

## BAB IV ANALISA DATA

### 4.1. TINJAUAN UMUM

Dalam perencanaan suatu proyek diperlukan data – data. Ada dua macam data yang dipergunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai acuan rencana teknis.

### 4.2. ANALISA DATA LALULINTAS

#### 4.2.1. Lalulintas

Jalur kereta api antara Kroya - Yogyakarta Lintas Selatan Jawa yang sekarang hanya *Single Tracking* merupakan jalur operasi kereta api yang padat lalu lintasnya sehingga sering terjadi keterlambatan perjalanan kereta api Dengan terjadi keterlambatan perjalanan penggunaan jasa kereta api tidak lagi menjadi efektif dan efisien. Jumlah kereta api yang melalui jalur selatan jawa (Jogjakarta – Kroya ) pada tahun 2005 sebanyak 74 kereta perhari.

**Tabel 4.1.** Data Lalulintas Jalur Kereta Api Lintas Selatan Jawa

No	Kelas	Jumlah perjalanan / hari
1	Eksekutif & Argo	24
2	Bisnis	16
3	Ekonomi	24
4	Barang	10

(Sumber: PT. Kereta Api Indonesia ,2005)

Proyeksi lalu lintas kereta api tahun 2035 (30 tahun berdasarkan umur rencana jembatan) menggunakan data jumlah penumpang selama 5 tahun (2001 – 2005) dan data realisasi angkutan barang selama 3 tahun (2003 – 2005) sehingga diketahui besarnya pertumbuhan. Pertumbuhan jumlah perjalanan kereta api diperkirakan sama dengan pertumbuhan angkutan kereta api.

**Tabel 4.2.** Data Jumlah Penumpang Angkutan Kereta Api

<b>Tahun</b>	<b>Eksekutif (Pnp/th)</b>	<b>Bisnis (Pnp/th)</b>	<b>Ekonomi (Pnp/th)</b>	<b>Lokal (Pnp/th)</b>	<b>Jumlah (Pnp/th)</b>
2001	424.345	332.944	492.846	1.750.553	3.000.688
2002	330.882	432.242	1.377.437	920.400	3.060.961
2003	460.332	339.345	502.521	1.823.335	3.125.533
2004	491.000	358.766	570.206	1.822.321	3.242.293
2005	326.208	418.585	1.460.333	1.146.574	3.351.700

(Sumber: PT. Kereta Api Indonesia)

**Tabel 4.3.** Realisasi Angkutan Barang PT. KAI

<b>Tahun</b>	<b>Komoditi</b>	<b>(Ton)</b>	<b>Jumlah (Ton)</b>
2003	Pupuk	58.284	78.826
	Bahan batuan	20.358	
	Lain-lain	184	
2004	Pupuk	59.351	80.306
	Bahan batuan	20.803	
	Lain-lain	152	
2005	Pupuk	61.232	82.906
	bahan batuan	21.324	
	Lain-lain	350	

(Sumber: PT. Kereta Api Indonesia)

**Tabel 4.4.** Pertumbuhan Jumlah Penumpang

<b>Tahun</b>	<b>Jumlah (Pnp/th)</b>	<b>Pertumbuhan (%)</b>	<b>Rata-Rata Pertumbuhan (%)</b>
2001	3.000.688	0	2.81
2002	3.060.961	2.01	
2003	3.125.533	2.11	
2004	3.242.293	3.74	
2005	3.351.700	3.37	

**Tabel 4.5.** Pertumbuhan Jumlah Barang

Tahun	Angkutan Barang (Ton)	Pertumbuhan (%)	Rata-Rata Pertumbuhan (%)
2003	78.826	0	2,56
2004	80.306	1,88	
2005	82.906	3,24	

**Tabel 4.6.** Proyeksi Jumlah Perjalanan Kereta Api Tahun 2035

Layanan	Lalulintas 2005 (perjalanan/hari)	Pertumbuhan (i) (%)	Lalulintas 2035 (perjalanan/hari) $L_{2005}*(L+i)^{30}$
Penumpang	64	2,81	147
Barang	10	2,56	22
<b>Jumlah</b>	74	-	169

Perkembangan suatu alat transportasi sebanding dengan pertumbuhan kebutuhan alat transportasi tersebut (Alik Ansyori, 2001). Kebutuhan alat transportasi dapat dilihat dari banyaknya pengguna alat transportasi tersebut.

Kebutuhan kereta api yang melalui jalur selatan jawa ( Jogja - Kroya) pada tahun 2035 diperkirakan sebesar 169 kereta per hari dengan rincian 147 perjalanan perhari kereta penumpang dan 22 perjalanan perhari kereta barang. Sehingga dapat dipastikan bahwa dengan masih digunakannya jalur tunggal akan timbul gangguan perjalanan kereta api berupa keterlambatan dan kerawanan terhadap kecelakaan. Dengan cara membangun jalur ganda Kroya - Yogyakarta merupakan solusi terbaik.

#### 4.2.2. Kelas Jalan Kereta Api

**Tabel.4.7.** Kecepatan Kereta Api

No	Kelas	Kecepatan Ekonomis (km/jam)	Kecepatan Maksimum (km/jam)
1	Eksekutif & Argo	100	110
2	Bisnis	90	95
3	Ekonomi	80	85
4	Barang	65	70

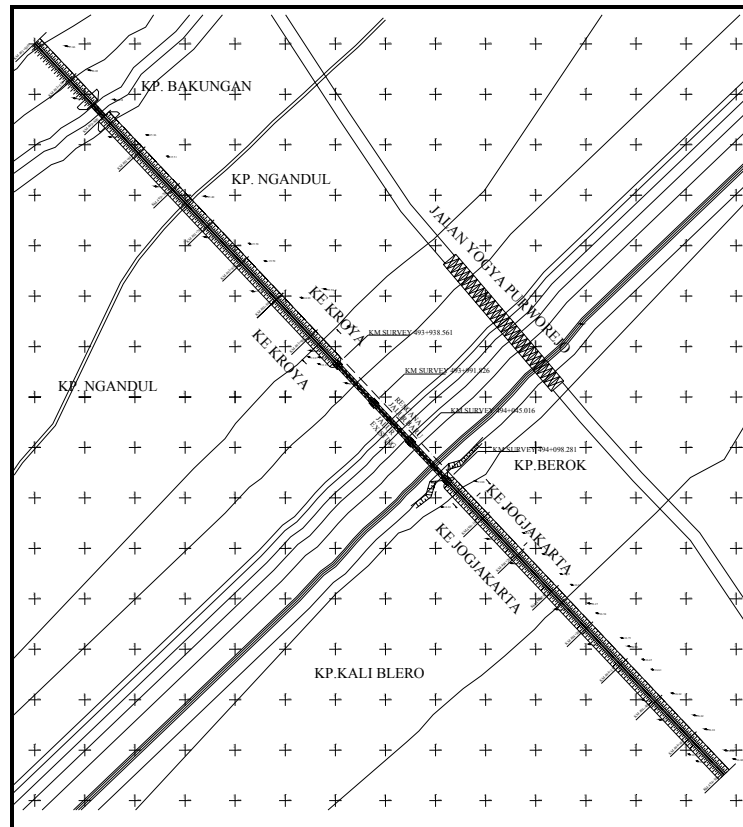
(Sumber: PT. Kereta Api Indonesia)

Kecepatan tertinggi yang diijinkan dan banyaknya lalu lintas berhubungan erat dengan konstruksi jalan dan sistem pengamannya. Semakin tinggi kecepatan yang diijinkan semakin berat konstruksi jalannya dan semakin berat pula syarat-syarat pengamannya. Di Indonesia pembagian kelas belum memperhatikan banyaknya lalulintas dan beban lintasan tetapi hanya memperhatikan kecepatan maksimum.

Kecepatan tertinggi kereta api yang melalui jalur selatan Jawa 110 km/jam yaitu kereta penumpang kelas eksekutif. Sehingga untuk perencanaan kelas jalan yang sesuai adalah jalan rel kelas I.

#### 4.3. ANALISA DATA TOPOGRAFI

Jembatan rel kereta api yang melintasi Sungai Bogowonto (BH-1947) berada KM 493+938 sampai 494+098 di antara setasiun Jenar (KM 492+443) dan setasiun Wojo (KM 500+836), dengan panjang lintasan 8,393 km berada pada daerah topografi yang relatif datar.

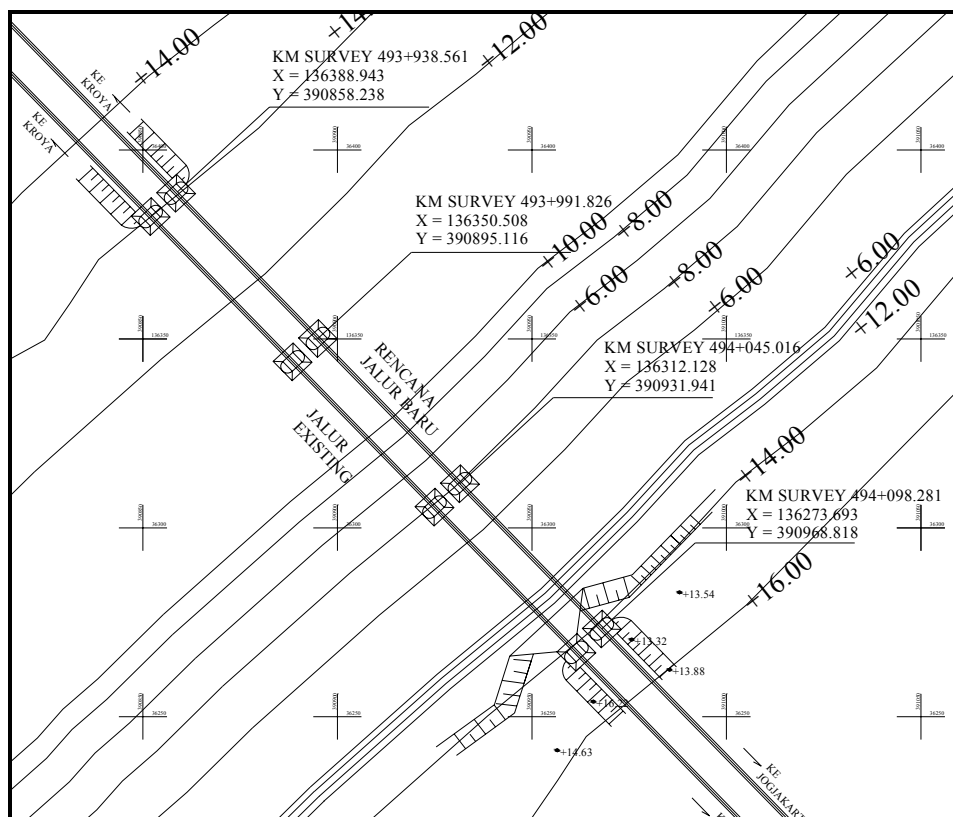


Gambar 4.1. Denah Situasi

### 4.3.1. Alinyemen Horisontal

Jalur baru yang akan dibangun berada pada sebelah kiri jalur lama ditinjau kearah Yogyakarta. Jarak antara sumbu jalur lama dengan sumbu jalur baru 9,00 m. Jalur rel 300 meter menuju dan 300 meter setelah jembatan merupakan jalur yang lurus tanpa ada lengkung horisontal.

Rencana tampak atas jembatan kereta api Sungai Bogowonto dapat dilihat pada gambar berikut:

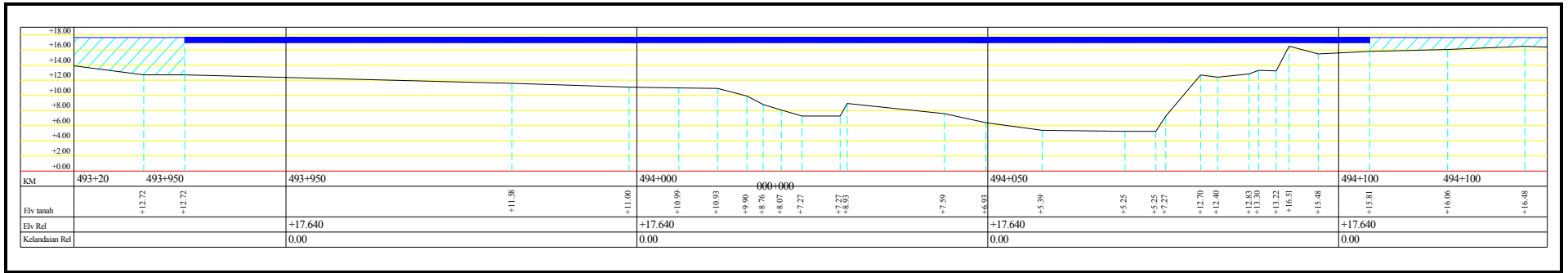


Gambar 4.2. Rencana Alinyemen Horisontal

### 4.3.2. Alinyemen Vertikal

Jalur kereta api antara stasiun jenar dan stasiun wojo relatif datar. Jalur lama pada jembatan berada pada elevasi +17,640 dengan kelandaian 0 ‰. Jembatan baru yang akan dibangun direncanakan pada elevasi yang sama dengan jalur lama.

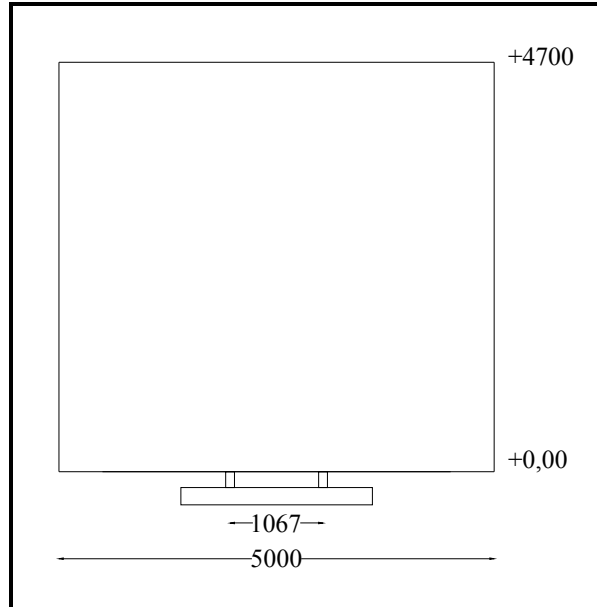
Potongan memanjang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.3. Potongan Memanjang



### 4.3.3. Ruang Bebas Pada Jembatan



**Gambar.4.4.** Ruang bebas untuk jembatan (PD-10)

## 4.4. ANALISA DATA HIDROLOGI

Sebelum menentukan daerah pengaliran sungai, terlebih dahulu menentukan lokasi dimana daerah studi dilakukan. Dari peta topografi pada lampiran diketahui bahwa lokasi studi berada pada daerah aliran sungai (DAS) Bogowonto dengan luas daerah sebesar 580,25 km<sup>2</sup>.

Untuk menentukan tinggi muka air banjir dapat ditentukan dengan berbagai metode yang tergantung dari jenis data yang tersedia. Perhitungan debit banjir rencana dalam perencanaan struktur jembatan kereta api Sungai Bogowonto ini menggunakan data curah hujan bulanan.

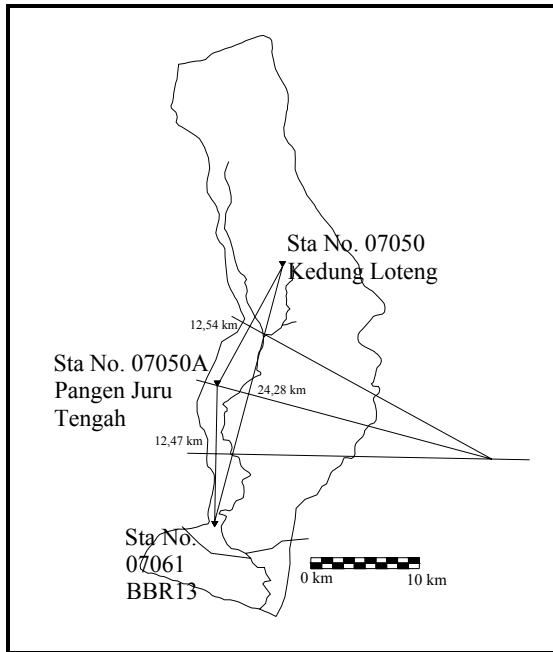
### 4.4.1. Data dan Analisa Curah Hujan

Dari metode perhitungan curah hujan yang ada, digunakan metode Poligon *Thiessen* karena kondisi topografi dan jumlah stasiun memenuhi syarat penggunaan metode ini. Dalam analisis hidrologi ini digunakan tiga buah stasiun yang berada di sekitar daerah studi, yaitu:

1. Stasiun hujan No. 07050 Kedung Loteng Kecamatan Bener Kabupaten Purworejo.



2. Stasiun hujan No. 07050A Pangen Juru Tengah Kecamatan Purworejo Kabupaten Purworejo.
3. Stasiun hujan No. 07061 BBR13 Kecamatan Purwodadi Kabupaten Purworejo.



**Gambar.4.5.** Peta DAS Bogowonto (*Dinas Pengairan Kab. Purworejo*)

Kemudian masing-masing stasiun dihubungkan untuk memperoleh luas daerah pengaruh tiap stasiun. Dimana masing-masing stasiun mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan garis sumbu yang tegak lurus dan membagi dua sama besar terhadap garis penghubung antara dua buah stasiun.

Berdasarkan hasil pengukuran dengan Autocad, luas pengaruh dari tiap stasiun ditunjukkan pada tabel 4.1.

**Tabel 4.8.** Luas Pengaruh Stasiun Hujan

No.Sta.	Nama Stasiun	Luas DPS (Km <sup>2</sup> )	Bobot (%)
07050	Kedung Loteng	295,71	50,96
07050A	Pangen Juru Tengah	140,70	24,25
07061	BBR13	143,84	24,79
	Luas Total	580,25	100,00

Data curah hujan yang digunakan dalam perencanaan struktur jembatan kereta api Sungai Bogowonto adalah data curah hujan maksimum yang didapat dari stasiun-stasiun penangkar hujan atau stasiun-stasiun pos hujan yang terdapat di sekitar daerah aliran yang mewakili frekwensi curah hujan yang jatuh di daerah tangkapan.

Data curah hujan yang dipakai untuk perencanaan struktur jembatan keret api Sungi Bogowonto adalah data-data yang diperoleh dari stasiun hujan sebagai berikut:

Besarnya Debit Rencana dapat diperhitungkan dengan cara mempertimbangkan data curah hujan tersebut dalam periode yang direncanakan sebelumnya (tahun 1996 sampai dengan tahun 2005).

**Tabel 4.9.** Data Curah Hujan Harian Maksimum Sta. Kedung Loteng

Curah	Tahun	Bulan												Jumlah
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
mm	1996	51	85	73	21	6	3	11	12	2	80	63	89	496
mm	1997	57	60	22	30	35	3	0	0	0	0	8	64	279
mm	1998	63	85	71	60	27	56	11	11	13	57	73	63	590
mm	1999	84	76	80	59	25	4	2	3	4	59	94	81	573
mm	2000	60	78	79	77	51	25	1	1	1	73	59	78	582
mm	2001	75	80	77	58	40	27	18	LD	2	81	58	79	596
mm	2002	86	7	32	26	2	3	0	0	0	0	26	87	268
mm	2003	88	94	76	2	6	1	0	0	0	2	42	87	398
mm	2004	59	73	37	8	9	2	10	0	0	6		LD	205
mm	2005	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD	LD
mm	<b>Rerata</b>	69,22	70,91	60,87	37,80	22,36	13,87	6,00	3,30	2,49	39,78	52,95	78,40	443
<i>Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang</i>														

**Tabel 4.10.** Data Curah Hujan Harian Maksimum Sta. Pangen Juru Tengah

Curah	Tahun	Bulan												Jumlah
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
mm	1996	86	95	66	24	6	6	3	2	1	77	76	98	539
mm	1997	47	59	7	16	2	0	0	0	0	0	24	68	222
mm	1998	43	67	71	91	8	85	47	0	12	72	97	54	646
mm	1999	58	72	82	57	22		0	LD	LD	25	43	49	408
mm	2000	68	86	95	63	43	9	0	17	6	66	LD	47	500
mm	2001	83	70	89	58	5	36	8	LD	1	65	82	47	544
mm	2002	49	55	40	37	11	0	1	0	0	0	51	55	299
mm	2003	71	71	59	5	26	2	0	0	3	21	45	90	393
mm	2004	71	33	78	3	12	3	6	0	0	3	67	54	329
mm	2005	54	62	17	17	2	9	4	2	2	19	33	78	299
mm	<b>Rerata</b>	63,00	66,86	60,34	37,22	13,54	16,73	6,80	2,31	2,76	34,80	57,56	63,96	418
<i>Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang</i>														

**Tabel 4.11.** Data Curah Hujan Harian Maksimum Sta. BRR13

Curah	Tahun	Bulan												Jumlah
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
mm	1996	90	83	54	15	0	7	4	3	0	71	48	37	411
mm	1997	79	79	13	26	16	0	0	0	0	1	3	33	250
mm	1998	50	42	46	91	12	66	39	13	28	78	79	85	629
mm	1999	77	89	88	60	23	1	LD	1	LD	13	46	70	468
mm	2000	68	54	85	55	25	9	1	16	22	64	48	54	501
mm	2001	76	99	98	35	30	31	14	1	2	57	68	63	574
mm	2002	49	58	42	39	7	1	2	0	6	0	45	91	338
mm	2003	98	0	52	16	14	2	0	0	9	61	83	48	382
mm	2004	73	61	75	12	78	6	5	0	0	3	60	LD	374
mm	2005	81	54	49	34	0	37	11	0	11	39	93	48	458
mm	<b>Rerata</b>	74,10	61,72	60,32	38,32	20,46	15,90	8,40	3,44	8,62	38,68	57,22	58,78	438
<i>Sumber : Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Semarang</i>														

Dari data curah hujan diatas terlihat ada beberapa data yang kosong dikarenakan hilang atau rusak. Untuk melengkapi data yang hilang atau rusak tersebut diperlukan data dari stasiun lain yang memiliki data lengkap dan memiliki letak stasiun paling dekat dengan stasiun yang hilang datanya. Untuk perhitungan data yang hilang digunakan rumus, sebagai berikut :

$$R_x = \frac{1}{n} \left( \frac{\overline{R_x}}{\overline{R_A}} R_A + \frac{\overline{R_x}}{\overline{R_B}} R_B + \dots + \frac{\overline{R_x}}{\overline{R_n}} R_n \right), \text{dimana :}$$

$R_x$  : Curah hujan Sta. yang datanya dicari (mm)

$R_A, R_B, \dots R_n$  : Curah hujan Sta.A, Sta.B, dan Sta.n (mm)

$\overline{R_x}$  : Rata-rata curah hujan tahunan sta. yang datanya dicari (mm)

$\overline{R_A}, \overline{R_B}, \dots \overline{R_n}$  : Rata-rata curah hujan tahunan Sta.A, Sta.B, dan Sta.n (mm)

Contoh perhitungan data curah hujan yang hilang :

1. Untuk stasiun Kedung Loteng pada bulan Januari tahun 2005

Diketahui :

- Data curah hujan Sta.Pangen Juru Tengah bulan Januari tahun 2005 : 269 mm
- Rata-rata curah hujan tahunan Sta.Kedung Loteng : 2586,56 mm
- Rata-rata curah hujan tahunan Sta.Pangen Juru Tengah : 2303,70mm

$$R_{jan'2005} = \frac{2586,56 \times 269}{2303,70} = 302,0291 \text{ mm} \approx 302 \text{ mm}$$

2. Untuk stasiun Pangen Juru Tengah pada bulan Agustus tahun 2001

- Data curah hujan Sta.BRR13 bulan Agustus tahun 2001: 3 mm
- Rata-rata curah hujan tahunan Sta.BRR13 : 2586,20mm
- Rata-rata curah hujan tahunan Sta.Pangen Juru Tengah : 2303,70mm

$$R_{Agt'2001} = \frac{2586,20 \times 3}{2303,70} = 3,2679 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$$

**Tabel 4.12.** Data Curah Hujan Harian Maksimum Sta. Kedung Loteng

Curah	Tahun	Bulan												Jumlah
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
mm	1996	51	85	73	21	6	3	11	12	2	80	63	89	496
mm	1997	57	60	22	30	35	3	0	0	0	0	8	64	279
mm	1998	63	85	71	60	27	56	11	11	13	57	73	63	590
mm	1999	84	76	80	59	25	4	2	3	4	59	94	81	573
mm	2000	60	78	79	77	51	25	1	1	1	73	59	78	582
mm	2001	75	80	77	58	40	27	18	1	2	81	58	79	597
mm	2002	86	7	32	26	2	3	0	0	0	0	26	87	268
mm	2003	88	94	76	2	6	1	0	0	0	2	42	87	398
mm	2004	59	73	37	8	9	2	10	0	0	6	97	79	381
mm	2005	79	91	25	25	3	14	5	3	2	27	48	113	435
mm	<b>Rerata</b>	70	73	57	37	20	14	6	3	2	39	57	82	460

**Tabel 4.13.** Data Curah Hujan Harian Maksimum Sta. Pangen Juru Tengah

Curah	Tahun	Bulan												Jumlah
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des	
mm	1996	86	95	66	24	6	6	3	2	1	77	76	98	539
mm	1997	47	59	7	16	2	0	0	0	0	0	24	68	222
mm	1998	43	67	71	91	8	85	47	0	12	72	97	54	646
mm	1999	58	72	82	57	22	1	0	1	1	25	43	49	411
mm	2000	68	86	95	63	43	9	0	17	6	66	LD	47	500
mm	2001	83	70	89	58	5	36	8	0	1	65	82	47	545
mm	2002	49	55	40	37	11	0	1	0	0	0	51	55	299
mm	2003	71	71	59	5	26	2	0	0	3	21	45	90	393
mm	2004	71	33	78	3	12	3	6	0	0	3	67	54	329
mm	2005	54	62	17	17	2	9	4	2	2	19	33	78	299
mm	<b>Rerata</b>	63	67	60	37	14	15	7	2	3	35	58	64	418

**Tabel 4.14.** Data Curah Hujan Harian Maksimum Sta. BRR13

<b>Curah</b>	<b>Tahun</b>	<b>Bulan</b>											<b>Jumlah</b>	
<b>Hujan</b>		<b>Jan</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Apr</b>	<b>Mei</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ags</b>	<b>Sep</b>	<b>Okt</b>	<b>Nop</b>	<b>Des</b>	
mm	1996	90	83	54	15	0	7	4	3	0	71	48	37	411
mm	1997	79	79	13	26	16	0	0	0	0	1	3	33	250
mm	1998	50	42	46	91	12	66	39	13	28	78	79	85	629
mm	1999	77	89	88	60	23	1	2	1	4	13	46	70	475
mm	2000	68	54	85	55	25	9	1	16	22	64	48	54	501
mm	2001	76	99	98	35	30	31	14	1	2	57	68	63	574
mm	2002	49	58	42	39	7	1	2	0	6	0	45	91	338
mm	2003	98	0	52	16	14	2	0	0	9	61	83	48	382
mm	2004	73	61	75	12	78	6	5	0	0	3	60	80	453
mm	2005	81	54	49	34	0	37	11	0	11	39	93	48	458
mm	<b>Rerata</b>	74	62	60	38	20	16	8	3	8	39	57	61	447

Untuk perhitungan curah hujan dengan metode Poligon *Thiessen* digunakan persamaan:

$$d = \frac{A_1 d_1 + A_2 d_2 + A_3 d_3 + \dots + A_n d_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i * d_i}{A_i}, \text{dimana :}$$

d : Curah hujan daerah (mm)

A<sub>1</sub>-A<sub>n</sub> : Luas daerah pengaruh stasiun (km<sup>2</sup>)

d<sub>1</sub>-d<sub>n</sub> : Curah hujan (mm)

**Tabel 4.15.** Perhitungan Curah Hujan Rata-Rata Harian maksimum dengan Metode Poligon *Thiessen* (Tahun 1995-2004)

No	Tahun	Sta. Kedung Loteng	Sta. Pangen Juru Tengah	Sta. BRR13	Rh Rencana
		Mm	mm	mm	mm
<b>Bobot (%)</b>		<b>50,96</b>	<b>24,25</b>	<b>24,79</b>	
1	1996	89	98	90	91,38
2	1997	64	68	79	68,53
3	1998	85	97	91	89,59
4	1999	94	82	89	89,80
5	2000	79	95	85	84,52
6	2001	81	89	99	87,55
7	2002	87	55	91	80,18
8	2003	94	90	98	93,97
9	2004	97	78	80	88,14
10	2005	113	78	93	99,78

Dalam perhitungan distribusi curah hujan digunakan metode polygon *Thiessen* dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

- Luas DPS relatif luas
- Jumlah stasiun hujan yang mewakili relatif sedikit (minimal tiga stasiun)
- Letak stasiun hujan tersebar tidak merata

Berdasarkan data curah hujan harian maksimum yang ada, dapat ditentukan debit banjir rencana.



#### 4.4.2. Menentukan Jenis Sebaran

Untuk menentukan jenis sebaran diperlukan parameter-parameter statistik sebagai berikut :

- Standar Deviasi (S)

Ukuran sebaran yang paling banyak digunakan adalah standar deviasi (S). Apabila penyebaran sangat besar terhadap nilai rata-rata, maka nilai S akan besar. Akan tetapi apabila penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata, maka S akan kecil.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

- Koefisien Variasi (CV)

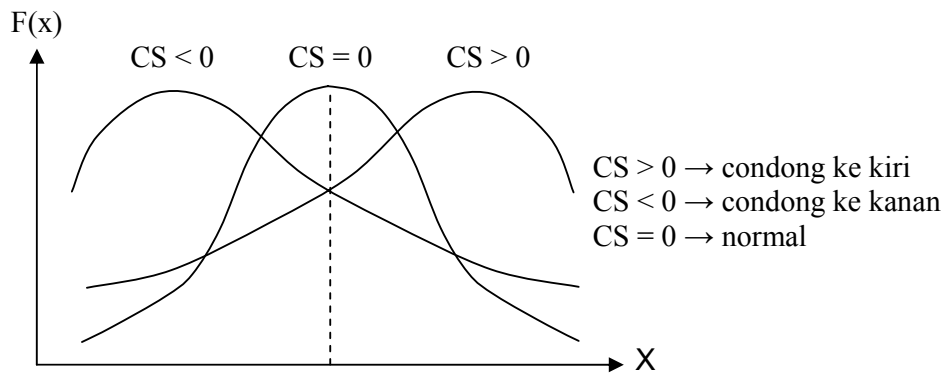
Adalah nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata hitung dari suatu distribusi. Koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

- Koefisien *Skewness* (CS)

Kemencengan (*Skewness*) adalah suatu nilai yang menunjukkan derajat ketidak simetrisan (*asymetri*) dari suatu bentuk distribusi. Apabila kurva frekuensi dari suatu distribusi mempunyai ekor memanjang ke kanan atau ke kiri terhadap titik pusat maksimum, maka kurva tersebut tidak akan berbentuk simetri. Keadaan itu disebut menceng ke kanan atau ke kiri. Pengukuran kemencengan adalah untuk mengukur seberapa besar kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan atau koefisien *skewness* dan dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$CS = \frac{n * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) * (N-2) * S^3}$$



Gambar 4.6.

- Koefisien *Kurtosis* (CK)

Pengukuran *kurtosis* dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi dan sebagai pembandingnya adalah distribusi normal. Koefisien *kurtosis* dirumuskan sebagai berikut :

$$CK = \frac{n^2 * \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4}{(n-1) * (n-2) * (n-3) * S^4}$$

Tabel 4.16. Parameter Distribusi

No	Tahun	Rh Rencana (mm)	(Xi - X)	(Xi - X) <sup>2</sup>	(Xi - X) <sup>3</sup>	(Xi - X) <sup>4</sup>
1	1996	91,38	4,04	16,29	65,76	265,42
2	1997	68,53	18,81	353,91	6.657,87	125.250,65
3	1998	89,59	2,25	5,05	11,36	25,54
4	1999	89,80	2,46	6,05	14,87	36,57
5	2000	84,52	2,83	8,01	22,68	64,19
6	2001	87,55	0,21	0,04	0,01	0,00
7	2002	80,18	7,16	51,29	367,28	2.630,24
8	2003	93,97	6,63	43,92	291,11	1.929,30
9	2004	88,14	0,79	0,63	0,50	0,40
10	2005	99,78	12,43	154,55	1.921,36	23.886,02

Penyelesaian (data diambil dari tabel 4.10.) :

- *Mean*

$$X = \sum Xi / N = 87,35$$

- Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} = 8,43$$

- Koefisien Variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = 0,0965$$

- Koefisien Skewness

$$CS = \frac{n * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) * (n-2) * S^3} = 1,951$$

- Koefisien Kurtosis

$$CK = \frac{n^2 * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) * (n-2) * (n-3) * S^4} = 6,051$$

**Tabel 4.17.** Parameter Distribusi Logaritma

No	Tahun	Rh Rencana (mm)	Log X	(LogXi -logX)	(LogXi - logX) <sup>2</sup>	(LogXi - logX) <sup>3</sup>	(LogXi - logX) <sup>4</sup>
1	1996	91,38	1,96086018361	1,67321879562	2,79966113803	4,68444563753	7,83810248779
2	1997	68,53	1,83590075719	1,54825936921	2,39710707435	3,71134348686	5,74612232589
3	1998	89,59	1,95227679362	1,66463540564	2,77101103372	4,61272307616	7,67850214900
4	1999	89,80	1,95329935657	1,66565796859	2,77441646831	4,62122889862	7,69738673964
5	2000	84,52	1,92693410412	1,63929271614	2,68728060919	4,40523952888	7,22147707255
6	2001	87,55	1,94227450400	1,65463311601	2,73781074861	4,53007233004	7,49560769522
7	2002	80,18	1,90408869227	1,61644730429	2,61290188754	4,22361821248	6,82725627390
8	2003	93,97	1,97300355367	1,68536216569	2,84044562953	4,78717959771	8,06813137433
9	2004	88,14	1,94516847742	1,65752708944	2,74739605222	4,55388338196	7,54818506774
10	2005	99,78	1,99903240053	1,71139101255	2,92885919785	5,01242330823	8,57821620082

(Sumber : Hidrologi "Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data", Soewarno,1995)

Penyelesaian (data diambil dari tabel 4.11.) :

- Mean

$$X = \sum X_i / N = 1,939$$

- Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} = 1,742$$

- Koefisien Variasi

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = 0,890$$

- Koefisien *Skewness*

$$CS = \frac{n * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) * (N-2) * S^3} = 1,608$$

- Koefisien *Kurtosis*

$$CK = \frac{n^2 * \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) * (n-2) * (N-3) * S^4} = 1,611$$

#### 4.4.3. Pengujian Kecocokan

Pengujian kecocokan sebaran digunakan untuk menguji sebaran data apakah memenuhi syarat untuk data analisis. Pengujian kecocokan sebaran digunakan metode *Chi Square*

$$X^2 = \sum_i^k \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$$

Perhitungan (tahun 1996-2005) :

- Jumlah kelas (K) =  $1 + 1,33 \ln (N)$   
 $= 1 + 1,33 \ln (10)$   
 $= 4,06$  (digunakan K = 5)
- Derajat kebebasan (DK) =  $K - (P+1)$   
 $= 5 - (1+1)$   
 $= 3$
- Dengan : DK = 3 dan derajat ( $\alpha$ ) = 5 %, maka dari tabel 2.9. didapat harga  $X^2_{CR} = 7,815$ .
- $E_f = N / K = 10 / 5 = 2$

- $\Delta X_{1996-2005} = (X_{maks}-X_{min}) / (K-1)$   
 $= (99,78-68,53) / (5-1)$   
 $= 7,81$
- $X_{awal\ 1996-2005} = X_{min} - (0,5 \Delta X)$   
 $= 68,53 - (0,5 \times 7,81)$   
 $= 64,62$
- $X_{akhir\ 1996-2005} = x_{max} + (0,5 \Delta X)$   
 $= 99,78 + (0,5 \times 7,81)$   
 $= 103,68$

**Tabel 4.18.** Perhitungan Metode *Chi Square*

No.	Kemungkinan	Ef	Of	(Ef-Of)	$\frac{(Ef-Of)^2}{Ef}$
1.	$64,62 < X < 72,43$	2	1	1	0,5
2.	$72,43 < X \leq 80,24$	2	1	1	0,5
3.	$80,24 < X \leq 88,65$	2	3	-1	0,5
4.	$88,65 < X \leq 95,86$	2	4	-2	2
5.	$95,86 < X \leq 103,68$	2	1	1	0,5
Jumlah			10		4

$$X^2 = 4 < X^2_{CR} = 7,815 \rightarrow \text{distribusi memenuhi syarat}$$

#### 4.4.4. Analisis Curah Hujan Rencana

Dari perhitungan parameter pemilihan distribusi curah hujan untuk menghitung curah hujan rencana digunakan metode :

##### a. Distribusi *Gumbel Tipe I* :

Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mencari curah hujan rencana tiap periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun, 100 tahun dan 1000 tahun yang akan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana. Untuk menghitung curah hujan rencana dengan metode ini digunakan persamaan berikut:

$$X_T = \bar{X} + \frac{S}{S_n}(Y_T - Y_n)$$

Dimana:

$$S_n = 0,9496 \text{ (tabel 2.2)}$$

$$S = 8,43$$

$$Y_n = 0,4952 \text{ (tabel 2.1)}$$

$$\bar{X} = 87,35$$

Contoh:

$$X_2 = 87,35 + \frac{8,43}{0,9496}(-0,1287) = 86,203$$

Hasil perhitungan curah hujan rancangan Metode E.J Gumbel Type I disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 4.19.** Perhitungan Metode E.J Gumbel Type I

T (thn)	YT	XT (mm)
2	0,3665	86,203
5	1,4999	96,266
10	2,2504	102,929
50	3,9120	117,682
100	4,6052	123,836
1000	6,9078	144,280

### b. Metode Log Pearson Type III

Metode yang dianjurkan dalam pemakaian distribusi Log Pearson ialah dengan mengkorvesikan rangkaian datanya menjadi bentuk logaritmis. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mencari curah hujan rancangan tiap periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun, 100 tahun dan 1000 tahun yang akan digunakan untuk menghitung debit banjir rencana. Perhitungan curah hujan rencana Metode Log Pearson Type III menggunakan rumus:

$$\text{Log}X_T = \text{Log}X_{Rt} + k.S \log X$$

Contoh:

Dari parameter logaritma didapatkan:

$$N = 10$$

$$\sum \text{Log} X = 19,39$$

$$\text{Log} X_{rt} = 1,94$$

$$S \text{ Log } X = 0,044$$

Cs = -1,412 berdasarkan nilai CS maka dapat ditentukan nilai k untuk setiap periode ulang

$$\text{Log } X_T = 1,94 + k \cdot 0,044$$

Untuk T = 2 tahun: k = 0,227 maka;

$$\text{Log } X_2 = 1,94 + (0,227 \cdot 0,044)$$

$$\text{Log } X_2 = 1,949$$

$$X_T = 10^{\text{log}2,773} = 88,990 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan curah hujan rencana Metode Log Pearson Type III disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 4.20.** Perhitungan Metode Log Pearson Type III

<b>T (thn)</b>	<b>K</b>	<b>Log XT (mm)</b>	<b>XT (mm)</b>	<b>Peluang (%)</b>
2	0,227	1,949	88,990	50,00
5	1,038	1,985	96,664	20,00
10	1,364	2,000	99,932	10,00
50	1,363	2,000	99,922	2,00
100	1,31	1,997	99,383	1,00
1000	1,454	2,004	100,854	0,10

**Tabel 4.21.** Analisis Distribusi Frekuensi Metode Gumbel Dan Log-Pearson Tipe III

No	Hujan Maksimum					
	Gumbel Tipe I			Log Pearson Tipe III		
	X ( mm )	(X-Xrt) <sup>2</sup>	(X-Xrt) <sup>3</sup>	Log X	(Log X-Log Xrt) <sup>2</sup>	(Log X-Log Xrt) <sup>3</sup>
1	87,55	0	0	1,942	0,000	0,000
2	84,52	8	-23	1,927	0,000	0,000
3	93,97	44	291	1,973	0,001	0,000
4	99,78	155	1921	1,999	0,004	0,000
5	89,59	5	11	1,952	0,000	0,000
6	89,80	6	15	1,953	0,000	0,000
7	80,18	51	-367	1,904	0,001	0,000
8	91,38	16	66	1,961	0,000	0,000
9	88,14	1	0	1,945	0,000	0,000
10	68,53	354	-6658	1,836	0,011	-0,001
Jumlah	873	640	-4742,862	19,393	0,018	-0,001
n	10			n	10	
Σ X	873			Σ LogX	19,39	
Xrata-rata	87,35			Log Xrt	1,94	
Σ (X-Xrt) <sup>2</sup>	639,75			Σ (Log X-LogXrt) <sup>2</sup>	0,018	
Σ (X-Xrt) <sup>3</sup>	-4742,86			S Log X	0,044	
Sx	8,431			Cs	-1,412	
Yn (tabel)	0,4952					
Sn (tabel)	0,9496					

Berdasarkan perhitungan sebaran curah hujan rencana dengan Metode Gumbel I dan Log Pearson III dapat disimpulkan bahwa data curah hujan rancangan tiap periode ulang hasil perhitungan Metode Gumbel I lebih besar dibandingkan dengan Log Pearson III, sehingga hasil perhitungan dengan Metode Gumbel I selanjutnya digunakan sebagai parameter untuk menghitung debit banjir rancangan

#### 4.4.5. Analisa debit banjir

Perhitungan metode rasional menggunakan persamaan sebagai berikut :  $Q = C * I * A * 0,278$

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk tahun 1996 – 2005 dengan periode ulang 2 tahun :



Dari data diketahui :  $A = 580,250 \text{ km}^2$  (luas DPS)  
 $L = 52,767 \text{ km}$  (panjang saluran)  
 Elv Hulu = +592,254  
 Elv dasar sungai pada lokasi jembatan = +5,254  
 $H = 0,587 \text{ km}$  (beda tinggi antara ujung saluran)

Penyelesaian :

$$V = 72 * \left(\frac{H}{L}\right)^{0,6} = 72 * \left(\frac{0,587}{52,76}\right)^{0,6} = 4,843 \text{ km / jam}$$

$$T_c = \frac{L}{V} = \frac{52,76}{4,843} = 10,894 \text{ jam}$$

$$I = \frac{R}{24} * \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{86,203}{24} * \left(\frac{24}{10,894}\right)^{\frac{2}{3}} = 6,081 \text{ mm / jam}$$

Jadi :

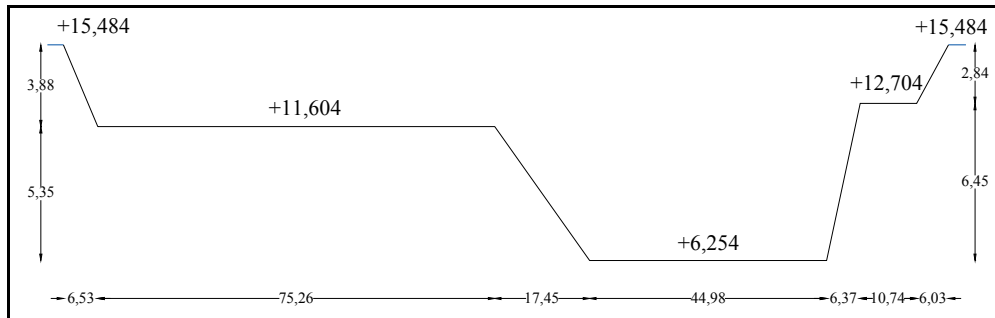
$$Q = C * I * A * 0,278 = 0,3 * 6,081 * 580,250 * 0,278 = 294,290 \text{ m}^3/\text{jam}$$

**Tabel 4.22.** Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode Rasional untuk Tahun 1996 - 2005

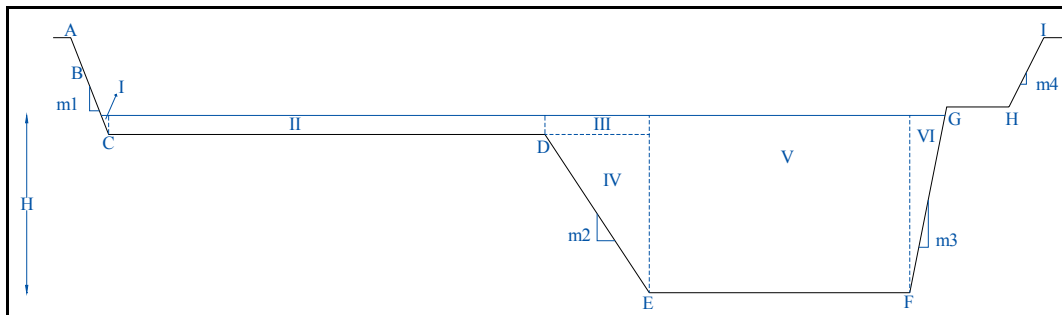
Periode Ulang (Tahun)	$R_{24}$ (mm/hari)	$T_c$ (jam)	$C$	$I$ (mm/jam)	$A$ ( $\text{Km}^2$ )	$Q$ Rencana ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )
2	86,203	10,894	0,30	6,081	580,250	294,290
5	96,266	10,894	0,30	6,791	580,250	328,645
10	102,929	10,894	0,30	7,261	580,250	351,390
50	117,682	10,894	0,30	8,302	580,250	401,756
100	123,836	10,894	0,30	8,736	580,250	422,766
1000	144,280	10,894	0,30	10,178	580,250	492,559

## 4.5. ANALISA DATA HIDROLIKA

### 4.5.1. Perhitungan Tinggi Muka Air Maksimum

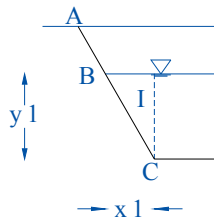


**Gambar 4.7.** Penampang Melintang Sungai Bogowonto



**Gambar 4.8.** Pembagian Luas Penampang Melintang Sungai Bogowonto

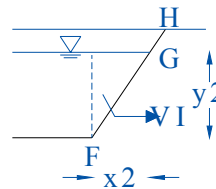
Tinjau A-C :



$$\frac{y1}{x1} = \frac{3,88}{5,35} \Rightarrow x1 = 1,682 y1$$

$$y1 = (H - 5,35)$$

Tinjau F-H :



$$\frac{y2}{x2} = \frac{6,45}{6,37} \Rightarrow x2 = 0,988 y2$$

$$y2 = H$$

Luas bidang I:

$$A_1 = \frac{1}{2} \times y_1 \times x_1$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \times (H - 5,35) \times 1,682(H - 5,35)$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \times (H - 5,35)^2 \times 1,682$$

$$A_1 = 0,841H^2 - 8,998H + 24,072$$

Luas bidang II:

$$A_2 = (H - 5,35) \times 75,26$$

$$A_2 = 75,26H - 402,641$$

Luas bidang III:

$$A_3 = (H - 5,35) \times 17,45$$

$$A_3 = 17,45H - 93,358$$

Luas bidang IV:

$$A_4 = \frac{1}{2} \times 5,35 \times 17,45$$

$$A_4 = 46,679$$

Luas bidang V:

$$A_5 = H \times 44,98$$

$$A_5 = 44,98H$$

Luas bidang VI:

$$A_6 = \frac{1}{2} \times y_2 \times x_2$$

$$A_6 = \frac{1}{2} \times H \times 0,988(H)$$

$$A_6 = 0,494H^2$$

Luas penampang saluran (A):

$$A_{saluran} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6$$

$$A_{saluran} = (0,841H^2 - 8,998H + 24,072) + (75,26H - 402,641) + (17,45H - 93,358) + (46,679) + (44,98H) + (0,494H^2)$$

$$A_{saluran} = 1,335H^2 + 128,692H - 425,248$$

$$BC = \sqrt{y_1^2 + x_1^2} = 1,96y_1 = 1,96(H - 5,35) = 1,96H - 10,486$$

$$CD = 75,26 \text{ m}$$

$$DE = 18,252 \text{ m}$$

$$EF = 44,98 \text{ m}$$

$$FG = \sqrt{x_2^2 + y_2^2} = 1,405y_2 = 1,405H$$

Keliling basah saluran (P):

$$\begin{aligned} \text{Keliling basah (P)} &= 1,96H - 10,486 + 75,26 + 18,252 + 44,98 + 1,405H \\ &= 3,365H + 128,006 \end{aligned}$$

Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{1,335H^2 + 128,692H - 425,248}{3,365H + 128,006}$$

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} A$$

$n$  = koefisien manning

$R$  = jari-jari hidrolis

$I$  = kemiringan saluran

$A$  = luas penampang sungai

$$Q = \frac{1}{0,080} \left( \frac{1,335H^2 + 128,692H - 425,248}{3,365H + 128,006} \right)^{2/3} \times 0,0111^{1/2} \times (1,335H^2 + 128,692H - 425,248)$$

Dengan coba-coba untuk debit (Q) = 492,559 m<sup>3</sup>/detik

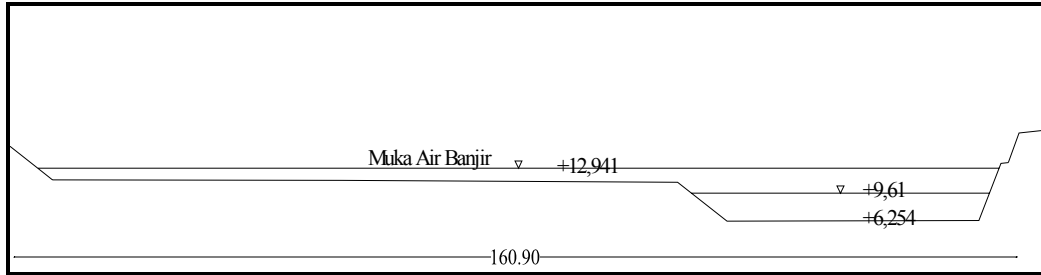
$$\text{Diperoleh } H = 6,688 \text{ m}$$

Jadi elevasi muka air tertinggi

$$\text{Elv muka air} = \text{elv dasar sungai} + \text{tinggi muka air}$$

$$= 6,254 + 6,688$$

$$= 12,941 \text{ m}$$



**Gambar 4.9.** Penampang Melintang Sungai Pada Jembatan.

#### 4.5.2. Tinjauan Kedalaman Penggerusan

- Penggerusan (scouring) terjadi di dasar pilar akibat aliran sungai yang mengikis lapisan tanah dasar sungai. Dalamnya penggerusan duhitung berdasarkan rumus *Lacey* sebagai berikut:

Elevasi muka air banjir = + 12,941

Elevasi dasar sungai de sekitar pilar 2P = +8,00 m

$$H = 12,941 - 8,00 = 4,941$$

$$d = H \times \left( \frac{L}{W} \right)^{0,61}$$

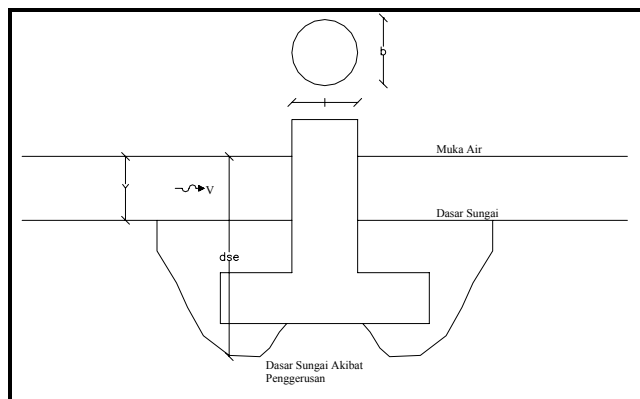
$$d = 4,941 \times \left( \frac{53}{159} \right)^{0,61}$$

$$d = 2,52m$$

Dari muka air banjir.

Penggerusan maksimum dari dasar sungai metode *Lacey* sebesar:

- Penggerusan lokal dihitung dengan humus *Carterns*:



**Gambar 2.10.** Gerusan Lokal Pada Pilar (Legono,1987)

$$\frac{d_{se}}{b} = 0,546 \left( \frac{N^2 - 1,25}{N^2 - 5,02} \right)^{5/6} \quad (\text{Legono, 1987})$$

Dimana:

$$H = 4,941 \text{ m}$$

$d_{se}$  = kedalaman seimbang

$$b = \text{lebar pilar} = 2,5 \text{ m}$$

$$N = \text{sediment number} = \frac{V}{\sqrt{\left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right) g \cdot D}}$$

$$V = \text{Kecepatan rata-rata di hulu pilar} = 4,843 \text{ km/jam} = 1,345 \text{ m/s}$$

$$\gamma_s = \text{berat jenis butiran tanah} = 2,456 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_w = \text{berat jenis air} = 1 \text{ ton/m}^3$$

$$g = \text{percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$D = \text{diameter butiran timbunan} = 0,322 \text{ mm}$$

$$N = \frac{1,345}{\sqrt{\left( \frac{2,456}{1} - 1 \right) 9,81 \cdot 0,00322}} = 6,27$$

$$\frac{d_{se}}{2,5} = 0,546 \left( \frac{0,225^2 - 1,25}{0,225^2 - 5,02} \right)^{5/6}$$

$$d_{se} = 1,488 \text{ m}$$

$d_{se} = 1,488 \text{ m} < H = 6,688$  maka tidak terjadi penggerusan

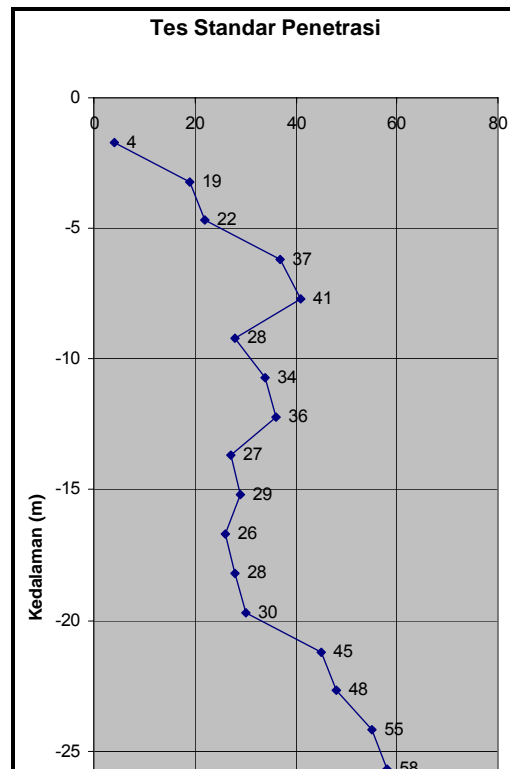
Digunakan perkiraan penggerusan metode Lacey  $d = 2,52 \text{ m}$

#### 4.6. ANALISA DATA TANAH

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting dalam suatu pekerjaan konstruksi. Analisa data tanah dimaksudkan untuk mengetahui sifat fisik dan teknis dari tanah, sehingga diperoleh jenis pondasi yang sesuai.

##### 4.6.1. Analisa Data N-SPT

Dari hasil uji menggunakan metode test standar penetrasi diperoleh data sebagai berikut:



**Gambar 4.11.** Grafik Tes Standar Penetrasi (*Sumber: JP-RDII Consultan*)

Data yang ada menunjukkan nilai *N value* untuk setiap kedalaman mulai dari -1,5 m sampai dengan -30,2 m dari permukaan tanah. *N value* terendah sebesar 4 spt pada kedalaman 1,5 m dan tertinggi 58 spt pada kedalaman 25,7 m.

#### 4.6.2. Analisa Boring

Berdasarkan data Boring yang dilakukan oleh laboratorium mekanika tanah Universitas Gajah Mada :

**Tabel 4.23.** Klasifikasi Data Tanah

No.	Kedalaman (m)	Tebal (m)	Klasifikasi "UC"	Jenis Tanah	Spesifikasi Teknis
1	2 – 2,50	0,5	ML	Lanau inorganik, pasir sangat halus, debu padas, pasir halus berlanau atau berlempung lanau berlempung dengan plastisitas rendah	$\Phi=26,46^\circ$ $C=0,05 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma=1,62 \text{ gr/cm}^3$
2	4,00 – 4,50	0,5	SW	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, atau pasir dari pecahan krikil, sedikit atau tanpa butiran halus	$\Phi=26,87^\circ$ $C=0,08 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma=1,85 \text{ gr/cm}^3$
3	10,00 – 10,5	0,5	SC	Pasir lempung, campuran pasir lempung	$\Phi=29,33^\circ$ $C=0,03 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma=1,4 \text{ gr/cm}^3$
4	12,5 – 13	0,5	SM	Pasir berlanau, campuran pasir dan lanau	$Cu=0,58 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma=1,66 \text{ gr/cm}^3$
5	14,5 – 15	0,5	SM	Pasir berlanau, campuran pasir dan lanau	$\Phi=31,03^\circ$ $C=0,00 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma=1,6 \text{ gr/cm}^3$
6	18,50 – 19	0,5	SM	Pasir berlanau, campuran pasir dan lanau	$Cu=0,18 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma=1,84 \text{ gr/cm}^3$
7	23 – 23,5	0,5	SM	Pasir berlanau, campuran pasir dan lanau	$Cu=0,25 \text{ kg/cm}^2$ $\gamma=1,83 \text{ gr/cm}^3$

(Sumber: JP-RDII Consultan)

Berdasarkan data tanah diatas maka pondasi yang akan digunakan adalah pondasi dalam.

#### 4.7. ANALISA MATERIAL JEMBATAN.

##### 4.7.1. Bangunan Atas

Bangunan atas jembatan rel kereta api Sungai Bogowonto menggunakan rangka baja. Mutu baja yang digunakan Fe 510 dengan degangan ijin  $\bar{\sigma} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

##### 4.7.2. Bangunan Bawah

###### 1. Abutmen



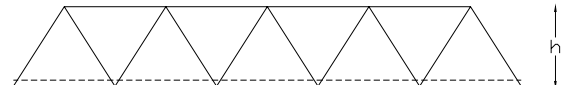
- Mutu beton : 30 Mpa
- Mutu Baja : 400 Mpa
- Jenis : tembok penahan gravitasi



2. Pilar
  - Mutu beton : 30 Mpa
  - Mutu Baja : 400 Mpa
  - Jenis : pilar kolom tunggal
  
3. Bangunan pondasi
  - Mutu beton : 30 Mpa
  - Mutu Baja : 400 Mpa
  - Jenis : sumuran

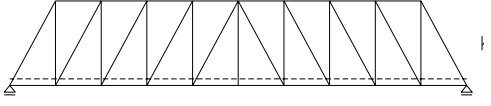
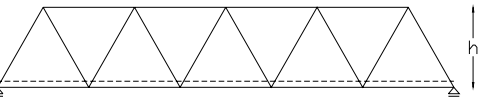
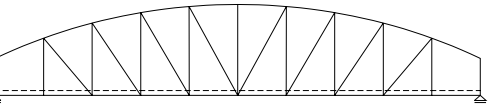
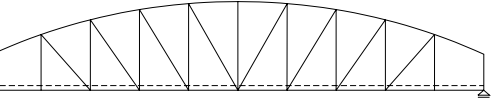
#### 4.8. Analisa Konstruksi Jembatan

##### 4.8.1. Struktur Atas

Jenis	Bentuk	L	h/L
Gelagar Baja komposit		5 – 25 m	1/25– 1/27
Gelagar Baja		15 - 50 m	1/20,0
Rangka Baja		30 – 100 m	1/8 – 1/11

Keterangan :

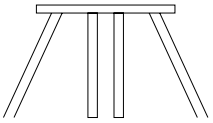
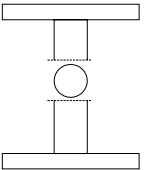
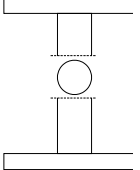
- Perencanaan lebih sederhana serta waktu pelaksanaan yang lebih cepat
- Tidak memerlukan pemeliharaan selama 20-25 tahun
- Penyimpanan dan penanganan lebih mudah dengan peralatan minimum
- Harganya relatif mahal
- Bebannya lebih berat, sehingga memerlukan bangunan bawah dan pondasi yang lebih kuat

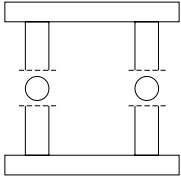
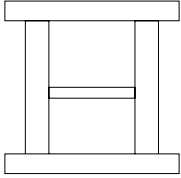
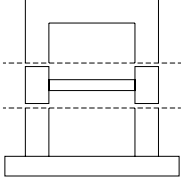
Bentuk	Bentang	Pelaksanaan	Segi Ekonomi Berdasar Geometri	Segi Ekonomi Berdsarkan Momen
	30 – 60 m	Mudah, karena panjang profil seragam	Murah	Kurang efektif, sehingga dimensi besar dan biaya mahal
	30 - 60 m	Mudah, karena panjang profil seragam	Murah	Kurang efektif, sehingga dimensi besar dan biaya mahal
	30 – 100 m	Sulit, karena panjang profil tidak seragam	Mahal	Efektif, sehingga dimensi tidak besar dan biaya murah
	30 – 60 m	Sulit, karena panjang profil tidak seragam	Mahal	Sangat efektif, sehingga dimensi tidak besar dan biaya murah

#### 4.8.2. Strukur Bawah

Berbagai alternatif bangunan bawah:

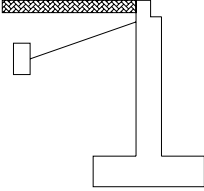
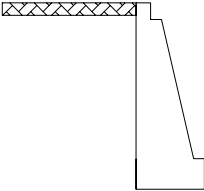
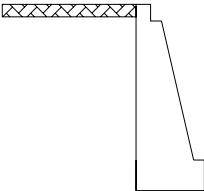
1. Bentuk alternatif pilar, sebagai berikut:

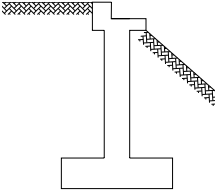
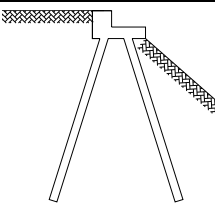
Jenis Pilar	Bentuk	Tinggi
<b>Pilar balok cap tiang sederhana</b> Minimal dua baris tiang		< 10 m
<b>Pilar kolom tunggal</b> Dianjurkan kolom silindrik pada aliran arus		5 – 15 m
<b>Pilar tembok</b> Ujung bundar dan alinyemen tembok sesuai arah aliran, membantu mengurangi gaya aliran dan gerusan lokal		5 – 25 m

<p><b>Pilar portal 1 tingkat</b></p> <p>Dengan kolom tunggal atau majemuk, dianjurkan kolom silindris pada aliran baru, pemisahan kolom dengan dua kolom baru.</p>		<p>5 – 15 m</p>
<p><b>Pilar portal 2 tingkat</b></p>		<p>15 – 25 m</p>
<p><b>Pilar tembok – penampang I</b></p> <p>Penampang ini mempunyai karakteristik tidak baik terhadap aliran arus dan dianjurkan untuk penggunaan di darat</p>		<p>25 – 30 m</p>

(Sumber : Mekanika tanah dan tekbnik pondasi, Sosrodarsono, 1988)

## 2. Bentuk alternatif abutmen

Jenis Abutmen	Bentuk	Tinggi
<p>Abutmen tembok penahan kantilever</p>		<p>&lt; 8 m</p>
<p>Abutmen tembok penahan kontrafort</p>		<p>6,8 – 20 m</p>
<p>Abutmen tembok penahan gravitasi</p>		<p>&lt; 20 m</p>

Abutmen kolom “Spill Trough”		< 20 m
Abutmen balok cap tiang sederhana		6,8 – 20 m
Abutmen tanah bertulang		< 3,4 m

(Sumber : Mekanika tanah dan tekbnik pondasi, Sosrodarsono, 1988)

### 3. Berbagai alternatif pondasi:

Jenis Pondasi	Kedalaman Lapisan Pendukung
Pondasi langsung	0 – 3 m
Pondasi sumuran	3 – 10 m
Pondasi tiang beton	10 – 30 m
Pondasi bore pile	10 – 30 m
Pondasi tiang baja	20 - 60 m

(Sumber : Mekanika tanah dan tekbnik pondasi, Sosrodarsono, 1988)

#### 4.8.3. Analisa Pemilihan Alternatif

Dari berbagai tinjauan aspek, yaitu aspek hidrologi dan kesungai, aspek kondisi tanah, dapat diambil kesimpulan bahwa jembatan baru dibangun dengan data-data sebagai berikut:

- Lokasi : Di sebelah kanan jembatan lama pada arah Kutoarjo
- Panjang : 160m
- Jumlah bentang : 3 (53.33 m, 53.33 m, 53.33 m)
- Elevasi rel : +17.640 m

Dengan melihat data tersebut serta berbagai alternatif jembatan yang ada maka dapat dilakukan analisa untuk memilih struktur jembatan.

#### 1. Bangunan Atas

Berdasarkan data-data dengan pertimbangan teknis, ekonomi dan kemudahan dalam pelaksanaan serta berbagai alternatif tipe bangunan atas jembatan maka tipe bangunan yang sesuai adalah menggunakan struktur rangka baja.

#### 2. Bangunan Bawah

Bangunan bawah jembatan terdiri dari abutmen dan pilar.

- Abutmen

Tinggi jembatan dari muka tanah di sekitar abutmen kurang dari 20 meter. Dari keadaan tersebut, abutmen yang paling sesuai adalah Abutmen tembok penahan tanah gravitasi dengan tinggi  $< 20\text{m}$ . Tinggi abutmen yang akan digunakan  $< 10\text{m}$ .

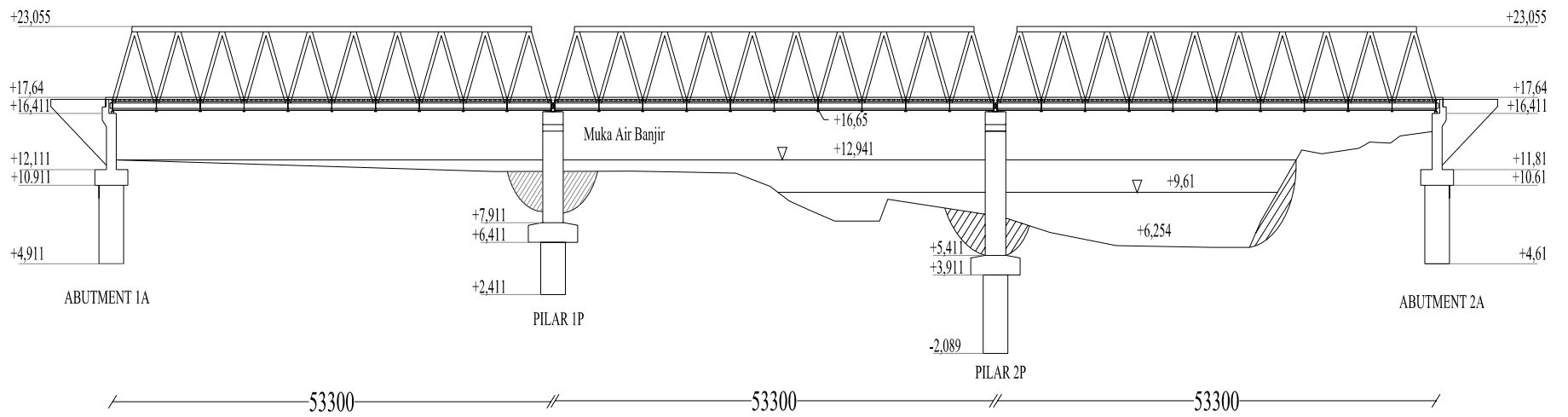
- Pilar

Panjang jembatan 160 meter dengan 3 bentang masing-masing 53,33 meter maka diperlukan pilar. Pemilihan pilar yang akan digunakan mempertimbangkan beberapa faktor antara lain tinggi pilar, aliran sungai dan penggerusan disekitar dasar sungai. Dengan tinggi pilar 10, dan letak pilar yang tidak terkena pengaruh aliran sungai maka digunakan tipe pilar kolom tunggal.

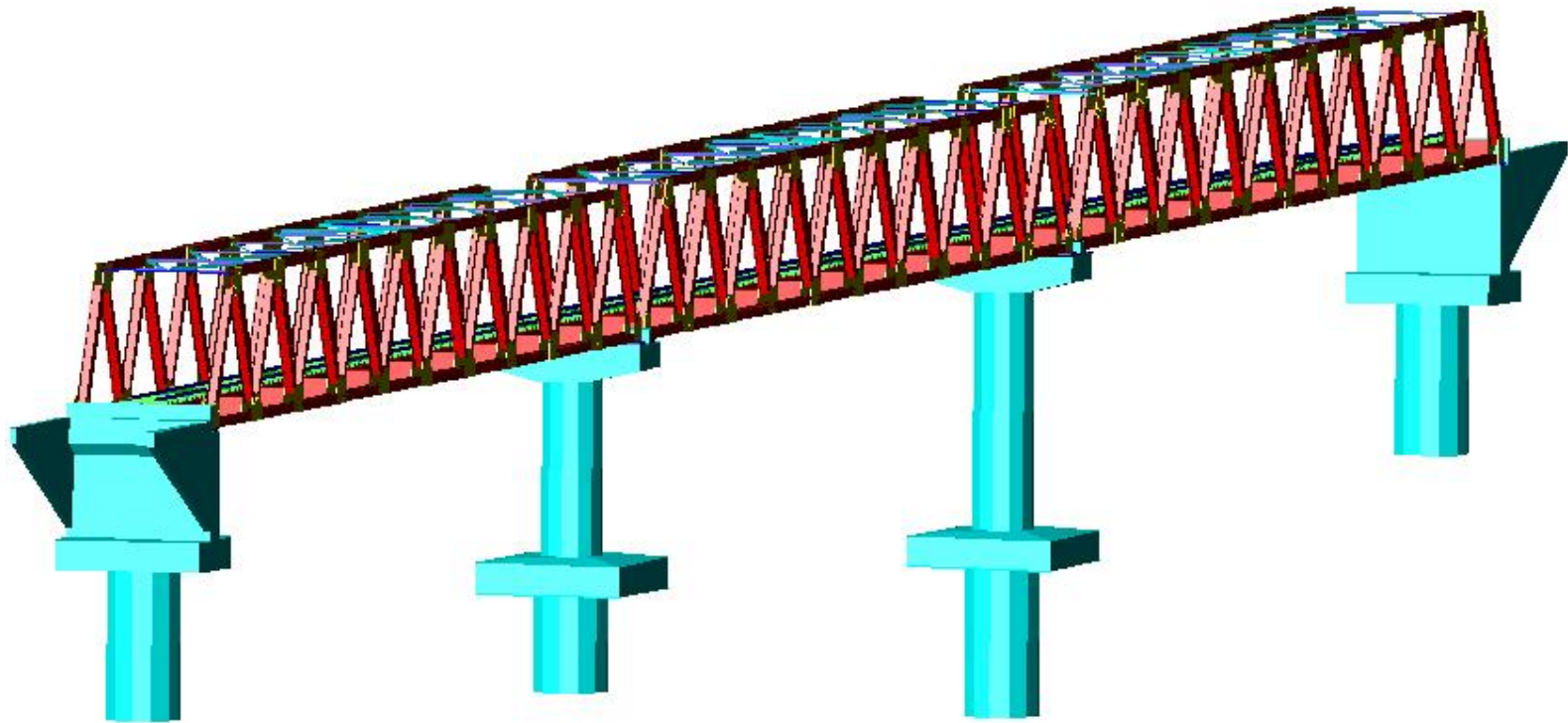
#### 3. Pondasi

Untuk menentukan jenis pondasi yang sesuai mempertimbangkan beberapa faktor antara lain kedalaman lapisan tanah keras dan lingkungan. Letak lapisan tanah keras mulai pada kedalaman 5 meter. Sehingga pondasi yang sesuai adalah pondasi sumuran atau pondasi tiang beton. Akan tetapi di dekat lokasi jembatan yang akan dibangun terdapat jembatan rel jalur lama dan terus beroperasi dengan jarak kurang dari 10 meter. Jika menggunakan pondasi tiang beton dikhawatirkan akan mengganggu kestabilan jembatan yang sudah ada. Sehingga pondasi yang akan digunakan adalah pondasi bore pile.

#### 4. Prototipe jembatan



**Gambar 4.12.** Tampak Samping.



Gambar 4.13. Perspektif Jembatan.