

BAB IV

ANALISA DATA

4.1. Pengumpulan Data

Dalam proses perencanaan jembatan , setelah dilakukan pengumpulan data primer maupun sekunder , dilanjutkan dengan evaluasi data / review study, berikutnya dilakukan analisis untuk penentuan tipe, bentang, maupun kelas jembatan dan lain-lain serta melakukan perhitungan detail jembatan.

Adapun data-data yang diperlukan dalam perencanaan Jembatan Banjir Kanal Timur Semarang adalah :

- a. Data Topografi
- b. Data Lalu Lintas
- c. Data Hidrologi
- d. Data Tanah

Data-data tersebut diatas selanjutnya diolah sesuai dengan kaidah-kaidah yang telah ditetapkan sesuai dengan standar yang berlaku. Adapun secara lengkap data tersebut disajikan dalam sub bab dibawah ini .

4.1.1 Data Topografi

Topografi artinya ketinggian suatu tempat yang dihitung dari permukaan air laut sehingga dapat ditentukan elevasi tanah asli dan bentang jembatan. Data topografi ini diperlukan untuk menentukan trase oprit, data ini diperoleh dari Study terdahulu.

4.1.2 Data Lalu Lintas

Besarnya volume arus lalu lintas yang ada sangat mempengaruhi lebar efektif jembatan. Data-data lalu lintas yang digunakan sebagai dasar perencanaan berasal dari data sekunder, meliputi :

1. Data Survei lapangan Volume Lalu Lintas ruas Jalan Kartini, yang berasal dari Tugas Akhir terdahulu.
2. Data LHR Ruas Jalan dr. Cipto, yang berasal dari DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah.

Tabel 4.1 Data Survei Lalu Lintas di ruas Jalan Kartini

Jam Survey	Barat - Timur (Kendaraan)				Timur - Barat (Kendaraan)			
	LV	HV	MC	UM	LV	HV	MC	UM
07.00 - 07.15	36	0	173	34	34	0	140	52
07.15 - 07.30	54	0	266	40	34	0	167	64
07.30 - 07.45	49	1	235	35	49	2	199	109
07.45 - 08.00	46	0	253	34	46	2	284	179
Sub Total	185	1	927	143	163	4	790	404
12.00 - 12.15	44	0	187	36	149	1	110	15
12.15 - 12.30	45	1	242	47	29	0	110	29
12.30 - 12.45	49	0	234	40	23	0	132	24
12.45 - 13.00	59	0	274	26	31	2	196	40
Sub Total	197	1	937	149	232	3	548	108
16.00 - 16.15	36	0	270	29	38	2	69	17
16.15 - 16.30	36	0	274	65	31	0	433	15
16.30 - 16.45	69	2	326	54	39	1	123	24
16.45 - 17.00	65	0	338	49	53	0	109	32
Sub Total	206	2	1208	197	161	3	734	88

Sumber : Ibnu F.Z. dan Moch. Rezani I. ,Tahun 2004

Keterangan :

LT : Truk besar (termasuk truk kombinasi)

- Truk 3 as
- Trailer

LB : Bus besar

MHV : Kendaraan berat menengah

- Truk 2 As

LV : Kendaraan ringan

- Sedan , Jeep , Station Wagon
- Oplet pick up, Mini bus

MC : Sepeda motor

UM : Kendaraan tak bermotor

Tabel 4.2 LHR Ruas Jalan Dr. Cipto berdasarkan jenis kelompok kendaraan tahun 2002 – 2006

No	Tahun	Jenis Kendaraan (Kend/hari)					Volume LHR (Kend/hari)
		LV	MHV	LB	LT	MC	
1	2002	13.643	546	2.464	52	21.992	38.697
2	2003	17.897	683	2.785	84	32.213	54.213
3	2004	27.827	711	2.912	136	41.470	73.056
4	2005	23.117	594	2.004	23	23.117	48.855
5	2006	11.659	523	2.250	48	25.311	39.791

Sumber : DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah

4.1.3 Data Hidrologi

Data hidrologi diperlukan untuk penentuan elevasi jembatan yang ditentukan oleh tinggi muka air maksimum. Data tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Data Curah Hujan Stasiun Plamongan – Semarang Timur

	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995
Januari	161,12	328,20	168,91	221,73	320,03	421,00	177,00	215,00	535,00	186,00	351,00
Februari	74,48	587,74	320,91	377,19	237,39	239,00	383,00	387,00	168,00	409,00	344,00
Maret	267,62	281,93	182,88	365,76	49,82	321,00	132,00	288,00	216,00	328,00	155,00
April	312,03	96,74	131,22	148,36	351,13	311,00	351,00	204,00	158,00	218,00	196,00
Mei	33,60	108,29	68,48	46,02	66,96	171,00	90,00	62,00	84,00	46,00	195,00
Juni	95,45	31,35	0,00	20,11	143,13	108,00	29,00	131,00	0,00	36,00	192,00
Juli	92,54	4,77	0,20	11,86	77,49	86,00	13,00	208,00	0,00	78,00	41,00
Agustus	77,82	0,00	0,03	0,96	0,00	48,00	52,00	78,00	0,00	140,00	0,00
September	79,06	0,00	47,17	0,01	81,23	73,00	6,00	87,00	0,00	147,00	157,00
Oktober	193,23	0,96	185,78	14,32	286,65	92,00	232,00	233,00	40,00	245,00	105,00
Nopember	179,90	91,76	144,74	97,58	273,76	0,00	390,00	227,00	101,00	285,00	511,00
Desember	355,22	111,31	419,97	69,88	13,74	0,00	276,00	187,00	289,00	454,00	414,00

Sumber : Balai Pengelolaan Sumber Daya Air, DPU Pengairan Semarang

4.1.4 Data Tanah

Analisa terhadap kondisi tanah dasar dimaksudkan untuk mengetahui sifat fisik dan sifat teknis dari tanah untuk menentukan jenis pondasi yang sesuai dengan keadaan tanah pada Jembatan Kartini Banjir Kanal Timur Semarang.

1. Penyelidikan Lapangan

▪ Pekerjaan Sondir

a. Titik Sondir I

Nilai perlawanan ujung konus (conus resistance) sampai kedalaman – 24,00 m adalah 7 kg/cm^2

Jumlah hambatan pelekat (total friction) adalah 1936 kg/cm^2

b. Titik Sondir II

Nilai perlawanan ujung konus (conus resistance) sampai kedalaman – 24,00 m adalah 10 kg/cm^2

Jumlah hambatan pelekat (total friction) adalah 1604 kg/cm^2

c. Titik Sondir III

Nilai perlawanan ujung konus (conus resistance) sampai kedalaman – 24,00 m adalah 9 kg/cm^2

Jumlah hambatan pelekat (total friction) adalah 1836 kg/cm^2

d. Titik Sondir IV

Nilai perlawanan ujung konus (conus resistance) sampai kedalaman – 24,00 m adalah 7 kg/cm^2

Jumlah hambatan pelekat (total friction) adalah 1576 kg/cm^2

▪ Pekerjaan Pengeboran

Pekerjaan pengeboran dilakukan untuk memperoleh data mengenai keadaan tanah di bawah permukaan. Pengeboran dilaksanakan sampai kedalaman yang diinginkan. Dari hasil pengeboran didapatkan data sebagai berikut :

a. Pada kedalaman 0.00 – 3.00 m diperoleh nilai SPT adalah 6/30, tergolong tanah lunak (*soft*) sampai medium.

b. Pada kedalaman 3.00 – 6.00 m diperoleh nilai rata-rata SPT adalah 12/30 tergolong tanah menengah padat (*medium dense*)

c. Pada kedalaman 20.00 – 26.00 m diperoleh nilai SPT adalah 14/30 tergolong kedalaman kaku (*stiff*)

- d. Pada kedalaman 26.00 – 30.00 diperoleh nilai SPT 18/30 tergolong tanah sangat kaku (*very stiff*).

2. Penyelidikan Laboratorium

Dari hasil penyelidikan laboratorium didapatkan hasil sebagai berikut :

- Titik BH – 1
 - a. Kedalaman sampai dengan -2.00 m :
 - Jenis tanah lempung sedikit pasir (cokelat muda)
 - Berat isi basah (γ_b) = 1,8 gr/cm²
 - Berat jenis (Gs) = 2,64
 - Kohesi (C) = 0,48 Kg/cm²
 - Sudut geser dalam (ϕ) = 25,20⁰
 - b. Kedalaman sampai dengan -6.00 m.
 - Jenis tanah pasir halus sedikit lempung (cokelat)
 - c. Kedalaman sampai dengan -8.00 m
 - Jenis tanah pasir halus sedikit lanau (kehitaman)
 - d. Kedalaman sampai dengan -10.00 m
 - Jenis tanah pasir halus sedikit lanau (abu-abu)

4.2. Analisa Data

4.2.1 Analisa Data Topografi

Topografi adalah ketinggian suatu tempat yang dihitung dari permukaan air laut. Dari peta topografi untuk wilayah Kotamadya Semarang terlihat bahwa lokasi jembatan Kartini berada pada Banjir Kanal Timur Kota Semarang, yang terletak pada ruas jalan Kartini. Daerah tersebut mempunyai terrain datar yang berjarak ± 4 km dari garis pantai utara laut jawa, Dengan Elevasi ± 2,50 meter diatas permukaan air laut. Dari Peta Topografi ini juga dapat ditentukan lokasi jembatan Kartini, yang direncanakan untuk menghubungkan kearah Masjid Agung Jawa Tengah, mengikuti ruas jalan yang ada, dengan tetap memperhatikan

faktor lingkungan, teknis, biaya dan ekonomis. Kemudian dapat pula ditentukan luas DAS (Daerah Aliran Sungai) yang berguna didalam analisa hidrologi untuk menentukan debit rencana dan tinggi muka air banjir.



Gambar 4.1 Peta Topografi

4.2.2 Analisa Data Lalu Lintas

Pada tahap perencanaan jalan, data yang diperoleh diolah terlebih dahulu lalu kemudian dilakukan analisa untuk menentukan alternatif-alternatif pemecahan terhadap masalah yang dihadapi. Dari data yang diperoleh dari Studi Tugas Akhir Perencanaan Jembatan Kartini, 2004 beserta data dari Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah tahun 2002 – 2006 tersebut dalam Tabel 4.5 beserta Tabel 4.2 .

Tabel 4.4 Volume Lalu lintas pada Jam Puncak Pada Ruas Jalan Kartini tahun 2004

No	Jenis Kend	Komposisi Lalu Lintas (%)	Emp	Jumlah Kendaraan				Jumlah Kendaraan (2 arah)	
				Barat - Timur		Timur - Barat		Kend/Jam	Smp/Jam
				Kend/Jam	Smp/Jam	Kend/Jam	Smp/Jam		
1	Kendaraan Ringan (LV)	16,25	1	226	226	163	163	389	389
2	Kendaraan Berat (HV)	0,25	1,2	2	2	4	5	6	7
3	Sepeda Motor (MC)	83,5	0,5	1208	604	790	395	1998	999
Jumlah		100		1436	832	957	563	2393	1395

Sumber : Ibnu F.Z. dan Moch. Rezani I. , Tahun 2004

Tabel 4.5 Volume LHRT Pada Ruas Jalan Kartini tahun 2004

No	Jenis Kendaraan	Komposisi Lalu Lintas (%)	EMP	Volume LHR	
				Kend/hari	smp/hari
1	Kendaraan ringan (LV)	16,25	1,00	4321	4321
2	Kendaraan berat (HV)	0,25	1,20	66	79
3	Sepeda motor (MC)	83,5	0,5	22202	11101
Jumlah		100		26589	15501

Sumber : Ibnu F.Z. dan Moch. Rezani I. , Tahun 2004

Catatan : Jenis kendaraan non motor tidak dikelompokan, tetapi dipakai sebagai faktor hambatan samping

4.2.2.1 Pertumbuhan Lalu Lintas

Berdasarkan data lalu lintas di atas menunjukkan bahwa dari tahun ke tahun terjadi peningkatan arus lalu lintas pada ruas jalan tersebut. Pertumbuhan lalu lintas (LHR) ini mungkin saja dipengaruhi oleh faktor-faktor, yaitu :

- a) Jumlah Penduduk
- b) Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)
- c) Jumlah Kepemilikan Kendaraan

Jumlah data yang dianalisis mempengaruhi ketepatan peramalan pertumbuhan lalu lintas. Semakin banyak data yang dianalisis semakin baik dan tepat hasil peramalannya.

a. Jumlah Penduduk

Penduduk sebagai faktor utama dalam perencanaan merupakan bagian dari faktor sosial yang selalu berubah baik jumlah maupun kondisinya dan cenderung mengalami peningkatan. Dalam perencanaan jaringan transportasi perkotaan tidak bisa terlepas dari pengaruh pertumbuhan penduduk, karena setiap aktivitas penduduk kota secara langsung akan menimbulkan pergerakan lalu lintas.

Tabel 4.6 Data Kependudukan Kota Semarang 2002 – 2006

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2002	1.350.005
2003	1.378.193
2004	1.399.133
2005	1.419.478
2006	1.434.025

Sumber : Biro Pusat Statistik Kota Semarang

b. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)

Pembangunan di daerah Kota Semarang telah mencapai hasil sedemikian sehingga telah menghasilkan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang meningkat, seperti yang tampak pada Tabel 4.7. di bawah ini.

Tabel 4.7 Produk Domestik Regional Bruto (perkapita) Kota Semarang 2002 – 2006

Tahun	Produk Domestik Regional Bruto (perkapita)
2002	Rp. 12.305.766,00
2003	Rp. 13.331.511,00
2004	Rp. 14.613.363,00
2005	Rp. 16.485.140,00
2006	Rp. 18.745.953,00

c. Jumlah Kepemilikan Kendaraan

Seiring dengan perkembangan kebutuhan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat menyebabkan meningkat pula kebutuhan akan sarana pendukung termasuk

kendaraan sebagai sarana pengangkut orang maupun barang. Dengan peningkatan tersebut akan mempengaruhi kondisi lalu lintas pada umumnya, dan didapatkan bahwa jumlah kendaraan yang lewat di jalan dari tahun ke tahun terus meningkat.

Untuk mengetahui pertumbuhan lalu lintas rata-rata per tahun dari suatu daerah maka perlu ditentukan data kepemilikan kendaraan dari daerah tersebut. Berikut ini disajikan jumlah kepemilikan kendaraan Kota Semarang dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data Kepemilikan Kendaraan Kota Semarang 2002 – 2006

Tahun	Kepemilikan Kendaraan
2002	113.561
2003	127.254
2004	136.189
2005	116.525
2006	117.593

Sumber : Biro Pusat Statistik Kota Semarang

4.2.2.2 Analisa Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas

Dalam melakukan analisa tingkat pertumbuhan lalu lintas digunakan 2 metode yaitu metode geometrik dan metode analitis (regresi linier) yang nantinya akan menjadi perbandingan antara kedua metode tersebut.

1. Metode analisa Geometrik

Analisis terhadap data-data sekunder di atas nantinya digunakan untuk memperkirakan jumlah masing-masing data tersebut pada x tahun mendatang (tahun x) dengan menggunakan metode analisis geometrik dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

Persamaan Analisis Geometrik

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Dimana :

P_0 = Data pada tahun terakhir yang diketahui

P_n = Data pada tahun ke – n dari tahun terakhir

n = Tahun ke n dari tahun terakhir

r = Rata-rata dari (data pada pertumbuhan geometrik : data yang diketahui x 100 %)

Setelah didapat nilai dari kedua analisis tersebut, kemudian dipilih nilai yang terbesar dari keduanya sebagai nilai yang mewakili untuk digunakan dalam analisis berikutnya, sehingga kinerja jalan tersebut dapat lebih maksimal dan untuk menghindari hal-hal diluar rencana di masa yang akan datang.

Data-data pertumbuhan jumlah penduduk, PDRB, dan kepemilikan kendaraan tersebut akan dianggap sebagai variabel bebas dan akan dicari seberapa besar pengaruh dari semua variabel tersebut terhadap pertumbuhan lalu lintas. Metode yang digunakan untuk menghitung seberapa besar pengaruh dari variabel-variabel tersebut adalah metode regresi berganda dengan bentuk persamaan :

$$Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$$

Data yang akan dicari tingkat pertumbuhannya dijadikan variabel tidak bebas (Dependent Variabel), yang untuk selanjutnya disebut variabel Y yaitu LHR. Kemudian data lainnya diuji terlebih dahulu apakah variabel tersebut benar-benar merupakan variabel bebas (Independent Variabel) atau bukan. Apabila data tersebut merupakan variabel bebas maka dapat digunakan untuk perhitungan regresi berganda dan apabila bukan merupakan variabel bebas maka tidak bisa digunakan untuk perhitungan regresi berganda. Data-data yang akan diuji yaitu jumlah penduduk, PDRB dan jumlah kepemilikan kendaraan.

Langkah selanjutnya yaitu menguji berapa besar pengaruh variabel-variabel bebas (X) terhadap variabel tidak bebas (Y). Dengan memakai metode analisis regresi dapat diketahui besarnya pengaruh tersebut dengan melihat harga r yang mempunyai batas $-1 \leq r \leq 1$. Hasil pengujian dari data-data sekunder di atas dapat dilihat pada perhitungan berikut ini.

a. Tingkat Pertumbuhan Lalu Lintas

Dari data LHR yang ada dapat diketahui pertumbuhan LHR sampai tahun 2028 dengan menggunakan metode analisis geometrik. Berikut disajikan perhitungan analisis geometrik dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Pertumbuhan Lalu Lintas

Tahun	Ruas Jalan dr. Cipto	
	LHR (smp/hari)	Nilai r Analisis Geometrik
2002	26.822	
		30,53%
2003	35.010	
		35,95%
2004	47.595	
		-44,04%
2005	26.635	
		-6,27%
2006	24.965	
jumlah		16,17%
rata-rata		4,04%

Sumber : Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah

Perhitungan Analisis Geometrik

Rumus dasar Analisis Geometrik :

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Dari data di atas diperoleh :

$$r = 4,04 \%$$

Maka diperoleh persamaan geometrik :

$$P_n = 24.965 (1 + 0.0404)^n \quad \rightarrow \text{untuk ruas jalan dr. Cipto}$$

$$P_n = 15.501 (1 + 0.0404)^n \quad \rightarrow \text{untuk ruas jalan Kartini}$$

Dari persamaan-persamaan tersebut dapat diketahui pertumbuhan LHR sampai dengan tahun rencana 2056, seperti terlihat dalam tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4.10 Analisis Perkiraan Pertumbuhan LHR Ruas Jalan Kartini

No	Umur Rencana	Tahun Rencana	Analisis Geometrik
1	-	2004	15.501
2	-	2005	16.127
3	0	2006	16.779
4	1	2007	17.457
5	5	2011	20.453
6	10	2016	24.932
7	15	2021	30.392
8	20	2026	37.048
9	25	2031	45.162
10	30	2036	55.052
11	35	2041	67.108
12	40	2046	81.804
13	45	2051	99.719
14	50	2056	121.557

Dari tabel analisis pertumbuhan lalu lintas diatas maka diambil besarnya tingkat pertumbuhan lalu lintas yaitu sebesar 4,04 %

b. Tingkat Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Dari data jumlah penduduk yang ada dapat diketahui jumlah penduduk sampai tahun 2056 dengan menggunakan metode analisis geometrik. Berikut disajikan perhitungan analisis geometrik dalam Tabel 4.11. di bawah ini.

Tabel 4.11 Data Pertumbuhan Penduduk

Tahun	Pertumbuhan Penduduk	
	Jumlah Penduduk	Nilai r Analisis Geometrik
2002	1.350.005	
		2,09 %
2003	1.378.193	
		1,52 %

Tahun	Pertumbuhan Penduduk	
	Jumlah Penduduk	Nilai r Analisis Geometrik
2004	1.399.133	
		1,45 %
2005	1.419.478	
		1,02 %
2006	1.434.025	
jumlah		6,08 %
rata-rata		1,52 %

Perhitungan Analisis Geometrik

Rumus dasar Analisis Geometrik :

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Dari data di atas diperoleh :

$$P_o = 1.434.025$$

$$r_1 = (28.188 : 1.350.005) \times 100 \% = 2,09 \%$$

$$r_2 = (20940 : 1.685.024) \times 100 \% = 1,52 \%$$

$$r_3 = (20.345 : 1.692.263) \times 100 \% = 1,45 \%$$

$$r_4 = (14.547 : 1.419.478) \times 100\% = 1,02 \%$$

$$r = (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) / 4 = 1,52 \%$$

Maka diperoleh persamaan geometrik :

$$P_n = 1.434.025 (1 + 0,0152)^n$$

Dari persamaan-persamaan tersebut dapat diketahui pertumbuhan penduduk sampai tahun 2056 dengan menggunakan tahun 2006 sebagai awal tahun rencana seperti terlihat dalam Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Analisis Perkiraan Pertumbuhan Penduduk

No	Umur Rencana	Tahun Rencana	Analisis Geometrik
1	0	2006	1.434.025
2	1	2007	1.455.822
3	5	2011	1.546.375
4	10	2016	1.667.527
5	15	2021	1798.170
6	20	2026	1.939.050
7	25	2031	1.968.523
8	30	2036	2.122.749
9	35	2041	2.289.057
10	40	2046	2.468.395
11	45	2051	2.661.783
12	50	2056	2.870.323

Dari tabel analisis pertumbuhan penduduk diatas maka diambil besarnya tingkat pertumbuhan penduduk yaitu sebesar 1,52 %

c. Tingkat Pertumbuhan PDRB

Dengan cara yang sama dapat dihitung jumlah pertumbuhan PDRB seperti yang terlihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Data Pertumbuhan PDRB

Tahun	Pertumbuhan PDRB	
	Nilai PDRB	Nilai r Analisis Geometrik
2002	12.305.766.000	
		8,34 %
2003	13.331.511.000	
		9,62 %
2004	14.613.363.000	
		12,81 %
2005	16.485.140.000	
		13,71 %
2006	18.745.953.000	
jumlah		44,48 %
rata-rata		11,12 %

Perhitungan analisis geometrik

Rumus dasar Analisis Geometrik :

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Dari data di atas diperoleh :

$$P_o = 18.745.953.000$$

$$r_1 = (1.025.745.000 : 12.305.766.000) \times 100 \% = 8,34 \%$$

$$r_2 = (1.281.852.000 : 13.331.511.000) \times 100 \% = 9,62 \%$$

$$r_3 = (1.871.777.000 : 14.613.363.000) \times 100 \% = 12,81 \%$$

$$r_4 = (2.260.813.000 : 16.485.140.000) = 13,71 \%$$

$$r = (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) / 4 = 11,12 \%$$

Maka diperoleh persamaan geometrik :

$$P_n = 18.745.953.000 (1 + 0,1112)^n$$

Dari persamaan-persamaan tersebut dapat diketahui pertumbuhan PDRB sampai tahun 2056 dengan menggunakan tahun 2006 sebagai awal tahun rencana seperti terlihat dalam Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Analisis Perkiraan Pertumbuhan PDRB

No	Umur Rencana	Tahun Rencana	Analisis Geometrik
1	0	2006	18.745.953.000
2	1	2007	20.830.502.970
3	5	2011	31.759.136.610
4	10	2016	53.805.893.910
5	15	2021	91.157.207.930
6	20	2026	154.437.292.200
7	25	2031	261.645.543.500
8	30	2036	443.276.293.400
9	35	2041	750.992.620.200
10	40	2046	1.272.321.403.000
11	45	2051	2.155.549.481.000
12	50	2056	3.651.902.384.000

Dari tabel analisis pertumbuhan PDRB diatas maka diambil besarnya tingkat pertumbuhan PDRB yaitu sebesar 11,12 %

d. Tingkat Pertumbuhan Jumlah Kepemilikan Kendaraan

Dari data jumlah kepemilikan kendaraan yang ada dapat diketahui jumlah kepemilikan kendaraan sampai tahun 2056 dengan menggunakan metode analisis geometrik. Berikut disajikan perhitungan analisis geometrik dalam Tabel 4.15. di bawah ini.

Tabel 4.15 Data Pertumbuhan Jumlah Kendaraan

Tahun	Pertumbuhan PDRB	
	Jumlah Kendaraan	Nilai r Analisis Geometrik
2002	113.561	
		12,06 %
2003	127.254	
		7,02 %
2004	136.189	
		-14,44 %
2005	116.525	
		0,92 %
2006	117.593	
jumlah		5,56 %
rata-rata		1,39 %

Perhitungan analisis geometrik

Rumus dasar Analisis Geometrik :

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Dari data di atas diperoleh :

$$P_o = 188.312$$

$$r_1 = (13.693 : 113.561) \times 100 \% = 12,06 \%$$

$$r_2 = (8.935 : 127.254) \times 100 \% = 7,02 \%$$

$$r_3 = (-19.664 : 136.189) \times 100 \% = -14,44 \%$$

$$r_4 = (1068 : 116.525) \times 100 \% = 0,92 \%$$

$$r = (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) / 4 = 20,827 \% = 1,39 \%$$

Maka diperoleh persamaan geometrik :

$$P_n = 117.593 (1 + 0,0139)^n$$

Dari persamaan-persamaan tersebut dapat diketahui pertumbuhan jumlah kendaraan sampai tahun 2056 dengan menggunakan tahun 2006 sebagai awal tahun rencana seperti terlihat dalam Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Analisis Perkiraan Pertumbuhan Jumlah Kendaraan

No	Umur Rencana	Tahun Rencana	Analisis Geometrik
1	0	2006	117.593
2	1	2007	119.228
3	5	2011	125.996
4	10	2016	135.000
5	15	2021	144.647
6	20	2026	154.983
7	25	2031	166.058
8	30	2036	177.924
9	35	2041	190.639
10	40	2046	204.261
11	45	2051	218.858
12	50	2056	234.497

Dari tabel analisis pertumbuhan jumlah kendaraan diatas maka diambil besarnya tingkat pertumbuhan jumlah kendaraan yaitu sebesar 1,39 %

2. Metode Analisa Regresi Linier

Dalam menganalisa pertumbuhan lalu lintas tidak hanya berdasarkan pada data LHR (Lalu lintas Harian Rata-rata) yang didapat dari Dit Jend Bina Marga akan tetapi juga berdasarkan pada data-data lainnya yang saling berkaitan, yaitu antara lain : data Produk Domestik Bruto (PDRB), data Kepemilikan Kendaraan dan data Jumlah Penduduk daerah studi. Kesemua data tersebut diambil dari tahun 2002 s/d 2006.

Dikarenakan ada empat variabel yang digunakan maka harus menggunakan metode regresi linier berganda. Adapun sebagai sumber referensi adalah Pengantar Metode Statistik, LP3ES dan Statistik Teori dan Aplikasinya.

Tabel 4.17 Data Variabel-variabel perhitungan analisa pertumbuhan lalu-lintas

No	Tahun	LHR (smp/hari/2arah) (Y)	PDRB (Rupiah) (X ₁)	Kepemilikan Kendaraan (X ₂)	Kependuduk (Orang) (X ₃)
1	2002	26.822	Rp. 12.305.766,00	113.561	1.350.005
2	2003	35.010	Rp. 13.331.511,00	127.254	1.378.193
3	2004	47.595	Rp. 14.613.363,00	136.189	1.399.133
4	2005	26.635	Rp. 16.485.140,00	116.525	1.419.478
5	2006	24.965	Rp. 18.745.953,00	117.593	1.434.025

Sumber : Biro Pusat Statistik Kota Semarang

Faktor Y merupakan variable dependen, sedangkan X₁, X₂ dan X₃ merupakan variable independent, maka model linier hubungan variable-variabel secara berganda menjadi :

$$Y'_{(123)} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$$

Tabel 4.18 Cara Mencari Besaran Variabel-variabel Bagi Penentuan Koefisien

No	Tahun	Y	X ₁	X ₂	X ₃	Y ²	X ₁ ²	X ₂ ²	X ₃ ²
1	2002	26,821.90	12,305,766.000	113,561	1,350,005	719,414,319.61	1.51432E+14	12,896,100,721	1.82251E+12
2	2003	35,009.99	13,331,511.000	127,254	1,378,193	1,225,699,399.80	1.77729E+14	16,193,580,516	1.89942E+12
3	2004	47,595.00	14,613,363.000	136,189	1,399,133	2,265,284,025.00	2.1355E+14	18,547,443,721	1.95757E+12
4	2005	26,634.97	16,485,140.000	116,525	1,419,478	709,421,626.90	2.7176E+14	13,578,075,625	2.01492E+12
5	2006	24,964.92	18,745,953.000	117,593	1,434,025	623,247,230.61	3.51411E+14	13,828,113,649	2.05643E+12
Total		161026.78	75,481,733.000	611,122	6,980,834	5,543,066,601.92	1.16588E+15	75,043,314,232	9.75085E+12

Lanjutan Tabel 4.18 Cara Mencari Besaran Variabel-variabel Bagi Penentuan Koefisien

Y . X ₁	Y . X ₂	Y . X ₃	X ₁ . X ₂	X ₁ . X ₃	X ₂ . X ₃
3.30064E+11	3,045,921,786	36,209,699,110	1.39746E+12	1.66128E+13	153,307,917,805
4.66736E+11	4,455,161,267	48,250,523,148	1.69649E+12	1.83734E+13	175,380,572,022
6.95523E+11	6,481,915,455	66,591,735,135	1.99018E+12	2.0446E+13	190,546,524,137
4.39081E+11	3,103,639,879	37,807,753,946	1.92093E+12	2.34003E+13	165,404,673,950
4.67991E+11	2,935,699,838	35,800,319,403	2.20439E+12	2.68822E+13	168,631,301,825
2.3994E+12	20,022,338,225	2.2466E+11	9.20945E+12	1.05715E+14	8.53271E+11

$$Y^l_{(123)} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} = \frac{196236,5}{6} = 26.837,80 \quad \bar{Y}^2 = 720.267.329,92$$

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum X_1}{n} = \frac{5541016,82}{6} = 12.580.288,83 \quad \bar{X}_1^2 = 1.58264 * 10^{14}$$

$$\bar{X}_2 = \frac{\sum X_2}{n} = \frac{507276}{6} = 101.853,67 \quad \bar{X}_2^2 = 10.374.169.413$$

$$\bar{X}_3 = \frac{\sum X_3}{n} = \frac{2965936}{6} = 1.163.472,33 \quad \bar{X}_3^2 = 1.35367 * 10^{12}$$

Untuk menghitung nilai a, b_1, b_2 dan b_3 menggunakan Metode Kuadrat minimum

$$I. \quad \sum Y = an + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + b_3 \sum X_3$$

$$II. \quad \sum X_1Y = a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1X_2 + b_3 \sum X_1X_3$$

$$III. \quad \sum X_2Y = a \sum X_2 + b_1 \sum X_2X_1 + b_2 \sum X_2^2 + b_3 \sum X_2X_3$$

$$IV. \quad \sum X_3Y = a \sum X_3 + b_1 \sum X_3X_1 + b_2 \sum X_3X_2 + b_3 \sum X_3^2$$

Jika Deviasi antara X_i dan X_i dinyatakan sebagai $x_i = X_i - \bar{X}_i$, maka persamaan-persamaan tersebut diatas menjadi :

$$I. \quad 0 = 0$$

$$II. \quad \sum x_1y = b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1x_2 + b_3 \sum x_1x_3$$

$$III. \quad \sum x_2y = b_1 \sum x_2x_1 + b_2 \sum x_2^2 + b_3 \sum x_2x_3$$

$$IV. \quad \sum x_3y = b_1 \sum x_3x_1 + b_2 \sum x_3x_2 + b_3 \sum x_3^2$$

Dimana :

$$\sum xi^2 = \sum Xi^2 - n\bar{X}_i^2$$

$$\sum xi.xj = \sum Xi.Xj - n\bar{X}_i.\bar{X}_j$$

Besaran Koefisien a :

$$a = Y - b_1X_1 - b_2X_2 - b_3X_3$$

Untuk besaran Koefisien b_1 , b_2 dan b_3 menggunakan persamaan matrik ordo 3,

$$\sum x_1y = b_1 \sum x^2 + b_2 \sum x_1x_2 + b_3 \sum x_1x_3$$

$$\sum x_2y = b_1 \sum x_2x_1 + b_2 \sum x_2^2 + b_3 \sum x_2x_3$$

$$\sum x_3y = b_1 \sum x_3x_1 + b_2 \sum x_3x_2 + b_3 \sum x_3^2$$

$$x_1.Y = \sum X_1.Y - \frac{1}{n} \sum X_1 \cdot \sum Y$$

$$= 373.632.127.868,23$$

$$x_2.Y = \sum X_2.Y - \frac{1}{n} \sum X_2 \cdot \sum Y$$

$$= 3.621.170.250,64$$

$$x_3.Y = \sum X_3.Y - \frac{1}{n} \sum X_3 \cdot \sum Y$$

$$= 37.309.827.285,48$$

$$\sum y^2 = \sum Y^2 - \frac{1}{n} Y^2$$

$$= 5.543.039.764,12$$

$$\sum x_1^2 = \sum X_1^2 - \frac{1}{n} X_1^2$$

$$= 1.16588 \cdot 10^{15}$$

$$\sum x_2^2 = \sum X_2^2 - \frac{1}{n} X_2^2$$

$$= 75.043.212.378,33$$

$$\sum x_3^2 = \sum X_3^2 - \frac{1}{n} X_3^2$$

$$= 9.75085 \cdot 10^{12}$$

$$\begin{aligned}\sum x_1 \cdot x_2 &= \sum X_1 \cdot X_2 - \frac{1}{n} \cdot X_1 \cdot X_2 \\ &= 1.521.355.004.351,67\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum x_1 \cdot x_3 &= \sum X_1 \cdot X_3 - \frac{1}{n} \cdot X_1 \cdot X_3 \\ &= 1.78938E+13\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum x_2 \cdot x_3 &= \sum X_2 \cdot X_3 - \frac{1}{n} \cdot X_2 \cdot X_3 \\ &= 1.42247E+11\end{aligned}$$

$$24.576.778.688,79 = b_1 \cdot 3,7301 \cdot 10^{14} + b_2 \cdot 35.240.746.641,82 + b_3 \cdot 2,33866 \cdot 10^{13}$$

$$50.307.778.688,79 = b_1 \cdot 35.240.746.641,82 + b_2 \cdot 42.959.866.758 + b_3 \cdot 2,55827 \cdot 10^{11}$$

$$99.037.383.199,67 = b_1 \cdot 2,33866 + b_2 \cdot 2,55827 \cdot 10^{11} + b_3 \cdot 5,97909 \cdot 10^{12}$$

$$0 = b_1 \cdot 3,7301 \cdot 10^{14} + b_2 \cdot 35.240.746.641,82 + b_3 \cdot 2,33866 \cdot 10^{13} - 24.576.778.688,79$$

$$0 = b_1 \cdot 35.240.746.641,82 + b_2 \cdot 42.959.866.758 + b_3 \cdot 2,55827 \cdot 10^{11} - 50.307.778.688,79$$

$$0 = b_1 \cdot 2,33866 + b_2 \cdot 2,55827 \cdot 10^{11} + b_3 \cdot 5,97909 \cdot 10^{12} - 99.037.383.199,67$$

$$\left| \frac{b_1}{\Delta_1} \right| = \left| \frac{-b_2}{\Delta_2} \right| = \left| \frac{b_3}{\Delta_3} \right| = \left| \frac{-1}{\Delta_0} \right|$$

$$\Delta_0 = \begin{vmatrix} 1,16588 \cdot 10^{15} & 1.521.355.004.351,67 & 1,78938 \cdot 10^{13} \\ 1.521.355.004.351,67 & 75.043.212.378,33 & 1,42247 \cdot 10^{11} \\ 1,78938 \cdot 10^{13} & 1,42247 \cdot 10^{11} & 9,75085 \cdot 10^{12} \end{vmatrix}$$

$$\Delta_0 = 7,90673 \cdot 10^{38}$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 1.521.355.004.351,67 & 1,78938*10^{13} & -373.632.127.868,23 \\ 75.043.212.378,33 & 1,42247*10^{11} & -3.621.170.250,64 \\ 1,42247*10^{11} & 9,75085*10^{12} & -37.309.827.285,48 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_1 = -1,793126429 * 10^{35}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1,16588*10^{15} & 1,78938*10^{13} & -373.632.127.868,23 \\ 1.521.355.004.351,67 & 1,42247*10^{11} & -3.621.170.250,64 \\ 1,78938*10^{13} & 9,75085*10^{12} & -37.309.827.285,48 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_2 = 3,694021134 * 10^{37}$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 1,16588*10^{15} & 1.521.355.004.351,67 & -373.632.127.868,23 \\ 1.521.355.004.351,67 & 75.043.212.378,33 & -3.621.170.250,64 \\ 1,78938*10^{13} & 1,42247*10^{11} & -37.309.827.285,48 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_3 = 9,765377635 * 10^{35}$$

$$\text{Jadi } \square b_1 = 2,26785 * 10^{-4}$$

$$b_2 = 4,67200 * 10^{-2}$$

$$b_3 = 1,23507 * 10^{-3}$$

$$a = Y - b_1X_1 - b_2X_2 - b_3X_3$$

$$= 1,78 * 10^4$$

$$Y^l = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

$$Y^l = 1,78 * 10^4 + 0,000226785X_1 + 0,0467X_2 + 0,00123507X_3$$

Didalam mencari angka pertumbuhan lalu lintas, terdapat 1 variabel tidak bebas yaitu data LHR (Y) dan 3 variabel bebas yaitu data Produk Domestik Regional Brutto (X1), data kepemilikan kendaraan (X2) dan data jumlah penduduk (X3). Maka dengan menggunakan cara regresi linier berganda harus

dibuktikan bahwa antara variabel Y dan variabel X1, X2 dan X3 saling berpengaruh.

Korelasi R , harus antara 0 s/d 1

$$R^2 = \frac{b_1 \sum X_1 y + b_2 \sum X_2 y + b_3 \sum X_3 y}{\sum y^2}$$

$$R = 0,51 \longrightarrow 0 < R < 1 \text{ -----} \longrightarrow \text{OK}$$

$$Y' = 1,78 * 10^4 + 0,000226785 X_1 + 0,0467 X_2 + 0,00123507 X_3$$

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan korelasi linier berganda untuk Y' dalam mencari prosentase I

Tahun	PDRB (X ₁)	Kepemilikan Kendaraan (X ₂)	Jml Penduduk (X ₃)	Y'	I (%)
2002	12.305.766.000	113.561	1.350.005	27.584	0
2003	13.331.511.000	127.254	1.378.193	28.491	3,1841
2004	14.613.363.000	136.189	1.399.133	29.225	2,5116
2005	16.485.140.000	116.525	1.419.478	28.756	-1,6313
2006	18.745.953.000	117.593	1.434.025	29.336	1,9791
Jumlah					6,0435

$$i = \sum \frac{I(\%)}{n-1} = \frac{6,0435}{5-1} = 1,51\%$$

Jadi dengan menggunakan Metode Regresi Linier didapat angka pertumbuhan lalu-lintas (i) rata-rata sebesar 1,51% per tahun.

Dari perbandingan kedua metode dalam menentukan besarnya angka pertumbuhan lalu lintas (i), maka dipilih penggunaan metode regresi linier berganda. Metode regresi linier berganda dimungkinkan lebih akurat dibandingkan dengan metode geometrik, karena jumlah data yang dianalisis mempengaruhi ketepatan peramalan pertumbuhan lalu lintas. Semakin banyak data yang dianalisis semakin baik dan tepat hasil peramalannya.

Tabel 4.20 Analisis Perkiraan Pertumbuhan Lalu Lintas Ruas Jalan Kartini

Umur Rencana	Tahun Rencana	PDRB	Kepemilikan Kendaraan	Jml Penduduk	LHR (smp/hari)
-	2004	-	-	-	15.501
-	2005	-	-	-	15.735
0	2006	18.745.953.000	117.593	1.434.025	15.973
1	2007	19.029.016.890	119.369	1.455.679	16.214
5	2011	20.204.665.400	126.743	1.545.613	17.216
10	2016	21.776.887.200	136.606	1.665.885	18.555
15	2021	23.471.451.110	147.236	1.795.515	19.999
20	2026	25.297.877.150	158.693	1.935.233	21.555
25	2031	27.266.426.150	171.042	2.085.823	23.233
30	2036	29.388.157.380	173.624	2.248.131	25.040
35	2041	31.674.990.680	187.135	2.423.069	26.989
40	2046	34.139.773.440	201.697	2.611.619	29.089
45	2051	36.796.352.750	217.392	2.814.842	31.353
50	2056	39.659.653.220	234.308	3.033.878	33.792

4.2.2.3 Kelas jalan

Dari perolehan data sekunder dari survei lapangan TA terdahulu yang dilakukan pada tanggal 3 Februari 2004 pada ruas jalan kartini, volume lalu lintas rata-rata pada jam sibuk dijadikan pedoman dalam menentukan fungsi jalan pada LHR saat ini.

LHR adalah volume lalu lintas dalam satu hari, sehingga LHR itu tidak dapat memberikan gambaran tentang fluktuasi arus lalu lintas lebih pendek dari 24 jam. Oleh karena itu tidak dapat langsung digunakan dalam perencanaan geometrik.

Arus lalu lintas yang bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam satu hari, maka sangat tepatlah jika volume lalu lintas dalam satu jam dipergunakan untuk perencanaan. Volume dalam satu jam yang dipakai untuk perencanaan dinamakan Volume Jam Perencanaan (VJP).

Dari tabel berikut (volume lalu lintas jam sibuk) didapat nilai VJP awal umur rencana adalah 2393 kendaraan/hari. Maka LHRT (Lalu Lintas Harian Rata-rata Tahunan) adalah sebagai berikut :

$$VJP = LHRT \times k$$

Keterangan :

K = faktor ratio antara arus jam rencana dalam VLHR
(distribusi arah 50 % : 50 %)

$$VJP = LHRT \times k$$

$$2393 = 29.336 \times k$$

$$k = \frac{2.393}{29.336} = 0,08$$

Dari hasil perhitungan tersebut, maka acuan LHRT dijadikan dalam bentuk smp/hari adalah sebagai berikut :

Tabel 4.21 Volume LHRT tahun 2004 pada Ruas Jalan Kartini

No	Jenis Kendaraan	Komposisi Lalu Lintas (%)	EMP	Volume LHR	
				Kend/hari	smp/hari
1	Kendaraan ringan (LV)	16,25	1,00	4321	4321
2	Kendaraan berat (HV)	0,25	1,20	66	79
3	Sepeda motor (MC)	83,5	0,5	22202	11101
Jumlah		100		26589	15501

Untuk menentukan kelas jalan mengacu pada ” Tata Cara Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan 1992”.

4.2.2.4 Kebutuhan Lajur

Lajur adalah sebagian jalur lalu lintas yang memanjang dibatasi oleh marka memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai rencana.

1. Lebar Lajur

Adalah bagian jalan yang direncanakan khusus untuk lintasan satu kendaraan. Lebar jalur lalu lintas sangat mempengaruhi kecepatan arus bebas dan kapasitas dari jalan.

Tabel 4.22 Lebar Lajur Ideal

Kelas Perencanaan	Lebar Lajur (m)
Tipe I : Kelas 1	3,5
Kelas 1	3,5
Tipe II : Kelas 1	3,5
Kelas 2	3,25
Kelas 3	3,25; 3,0

Sumber : Standart Perencanaan Geometrik Jalan Untuk Perkotaan, 1992

Dari perolehan data sekunder hasil survei lapangan Tugas Akhir terdahulu yang dilakukan pada tanggal 3 Februari 2004 diperoleh hasil :

LHR = 15501 smp/hari

Lebar lajur = 3,5 m

2. Jumlah Lajur

Kebutuhan lajur lalu lintas dapat diperoleh dari hasil perhitungan evaluasi nanti karena erat hubungannya dengan kapasitas dan kinerja dari sejumlah segi perencanaan. Dapat dilihat pada Tabel 4.14 dibawah. Jika Volume Lalu-lintas Rencana lebih kecil dari Standart Perencanaan Lalu-lintas Harian pada Tabel 4.14 maka sebaiknya digunakan 2 jalur, adapun kalau sebaliknya maka sebaiknya menggunakan 4 jalur atau lebih.

Tabel 4.23 Jumlah Lajur

Klasifikasi Perencanaan		Standart Perencanaan alu- lintas Harian dalam SMP
Tipe I	Kelas 1	20.000
	Kelas 2	20.000

Klasifikasi Perencanaan		Standart Perencanaan alu- lintas Harian dalam SMP
Tipe II	Kelas 1	18.000
	Kelas 2	17.000
	Kelas 3	15.000

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992

Dari hasil perhitungan LHR pada ruas jalan Kartini maka dapat diambil kesimpulan bahwa ruas jalan tersebut digolongkan pada tipe II kelas 2.

1. Kinerja Jalan

A. Tipe Jalan 2/2 UD

a. Kapasitas Jalan 2/2 UD

$$C = C_O \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS}$$

$$C = 2900 \times 1,00 \times 1,00 \times 0,94 \times 1,00$$

$$= 2726 \text{ smp/hari}$$

Dimana : Tipe Jalan 2/2 UD (dua lajur tak terbagi)

C = Kapasitas (smp/jam)

C_O = Kapasitas dasar (smp/jam)

= 2900 smp/jam (MKJI '1997 tabel C-1:1 hal 5-50)

FC_W = Faktor penyesuaian lebar jalan

= 1,00 (MKJI '1997 tabel C-2:1 hal 5-51), lebar jalur lalu lintas efektif (W_c) adalah 7,00 m

FC_{SP} = Faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

= 1,00 (MKJI '1997 tabel C-3:1 hal 5-52), dengan pemisah arah 50% : 50%

FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan dari kerb

= 0,94 (MKJI '1997 tabel C-4:1 hal 5-53), dengan kelas hambatan samping rendah dan lebar bahu efektif (W_s) = 1,0 m

FC_{CS} = Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota

= 1,00 (MKJI '1997 tabel C-5:1 hal 5-55)

b. Derajat Kejenuhan (DS)

Untuk mengetahui tingkat kinerja jalan rencana 2/2 UD pada ruas jalan akses Pelabuhan Kendal pada awal umur rencana tahun 2004 sampai akhir umur rencana tahun 2024 maka diperhitungkan sebagai berikut :

$D_s = Q / C < 0,75$ (Layak)

$VJP = LHRT \times \text{Faktor } k$ (smp/jam)

Faktor $k = 0,08$

Tabel 4.24 Perhitungan Derajat Kejenuhan Jalan 2/2 UD sampai dengan Umur rencana 50 tahun dengan pertumbuhan lalu lintas 1,51 %

No	Umur Rencana	Tahun Rencana	LHR (smp/hari)	Q (smp/jam)	Nilai Parameter		
					C (smp/jam)	$D_s = Q/C$	Ket
1	-	2004	15.501	1.240	2726	0,45	Layak
2	-	2005	15.735	1.259	2726	0,46	Layak
3	0	2006	15.973	1.278	2726	0,47	Layak
4	1	2007	16.214	1.297	2726	0,48	Layak
5	2	2008	16.459	1.317	2726	0,48	Layak
6	3	2009	16.707	1.337	2726	0,49	Layak
7	4	2010	16.959	1.357	2726	0,50	Layak
8	5	2011	17.216	1.377	2726	0,51	Layak
9	6	2012	17.476	1.398	2726	0,51	Layak
10	7	2013	17.739	1.419	2726	0,52	Layak
11	8	2014	18.007	1.441	2726	0,53	Layak

No	Umur Rencana	Tahun Rencana	LHR (smp/hari)	Q (smp/jam)	Nilai Parameter		
					C (smp/jam)	Ds = Q/C	Ket
12	9	2015	18.279	1.462	2726	0,54	Layak
13	10	2016	18.555	1.484	2726	0,54	Layak
14	11	2017	18.835	1.507	2726	0,55	Layak
15	12	2018	19.120	1.530	2726	0,56	Layak
16	13	2019	19.409	1.553	2726	0,57	Layak
17	14	2020	19.702	1.576	2726	0,58	Layak
18	15	2021	19.999	1.600	2726	0,59	Layak
19	16	2022	20.301	1.624	2726	0,60	Layak
20	17	2023	20.608	1.649	2726	0,61	Layak
21	18	2024	20.919	1.674	2726	0,61	Layak
22	19	2025	21.235	1.699	2726	0,62	Layak
23	20	2026	21.555	1.724	2726	0,63	Layak
24	21	2027	21.881	1.750	2726	0,64	Layak
25	22	2028	22.211	1.777	2726	0,65	Layak
26	23	2029	22.547	1.804	2726	0,66	Layak
27	24	2030	22.887	1.831	2726	0,67	Layak
28	25	2031	23.233	1.859	2726	0,68	Layak
29	26	2032	23.583	1.887	2726	0,69	Layak
30	27	2033	23.940	1.915	2726	0,70	Layak
31	28	2034	24.301	1.944	2726	0,71	Layak
32	29	2035	24.668	1.973	2726	0,72	Layak
33	30	2036	25.040	2.003	2726	0,73	Layak
34	31	2037	25.419	2.034	2726	0,74	Layak
35	32	2038	25.802	2.064	2726	0,76	Tidak Layak
36	33	2039	26.192	2.095	2726	0,77	Tidak Layak
37	34	2040	26.588	2.127	2726	0,78	Tidak Layak
38	35	2041	26.989	2.159	2726	0,79	Tidak Layak
39	36	2042	27.397	2.192	2726	0,80	Tidak Layak
40	37	2043	27.810	2.225	2726	0,82	Tidak Layak

No	Umur Rencana	Tahun Rencana	LHR (smp/hari)	Q (smp/jam)	Nilai Parameter		
					C (smp/jam)	Ds = Q/C	Ket
41	38	2044	28.230	2.258	2726	0,83	Tidak Layak
42	39	2045	28.656	2.292	2726	0,84	Tidak Layak
43	40	2046	29.089	2.327	2726	0,85	Tidak Layak
44	41	2047	29.528	2.362	2726	0,87	Tidak Layak
45	42	2048	29.974	2.398	2726	0,88	Tidak Layak
46	43	2049	30.427	2.434	2726	0,89	Tidak Layak
47	44	2050	30.886	2.471	2726	0,91	Tidak Layak
48	45	2051	31.353	2.508	2726	0,92	Tidak Layak
49	46	2052	31.826	2.546	2726	0,93	Tidak Layak
50	47	2053	32.307	2.585	2726	0,95	Tidak Layak
51	48	2054	32.795	2.624	2726	0,96	Tidak Layak
52	49	2055	33.290	2.663	2726	0,98	Tidak Layak
53	50	2056	33.792	2.703	2726	0,99	Tidak Layak

**Tabel 4.25 Perhitungan Derajat Kejenuhan Studi Terdahulu
Dengan pertumbuhan lalu lintas 1,82 %**

No	Umur Rencana	Tahun Rencana	LHR (smp/hari)	Q (smp/jam)	Nilai Parameter		
					C (smp/jam)	Ds = Q/C	Ket
1	0	2004	15501	1395	2726	0,51	Layak
2	1	2005	15783	1420	2726	0,52	Layak
3	2	2006	16071	1446	2726	0,53	Layak
4	3	2007	16363	1473	2726	0,54	Layak
5	4	2008	16661	1499	2726	0,55	Layak
6	5	2009	16964	1527	2726	0,56	Layak
7	6	2010	17273	1555	2726	0,57	Layak
8	7	2011	17587	1583	2726	0,58	Layak
9	8	2012	17907	1612	2726	0,59	Layak
10	9	2013	18233	1641	2726	0,60	Layak
11	10	2014	18565	1671	2726	0,61	Layak
12	11	2015	18903	1701	2726	0,62	Layak
13	12	2016	19247	1732	2726	0,63	Layak
14	13	2017	19597	1764	2726	0,64	Layak
15	14	2018	19954	1796	2726	0,65	Layak
16	15	2019	20317	1829	2726	0,67	Layak
17	16	2020	20687	1862	2726	0,68	Layak
18	17	2021	21063	1896	2726	0,69	Layak
19	18	2022	21447	1930	2726	0,70	Layak
20	19	2023	21837	1965	2726	0,72	Layak
21	20	2024	22234	2001	2726	0,73	Layak

Sumber : oleh Ibnu F.Z. dan Moch. Rezani I., Tahun 2004

Berdasarkan nilai – nilai parameter kinerja jalan dengan umur rencana 50 tahun (Umur rencana jembatan). dapat diketahui bahwa jalan 2/2 UD ditinjau dari segi kapasitas jalan, jalan 2/2 UD tidak memenuhi syarat. Dapat diketahui dari tabel diatas jalan 2/2 UD pada akhir umur rencana (2056) nilai derajat kejenuhannya adalah $0,99 > 0,75$, artinya pada akhir umur rencana (2024) jalan 2 lajur 2 arah tidak terbagi (2/2 UD) dalam keadaan jenuh sehingga diperlukan perencanaan ulang.

Dan berdasarkan perbandingan Lalu lintas harian rata-rata (LHR) studi saat ini dengan studi terdahulu dengan tingkat pertumbuhan Volume lalu lintas

yang menurun (studi terdahulu dengan $i = 1,82\%$ dan studi saat ini dengan $i = 1,51\%$), maka terjadi tingkat penurunan Lalu lintas harian rata-rata ruas jalan jembatan yang akan direncanakan.

B. Tipe Jalan 4/2 UD

a. Kapasitas Jalan 4/2 UD

$$C = C_O \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \times FC_{CS}$$

$$C = (1500 \times 4) \times 1,00 \times 1,00 \times 0,94 \times 1,00$$

$$= 5640 \text{ smp/hari}$$

Dimana : Tipe Jalan 2/2 UD (dua lajur tak terbagi)

C = Kapasitas (smp/jam)

C_O = Kapasitas dasar (smp/jam)

= 1500 smp/jam per lajur (MKJI '1997 tabel C-1:1 hal 5-50)

FC_W = Faktor penyesuaian lebar jalan

= 1,00 (MKJI '1997 tabel C-2:1 hal 5-51), lebar jalur lalu lintas efektif (W_c) adalah 7,00 m

FC_{SP} = Faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

= 1,00 (MKJI '1997 tabel C-3:1 hal 5-52), dengan pemisah arah 50% : 50%

FC_{SF} = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan dari kerb

= 0,94 (MKJI '1997 tabel C-4:1 hal 5-53), dengan kelas hambatan samping rendah dan lebar bahu efektif (W_s) = 1,0 m

FC_{CS} = Faktor penyesuaian kapasitas untuk ukuran kota

= 1,00 (MKJI '1997 tabel C-5:1 hal 5-55)

b. Derajat Kejenuhan (DS)

Untuk mengetahui tingkat kinerja jalan rencana 2/2 UD pada ruas jalan akses Pelabuhan Kendal pada awal umur rencana tahun 2004 sampai akhir umur rencana tahun 2024 maka diperhitungkan sebagai berikut :

$$Ds = Q / C < 0,75 \text{ (Layak)}$$

$$VJP = LHRT \times \text{Faktor K (smp/jam)}$$

$$\text{Faktor K} = 0,08$$

Tabel 4.26 Perhitungan Derajat Kejenuhan Jalan 4/2 UD sampai dengan Umur rencana 50 tahun dengan pertumbuhan lalu lintas 1,51 %

No	Umur Rencana	Tahun Rencana	LHR (smp/hari)	Q (smp/jam)	Nilai Parameter		
					C (smp/jam)	Ds = Q/C	Ket
1	-	2004	15.501	1.240	5640	0,22	Layak
2	-	2005	15.735	1.259	5640	0,22	Layak
3	0	2006	15.973	1.278	5640	0,23	Layak
4	1	2007	16.214	1.297	5640	0,23	Layak
5	2	2008	16.459	1.317	5640	0,23	Layak
6	3	2009	16.707	1.337	5640	0,24	Layak
7	4	2010	16.959	1.357	5640	0,24	Layak
8	5	2011	17.216	1.377	5640	0,24	Layak
9	6	2012	17.476	1.398	5640	0,25	Layak
10	7	2013	17.739	1.419	5640	0,25	Layak
11	8	2014	18.007	1.441	5640	0,26	Layak
12	9	2015	18.279	1.462	5640	0,26	Layak
13	10	2016	18.555	1.484	5640	0,26	Layak
14	11	2017	18.835	1.507	5640	0,27	Layak
15	12	2018	19.120	1.530	5640	0,27	Layak
16	13	2019	19.409	1.553	5640	0,28	Layak
17	14	2020	19.702	1.576	5640	0,28	Layak
18	15	2021	19.999	1.600	5640	0,28	Layak
19	16	2022	20.301	1.624	5640	0,29	Layak

No	Umur Rencana	Tahun Rencana	LHR (smp/hari)	Q (smp/jam)	Nilai Parameter		
					C (smp/jam)	Ds = Q/C	Ket
20	17	2023	20.608	1.649	5640	0,29	Layak
21	18	2024	20.919	1.674	5640	0,30	Layak
22	19	2025	21.235	1.699	5640	0,30	Layak
23	20	2026	21.555	1.724	5640	0,31	Layak
24	21	2027	21.881	1.750	5640	0,31	Layak
25	22	2028	22.211	1.777	5640	0,32	Layak
26	23	2029	22.547	1.804	5640	0,32	Layak
27	24	2030	22.887	1.831	5640	0,32	Layak
28	25	2031	23.233	1.859	5640	0,33	Layak
29	26	2032	23.583	1.887	5640	0,33	Layak
30	27	2033	23.940	1.915	5640	0,34	Layak
31	28	2034	24.301	1.944	5640	0,34	Layak
32	29	2035	24.668	1.973	5640	0,35	Layak
33	30	2036	25.040	2.003	5640	0,35	Layak
34	31	2037	25.419	2.034	5640	0,36	Layak
35	32	2038	25.802	2.064	5640	0,36	Layak
36	33	2039	26.192	2.095	5640	0,37	Layak
37	34	2040	26.588	2.127	5640	0,37	Layak
38	35	2041	26.989	2.159	5640	0,38	Layak
39	36	2042	27.397	2.192	5640	0,39	Layak
40	37	2043	27.810	2.225	5640	0,39	Layak
41	38	2044	28.230	2.258	5640	0,40	Layak
42	39	2045	28.656	2.292	5640	0,40	Layak
43	40	2046	29.089	2.327	5640	0,41	Layak
44	41	2047	29.528	2.362	5640	0,42	Layak
45	42	2048	29.974	2.398	5640	0,42	Layak
46	43	2049	30.427	2.434	5640	0,43	Layak
47	44	2050	30.886	2.471	5640	0,44	Layak
48	45	2051	31.353	2.508	5640	0,44	Layak
49	46	2052	31.826	2.546	5640	0,45	Layak
50	47	2053	32.307	2.585	5640	0,46	Layak
51	48	2054	32.795	2.624	5640	0,46	Layak
52	49	2055	33.290	2.663	5640	0,47	Layak
53	50	2056	33.792	2.703	5640	0,48	Layak

Berdasarkan analisa diatas maka direncanakan jembatan Jalan Kartini Banjir Kanal Timur dengan perincian sebagai berikut :

- Lebar lantai kendaraan : 14,00 m
- Lebar trotoar : 2 x 1,00 m
- Lebar Jembatan : 16,00 m
- Panjang Jembatan : 120 m
- Kelas muatan : 100 % Pembebanan BM
- Jenis Jembatan : Permanen

4.2.3 Analisa Data Hidrologi

Dari data sekunder yang diperoleh dari Balai Pengelolaan Sumber Daya Air, DPU Pengairan Semarang, Curah hujan rata-rata dalam setahun diambil dari data selama sepuluh tahun.

Tabel 4.27 Data Hujan Stasiun Plamongan – Semarang Timur

	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996
Jan	161,12	328,20	168,91	221,73	320,03	421	177	215	535	186
Feb	74,48	587,74	320,91	377,19	237,39	239	333	387	168	409
Maret	267,62	281,93	182,88	365,76	49,82	321	132	288	216	328
April	312,03	96,74	131,22	148,36	351,13	311	351	204	158	218
Mei	33,60	108,29	68,48	46,02	66,96	171	90	62	84	16
Juni	95,45	31,35	0,00	20,11	143,13	108	29	131	0	36
Juli	92,54	4,77	0,20	11,86	77,49	86	13	208	0	78
Agust	77,82	0,00	0,03	0,96	0,00	48	52	78	0	140
Sept	79,06	0,00	47,17	0,01	81,23	73	6	87	0	147
Okt	193,23	0,96	185,78	14,32	186,65	92	232	233	40	245
Nov	179,90	91,76	144,74	97,58	273,76	0	390	227	101	285
Des	355,22	111,31	419,97	69,88	13,74	0	276	187	289	454

Sumber : Balai Pengelolaan Sumber Daya Air, DPU Pengairan Semarang

4.2.3.1 Curah Hujan Harian Rata-rata (*Dengan Metode Gumbel*)

Perhitungan curah hujan rata-rata dipergunakan untuk memprediksi debit banjir pada periode ulang 50 tahun dengan menggunakan curah hujan selama 10 tahun.

Tabel 4.28 Data Curah Hujan Selama 10 tahun

Tahun	Xi	Xi - Xr	(Xi - Xr) ²
1996	214,33	56,15	3.153,27
1997	132,58	-25,60	655,16
1998	192,25	34,07	1.160,81
1999	177,58	19,40	376,52
2000	155,83	-2,35	5,50
2001	158,44	0,26	0,07
2002	114,48	-43,70	1.909,49
2003	139,19	-18,99	360,56
2004	136,92	-21,26	451,92
2005	160,17	1,99	3,97
Jumlah	1.581,79		8.077,27

$$X_r = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{1581,79}{10} = 158,15$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_r)^2}{n-1}} = \frac{8077,27}{9} = 29,96$$

Faktor Frekuensi Gumbel :

$$K_r = 0,73 \left[-\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{T_r} \right) \right\} \right] - 0,45$$

$$K_r = 0,73 \left[-\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{50} \right) \right\} \right] - 0,45 = 2,594$$

$$\begin{aligned} X_{tr} &= R = X_r + (K_r \times S_x) \\ &= 158,15 + (2,594 \times 29,96) \\ &= 235,8662 \text{ mm / hari} \end{aligned}$$

Keterangan :

- X_{tr} = Besarnya curah hujan untuk periode 50 tahun (mm)
- T_R = Periode ulang dalam tahun
- X_r = Curah hujan rata-rata selama tahun pengamatan (mm)
- S_x = Standar Deviasi
- K_r = Faktor Frekuensi

Daftar Sungai Induk dan tanggul di Jawa Tengah dari DPU Pengairan Propinsi Jawa Tengah menunjukkan bahwa :

- Luas DAS = 40,00 km²
- Panjang aliran sungai (L) = 10 km
- Perbedaan ketinggian = 8,50 km
- Kemiringan dasar saluran (I) = 0,0017

a. Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc)

$$tc = \frac{L}{(72 \times I)^{0,6}}$$

Keterangan :

L = panjang saluran

I = Kemiringan saluran

tc = waktu pengaliran (jam)

$$tc = \frac{10000}{72 \times 0,0017^{0,6}}$$

$$= 6373,796 \text{ detik} = 1,77 \text{ jam}$$

b. Perhitungan Intensitas Hujan (I)

Menurut Monobe :

$$I = \left(\frac{R}{27} \right) \times \left(\frac{24}{tc} \right)^{0,67}$$

Keterangan :

I = Intensitas Hujan (mm / jam)

R = Curah Hujan (mm)

T_c = Waktu penakaran (jam)

$$I = \left(\frac{235,8662}{24} \right) x \left(\frac{24}{1,77} \right)^{0,67}$$

$$I = 56,3708 \text{ mm / jam}$$

4.2.3.2 Periode Debit Banjir

Tujuan dari perhitungan banjir ini adalah untuk mengetahui besarnya debit air yang melewati Sungai Banjir Kanal Timur untk suatu periode ulang tertentu, sehubungan dengan perencanaan ini periode debit banjir direncanakan adalah periode ulang 50 tahunan ($Q_{tr} = Q_{50}$)

Formula Relation Monobe :

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Keterangan :

Q_{50} = Debit Banjir (m^3 /detik)

C = Koefisoen *run off* = 0,6

I = Intensitas Hujan (mm / jam)

A = Luas DAS (km^2)

= 40 (Daftar Sungai Induk dan Tanggul di Jawa Tengah untuk sungai Banjir Kanal Timur)

$$Q_{50} = 0,278 \times 0,6 \times 56,3708 \times 40$$

$$= 376,106 \text{ m}^3 / \text{detik}$$

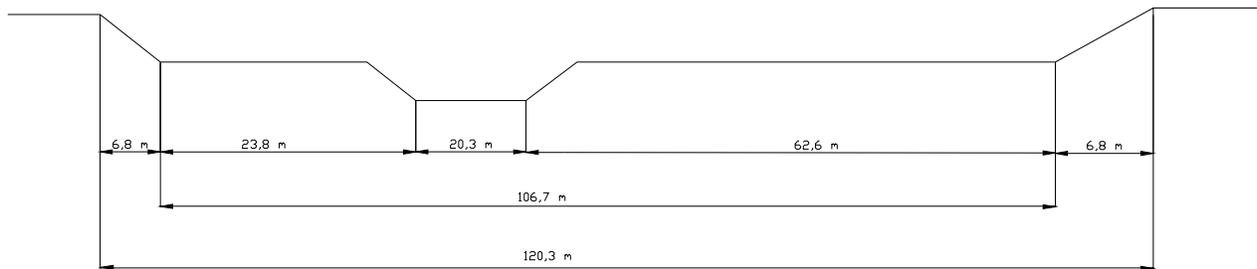
4.2.3.3 Analisa Tinggi Muka Air Banjir

Penampang sungai direncanakan sesuai dengan bentuk Sungai Banjir Kanal Timur yaitu trapesium :

Rumus kecepatan aliran

$$V = 72,3 \left(\frac{H}{L} \right)^{0,67} = 72,3 \left(\frac{8,50}{10000} \right)^{0,67}$$

$$V = 0,63 \text{ m / detik}$$



Gambar 4.2 Penampang Melintang Sungai Banjir Kanal Timur

Sumber : Ibnu F.Z. dan Moch. Rezani I. , Tahun 2004

Keterangan :

- Q = Debit Banjir (m^3/detik)
- m = Kemiringan lereng sungai
- B = Lebar penampang sungai (m)
- A = Luas Penampang basah (m^2)
- H = Tinggi muka air sungai (m)

Luas Penampang Basah (A) :

$$A = \frac{Q_{50}}{V} = \frac{376,106}{0,63} = 596,9937 \text{ m}^2$$

$$A = A_1 + A_2$$

$$A_1 = \frac{(b_1 + b_2)}{2} \times H = \frac{(24,6 + 20,3)}{2} \times 1,5 = 33,675 \text{ m}^2$$

$$A_2 = (B + m \times H) \times H = (106,7 + 2 \times H) \times H$$

$$586,19 = 33,675 + (106,7 + 2 \times H) \times H$$

$$586,19 = 33,675 + 106,7H + H^2$$

$$0 = 2H^2 + 143,95H - 555,515$$

$$H_{12} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$H_{12} = \frac{-106,7 \pm \sqrt{106,7^2 - 4.2.(-555,515)}}{2.2}$$

$$H_1 = 4,77 \text{ m}$$

$$H_2 = -58,1275 \text{ m}$$

Jadi tinggi muka air banjir sebesar (M.A.B) : $4,77 + 1,5 \text{ m} = 6,27 \text{ m}$ dari dasar sungai

4.2.3.4 Tinggi Bebas

Menurut Peraturan Perencanaan Pembebasan Jembatan Jalan Raya, bahwa tinggi bebas yang diisyaratkan untuk jembatan minimal 1,00 meter diatas muka air banjir 50 tahunan. Maka tinggi bebas jembatan Banjir Kanal Timur direncanakan 2 meter atau disesuaikan dengan elevasi jalan yang sudah ada. Sehingga tinggi total jembatan 8,27 m dari dasar sungai. Dan panjang jembatan 120 meter dengan menggunakan 5 bentang sepanjang 30 meter.

4.2.3.5 Analisa Kedalaman Penggerusan (*Scouring*)

Tinjauan mengenai kedalaman penggerusan ini memakai metode *lacey*, dimana kedalaman penggerusan ini dipengaruhi oleh jenis material dasar sungai. Penggerusan (*Scouring*) terjadi di dasar sungai di bawah pier akibat aliran sungai yang mengikis lapisan tanah dasar sungai. Aliran sungai diarahkan agar tidak berubah arah sehingga tidak terjadi penggerusan (*scouring*) ini.

Tabel 4.29 Faktor Lempung Lacey

No.	Type of Material	Diameter (mm)	Faktor (f)
1	Lanau sangat halus (<i>very fine silt</i>)	0,052	0,40
2	Lanau halus (<i>fine silt</i>)	0,120	0,80
3	Lanau sedang (<i>medium silt</i>)	0,233	0,85
4	Lanau (<i>standart silt</i>)	0,322	1,00
5	Pasir (<i>medium sand</i>)	0,505	1,25
6	Pasir Kasar (<i>coarse sand</i>)	0,725	1,50
7	Kerikil (<i>Heavy sand</i>)	0,290	2,00

Formula Lacey :

$$\text{Untuk } L > W \Rightarrow d = 0,473 \left[\frac{Q}{f} \right]^{0,333}$$

Diketahui :

- Bentang jembatan (L) = 120 m
- Lebar alur sungai (W) = 24,6 m
- Faktor lempung Lacey (f) = 0,8 m
- Tipe aliran sungai lurus
- $Q = Q_{50} = 376,106 \text{ m}^3/\text{det}$ Jenis tanah dasar lanau halus berdasarkan tabel factor lempung lacey

Sehingga $d = 3,67 \text{ m}$

Kedalaman penggerusan berdasarkan tabel yang diambil dari DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah adalah sebagai berikut.

Tabel 4.30 Kedalaman Penggerusan

No.	Kondisi Aliran	Penggerusan Maks.
1	Aliran Lurus	1,27d
2	Aliran Belok	1,5d
3	Aliran belok tajam	1,75d
4	Belokan sudut lurus	2d
5	Hidung pilar	2d

Sumber : DPU Bina Marga Propinsi Jawa Tengah

4.2.4 Analisa Data Tanah

Pada lokasi jembatan Kartini Banjir Kanal Timur ini penyelidikan tanah di lapangan dilakukan dengan pengeboran tanah dan sondir. Pengeboran tanah dilakukan pada satu titik yaitu pada titik BH 1 yang terletak pada titik sondir satu sedangkan pekerjaan sondir dilakukan pada empat titik. Penyelidikan tanah untuk Jembatan Kartini Banjir Kanal Timur dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang, dengan tujuan untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah keras serta sifat daya dukung maupun daya lekat setiap kedalaman

Tabel 4.31 Hasil Pengujian Sondir

	Kedalaman (meter)	Nilai Conus (kg/cm²)	Nilai Friction (kg/cm²)
Titik Sondir I	- 24,00	7	1936
Titik Sondir II	- 24,00	10	1604
Titik Sondir III	- 24,00	9	1836
Titik Sondir IV	- 24,00	7	1576

Sumber : Data Penyelidikan Tanah, Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang, 2002

Selain pekerjaan sondir juga dilakukan pekerjaan bor. Dari hasil pengeboran di titik 1 diperoleh hasil sebagai berikut :

- a. Pada kedalaman 0.00 – 3.00 m, dengan karakteristik tanah berupa tanah lempung, sedikit pasir, coklat muda, diperoleh nilai SPT adalah 6/30, tergolong tanah lunak (*soft*).
- b. Pada kedalaman 3.00 – 6.00 m, dengan karakteristik tanah berupa tanah pasir halus, sedikit lempung, coklat, diperoleh nilai rata-rata SPT adalah 12/30 tergolong tanah lepas - menengah padat (loose - medium dense)
- c. Pada kedalaman 6.00 – 8.00 m, dengan karakteristik tanah berupa tanah pasir halus, sedikit lanau, kehitaman, diperoleh nilai rata-rata SPT adalah 5/30 tergolong tanah sangat lepas (*very loose*)
- d. Pada kedalaman 8.00 – 10.00 m, dengan karakteristik tanah berupa tanah pasir halus, sedikit lanau, abu-abu kehitaman, diperoleh nilai rata-rata SPT adalah 4/30 tergolong tanah sangat lepas (*very loose*)
- e. Pada kedalaman 10.00 – 14.00 m, dengan karakteristik tanah berupa tanah lanau, sedikit pasir, lempung abu-abu, diperoleh nilai SPT adalah 3/30, tergolong tanah lunak (*soft*)
- f. Pada kedalaman 20.00 – 26.00 m, dengan karakteristik tanah berupa tanah lempung, kelanauan, abu-abu, diperoleh nilai SPT adalah 4/30 tergolong tanah medium
- g. Pada kedalaman 20.00 – 26.00 m, dengan karakteristik tanah berupa tanah lempung, kelanauan, abu-abu kehitaman, diperoleh nilai SPT adalah 16/30 tergolong tanah kaku (*stiff*)
- h. Pada kedalaman 26.00 – 30.00 dengan karakteristik tanah berupa tanah lempung, kelanauan, abu-abu, diperoleh nilai SPT 18/30 tergolong tanah sangat kaku (*very stiff*).

Berdasarkan data diatas dapat ditentukan bangunan yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan bawah ataupun pondasi dari jembatan, jenis tanah pada lokasi perencanaan jembatan tergolong tanah sangat kaku (*very stiff*) pada kedalaman 30 meter, sehingga dalam penentuan jenis pondasi maka digunakan pondasi dalam.

4.3. Alternatif Pemilihan Struktur Jembatan

4.3.1 Alternatif Pemilihan Bangunan Atas Jembatan

Dalam perencanaan jembatan hal – hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut :

- Kekuatan dan stabilitas struktur bangunan jembatan
- Keamanan dan kenyamanan
- Faktor ekonomi dan biaya
- Keawetan
- Faktor Kemudahan Pelaksanaan
- Ketersediaan bahan yang ada
- Faktor pemeliharaan
- Estetika dan keindahan

dari beberapa alternatif tersebut dapat dilakukan penilaian / pemilihan yang sesuai dengan situasi dan kondisi, serta pertimbangan keuntungan dan kerugian masing – masing alternatif konstruksi bangunan atas sebagai berikut :

Tabel 4.32 Pemilihan Struktur Jembatan

No	Alternatif	Keuntungan	Kerugian
1.	Beton konvensional (dianjurkan untuk bentang < 20 m)	a. Proses pelaksanaannya cor ditempat, sehingga mudah pekerjaannya b. Biaya pembuatan relative lebih murah	a. Untuk bentang > 20 m memerlukan dimensi yang besar sehingga berat sendiri beton besar (boros dan tidak kuat) b. Pada kondisi sungai yang lebar akan mengalami kesulitan dalam pemasangan perancah. c. Memerlukan waktu untuk memperoleh kekuatan awal beton sehingga menambah waktu pelaksanaan

No	Alternatif	Keuntungan	Kerugian
2.	Beton pra tekan (dianjurkan untuk bentang > 30 m)	<ul style="list-style-type: none"> a. Proses pembuatan dapat dilakukan di pabrik atau lokasi pekerjaan. b. Menggunakan beton ready mix sehingga lebih terjamin mutunya c. Untuk bentang > 30m dapat dibuat secara segmental sehingga mudah dibawa dari pabrik kelokasi proyek. d. Beton hamper tidak memerlukan perawatan khusus e. Baik untuk daerah pantai karena beton tidak korosif f. Mempunyai nilai estetika 	<ul style="list-style-type: none"> a. Diperlukan alat berat (crane) untuk menempatkan gelagar serta penegangan b. Diperlukan keahlian khusus dalam pelaksanaanya. c. Kabel baja pra tekan dan alat penegangan harus di impor.
3.	Rangka baja (dianjurkan untuk bentang > 80m)	<ul style="list-style-type: none"> a. Mutu baham seragam dapat dicapai kekuatan seragam b. Kekenyalan tinggi. c. Mudah pelaksanaanya d. Mampu mncapai bentang jembatan yang panjang 	<ul style="list-style-type: none"> a. Baja mudah korosi terlebih pada daerah pantai. b. Memrlukan perawatan yang tinggi untuk menghindari korosi
4.	Komposit (dianjurkan untuk bentang 30 – 60 m)	<ul style="list-style-type: none"> a. Proses pelaksanaannya mudah dan dapat dikerjakan ditempat b. Biaya konstruksi relative lebih murah 	<ul style="list-style-type: none"> a. Tidak efektif untuk bentang > 25 m b. Dibutuhkan perancah untuk pelat beton sehingga untuk bentang panjang akan sulit pelaksanaanya. c. Memerlukn waktu yang lebih lama.

Sumber : Buku Ajar Perencanaan Jembatan, 2004

Sebagai pembanding dari studi terdahulu yang menggunakan struktur jembatan dengan rangka baja maka studi kali ini digunakan struktur jembatan dengan menggunakan struktur beton prategang.

4.3.2 Alternatif Pemilihan Bangunan Bawah Jembatan

Yang termasuk struktur bawah dari suatu jembatan antara lain abutment, pilar dan pondasi.

a. Abutment

Abutment/pangkal jembatan dapat diasumsikan sebagai dinding penahan tanah, yang berfungsi menyalurkan gaya vertikal dan horizontal dari bangunan atas ke pondasi dengan fungsi tambahan untuk mengadakan peralihan tumpuan dari oprit ke bangunan atas jembatan, terdapat tiga jenis :

- Pangkal tembok penahan

Timbunan jalan tertahan dalam batas-batas pangkal dengan tembok penahan yang didukung oleh pondasi

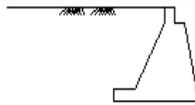
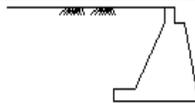
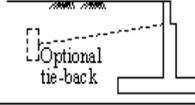
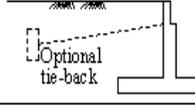
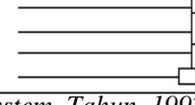
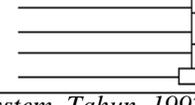
- Pangkal kolom spill- through

Timbunan diijinkan berada dan melalui portal pangkal yang sepenuhnya tertanam dalam timbunan. Portal dapat terdiri dari balok kepala dan tembok kepala yang didukung oleh rangkaian kolom-kolom pada pondasi atau secara sederhana terdiri dari balok kepala yang didukung langsung oleh tiang-tiang.

- Pangkal tanah bertulang

Ini adalah sistem paten yang memperkuat timbunan agar menjadi bagian pangkal

Tabel 4.33 Jenis Pangkal Abutment

JENIS PANGKAL	TINGGI PANGKAL	TINGGI PANGKAL			
		0	10	20	30
PANGKAL TEMBOK PENAHAN GRAVITASI 		3	4		
PANGKAL TEMBOK PENAHAN KANTILEVER 			8		
PANGKAL TEMBOK PENAHAN KONTRAPORT 		6	8		
PANGKAL KOLOM "SPIL-THROUGH" 					
PANGKAL BALOK CAP TIANG SEDERHANA 					
PANGKAL TANAH BERTULANG 		5	15		

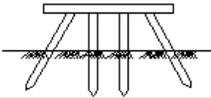
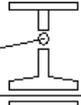
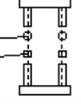
Sumber : *Bridge Management System, Tahun 1992*

Dalam perencanaan jembatan Kartini Banjir Kanal Timur Kota Semarang, disarankan digunakan abutment jenis tembok penahan kontraport, karena bangunan ini didesain hanya untuk menahan / menopang gelagar jembatan dan tidak didesain untuk menahan timbunan tanah / perkerasan jalan.

b. Pilar

Pilar identik dengan abutment, perbedaannya hanya pada letak konstruksinya saja. Sedangkan fungsi pilar adalah untuk memperpendek bentang jembatan yang terlalu panjang dan juga untuk menyalurkan gaya-gaya vertikal dan horizontal dari bangunan atas pada pondasi.

Tabel 4.34 Jenis Pangkal Tipikal

JENIS PILAR		TINGGI TIPIKAL (m)			
		0	10	20	30
PILAR BALOK CAP TIANG SEDERHANA Dua baris tiang adalah umumnya minimal					
PILAR KOLOM TUNGGAL Dianjurkan kolom sirkular pada aliran arus			5 — 15		
PILAR TEMBOK Ujung bundar dan alinyemen tembok sesuai arah aliran membantu mengurangi gaya aliran dan gerusan lokal			5	— 25	
PILAR PORTAL BATU TINGKAT (KOLOM GANDA ATAU MAJEMUK) Dianjurkan kolom sirkular pada aliran arus Pemisahan kolom dengan 20 atau lebih membantu kelancaran aliran arus			5	— 15	
PILAR PORTAL DUA TINGKAT				15 — 25	
PILAR TEMBOK- PENAMPANG I Penampang ini mempunyai karakteristik tidak baik terhadap aliran arus dan dianjurkan untuk penggunaan di darat					25

Sumber : *Bridge Management System Tahun, 1992*

Pada perencanaan jembatan Kartini Banjir Kanal Timur Kota Semarang disarankan digunakan Pilar Kolom Tunggal, karena penggunaan pilar tidak dirancang didalam sungai dengan tujuan agar tidak terjadi gaya tumbukan akibat hanyutan dari arus sungai.

c. Pondasi

Penentuan tipe dan kedalaman pondasi harus memperhatikan apakah cocok untuk berbagai keadaan lapisan serta apakah memungkinkan untuk diselesaikan pekerjaan tersebut sesuai dengan rencana time schedule yang telah disusun.

Alternatif tipe pondasi yang dapat digunakan untuk perencanaan jembatan antara lain :

- **Pondasi Telapak/Langsung**

Pondasi telapak digunakan jika lapisan tanah keras (lapisan tanah yang dianggap baik mendukung beban) terletak tidak jauh (dangkal) dari muka tanah. Dalam perencanaan jembatan pada sungai yang masih aktif, pondasi telapak tidak dianjurkan mengingat untuk menjaga kemungkinan terjadinya pergeseran akibat gerusan.

- **Pondasi Sumuran**

Pondasi sumuran digunakan untuk kedalaman tanah keras antara 2-5 m. pondasi sumuran dibuat dengan cara menggali tanah berbentuk lingkaran berdiameter > 80 m. penggalian secara manual dan mudah dilaksanakan. Kemudian lubang galian diisi dengan beton siklop (1pc : 2 ps : 3 kr) atau beton bertulang jika dianggap perlu. Pada ujung pondasi sumuran dipasang poer untuk menerima dan meneruskan beban ke pondasi secara merata.

- **Pondasi *Bored Pile***

Pondasi bored pile merupakan jenis pondasi tiang yang dicor di tempat, yang sebelumnya dilakukan pengeboran dan penggalian. Sangat cocok digunakan pada tempat-tempat yang padat oleh bangunan-bangunan, karena tidak terlalu bising dan getarannya tidak menimbulkan dampak negative terhadap bangunan di sekelilingnya.

- **Pondasi Tiang Pancang**

Pondasi tiang pancang umumnya digunakan jika lapisan tanah keras/lapisan pendukung beban berada jauh dari dasar sungai dan kedalamannya > 8,00 m.

Dari hasil pengujian tanah berada pada kedalaman \pm 30 meter, sehingga untuk Jembatan Kartini Banjir Kanal Timur dipilih dengan menggunakan pondasi tiang pancang.

d. Oprit

Oprit dibangun dengan tujuan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan pada saat peralihan dari ruas jalan ke jembatan. Untuk tebal oprit ditentukan berdasarkan nilai CBR tanah dasar yang dipadatkan. Dan untuk

keperluan perencanaan, digunakan nilai desain CBR yang mewakili yaitu nilai CBR 90%

Dari Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen tahun 1987, nilai CBR yang dipadatkan antara lain :

- Nilai CBR untuk lapisan Sub grade sebesar 20 %
- Nilai CBR untuk lapisan Sub base sebesar 50 %
- Nilai CBR untuk lapisan Base sebesar 80 %

4.4. Spesifikasi Jembatan

4.4.1 Inventarisasi Data

Data-data yang telah dianalisa kemudian dikumpulkan untuk dijadikan dasar dari perencanaan Jembatan Kartini Banjir Kanal Timur, seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.35 Inventarisasi Data

	Hasil Analisa	Satuan
Data Topografi	Letak Jembatan tegak lurus sungai - Bentang Total jembatan - Elevasi tanah asli - Medan	123,2 m + 2,5 m Datar
Data Lalu lintas	- Lebar lantai kendaraan - Lebar trotoar - Lebar total jembatan	4 x 3,50 m 2 x 1,00 m 16,00 m
Data Hidrologi	- Tinggi muka air banjir - Tinggi total jembatan - Kedalaman penggerusan	6,27 m 8,27 m 5.50 m
Data Tanah	- Kedalaman tanah sangat kaku (very stiff) - Nilai CBR 90% (CBR mewakili)	- 30,00 m ≥ 6,0

4.5. Evaluasi Desain Terdahulu

Perencanaan Jembatan Kartini Banjir Kanal Timur Kota Semarang pada studi terdahulu telah dilakukan oleh "Ibnu F.Z. dan Moch. Rezani I", Tahun 2004 dengan menggunakan konstruksi baja, konstruksi bawah jembatan menggunakan abutment jenis tembok penahan kantilever dengan jenis pilar portal tingkat 1 dan menggunakan pondasi tiang pancang.

Dalam hal ini perencanaan desain ulang yang akan dilakukan yang membedakan dengan desain terdahulu adalah :

- a. Bentang Jembatan : 123,2 meter
- b. Lebar Alur sungai : 24,6 meter
- c. Jarak antar Pilar : 30,8 meter (Pemilihan bentang disesuaikan dengan pabrikan girder yang ada)
- d. Bangunan Atas Jembatan : Struktur Beton Prategang
- e. Bangunan Bawah Jembatan :
 1. Abutment : Tembok penahan kontraport (2 buah)
 2. Pilar : Pilar kolom tunggal (3 buah)
- f. Pondasi : Tiang Pancang