3.8
15	6	2012	9033	3.66
16	7	2013	9364	3.53
17	8	2014	9695	3.41
18	9	2015	10026	3.3
19	10	2016	10357	3.2
20	11	2017	10688	3.1
21	12	2018	11019	3
22	13	2019	11350	2.92
23	14	2020	11681	2.83
24	15	2021	12012	2.76
25	16	2022	12343	2.68
26	17	2023	12674	2.61
27	18	2024	13005	2.55
28	19	2025	13336	2.48
29	20	2026	13667	2.42
	Jumlah			69.8

Tabel 4.3 Hasil Analisa Regresi LHR jalan jalan Jepara – Tayu 2006 – 2026

Angka pertumbuhan lalu lintas ruas jalan Jepara – Tayu rata-rata adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 I &= (\Sigma I_n) / \Sigma n \\
 &= 69.8 / 20 \\
 &= 3.49 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode regresi linear didapat angka pertumbuhan rata-rata (I) sebesar 3.49 %

4.1.2 Kapasitas Jalan

Berdasarkan pedoman IHCM '97 untuk kondisi lalu lintas jembatan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 UD) adalah, Kapasitas dasar (C_0) = 3100 smp/jam, Faktor penyesuaian akibat lebar lajur (FC_w) = 0.91, Faktor penyesuaian akibat pemisah arah (FC_{sp}) = 1, Faktor penyesuaian akibat hambatan samping (FC_{sf}) = 0.97. Jadi besarnya kapasitas jalan ditunjukkan dengan persamaan :

$$C = C_0 * FC_w * FC_{sp} * FC_{sf}$$

$$C = 3100 * 0.91 * 1 * 0.97$$

$$C = 2737 \text{ smp/jam}$$

4.1.3 Derajat Kejenuhan

Tingkat kinerja jembatan ditinjau dari derajat kejenuhan (DS) yang terjadi pada ruas jalan tersebut dan jika nilai derajat kejenuhan melebihi 0,75 maka dapat dikatakan bahwa ruas jalan tersebut tidak nyaman serta harus segera ditambah jumlah lajurdengan tujuan untuk memperkecil nilai DS. Perhitungan kinerja lalu lintas dihitung pada tahun di mana jembatan mulai dioperasikan. (tahun 2006) sampai umur rencana (tahun 2026).

Besarnya derajat kejenuhan ditunjukkan dengan persamaan :

$$DS = Q_{DH}/C$$

Dimana : DS = Derajat kejenuhan

$$VJP = \text{Volume lalu lintas (smp/jam)}$$

$$= LHRT \times k \rightarrow k = 0.08 \text{ (rasio antara uarus jam rencana VLHR)}$$

$$C = \text{Kapasitas jalan / jembatan (smp/jam)}$$

Dalam tabel 4.3 volume lalu lintas didapat nilai dari regresi linear, LHRT awal umur rencana tahun 2006 sampai dengan akhir umur rencana tahun 2026 dengan pertumbuhan $I = 4.95 \%$.

Untuk mengetahui derajat kejenuhan (DS) pada ruas jalan Jepara - Tayu pada tiap tahun mulai tahun 2006 hingga akhir umur rencana 2026 maka dilakukan perhitungan dalam bentuk tabel.

Umur Rencana	Tahun Rencana	LHRT (smp/hr)	VJP (smp/jam)	Nilai Parameter		
				C	DS	Ket
0	2006	7047	564	2737	0.21	layak
1	2007	7378	590	2737	0.22	layak
2	2008	7709	617	2737	0.23	layak
3	2009	8040	643	2737	0.24	layak
4	2010	8371	670	2737	0.24	layak
5	2011	8702	696	2737	0.25	layak
6	2012	9033	723	2737	0.26	layak
7	2013	9364	749	2737	0.27	layak
8	2014	9695	776	2737	0.28	layak
9	2015	10026	802	2737	0.29	layak
10	2016	10357	829	2737	0.3	layak
11	2017	10688	855	2737	0.31	layak
12	2018	11019	882	2737	0.32	layak
13	2019	11350	908	2737	0.33	layak
14	2020	11681	934	2737	0.34	layak
15	2021	12012	961	2737	0.35	layak
16	2022	12343	987	2737	0.36	layak
17	2023	12674	1014	2737	0.37	layak
18	2024	13005	1040	2737	0.38	layak
19	2025	13336	1067	2737	0.39	layak
20	2026	13667	1093	2737	0.4	layak

Tabel 4.4 Perhitungan Derajat Kejenuhan

Berdasarkan perhitungan di atas, pada tahun 2026 besarnya VJP adalah 1176 smp/jam dan besarnya derajat kejenuhan (DS) adalah $0.4 < 0.75$. Maka analisa jembatan dengan kondisi tersebut akan mampu melayani volume lalu lintas dengan aman dan nyaman sampai tahun 2026.

4.1.4 Kelas Jalan

Dalam Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya no. 13 tahun 1970, klasifikasi dan fungsi jalan dibedakan seperti dalam tabel berikut :

Klasifikasi Jalan	Kelas	LHR (smp)
Utama	I	> 20.000
Sekunder	II A	6.000 – 20.000
	II B	1.500 – 8.000
	II C	< 2.000
Penghubung	III	

Tabel 4.5 Penentuan Klasifikasi Jalan

Dari hasil perhitungan diperoleh LHR ruas jalan Jepara - Tayu sebesar 13.198 smp, maka ruas jalan tersebut termasuk dalam klasifikasi jalan kelas II A dengan LHR antara 6.000 – 20.000 smp.

Jembatan Tarakan direncanakan dengan umur 20 tahun, maksudnya adalah agar jembatan ini dapat mengantisipasi volume lalu lintas pada masa 20 tahun mendatang.

4.2 Aspek Hidrologi

Dari data sekunder yang bersumber dari Badan Meteorologi Dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang dengan lokasi Kecamatan Tarakan Kabupaten Jepara diketahui curah hujan bulanan untuk lima tahun dari tahun 1995 sampai tahun 2000.

4.2.1 Analisa Frekuensi Curah Hujan

Data hidrologi dibutuhkan untuk menentukan muka air tertinggi saat terjadi debit banjir maksimum.

Perhitungan menggunakan metode *Gumbel* untuk memprediksi debit banjir pada periode ulang 50 tahunan dengan menggunakan data curah hujan selama lima tahun. Adapun curah hujan maksimum sungai berdasarkan data dari stasiun sungai setempat adalah sebagai berikut :

Tahun	Xi (mm)	Xr	Xi - Xr	(Xi - Xr) ²
1995	125	117.5	7.5	56.25
1996	127	117.5	9.5	90.25
1997	110	117.5	-7.5	56.25
1998	82	117.5	-35.5	1260.25
1999	98	117.5	-19.5	380.25
2000	163	117.5	45.5	2070.25
	705			3913.5

Tabel 4.6 Curah Hujan Rata-rata maksimum 1995 - 2000

$$X_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum x}{n} = \frac{705}{6} = 117.5 \text{ mm}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (X_i - X_{\text{rata-rata}})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3913.5}{5}} = 27.97$$

$$K_r = 0,78 \left\{ -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right] \right\} - 0.45 = 2.60 \quad \Rightarrow T_r = 50$$

$$X_{T_r} = X_{\text{rata-rata}} + (K_r * S_x) \quad \Rightarrow X_{T_r} = X_{50} = R$$

$$X_{50} = R = 117.5 + (2.60 * 27.97) = 190.22 \text{ mm}$$

Dimana :

Xrata-rata = Curah hujan mak rata-rata selama tahun pengamatan

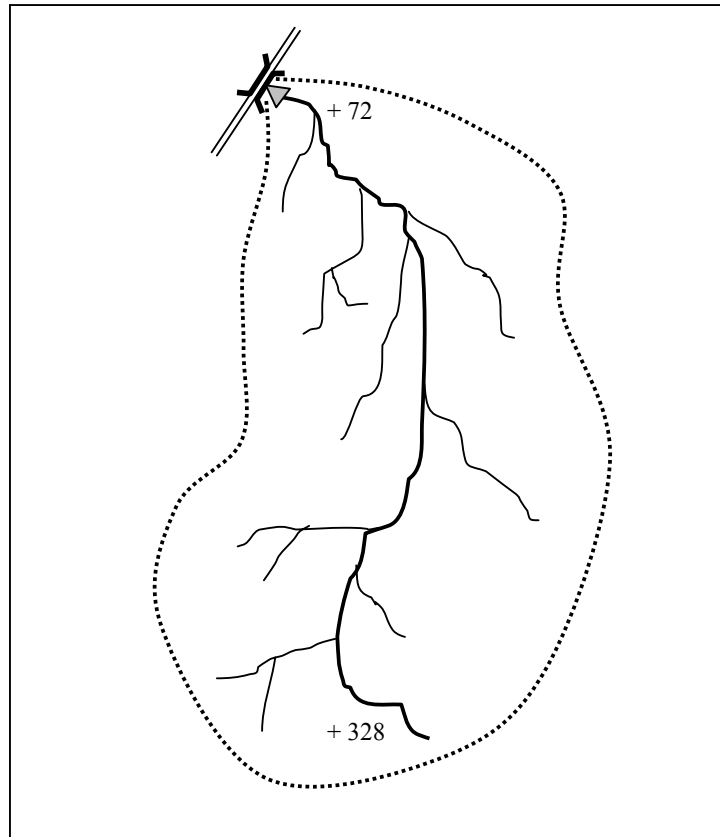
Sx = Standard deviasi

Kr = Faktor frekuensi

Xtr = Besarnya curah hujan untuk periode tahun berulang

4.2.2 Perhitungan Debit Banjir

Analisis debit banjir adalah analisis untuk mengetahui besarnya debit banjir untuk suatu periode ulang tertentu. Sehubungan dengan perencanaan ini periode ulang debit banjir yang direncanakan adalah periode ulang 50 tahun.



Gambar 4.1. Daerah Tangkapan Sungai

1. Panjang aliran sungai (L) = 24 km
2. Selisih elevasi = $(328 - 72) = 256$ m
3. Kemiringan dasar sungai (i) = $256 / 24000 = 0.01$
4. Koefisien run off (C) = 0.6
5. Tinggi hujan maksimum (R) = 190.22 mm

Perhitungan banjir rencana ditinjau dengan cara Formula *Rational Mononobe* :

1. Luas daerah aliran sungai (DAS) $A = 29 \text{ km}^2$
2. Kecepatan Aliran $(V) = 72 \times \left[\frac{H}{L} \right]^{0,6} = 72 \times \left[\frac{250}{24000} \right]^{0,6} = 4.65 \text{ m / dt}$
3. *Time Concentration* $(TC) = \frac{L}{V} = \frac{24000}{4.65} = 5161.29 \text{ dt} = 1.43 \text{ jam}$
4. Intensitas Hujan :

$$(I) = \frac{R}{24} * \left[\frac{24}{TC} \right]^{0,67} = \frac{190.22}{24} * \left[\frac{24}{1.43} \right]^{0,67} = 52.44 \text{ mm / jam}$$

$$I = 1.456 \times 10^{-5} \text{ m/dt}$$
5. Debit banjir

$$(Q_{tr}) = C * I * A * = 0,6 * 1.456 \times 10^{-5} \text{ (m/dt)} * 41000000 \text{ (m}^2\text{)}$$

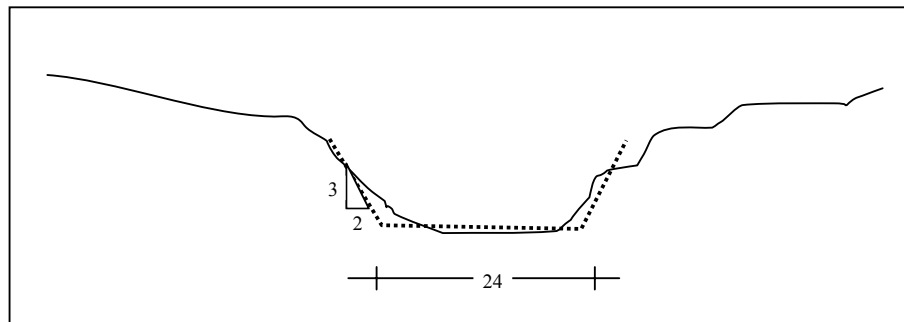
$$= 253.34 \text{ m}^3\text{/dt}$$

4.2.3 Perhitungan Muka Air Banjir (MAB)

$$Q_{50} = A \cdot V$$

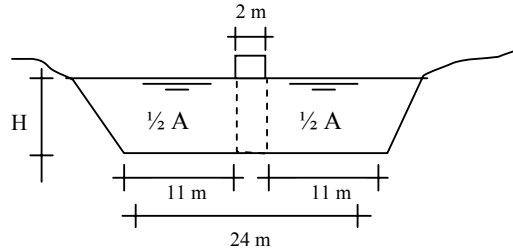
$$A = 253.34 / 4.65$$

$$= 54.48 \text{ m}^2$$



Gambar 4.2. Penampang sungai

Dari data topografi diketahui lebar $B = 24$ m dengan kemiringan lereng 1 : 3. Kemudian karena pengaruh pilar pada jembatan lama selebar 2 m, maka terjadi pengurangan lebar dasar (B) menjadi 22 m :



Sehingga persamaannya menjadi :

$$\frac{1}{2} A = 27,24 \text{ m}^2$$

$$A = BH + \frac{1}{2} mH * H$$

$$27,24 = 11 H + \frac{1}{2} 1,667 H^2$$

$$0,833 H^2 + 11 H - 27,24 = 0$$

$$H = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$H = \frac{-11 \pm \sqrt{11^2 - 4 * 0,833 * -27,24}}{2 * 0,833}$$

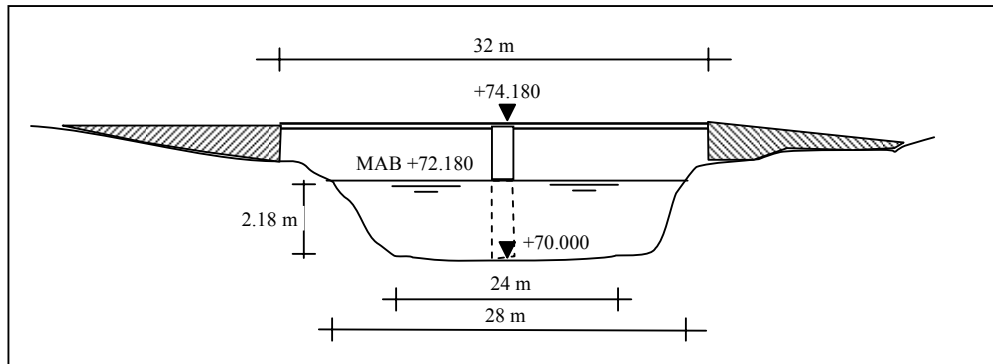
$$H_1 = 2,18 \text{ m}$$

$$H_2 = -15,32 \text{ m}$$

Dengan rumus ABC, diperoleh : $H = 2.18$ m.

$$\text{Lebar muka air banjir} = [(0.66 \times 2,18) + 11] \times 2 = 24,889 + 2 = 26,889 \approx 28 \text{ m}$$

Jadi tinggi muka air banjir (MAB) adalah 2.18 m dari dasar sungai dengan elevasi dasar sungai +70.000, sehingga elevasi MAB +72.180, menurut Peraturan Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (hal 22) bahwa tinggi bebas yang disyaratkan untuk jembatan minimal 1,00 meter di atas MAB, maka tinggi jembatan direncanakan $2.18 + 1 + 1 = 4.18$ m dari elevasi dasar sungai sehingga elevasi tinggi jembatan +74.180 m di atas permukaan laut.



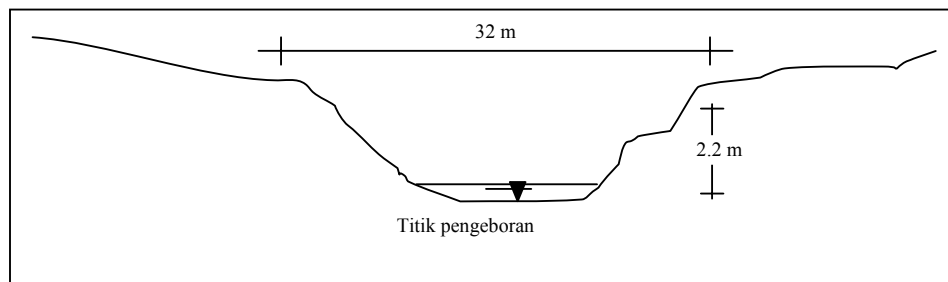
Gambar 4.3. Tinggi Muka Air Banjir

4.3 Aspek Mekanika Tanah

Data tanah dibutuhkan untuk mengetahui komposisi susunan material dan nilai properties tanah sehingga dapat diketahui kekuatan tanah dasar untuk menerima beban dari suatu bangunan.

a. Penyelidikan dengan boring

Dari penyelidikan boring kedalaman 2 meter sudah didapatkan nilai SPT 60 dari titik dasar sungai. Penyelidikan dilakukan dari ± 0.00 m sampai kedalaman -9.50 m.



Gambar 4.4. Posisi titik pengeboran

-
-
- Kedalaman 0.00 – 01.00 : Tanah butir kasar padat medium campur koral padat
 - Kedalaman 1.00 - 2.00 : Pasir halus campur kerikil dan oral cokelat keabu-abuan.
 - Kedalaman 2.00 - 5.00 : Pasir sangat kasar campur kerikil dan koral padat hitam.
 - Kedalaman 5.00 - 7.00 : Kerikil campur koralsedikit pasir padat hitam.
 - Kedalaman 7.00 – 8.00 : Pasir sangat kasar campur kerikil dan koral padat hitam.
 - Kedalaman 8.00 – 9.50 : Kerikil campur koral sedikit pasir kasar padat hitam.

b. Pemilihan Jenis Pondasi

Pemilihan jenis pondasi tergantung pada beban yang harus didukung, kondisi tanah dasarnya dan biaya pembuatan pondasi yang dibandingkan terhadap biaya struktur atasnya.

Dari data penyelidikan boring tanah didapatkan tanah keras pada kedalaman -2.00 m dari muka tanah setempat. Pada kondisi tanah yang memiliki letak tanah keras yang tidak terlalu dalam, maka jenis pondasi yang dipakai adalah jenis pondasi dangkal. Jadi alternatif pilihannya yang dipakai adalah dengan menggunakan pondasi langsung.

4.4 Aspek Topografi

Topografi dalam arti luas adalah permukaan tanah. Tetapi disini topografi diartikan sebagai ketinggian suatu tempat yang dihitung dari permukaan air laut. Dari peta topografi ini dapat ditentukan elevasi tanah asli, lebar sungai dan bentang efektif jembatan. Data topografi ini diperlukan untuk menentukan trase jalan pendekat / oprit. Analisis geometrik jalan pendekat / oprit yang meliputi alinyemen vertikal dan horisontal diperhitungkan untuk memberikan rasa aman dan nyaman bagi semua pengendara ataupun pengguna jalan saat melintasi

jembatan (memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan saat melintasi pergantian antara jalan dengan jembatan).

Dari trase jalan yang sudah ada pada ruas jalan Jepara – Tayu, elevasi tanah asli berada pada + 74.00 m di atas permukaan air laut. Dari pengamatan, panjang jembatan direncanakan 45 m. Dengan melihat kondisi lapangan, medan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Klasifikasi medan	Kemiringan
Datar (D)	0 – 3 %
Perbukitan (B)	3 – 25 %
Pegunungan (G)	> 25 %

Tabel 4.7. Klasifikasi Medan

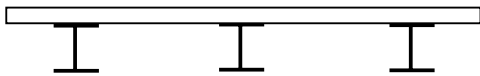
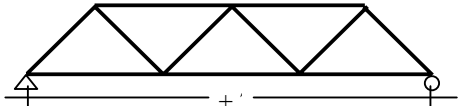
Berdasarkan peta topografi dan tabel di atas, maka medan termasuk dalam golongan datar sehingga tidak diperlukan analisa dan perencanaan alinyemen vertikal.

4.5 Alternatif Pemilihan Struktur Jembatan

Dari analisa lalu lintas dan analisa hidrologi diperoleh panjang jembatan adalah 45 meter dibagi menjadi dua bentang masing-masing 22.5 meter. Dengan mempertimbangkan beberapa alternatif yang dapat dipilih akan didapatkan struktur yang tepat dan efektif.

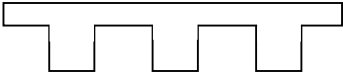
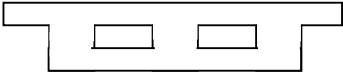
4.5.1 Bangunan Atas

a. Bangunan Atas Baja

Jenis	Bentuk	h/L	L (m)
Gelagar I dan pelat beton		1/20	15–50
Gelagar I dan rangka baja		1/8 – 1/11	30-100

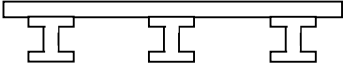
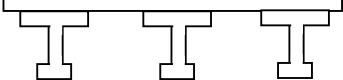
Tabel 4.7. Alternatif Bangunan Atas Baja

b. Bangunan atas beton bertulang

Jenis	Bentuk	h/L	L (m)
Gelagar beton konvensional		1/12-1/15	6 – 20
Gelagar beton box		1/12-1/15	12 – 30

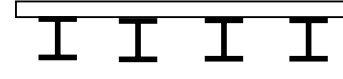
Tabel 4.8. Alternatif Bangunan Atas Beton

c. Bangunan atas beton prategang

Jenis	Bentuk	h/L	L (m)
Gelagar I		1/6-1/17	20 - 45
Gelagar T		1/17.5	20 - 40

Tabel 4.9. Alternatif Bangunan Atas Beton Prategang

d. Bangunan atas beton komposit

Jenis	Bentuk	h/L	L (m)
Gelagar komposit		1/25-1/27	5 - 25

Tabel 4.10. Alternatif Bangunan Atas Komposit

Dari berbagai alternatif tipe bangunan di atas kemudian dilakukan analisa untuk memilih tipe bangunan atas dengan kriteria pemilihan mempunyai bentang

efektif 32 meter. Pertimbangannya adalah keuntungan dan kerugian masing-masing tipe ditinjau dari pelaksanaan, biaya, dan pemeliharaan seperti diuraikan dalam tabel sebagai berikut :

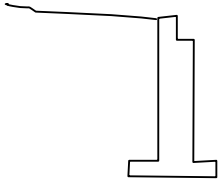
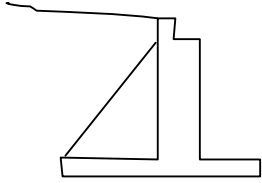
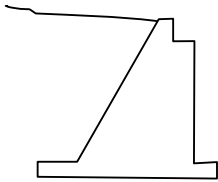
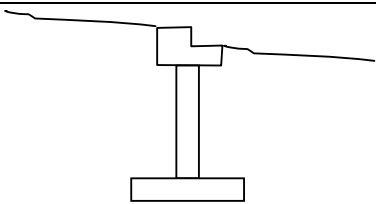
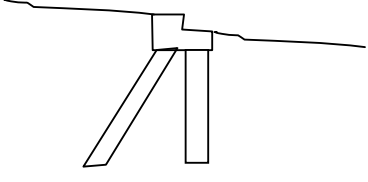
No	Alternatif	Keuntungan	Kerugian
1	Baja	<ul style="list-style-type: none"> - Mutu bahan seragam - Mudah pemasangan - Mampu mencapai bentang yang panjang. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mudah korosi pada daerah pantai - Biaya perawatan tinggi
2	Beton konvensional	<ul style="list-style-type: none"> - Proses pelaksanaan cor di tempat sehingga pekerjaan beton mudah. - Biaya pembuatan jauh lebih murah. 	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk bentang > 20 m memerlukan dimensi besar sehingga berat sendiri menjadi besar - Pemasangan perancah sulit untuk sungai lebar - Memerlukan waktu lebih lama.
3	Beton prategang	<ul style="list-style-type: none"> - Proses pembuatan di pabrik - Tidak memerlukan perawatan khusus - Baik untuk pantai karena tidak korosif 	<ul style="list-style-type: none"> - Diperlukan alat berat - Diperlukan keahlian khusus dalam pelaksanaan - Biaya yang relative mahal.
4	Beton komposit	<ul style="list-style-type: none"> - Pelaksanaan mudah karena tidak memerlukan perancah. - Biaya relative lebih murah - Berat sendiri lebih kecil karena penampang ramping. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diperlukan alat berat. - Memerlukan biaya perawatan.

Tabel 4.10. Pertimbangan Alternatif Bangunan Atas

Dari analisis di atas dapat ditentukan bahwa perencanaan jembatan pada ruas jalan Jepara – Tayu menggunakan beton prategang dengan bentang 32 meter dengan pertimbangan biaya yang lebih ekonomis.

4.5.2 Bangunan Bawah

Berikut adalah beberapa alternative pemilihan tipe abutment yang mungkin dapat digunakan :

Jenis abutment	Bentuk	Tinggi
Abutment tembok penahan kantilever		< 8 m
Abutment tembok penahan kontrafort		6.8 – 20 m
Abutment tembok penahan gravitasi		<20 m
Abutment kolom “spill through”		6.8 – 20 m
Abutment balok cap tiang sederhana		< 3.4 m

Tabel 4.10. Alternatif Pemilihan Abutment

Kriteria pemilihan tipe *abutment* adalah mempunyai tinggi maksimal lebih dari tinggi jembatan yang direncanakan yaitu 5 meter. Untuk itu dipilah tipe *abutment* tembok penahan kontrafort.