

BAB IV

ANALISA DATA

4.1. ANALISA GEOMETRIK

4.1.1. Alinyemen Horisontal

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam alinyemen horizontal, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Jembatan ditempatkan pada bagian tegak lurus dengan sungai.
2. Jika tidak dapat dihindari adanya tikungan di lokasi jembatan, maka permulaan tikungan harus paling sedikit 5,0 m jaraknya dari ujung sayap jembatan atau 25,0 m dari ujung jembatan.
3. Hindarkan penempatan abutment yang terlalu dekat pada tepi sungai, dan sebaiknya diperpanjang bentang jembatan agar terhindar dari gerusan akibat arus sungai.

Dari hasil pengamatan, lokasi Jembatan Tanggi yang terletak didaerah perbukitan sedang dengan ketinggian +120 m sampai +250 m dari permukaan air laut, mempunyai kondisi sebagai berikut :

1. Posisi jembatan terletak tegak lurus terhadap alur sungai.
2. Tidak terdapat tikungan pada jalan pendekat jembatan

Dengan mempertimbangkan kondisi diatas, dapat disimpulkan bahwa pada jembatan Tanggi tidak perlu dilakukan perubahan alinyemen horisontal karena kondisi sudah memenuhi persyaratan yang ditentukan.

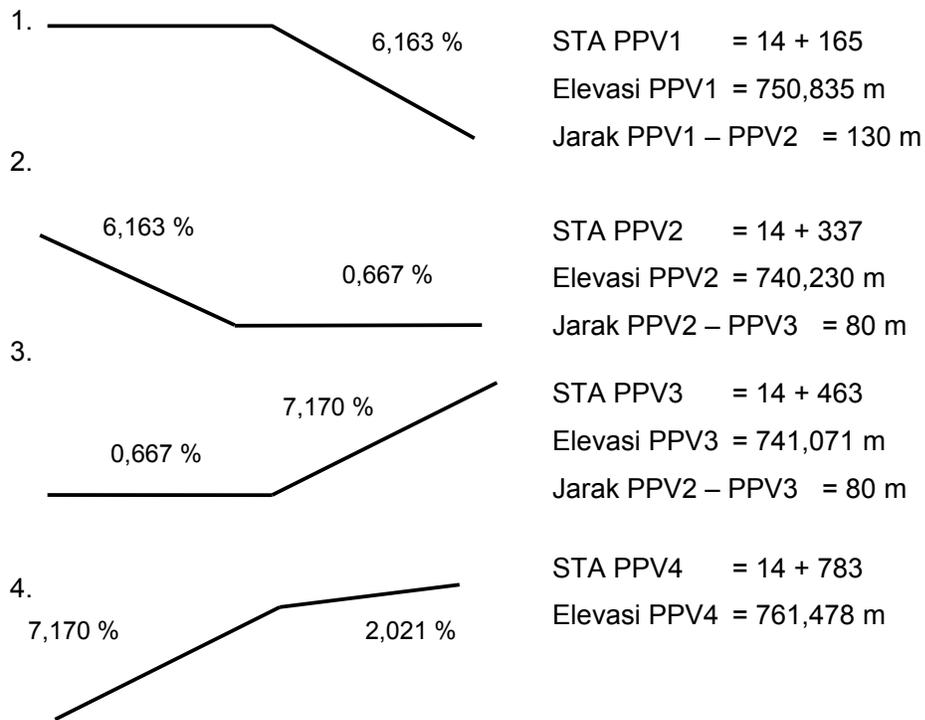
4.1.2. Alinyemen Vertikal

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

1. Jalan masuk jembatan (*oprit*) minimum 5,0 m dari sayap abutment dibuat rata.
2. Sisi bawah gelagar jembatan minimum 1,50 m dari muka air banjir tertinggi.

Dari hasil pengamatan, diperoleh bahwa sungai Tanggi mempunyai bentuk sungai yang cukup curam sehingga kemiringan jalan pendekat relatif terjal.

Berikut ini adalah data alinyemen vertikal jembatan eksisting :



Pada data diatas tampak bahwa kelandaian pada jalan pendekat mencapai $\pm 7 \%$, dan Jembatan Tanggi pada Sta 14+400 terletak pada lengkung vertikal cekung. Hal tersebut menjadi pertimbangan utama untuk mengadakan perbaikan alinyemen vertikal yaitu pengangkatan elevasi jembatan.

Jembatan Tanggi tersebut dibagi menjadi dua ruas, yaitu ruas Salatiga – Boyolali dan ruas Boyolali – Salatiga. Pada ruas Boyolali – Salatiga telah dilakukan pembangunan jembatan baru, sehingga pengangkatan elevasi Jembatan Tanggi pada ruas Salatiga – Boyolali disesuaikan dengan elevasi jembatan disebelahnya dan dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1. Alinyemen Vertikal Jembatan Existing

4.2. ANALISA HIDROLOGI

Data-data hidrologi yang diperlukan dalam merencanakan suatu jembatan antara lain adalah sebagai berikut :

- ◆ Peta topografi DAS
- ◆ Peta situasi dimana jembatan akan dibangun
- ◆ Data curah hujan dari stasiun pemantau terdekat

Data hidrologi diperlukan untuk mencari nilai debit banjir rencana yang kemudian digunakan untuk mencari *clearance* jembatan dari muka air tertinggi, serta dapat pula digunakan dalam penentuan bentang ekonomis jembatan. Untuk lebih jelasnya data hidrologi akan diolah menurut cara-cara berikut ini :

4.2.1. Analisa Curah Hujan

Dari data curah hujan yang didapat, dihitung curah hujan rencana dengan distribusi *Gumbell*. Sebagai pendekatan analisa frekuensi curah hujan ini hanya dikhususkan pada curah hujan maksimum dalam satu tahun. Data curah hujan yang diambil dari 1 stasiun pencatat, yaitu stasiun Sta. Salatiga 1 (10086) di daerah Tingkir.

Data curah hujan yang digunakan pada laporan ini didapat dari data sekunder yang diambil dari Balai Meteorologi dan Geofisika Wilayah II, BMG Semarang. Data curah hujan maksimum pada Stasiun Salatiga 1 periode tahun 2002-2007 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1. Data Curah Hujan Maksimum Sta. Salatiga 1 (10086)

CURAH HUJAN	TAHUN	BULAN											
		JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
mm	2002	80	20	65	80	50	0	0	0	3	50	40	80
mm	2003	84	78	68	40	30	8	0	1	16	50	60	86
mm	2004	58	72	45	70	18	8	20	0	76	21	60	100
mm	2005	36	35	36	51	26	40	42	0	67	55	73	64
mm	2006	52	37	43	70	31	0	0	0	0	8	37	60
mm	2007	33	0	0	68	0	0	14	0	0	0	0	0

Sumber : DataCurah Hujan BMG

Perhitungan curah hujan rencana distribusi Gumbell

Data yang digunakan untuk menghitung curah hujan rencana dengan Distribusi Gumbell ini adalah data hujan selama 6 tahun dari tahun 2002 – 2007. Debit rencana ditentukan untuk periode ulang 20 tahun.

Tabel 4. 2. Perhitungan Curah Hujan Rencana

No	Tahun	R	(R- \bar{R})	(R- \bar{R}) ²
1	2002	80	0,50	0,25
2	2003	86	6,50	42,25
3	2004	100	20,50	420,25
4	2005	73	-6,50	42,25
5	2006	70	-9,50	90,25
6	2007	68	-11,50	132,25
		477	0	727,5

Rumus :

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} = \frac{477}{6} = 79,50 \text{ mm}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (R - \bar{R})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{727,5}{6-1}} = 12,06$$

Faktor Frekuensi Gumbell :

$$K_r = 0,78 * \left\{ -Ln \left[-Ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right] \right\} - 0,45$$

$$K_r = 0,78 * \left\{ -Ln \left[-Ln \left(1 - \frac{1}{50} \right) \right] \right\} - 0,45$$

$$K_r = 0,78 * 3,90194 - 0,45$$

$$K_r = 2,59351$$

$$R_{50} = \bar{R} + K_r * S_x$$

$$= 79,50 + 2,59351 * 12,06$$

$$= 110,777 \text{ mm}$$

4.2.2. Analisa Debit Banjir

Analisa debit banjir diperlukan untuk mengetahui besarnya debit banjir pada periode ulang tertentu. Periode ulang debit banjir yang direncanakan adalah 50 tahunan ($Q_{Tr}=Q_{50}$) karena luas DPS (Daerah Pengaliran Sungai) ≥ 200 Ha.

Sungai Tanggi merupakan anak sungai yang bermuara di sungai Serang. Data Sungai yang didapat, dihitung dari Peta Topografi yang didapat dari Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Jawa Tengah. Berikut ini adalah data sungai Tanggi yang akan digunakan dalam perhitungan banjir rencana :

Laporan Tugas Akhir

- ◆ Luas daerah Pengaliran Sungai (DPS), $A = 29 \text{ Km}^2$
- ◆ Panjang Sungai (L) = 12,05 Km
- ◆ Kemiringan dasar sungai (i) = 0,002075

Perhitungan banjir rencana akan menggunakan formula *Rational Mononobe*:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran (V)} &= 72 \cdot \left[\frac{H}{L} \right]^{0,6} \\ &= 1,7681 \text{ m/dt} \end{aligned}$$

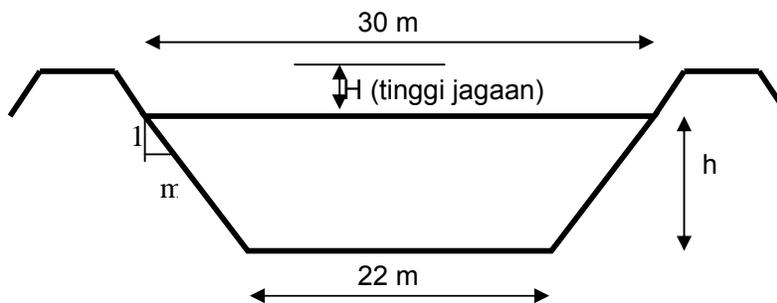
$$\begin{aligned} \text{Time concentration (TC)} &= \frac{L}{V} \\ &= \frac{12050}{1,7681} = 6815,27 \text{ dt} = 1,893 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Intensitas hujan (I)} &= \frac{R}{24} \times \left[\frac{24}{T_C} \right]^{0,67} \\ &= \frac{110,777}{24} \times \left[\frac{24}{1,893} \right]^{0,67} \\ &= 25,309 \text{ mm/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit banjir (Q}_{Tr}) &= 0,278 \text{ (C.I.A)} \\ &= 0,278 (0,5 * 25,309 * 29) \\ &= 102,019 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

$C = 0,5$ (diambil koefesien *run off* sebesar 0,5 berdasarkan analisa secara visual pada daerah lokasi jembatan, yaitu bahwa pada daerah sungai Tanggi merupakan sungai kecil di dataran, sesuai dengan Tabel 2.9).

4.2.3. Analisa Tinggi Muka Air Banjir



Gambar 4.2. Penampang Melintang Sungai Tanggi

Tinggi muka air banjir disini adalah tinggi muka air yang dihasilkan oleh debit banjir yang pernah terjadi. Evaluasi muka air banjir digunakan untuk mengetahui kelayakan tinggi lantai jembatan terhadap tinggi muka air banjir.

- ◆ Luas daerah Pengaliran Sungai (DPS), $A = 29 \text{ Km}^2$
- ◆ Panjang Sungai (L) = 12,05 Km
- ◆ Kemiringan dasar sungai (i) = 0,002075

Besarnya kecepatan aliran berdasarkan *Metode Rational Mononobe* :

$$V = 72 \left(\frac{H}{L} \right)^{0,6}, \text{ dimana } \frac{H}{L} \text{ adalah slope dasar sungai rata-rata}$$

$$V = 72 (0,002075)^{0,6} = 1,768 \text{ m/detik}$$

Dengan memperhatikan bentuk penampang sungai, dapat ditentukan luas penampang sungai dan tinggi muka air banjir.

$$Q = A \times V$$

$$A = Q/V$$

$$= \frac{102.019}{1.768} = 57.69 \text{ m}^2$$

$$B = 30 \text{ m}$$

$$b = 22 \text{ m}$$

$$A = \frac{(b + B) * H}{2}$$

$$57.69 = \frac{(22 + 30) * H}{2}$$

$$115.38 = 52 * H$$

$$H = \frac{115.38}{52} = 2.21 \text{ m}$$

berdasar hasil perhitungan di atas, maka tinggi jembatan dari dasar sungai adalah **$h + \text{tinggi jagaan} = 2,21 + 1,00 = 3,21 \text{ m}$** .

Jembatan Tanggi memiliki ketinggian 8,2 m. Dari hasil analisa tinggi muka air banjir, didapat tinggi jembatan dari dasar sungai adalah 3,21m. Jadi jembatan tersebut masih memenuhi syarat minimum.

4.2.4. Analisa Terhadap Penggerusan Dasar Sungai

Penggerusan (*scouring*) terjadi didasar sungai dibawah *pier* dan *abutment* akibat akiran sungai yang mengikis lapisan tanah dasar sungai. Dalamnya penggerusan dihitung dengan menggunakan metode *Lacey*, sebagai berikut :

- ◆ $Q = 102,019 \text{ m}^3/\text{detik}$

Laporan Tugas Akhir

- Jenis tanah dasar adalah pasir kerikilan, maka berdasarkan tabel 2.10. pada Bab II didapatkan faktor lempung f = 1,5.

- Dari rumus Lacey :

$$d = 0,473 * \left(\frac{Q}{f}\right)^{0,33}$$

$$= 0,473 * \left(\frac{102,19}{1,5}\right)^{0,33}$$

$$= 1,904$$

- Kedalaman penggerusan yang terjadi = $d - H$
 = 1,904 m – 3,21 m
 = - 1,306 m

$d_{maks} = 1,27 * 1,306 = 1,66 \text{ m}$

Kedalaman scouring maksimum adaah -1,66 m dari muka tanah.

4.3. ANALISA LALU LINTAS

4.3.1. Angka Pertumbuhan Lalu Lintas

Prediksi tingkat pertumbuhan lalu lintas (i) didapt berdasarkan LHR total pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4.3. LHR tiap golongan kendaraan pada Ruas Jalan Salatiga - Boyolali

Tahun	LHR setiap golongan kendaraan (smp)							Total (Smp/jam)
	1	2	3	4	5	6	7	
1993	1266.8	3278	1356	3198	1745.9	690.3	327.6	11862.6
1994	1676.8	4236	1869	3892	1983.8	834.6	618.8	15111
1995	1603.2	3572	2034	3836	2330.9	1114.1	754	15244.2
1996	1356.4	5530	2134	2633	1978.6	881.4	643.5	15156.9
1997	2052	7552	3933	4639	2196	548.4	630	21550.4
1998	2121	6111	3024	2672	2058	2582.4	760.8	19329.2
1999	1772	5105	2527	2232	1718.4	2157.6	634.8	16146.8
2000	1933.3	5569.7	2757	2435.2	1874.8	2354	692.6	17616.6
2001	2638.3	5866	8525	5377	2182.8	2554.8	1543.2	28687.1
2002	2347.5	5059	4803	14633	3420	2013.6	1966.8	34242.9

Sumber : Data LHR DPU Bina Marga

Keterangan :

- Golongan 1 = Sepeda motor, sekuler, sepeda kumbang dan roda 3
- Golongan 2 = Sedan, jeep dan station wagon
- Golongan 3 = Opelet, pick-up opelet, suburban, ccombi dan mini bus
- Golongan 4 = Pick up, micro, truk dan mobil hantaran

Laporan Tugas Akhir

Evaluasi dan Penggantian Jembatan Tanggi
 di Ruas Jalan Salatiga - Boyolali Sta. 14 + 400 Km. Smg 57+000

Golongan 5 = Bus kecil, bus besar

Golongan 6 = Truk ringan 2 sumbu, truk sedang 2 sumbu

Golongan 7 = Truk 3 sumbu, truk gandeng dan truk semi trailer

Dari setiap ruas jalan dicari tingkat pertumbuhan lalu lintasnya, dengan menggunakan analisis regresi linier (Tabel 4. 4). Setelah persamaan regresi liniernya diketahui, kemudian bisa dicari angka pertumbuhan tiap tahun (Tabel 4.5) dan dirata – rata.

Tabel 4.4. Perhitungan Komponen Regresi Linier

Tahun	x	x ²	LHR (y)	xy	X = x - xr	Y = y - yr	S=X ²	SY ²	SXY
1993	1	1	11862.6	11862.6	-4.5	-7632.17	20.25	58250019	34344.77
1994	2	4	15111	30222	-3.5	-4383.77	12.25	19217439	15343.2
1995	3	9	15244.2	45732.6	-2.5	-4250.57	6.25	18067345	10626.43
1996	4	16	15156.9	60627.6	-1.5	-4337.87	2.25	18817116	6506.805
1997	5	25	21550.4	107752	-0.5	2055.63	0.25	4225614.7	-1027.82
1998	6	36	19329.2	115975.2	0.5	-165.57	0.25	27413.425	-82.785
1999	7	49	16146.8	113027.6	1.5	-3347.97	2.25	11208903	-5021.96
2000	8	64	17616.6	140932.8	2.5	-1878.17	6.25	3527522.5	-4695.43
2001	9	81	28687.1	258183.9	3.5	9192.33	12.25	84498931	32173.16
2002	10	100	34242.9	342429	4.5	14748.13	20.25	217507338	66366.59
Total	55	385	194947.7	1226745	0	0	82.5	435347643	154533

$$X_r = \frac{\sum x}{n} = \frac{55}{10} = 5.5$$

$$Y_r = \frac{\sum y}{n} = \frac{194947.7}{10} = 19494.77$$

$$a = \frac{\sum Y_i * \sum X_i^2 - \sum X_i * \sum X_i Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$= \frac{((194947,7 * 385) - (55 * 1226745))}{10(385) - (55^2)}$$

$$= 9192,57$$

$$b = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i * \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$= \frac{((10 * 1226745) - (55 * 194947,7))}{10(385) - (55^2)}$$

$$= 1873,123$$

Jadi persamaan regresi liniernya **Y = 9192,57+ 1873,123 X**

Laporan Tugas Akhir

Tabel 4.5. Perhitungan Angka Pertumbuhan Lalu Lintas

Tahun	Tahun ke - (X)	LHR (Y)	<i>i</i> (%)
2007	15.00	37289.42	
2008	16.00	39162.54	0.050
2009	17.00	41035.66	0.048
2010	18.00	42908.78	0.046
2011	19.00	44781.91	0.044
2012	20.00	46655.03	0.042
2013	21.00	48528.15	0.040
2014	22.00	50401.28	0.039
2015	23.00	52274.40	0.037
2016	24.00	54147.52	0.036
2017	25.00	56020.65	0.035
2018	26.00	57893.77	0.033
2019	27.00	59766.89	0.032
2020	28.00	61640.01	0.031
2021	29.00	63513.14	0.030
2022	30.00	65386.26	0.029
2023	31.00	67259.38	0.029
2024	32.00	69132.51	0.028
2025	33.00	71005.63	0.027
2026	34.00	72878.75	0.026
2027	35.00	74751.88	0.026
2028	36.00	76625.00	0.025
Total <i>i</i>			0.733
Rata-rata <i>i</i>			0.033

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan regresi linier didapat angka pertumbuhan (i) = 3,33 %

4.3.2. Penentuan LHR Tahun Rencana

Untuk mengetahui besarnya volume lalu lintas pada jam sibuk yang melewati Jembatan Tanggi, dilakukan survey lapangan pada tanggal 23 September 2007 yang digunakan untuk menganalisa kapasitas ruas jalan tersebut.

Survey dilaksanakan pada jam – jam tertentu, pencatatan dilakukan dalam interval waktu 15 menit. Hal ini untuk mempermudah pelaksanaan survey di lapangan yang diperkirakan pada jam – jam sibuk dan jam- jam tidak sibuk yaitu pada jam:

- ◆ 06.00 – 08.00
- ◆ 12.00 – 14.00
- ◆ 17.00 – 19.00

Adapun pelaksanaan survey meliputi :

- ◆ penentuan jenis kendaraan
- ◆ waktu
- ◆ asal – tujuan

Berdasarkan MKJI, perencanaan jalan antar kota untuk menilai setiap kendaraan ke dalam satuan mobil penumpang (smp) maka harus dikalikan dengan faktor equivalensinya (emp), yaitu:

- ◆ HV = 3,2 (bus, truk 2 as, truk 3 as)
- ◆ LV = 1,7 (mobil penumpang, mikrobis, *pick up*)
- ◆ MC = 0,4 (sepeda motor)

Penentuan emp ini diambil dengan asumsi jalan yang diambil adalah 2/2 UD dengan tipe alinyemen berbukit dan perkiraan arus total ≥ 1600 kend/jam.

Besarnya volume lalu lintas pada jam sibuk dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.6. Rekapitulasi Hasil Survey Bulan September 2007

Pukul	Salatiga - Boyolali				Boyolali - Salatiga			
	motor	mobil	truk	bus	motor	Mobil	truk	bus
06.00 - 06.15	153	106	26	12	114	86	28	15
06.15 - 06.30	124	98	21	11	120	90	23	16
06.30 - 06.45	126	89	16	16	117	98	15	21
06.45 - 07.00	97	128	14	8	102	121	17	11
Jumlah (kend / jam)	500	421	77	47	453	395	83	63
Jumlah (smp / jam)	200	715,7	246,4	150,4	181,2	671,5	265,6	201,6
Total (smp / jam)	1312,5				1319,9			
Total I + II (smp / jam)	2632,4							
	motor	mobil	truk	bus	motor	mobil	truk	bus
07.00 - 07.15	154	107	17	11	128	78	30	13
07.15 - 07.30	134	100	23	6	114	86	18	12
07.30 - 07.45	148	97	21	9	106	106	20	20
07.45 - 08.00	128	65	8	12	111	120	21	23
Jumlah (kend / jam)	564	369	69	38	459	390	89	68
Jumlah (smp / jam)	225,6	627,3	220,8	121,6	183,6	663	284,8	217,6
Total (smp / jam)	1195,3				1349			
Total I + II (smp / jam)	2544,3							
	motor	mobil	truk	bus	motor	mobil	truk	bus
12.00 - 12.15	114	57	13	6	80	70	18	8
12.15 - 12.30	106	60	10	49	86	57	20	4
12.30 - 12.45	110	48	9	30	72	58	11	3
12.45 - 13.00	95	62	13	42	90	62	6	6
Jumlah (kend / jam)	425	227	45	127	328	247	55	21
Jumlah (smp / jam)	170	385,9	144	406,4	131,2	419,9	176	67,2
Total (smp / jam)	1106,3				794,3			
Total I + II (smp / jam)	1900,6							
	motor	mobil	truk	bus	motor	mobil	truk	bus

Laporan Tugas Akhir

Evaluasi dan Penggantian Jembatan Tanggi
di Ruas Jalan Salatiga - Boyolali Sta. 14 + 400 Km. Smg 57+000

13.00 - 13.15	112	56	19	52	76	60	16	10
13.15 - 13.30	98	42	6	40	63	55	12	7
13.30 - 13.45	90	47	12	37	55	67	8	8
13.45 - 14.00	110	60	9	21	61	51	11	12
Jumlah (kend / jam)	410	205	46	150	255	233	47	37
Jumlah (smp / jam)	164	348,5	147,2	480	102	396,1	150,4	118,4
Total (smp / jam)	1139,7				766,9			
Total I + II (smp / jam)	1906,6							
	motor	mobil	truk	bus	motor	mobil	truk	bus
17.00 - 17.15	142	57	23	8	160	88	27	12
17.15 - 17.30	134	51	16	5	142	78	21	14
17.30 - 17.45	110	36	21	6	166	86	24	9
17.45 - 18.00	137	42	9	9	109	90	19	5
Jumlah (kend / jam)	523	186	69	28	577	342	91	40
Jumlah (smp / jam)	209,2	316,2	220,8	89,6	230,8	581,4	291,2	128
Total (smp / jam)	835,8				1231,4			
Total I + II (smp / jam)	2067,2							
	motor	mobil	truk	bus	motor	mobil	truk	Bus
18.00 - 18.15	140	52	25	9	164	83	29	15
18.15 - 18.30	105	56	17	7	161	76	21	12
18.30 - 18.45	123	41	10	5	152	71	17	8
18.45 - 19.00	106	36	6	2	140	59	18	6
Jumlah (kend / jam)	474	185	58	23	617	289	85	41
Jumlah (smp / jam)	189,6	314,5	185,6	73,6	246,8	491,3	272	131,2
Total (smp / jam)	763,3				1141,3			
Total I + II (smp / jam)	1904,6							

Dari hasil survey didapat arus jam puncak pada pukul 06.00 - 07.00 sebesar

$$1312,5 \text{ smp/jam. Jadi, LHRT} = \left(\frac{\text{Arus jam puncak}}{k} \right)$$

$$= \left(\frac{1312,5}{0,1} \right) = 13125 \text{ smp/hari}$$

LHRT yang diperoleh dari perhitungan berdasarkan data primer adalah 13125 smp/hari. Masa pembangunan selama 1 tahun, umur rencana 20 tahun. Maka LHR tahun rencana (LHR 2028) :

$$\text{LHR}_{2028} = 13125 * (1 + 0,033)^{21}$$

$$= 25954,105 \text{ smp/hari}$$

4.3.3. Penentuan Kelas Jalan

Klasifikasi jalan berdasarkan spesifikasi standard untuk Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 7. Klasifikasi kelas jalan dan fungsi jalan

Fungsi		DTV (PCU)	Class
Primer	Arteri	> 10,000	I
	Kolektor	< 10,000	I
Sekunder	Arteri	< 10,000	II
		> 20,000	I
	< 20,000	II	
	Kolektor	> 6,000	II
		< 8,000	III
	Lokal	> 500	III
< 500		IV	

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TCPGJAK), 1997

Berdasarkan perhitungan LHR Tahun Rencana bahwa ruas jalan tersebut digolongkan pada jalan **Kelas I (LHRT = 12977,052 smp/hari \geq 10.000 smp/hari).**

Tabel 4. 8. Kecepatan Rencana

	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 3 & 4	Kelas 4 & 5	Kelas 5
Kec. rencana (km/jam)	80	60	50	40	30	20

Berdasarkan tabel diatas, maka kecepatan rencana yang disarankan untuk jalan arteri primer kelas 1 adalah **80 km/jam**.

4.3.4. Penentuan Jumlah Lajur

Penentuan jumlah lajur kendaraan untuk jalan antar kota mengacu pada buku “ Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997 “ Dirjen Bina Marga

Tabel 4.9. Penentuan lebar jalur dan bahu jalan

VLHR (smp/hari)	ARTERI				KOLEKTOR				LOKAL			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Lebar Jalur (m)	Lebar Bahu (m)										
<30000	6	1,5	4,5	1	6	1,5	4,5	1	6	1,5	4,5	1
3000-10.000	7	2	6	1,5	7	1,5	6	1,5	7	1,5	6	1
10.001-25.000	7	2	7	2	7	2	**	**	-	-	-	-
>25.000	2x3,5*	2,5	2x2*	2	2x3,5*	2	**	**	-	-	-	-

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, DPU Bina Marga, 1997

Keterangan :

- ** = mengacu pada persyaratan ideal
- * = 2 jalur terbagi, masing-masing n x 3,5 m, dimana n = jumlah lajur per jalur
- = tidak ditentukan

Dari hasil survey lapangan pada Tabel 4.4. didapat :

LHR = 13.125 smp/hari

Lebar jalur = 7,00 m

Lebar bahu = 1,00 m (Dengan pertimbangan volume pejalan kaki di ruas jalan Salatiga – Boyolali)

4.3.5. Kinerja Lalu Lintas

◆ Kapasitas Jalan

Rumus yang digunakan untuk menghitung kapasitas jalan antar kota berdasarkan MKJI, 1997 adalah sebagai berikut :

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS}$$

1. Kapasitas Jalan Eksisting (Lebar = 7 m)

$$C = 3000 \times 0,91 \times 1,00 \times 0,97$$

$$= 2648,1 \text{ smp/jam}$$

2. Kapasitas Jalan Rencana (Lebar = 9 m)

$$C = 3000 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,99$$

$$= 2970 \text{ smp/jam}$$

Laporan Tugas Akhir

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)

C_o = kapasitas dasar (smp/jam)

FC_w = faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC_{SP} = faktor penyesuaian pemisah arah

FC_{SF} = faktor penyesuaian hambatan samping

FC_{CS} = faktor penyesuaian ukuran kota.

◆ Derajat Kejenuhan

1. Derajat Kejenuhan pada Tahun 2007 (Jembatan Tanggi Eksisting)

$$DS = \left(\frac{Q}{C} \right)$$

$$= \left(\frac{1312,5}{2648,1} \right) = 0,50$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui Derajat Kejenuhan (DS) pada awal tahun rencana tersebut masih memenuhi persyaratan (**DS = 0,50 < 0,75**).

2. Derajat Kejenuhan pada Tahun 2028 (Jembatan Tanggi Rencana)

Dengan adanya perencanaan bahwa akan dibangun jalan tol Semarang – Solo, maka asumsi kendaraan yang melewati jembatan ini dan jalan tol Semarang – Solo didistribusikan menjadi 50% - 50%, sehingga LHR menjadi 12977,052 smp/hari.

$$DS = \left(\frac{Q}{C} \right)$$

$$= \left(\frac{1297,7}{2970} \right) = 0,44$$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui Derajat Kejenuhan (DS) jalan tersebut masih memenuhi persyaratan (**DS = 0,44 < 0,75**).

4.4. ANALISA GEOTEKNIK

Analisa penyelidikan tanah dimaksudkan untuk mengetahui sifat-sifat fisik (Physical Properties) dan sifat-sifat mekanik (Mechanical Properties) dari tanah, guna mengevaluasi dan memberikan rekomendasi penyelesaian permasalahan pada pondasi. Penyelidikan tanah yang dilaksanakan meliputi pekerjaan sondir

Laporan Tugas Akhir

Evaluasi dan Penggantian Jembatan Tanggi
di Ruas Jalan Salatiga - Boyolali Sta. 14 + 400 Km. Smg 57+000

manual, pekerjaan bor manual dan bor mesin, serta pengambilan contoh tanah (sampling) yang dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Diponegoro Semarang.

4.4.1. PENYELIDIKAN TANAH

1. Penyelidikan sondir

Pada pekerjaan sondir, alat yang dipergunakan adalah sondir ringan manual tipe Gouda / *Dutch Cone Penetrometer* dengan kapasitas 2,5 ton dan tahanan konus (*Conus Resistance*) $q_c = 250,0 \text{ kg/cm}^2$. Banyaknya titik ada 2 (dua) yaitu titik S. 1 dan S. 2 yang letaknya seperti pada gambar situasi :

◆ Titik sondir S. 1

Untuk titik sondir S. 1, kedalaman yang dapat dilaksanakan mencapai kedalaman -3,60 meter dari permukaan tanah setempat dengan tahanan konus (*Conus Resistance*) $q_c = 250,0 \text{ kg/cm}^2$ dan jumlah hambatan pelekat / geser (*Total Frictions*) $JHP = 98 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 4.10. Hasil Pekerjaan Sondir (S1)

Kedalaman Tanah (meter)	Jenis Konsistensi lapisan Tanah	Nilai q_c (<i>Conus Resistance</i>)
-0,20 sampai -1,60	sangat lunak - lunak	$q_c = 2,0 \text{ kg/cm}^2 - q_c = 2,0 \text{ kg/cm}^2$
-1,80 sampai -3,20	teguh - kaku	$q_c = 15,0 \text{ kg/cm}^2 - q_c = 40,0 \text{ kg/cm}^2$
-3,40 sampai -3,60	kaku - keras	$q_c = 70,0 \text{ kg/cm}^2 - q_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

◆ Titik sondir S. 2

Untuk titik sondir S. 2, kedalaman yang dapat dilaksanakan mencapai kedalaman -3,00 meter dari permukaan tanah setempat dengan tahanan konus (*Conus Resistance*) $q_c = 250,0 \text{ kg/cm}^2$ dan jumlah hambatan pelekat / geser (*Total Frictions*) $JHP = 98 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 4.11. Hasil Pekerjaan Sondir (S2)

Kedalaman Tanah (meter)	Jenis Konsistensi lapisan Tanah	Nilai q_c (<i>Conus Resistance</i>)
-0,40 sampai -2,60	teguh – sangat kaku	$q_c = 15,0 \text{ kg/cm}^2 - q_c = 60,0 \text{ kg/cm}^2$
-2,80 sampai -3,00	sangat kaku - keras	$q_c = 90,0 \text{ kg/cm}^2 - q_c = 250,0 \text{ kg/cm}^2$

2. Pekerjaan bor

A. Pekerjaan *Hand Bore*

Pada pekerjaan bor, alat yang digunakan adalah bor tangan (*hand bore*) tipe Iwan Auger dengan diameter 6 inci. Jumlah titik bor yang dilaksanakan ada 1 (satu) titik, yaitu titik bor B.1 yang letaknya seperti pada gambat situasi, dimana pengambilan sample pada kedalaman 1 meter dan 3 meter. Pada Titik bor B1, kedalaman pengeboran yang dilakukan mencapai -3,50 meter dari permukaan tanah setempat. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.12. Hasil Pekerjaan Pengeboran Bor B1

Kedalaman dari permukaan tanah setempat (m)	Jenis tanah
± 0,00 sd -0,50	Lanau kepasiran sedikit kerikil berwarna coklat
-0,50 sd -3,50	Lanau kepasiran berwarna coklat

B. Pekerjaan Bor Mesin

Kedalaman pengeboran yang dilakukan mencapai -25,00 meter dari permukaan tanah setempat.

Tabel 4.13. Hasil Pekerjaan Pengeboran Mesin

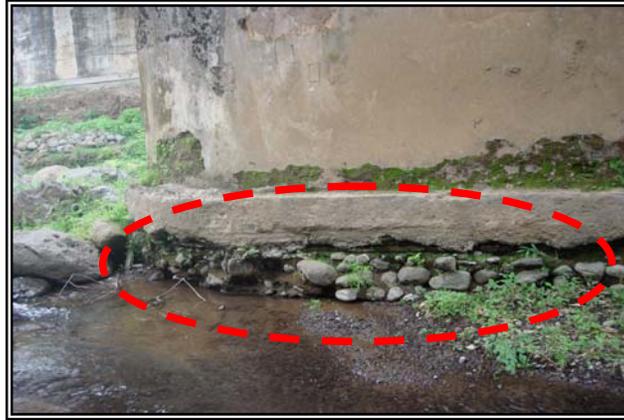
Kedalaman dari permukaan tanah setempat (m)	Jenis tanah	Nilai N SPT
± 0,00 sd -7,00	Pasir kelepungan lepas sampai setengah padat mengandung kerakal berwarna coklat	29 - 31
-7,00 sd -14,50	Pasir kerikilan terurai berwarna coklat	51 - 58
-14,75 sd -23,00	Pasir terurai mengandung kerikil berwarna hitam	49 - 51
-23,00 sd -25,00	Pasir boulderan terurai sampai tersementasi lemah berwarna hitam	56

3. Pekerjaan laboratorium

Pekerjaan laboratorium yang dilaksanakan meliputi penyelidikan mengenai sifat-sifat fisik (*physical properties*) dan sifat-sifat mekanik (*mechanical properties*) dan juga penggambaran grafik *cone resistance*, *local friction*, dan *total friction* (JHP), serta *friction ratio* (FR).

4.5. EVALUASI KONDISI KONSTRUKSI JEMBATAN *EKSISTING*

1. *Scouring* pada dasar pilar dan *abutment*



Gambar 4. 3. Kondisi pilar Jembatan yang terkena gerusan

Dari hasil perhitungan, kedalaman *scouring* maximum adalah -1,667 m dari muka tanah (dasar sungai). Dasar pilar berada pada -1,50 dari muka tanah (dasar sungai) yang berarti dasar pilar berada diatas bidang *scouring* maksimum (**Kedalaman gerusan > kedalaman pondasi**), dikhawatirkan jika arus sungai semakin besar (Q aliran meningkat) akan mengakibatkan rusak/ambrolnya pilar. Disamping itu, dari hasil pengamatan dilapangan terlihat bahwa air sungai sudah mengalir melalui bawah pilar.

2. Analisa Terhadap Plat Pelengkung (dengan SAP 2000 V.10)

Plat pelengkung adalah gelagar utama dari jembatan, merupakan pelengkung 2 sendi berbentuk parabolik dari bahan beton bertulang dengan bentang 16 meter. Beban yang diperhitungkan bekerja pada plat pelengkung adalah :

- a. Beban mati : - Berat sendiri plat pelengkung
- Berat sendiri akibat bangunan atas
- b. Beban hidup : - Beban Lajur "D"
- Beban Garis
- Gaya rem
- Beban angin
- Beban hujan

2.1. Hasil perhitungan

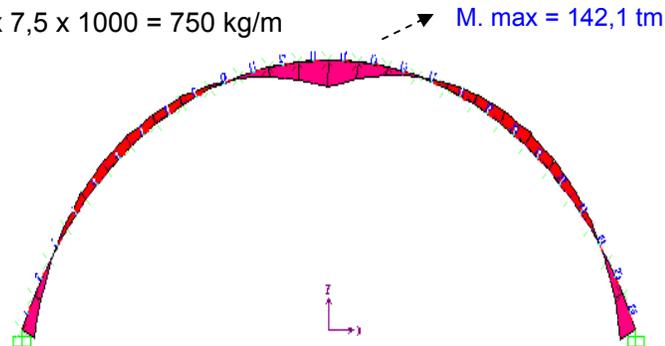
Data pembebanan :

1. Beban Mati

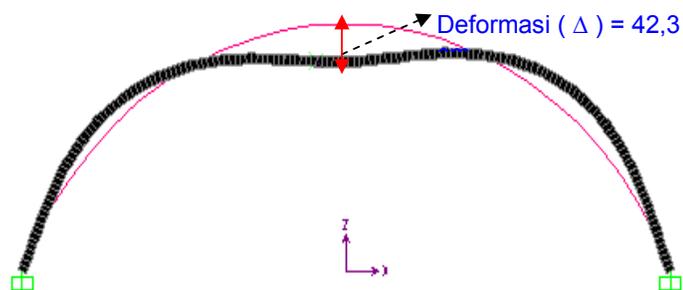
- Berat Plat Lantai
 $0,1 \times 7,5 \times 1000 = 750 \text{ kg/m}$
- Berat Pavement
 $0,05 \times 7,5 \times 2300 = 862,5 \text{ kg/m}$
- Berat Pasangan Batu Kali
 $16,436 \times 7,5 \times 2500 = 3750 \text{ kg/m}$

2. Beban Hidup

- Beban Lajur "D"
 $790 \times 7,5 = 5925 \text{ kg/m}$
- Beban Garis
 4400 kg/m
- Gaya Rem
 25000 kg
- Beban Angin
 $62,1 \times 16,436 = 1020 \text{ kg}$
- Beban Hujan
 $0,1 \times 7,5 \times 1000 = 750 \text{ kg/m}$



Gambar 4.4. Diagram Momen pada plat pelengkung



Gambar 4.5. Deformed Shape pada plat pelengkung



Gambar 4. 6. Keretakan Pada Pilar



Gambar 4. 7. Keretakan Pada Plat Pelengkung Jembatan

Dari hasil perhitungan dengan SAP 2000 V.10 didapat **Deformasi maksimum pada tengah bentang sebesar = 42,3 cm**. Diduga penyebab keretakan pada plat pelengkung karena deformasi yang terlalu besar seperti terlihat pada gambar 4.6.

4.6. RANGKUMAN HASIL ANALISA DATA

Dari analisa berbagai data diatas didapat kesimpulan sebagai berikut.

Analisa Hidrologi

1. Curah hujan rata – rata

Dari hasil perhitungan didapat, curah hujan rata – rata kota Salatiga adalah $\pm 79,50$ mm untuk Stasiun Salatiga 1. Sedangkan besar curah hujan rencana untuk periode ulang 50 tahun adalah sebesar 110,77 mm.

2. Debit banjir
Besarnya intensitas hujan pada periode ulang 50 tahun adalah 25,309 mm/jam. Sedangkan debit banjir yang terjadi sebesar 102,019 m³/ detik.
3. Dimensi sungai dan tinggi muka air banjir
Sungai Tanggi mempunyai luas daerah aliran sungai 29 Km² , dengan panjang sungai 12,05 Km, lebar atas sungai 30 m dan lebar bawah sungai 22 m. Tinggi minimum jembatan dihitung dari analisa tinggi muka air banjir adalah 5,20 m.
4. Penggerusan dasar sungai
Dari hasil analisa, kedalaman *scouring* maximum adalah -1,667 m dari muka tanah (dasar sungai).

Analisa Lalu Lintas

1. Pertumbuhan lalu lintas
Angka pertumbuhan lalu lintas ruas jalan Salatiga – Boyolali adalah sebesar 3,33 %.
2. Kelas jalan
Dari perhitungan LHRT rencana didapatkan nilainya sebesar 25.954,105 smp/hari. Dengan adanya rencana pembangunan jalan tol Semarang – Solo, akan berdampak pada pengurangan jumlah kendaraan yang akan melintasi ruas jalan Salatiga – Boyolali. Oleh karena itu, penentuan kelas jalan pada umur rencana 20 tahun perlu dipertimbangkan. Maka diasumsi pendistribusian kendaraan yang melewati jalan tol Semarang – Solo dan ruas jalan Salatiga – Boyolali adalah sebesar 50 % - 50%. Jadi didapat LHRT rencana pada ruas jalan Salatiga – Boyolali sebesar 12.977,0525 smp/hari. Disini dapat disimpulkan bahwa pada umur rencana, ruas jalan Salatiga – Boyolali tetap digolongkan pada Jalan Arteri Primer Kelas I, karena LHRT = 12.977,0525 smp/hari > 10.000 smp/hari.
3. Jumlah lajur
Jumlah lajur yang digunakan adalah 2 lajur 1 arah, dengan lebar lajur 3,50 m dan lebar bahu sebesar 1,00 m.
4. Kinerja jalan
Analisa terhadap tingkat kinerja jalan di ruas jalan Salatiga – Boyolali menggunakan 2 lajur 1 arah dengan umur rencana sampai dengan tahun 2028 masih dapat dikatakan layak karena dari hasil perhitungan diketahui Derajat Kejenuhan, DS = 0,44 < 0,75.

Laporan Tugas Akhir

Analisa Geometri

Pada analisa geometri diatas, dapat disimpulkan bahwa sungai Tanggi mempunyai bentuk sungai yang cukup curam sehingga kemiringan jalan pendekat relatif terjal, karena itu perlu dilakukan pengangkatan elevasi jembatan yang berdampak pada alinemen vertikal.

Analisa Geoteknik

Dari hasil analisa tanah, dapat disimpulkan bahwa :

1. Lapisan tanah lanau kepasiran terdapat pada kedalaman -0,50 meter sampai -3,50 meter.
2. Lapisan pasir kerikilan terdapat pada kedalaman -7,00 m sampai -23,00 m.
3. Muka air tanah sampai pada kedalaman -3,50 m.
4. Lapisan tanah keras terdapat pada kedalaman -3,60 m dari bahu jalan dan -3,00 m dari permukaan tanah bahu jalan.

Oleh karena itu, maka pondasi yang akan digunakan adalah pondasi sumuran.

Analisa Konstruksi Jembatan Eksisting

Dari hasil perhitungan dan pengamatan secara visual dilapangan, konstruksi jembatan mengalami kerusakan pada beberapa bagian yang mempengaruhi tingkat keamanan konstruksi. Selain itu, dari hasil analisa gerusan dasar sungai didapat kedalaman gerusan > kedalaman pondasi yang akan berdampak pada kerusakan /ambrol pada pilar.

Jadi, dari hasil analisa-analisa diatas, alternatif penanganan pada jembatan Tanggi adalah mengganti seluruh komponen jembatan. Perancangan struktur baru jembatan Tanggi dapat dilihat pada **BAB V. Perancangan Struktur Jembatan.**