

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan desain tebal perkerasan

Data Eksisting, pada jalan Bealaing-Mukun-Bazang sebagai berikut:

Desain tipe jalan 1 jalur 2 lajur

Masa konstruksi (n1) 1 tahun

Angka pertumbuhan lalulintas 5 % / tahun

Data lalulitas

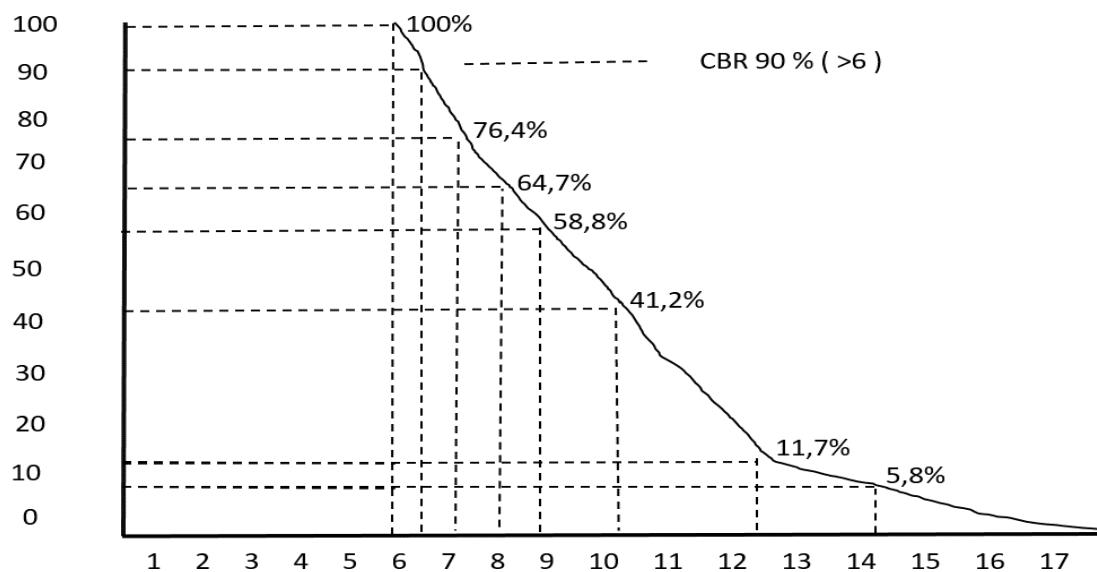
- | | |
|-------------------------|----------------|
| - Kendraan ringan 2 ton | = 138 kendraan |
| - Bus penumpang | = 18 kendraan |
| - Truck 2 As 13 ton | = 46 kendraan |
| - Truck 3 As 20 ton | = 4 kendraan |

Data CBR

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| - CBR sekmen 1 = 8,33 | - CBR sekmen 11 = 14,58 |
| - CBR sekmen 2 = 10,75 | - CBR sekmen 12 = 10,29 |
| - CBR sekmen 3 = 6,73 | - CBR sekmen 13 = 6,27 |
| - CBR sekmen 4 = 6,30 | - CBR sekmen 14 = 8,33 |
| - CBR sekmen 5 = 9,37 | - CBR sekmen 15 = 10,65 |
| - CBR sekmen 6 = 12,58 | - CBR sekmen 16 = 7,32 |
| - CBR sekmen 7 = 7,99 | - CBR sekmen 17 = 9,35 |
| - CBR sekmen 8 = 6,92 | faktor kemarau 0,07 |
| - CBR sekmen 9 = 10,21 | |
| - CBR sekmen 10 = 10,96 | |

Tabel 4.1 : mencari desain CBR

NO	CBR	Jumlah yang sama atau lebih besar	Persen (%) yang sama atau lebih besar
1	6,27	17	$17/17 \times 100\% = 100\%$
2	6,30	-	-
3	6,73	-	-
4	6,92	-	-
5	7,32	13	$13/17 \times 100\% = 76,4\%$
6	7,99	-	-
7	8,33	11	$11/17 \times 100\% = 64,7\%$
8	9,05	10	$10/17 \times 100\% = 58,8\%$
9	9,35	-	-
10	9,37	-	-
11	10,21	7	$7/17 \times 100\% = 41,2\%$
12	10,29	-	-
13	10,65	-	-
14	10,75	-	-
15	10,96	-	-
16	12,58	2	$2/17 \times 100\% = 11,7\%$
17	14,58	1	$1/17 \times 100\% = 5,8\%$



Gambar 4.1 : Garfik mencari desain CBR

Dari data CBR maka didapatkan desain CBR 90 % adalah 6,5

4.1.1 Menentukan UR

Umur rencana perkaseran baru seperti yang tertulis dalam table manual desaian perkerasan jalan nomor 02/M/BM/2013, maka umur rencana pada perencanaan ini di pakai 20 tahun

Tabel 4.2 : Umur Rencana

Jenis Perkerasan	Elemen Perkerasan	Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾
Perkerasan lentur	Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ .	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkaseran untuk daerah yang tidak dimungkinkan pelapisan ulang (<i>overlay</i>), seperti: jalan perkotaan, <i>underpass</i> , jembatan, terowongan.	
	Cement Treated Based (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan.	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

4.1.2 Menentukan nilai VDF_4

Untuk nilai VDF_4 mengacu pada table manual desain perkerasan jalan nomor 02/M/BM/2013 berdasarkan faktor ekivalen beban kendaraan maka didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.3 : klasifikasi kendaraan dan nilai VDR standar

Jenis Kendaraan		Uraian	Konfigura si sumbu	Muatan ² yang diangkut	Kelompok sumbu	Distribusi tipikal (%)		Faktor Ekivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan)	
Klasifikasi Lama	Alternati f					Semua kendaraan bermotor	Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor	VDF4 Pangkat 4	VDF5 Pangkat 5
1	1	Sepeda motor	1.1		2	30,4			
2, 3, 4	2, 3, 4	Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon	1.1		2	51,7	74,3		
KENDARAAN NIAGA	5a	Bus kecil	1.2	muatan umum tanah, pasir, besi, semen	2	3,5	5,00	0,3	0,2
	5b	Bus besar	1.2		2	0,1	0,20	1,0	1,0
	6a.1	Truk 2 sumbu – cargo ringan	1.1		2			0,3	0,2
	6a.2	Truk 2 sumbu – ringan	1.2		2			0,8	0,8
	6b1.1	Truk 2 sumbu – cargo sedang	1.2		2			0,7	0,7
	6b1.2	Truk 2 sumbu – sedang	1.2		2			1,6	1,7
	6b2.1	Truk 2 sumbu – berat	1.2		2			0,9	0,8
	6b2.2	Truk 2 sumbu – berat	1.2		2			7,3	11,2
	7a1	Truk 3 sumbu – ringan	1.22		3			7,6	11,2
	7a2	Truk 3 sumbu – sedang	1.22		3			28,1	64,4
	7a3	Truk 3 sumbu – berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2
	7b	Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu	1.2-2.2		4	0,5	0,70	36,9	90,4
	7c1	Truk 4 sumbu - trailer	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0
	7c2.1	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-22		5			19,0	33,2
	7c2.2	Truk 5 sumbu - trailer	1.2-222		5			30,3	69,7
	7c3	Truk 6 sumbu - trailer	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7

4.1.3 Mencari nilai ESA_4

Untuk mencari nilai ESA_4 digunakan persamaan dengan menggunakan rumus (jumlah kendaraan $\times VDF_4$) dengan mengacu pada jumlah kendaraan yang lewat didapatkan hasil Sebagai brikut :

- ESA_4 Kendaraan ringan 2 ton = $138 \times 0,3 = 41,4$
- ESA_4 bus besar = $18 \times 0,1 = 1,8$
- ESA_4 truck 2 AS 13 ton = $46 \times 7,3 = 335,8$
- ESA_4 truck 3 AS 20 ton = $4 \times 28,1 = 112,4$

4.1.4 Menentukan nilai rata-rata pertumbuhan lalu lintas (i)

Pada nilai rata-rata pertumbuhan lalulintas dilihat pada tabel manual desain perkerasan jalan nomor 02/M/BM/2013 dimana diambil pada tahun 2013-2020, pada jenis jalan arteri (5 %)

Tabel 4.4 : faktor pertumbuhan Lalu-Lintas

	2010-2020	> 2021 – 2030
Arteri dan perkotaan (%)	5 (yang di pakai)	4
Kolektor rural (%)	3,5	2,5
Jalan desa (%)	1	1

4.1.5 Menentukan nilai faktor pengalihan pertumbuhan lalulintas (R)

Untuk menentukan nilai rencana pertumbuhan lalulintas selama umur rencana dihitung Dengan menggunakan rumus
$$\left(\frac{(1+0,01 \times i)^{UR} - 1}{0,01 \times i} \right)$$

$$R = \left(\frac{(1+0,01 \times 5)^{20} - 1}{0,01 \times 5} \right) = 33,06 \text{ Dimana } R = \text{ faktor pengalihan pertumbuhan lalulintas}$$

i = tingkat pertumbuhan lalulintas tahunan (%)

UR = umur rencana (tahun)

4.1.6 Menentukan nilai CES_A₄

Dengan menggunakan rumus (CES_A₄ × R × 365)

- CES_A₄ kendaraan ringan 2 ton = $41,1 \times 33,06 \times 365 = 495949,59$
 - CES_A₄ bus besar = $1,8 \times 33,06 \times 365 = 22075,2$
 - CES_A₄ truck 2 AS 13 ton = $335,8 \times 33,06 \times 365 = 4118251,2$
 - CES_A₄ truck 3 AS 20 ton = $112,4 \times 33,06 \times 365 = 1378473,6$
- Jumlah CES_A₄ = 6014749,59

4.1.7 Menentukan nilai Traffick Multiplier (TM)

Untuk menentukan nilai TM diambil pada acuan manual desain perkerasan jalan nomor 02/M/BM/2013 yang menyatakan bahwa untuk kondisi pembebahan yang berlebihan di Indonesia adalah 1,85-2,0. Maka nilai TM yang digunakan adalah 1,85

4.1.8 Menentukan nilai CES_A₅

Dengan menggunakan rumus : (CES_A₄ × TM)

- CES_A₅ kendaraan ringan 2 ton = $495949,59 \times 1,85 = 917506,74$
- CES_A₅ bus besar = $22075,2 \times 1,85 = 40839,12$
- CES_A₅ truck 2 AS 13 ton = $4118251,2 \times 1,85 = 7618764,72$
- CES_A₅ truck 3 AS 20 ton = $1378473,6 \times 1,85 = 2550176,16$

$$\text{Jumlah CES}_A_5 = 11127286,74$$

4.1.9 Menentukan dan menyesuaikan jenis perkerasan

Untuk menyesuaikan jenis perkerasan jalan, mengacu pada manual desain perkerasan jalan nomor 02/M/BM/2013, lihat pada tabel 3.1 di buku manual desain perkerasan jalan nomor 02/M/BM/2013, dengan jumlah nilai $CESA_4 = 6,014$ juta

Tabel 4.5 : pemilihan jenis perkerasan

Struktur Perkerasan	desain	ESA20 tahun (juta) (pangkat 4 kecuali disebutkan lain)				
		0 – 0.5	0.1 – 4	4 - 10	10 – 30	> 30
Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat	4			2	2	2
Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (desa dan daerah perkotaan)	4A		1,2			
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (panghat 5)	3				2	
AC dengan CTB (pangkat 5)	3			2		
AC tebal ≥ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (pangkat 5)	3A			1,2		
AC atau HRS tipis diatas lapis pondasi berbutir	3		1,2			
Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asli	Gambar 6	3	3			
Lapis Pondasi Soil Cement	6	1	1			
Perkerasan tanpa penutup	Gambar 6	1				

 Solusi yang lebih diutamakan (lebih murah)
 Alternatif – lihat catatan

4.1.10 Menentukan nilai solusi desain pondasi

Untuk menentukan nilai solusi desain pondasi jalan minimum menggunakan nilai segmen CBR dan nilai $CESA_5$ serta menghubungkannya dengan desain 2 pada manual desain perkerasan jalan no 02/M/BM/2013

$$\text{CBR RATA -ARAT} = 6,290 \quad \text{Dibulatkan } 6 \%$$

Tabel 4.6 : solusi desain jalan minimum

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Prosedur desain pondasi	Deskripsi struktur pondasi jalan	lalu lintas lajur desain umur rencana 40 tahun (juta $CESA_5$)		
				< 2	2 - 4	> 4
Tebal minimum peningkatan tanah dasar						
≥ 6	SG6				Tidak perlu peningkatan	
5	SG5					100
4	SG4	A	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi kapur atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lepas)	100	150	200
3	SG3			150	200	300
2.5	SG2.5			175	250	350
Tanah ekspansif (potential swell > 5%)				400	500	600
Perkerasan lentur diatas tanah lunak ⁵	SG1 aluvial ¹	B	Lapis penopang (capping layer) ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1100	1200
			Atau lapis penopang dan geogrid ⁽²⁾⁽⁴⁾	650	750	850
Tanah gambut dengan HRS atau perkerasan Burda untuk jalan kecil (nilai minimum - peraturan lain digunakan)		D	Lapis penopang berbutir ⁽²⁾⁽⁴⁾	1000	1250	1500

4.1.11 Menentukan tebal perkerasan

Untuk menentukan tebal perkerasan menggunakan nilai $CESA_5$ serta menghubungkannya dengan bagan desain 3 pada manual desain perkerasan jalan no 02/M/MB/2013

Tabel 4.7 : desain perkerasan lentur

STRUKTUR PERKERASAN											
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8			
	Lihat desain 5 & 6						Lihat Bagan Desain 4 untuk alternatif lebih murah ³				
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun terkoreksi di lajur desain(pangkat 5) ($10^6 CESA_5$)	< 0,5	0,5 - 2,0	2,0 - 4,0	4,0 - 30	30 - 50	50 - 100	100 - 200	200 - 500			
Jenis permukaan berpengikat	HRS, SS, atau Penmac	HRS (6)			AC _c atau AC _f	AC _c					
Jenis lapis Pondasi dan lapis Pondasi bawah	Lapis Pondasi Berbutir A				Cement Treated base (CTB) (= cement treated base A)						
KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm)											
HRS WC	30	30	30								
HRS Base	35	35	35								
AC WC				40	40	40	50	50			
AC BC ³				135	155	185	220	280			
CTB atau LPA Kelas A	CTB ⁴			150	150	150	150	150			
LPA Kelas A	LPA Kelas A ²	150	250	250	150	150	150	150			
LPA Kelas A, LPA Kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR >10%		150	125	125							

Menetukan nilai tripikal struktur perkerasan

Untuk mementukan nilai tripikal structural perkerasan didapat dari bagan desain 3 pada manual desain perkerasan jalan Sebagai berikut :

- AC WC : 40 mm
- AC BC⁵ : 135 mm
- CTB : 150 mm
- LPA kelas A² : 150 mm

AC WC (40 mm)
AC BC (135 mm)
CTB (150 mm)
LPA kelas A (150 mm)
Peningkatan tanah dasar (200 mm)

Resume Tripikal struktur perkerasan

Sifat campuran	laston						
	AC WC	AC BC					
		halus	kasar	halus	kasar	halus	kasar
Kadar Aspal Efektif (%)	min	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal (%)	maks	1,2					
Jumlah Tumbukan per Bidang		75				112	
Rongga dalam Campuran (%)	min	3,5					
	maks	5,0					
Rongga dalam Agregat (%)	min	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	min	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	min	800				1800	
Pelelehan (mm)	min	3,0				4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	min	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa setelah Perendaman 24 jam , 60 C (%)	min			90			
Rongga dalam Campuran pada Kepadatan Membal (%)	min			2,9			

CBT : (Cement Treated Base)	Pembatas jalan yang digunakan	Alasan pegunaan
Kekuat tekan 50-100 kg/m ²		
LPA kelas A (150 mm) $\frac{150 \text{ m} \times 100\%}{1000} : 1,5 = \text{kuat tekan } 1,5 \text{ kilogram permeter kubik}$	(Road Barrier Beton)	Kuat, umur lebih panjang, meminimalisir kecelakaan dengan baik, mudah perawatan

4.2 Desain seluran drainase

data Curah Hujan Harian Rata-Rata Tahun 2002 sampai dengan Tahun 2016 (15 tahun)

Tabel 4.8 : Data curah Hujan

No	Tahun	Curah Hujan (X) mm
1	2002	66.3
2	2003	87.7
3	2004	118.2
4	2005	108
5	2006	132.1
6	2007	94.4
7	2008	73
8	2009	60.2
9	2010	86.5
10	2011	105.5
11	2012	79.6
12	2013	96
13	2014	102.5
14	2015	71
15	2016	128

4.2.1. Analisa Hidrologi

a. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Menggunakan Metode Log Person Type III

Tabel Perhitungan Curah Hujan Rencana Rata-Rata dengan Metode Log PersonType III

Tabel 4.9 : Perhitungan Curah Hujan

No	Tahun	Curah Hujan (X) mm	Log X	(log X - log X _{rt})	(log X - log X _{rt}) ²	(log X - log X _{rt}) ³	(log X - log X _{rt}) ⁴
1	2002	66.3	1.82151	-0.13995	0.01959	-0.0027412	0.0003836
2	2003	87.7	1.94300	-0.01847	0.00034	-0.0000063	0.0000001
3	2004	118.2	2.07262	0.11115	0.01235	0.0013732	0.0001526
4	2005	108	2.03342	0.07196	0.00518	0.0003726	0.0000268
5	2006	132.1	2.12090	0.15944	0.02542	0.0040529	0.0006462
6	2007	94.4	1.97497	0.01351	0.00018	0.0000025	0.0000000
7	2008	73	1.86332	-0.09814	0.00963	-0.0009453	0.0000928
8	2009	60.2	1.77960	-0.18187	0.03308	-0.0060156	0.0010941
9	2010	86.5	1.93702	-0.02445	0.00060	-0.0000146	0.0000004
10	2011	105.5	2.02325	0.06179	0.00382	0.0002359	0.0000146
11	2012	79.6	1.90091	-0.06055	0.00367	-0.0002220	0.0000134
12	2013	96	1.98227	0.02080	0.00043	0.0000090	0.0000002
13	2014	102.5	2.01072	0.04926	0.00243	0.0001195	0.0000059
14	2015	71	1.85126	-0.11021	0.01215	-0.0013386	0.0001475
15	2016	128	2.10721	0.14574	0.02124	0.0030958	0.0004512

Harga rata-rata (Rerata)

$$\text{Log } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Log } x}{n} = 29,422 / 15 = 1,961 \text{ mm}$$

Harga simpangan baku (standar deviasi)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Log } x - \text{Log } \bar{X})^2}{n-1}} = (0,150) / (15 - 1)^{0,5} = 0,104 \text{ mm}$$

Koefesien kemencengan (cs)

$$G = \frac{n \sum_{i=1}^n (\text{Log } x - \text{Log } \bar{X})^2}{(n-1)(n-2)s^3} = (-0,3034) / (14 \cdot 13 \cdot (0,104)^3) = -0,150 \text{ mm}$$

Koefesien kurtosis (CK)

$$Ck = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4} = (0,628) / (14 \times 13 \times 12 (0,104)^4) = 2,715 \text{ mm}$$

Koefesien variasi (Cv)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} = (0,104) / (1,961) = 0,053$$

$\text{Log } X = \text{Log } X + (s \log X)$ = Besaran hujan pada x kala ulang

4.2.2 Menentukan hujan rencana untuk kala ulang T

Menentukan faktor frekuensi dengan tabel nilai K untuk distribusi log person III berdasarkan hubungan antara koefisien kemencengan dan tahun periode ulang.

- Menghitung logaritma hujan atau banjir dengan periode ulang T dengan rumus
: $\text{Log } XT = \text{Log } \bar{X} + K \cdot S$

Untuk kala ulang 2 tahun

$$\text{Log } XT = \text{Log } \bar{X} + K \cdot S$$

$$\text{Log } XT = 1,961 + (-0,033) + 0,104$$

$$\text{Log } XT = 1,958$$

$$X_2 = \text{anti-log } 1,958 = 90,792 \text{ m}$$

Tabel 4.10 : perhitungan hujan rencana

no	Kala ulang	Hujan rencangan (mm) metode Log person tipe iii
1	2	90,7924
2	5	111,3880

4.2.3 Distribusi Rencana Frekuensi Hujan Dengan Metode Gumbel

Tabel 4.11 : Distribusi Rencana Frekfensi Hujan

No	Tahun	Curah Hujan (X) mm	X _i	(X _i - X _{rt})	(X _i - X _{rt}) ²	(X _i - X _{rt}) ³	(X _i - X _{rt}) ⁴
A	B	C	D	E	F	G	I
1	2009	60.200	60.200	-33.733	1137.938	-38386.434	1294902.386
2	2002	66.300	66.300	-27.633	763.601	-21100.844	583086.657
3	2015	71.000	71.000	-22.933	525.938	-12061.506	276610.546
4	2008	73.000	73.000	-20.933	438.204	-9173.080	192023.135
5	2012	79.600	79.600	-14.333	205.444	-2944.704	42207.420
6	2010	86.500	86.500	-7.433	55.254	-410.725	3053.054
7	2003	87.700	87.700	-6.233	38.854	-242.193	1509.668
8	2007	94.400	94.400	0.467	0.218	0.102	0.047
9	2013	96.000	96.000	2.067	4.271	8.827	18.242
10	2014	102.500	102.500	8.567	73.388	628.689	5385.766
11	2011	105.500	105.500	11.567	133.788	1547.479	17899.169
12	2005	108.000	108.000	14.067	197.871	2783.387	39152.977
13	2004	118.200	118.200	24.267	588.871	14289.939	346769.186
14	2016	128.000	128.000	34.067	1160.538	39535.654	1346847.934
15	2006	132.100	132.100	38.167	1456.694	55597.171	2121958.704
Jumlah		1409.000			6780.873	30071.761	6271424.891
Rata2		93.933					

Jumlah data = n 15

Harga rata-rata :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$$\dot{X} = \frac{1}{15} \times 1409,00$$

$$\dot{X} = 93,933$$

Standar deviasi (S)

$$S = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}$$

$$S = \left[\frac{1}{15} \times 6780,87 \right]^{1/2}$$

$$= 22,008$$

Koefesien variasi (Cv)

$$Cv = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$Cv = \frac{22,008}{93,933}$$

$$= 0,4585$$

Koefesien kemencengangan (Cs atau G)

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

$$Cs = \frac{15 \times (30071.7611)}{(15-1)(15-2)22.008^2}$$

$$Cs = 0,2325$$

Koefesien kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4}$$

$$Ck = \frac{15^4 \times (30071.7611)}{(15-1)(15-2)(15-3)22.008^4}$$

$$Ck = 2.7541$$

Dari tabel di dapat nilai $S_n = 1,0206$ (Soewarno, jilid 1 hal.130)

$$a = \frac{S_n}{S}$$

$$a = \frac{1,0206}{22,008}$$

$$a = 0,04637$$

Dari tabel di dapat nilai $Y_n = 0,5128$ (Soewarno, jilid 1 hal.129)

$$b = x - \frac{Y_n \cdot s}{S_n}$$

$$b = 93,933 - \frac{0,5128 \cdot 22,008}{1,0206}$$

$$b = 82,875$$

Jadi besarnya X dengan periode kala ulang 2 tahun dimana $Y_{tr} = 0,366$ (tabel buku suripin,2004) adalah

$$X_{tr} = b + \frac{1}{a} Y_{tr}$$

$$X_2 = 82,875 + \frac{1}{0,04637} 0,366$$

$$X_2 = 90,7678 \text{ mm}$$

Jadi besarnya X dengan periode kala ulang 5 tahun dimana $Y_{tr} = 1,500$ (tabel buku suripin,2004) adalah

$$X_{tr} = b + \frac{1}{a} Y_{tr}$$

$$X_5 = 82.875 + \frac{1}{0,04637} 1,500$$

$$X_5 = 115.2296 \text{ mm}$$

Tabel 4.12 : Pedoman Umum Penggunaan Metode Distribusi Sebaran

NO	JENIS DISTRIBUSI	SYARAT	HASIL	KETERANGAN
1	Gumbel	$C_s \approx 1,139$	$C_s = 0,2325$	Tidak Dapat
		$C_k \approx 5,4$	$C_k = 2,7541$	Diterima
2	Log Person Type III	$C_s \approx 0$	$C_s = -$	
			$1,5000$	Dapat Diterima
			$C_v = 0,0530$	

Tabel 4.13 : Rekapitulasi Hasil Perhitungan Hujan Rancangan

No	Periode Ulang	Hujan Rancangan (mm) Metode Log Person Tipe III	Hujan Rancangan (mm) Metode Gumbel
----	---------------	-------------------------------------------------	------------------------------------

Tabel 4.14 : Uji Smirnov Klomogorof

No	Tahun	Curah Hujan (X)	Log Xi (mm)	$P(X) = m/(n+1)$	$P(x <)$	$f(t) = (X_i - X_{rt})/S$	$P'(X) = m/(n - 1)$	$P'(x <)$	$\Delta \text{maks} = P(x) - P'(x) $
1	2	3	4	5	6 = 1 - 5	7	8	9 = nilai 1 - 8	10 = 6 - 9
1	2009	60.2	1.7796	0.0625	0.9375	-0.0083	0.0714	0.9286	0.0089
2	2002	66.3	1.8215	0.1250	0.8750	-0.0064	0.1429	0.8571	0.0179
3	2015	71	1.8513	0.1875	0.8125	-0.0050	0.2143	0.7857	0.0268
4	2008	73	1.8633	0.2500	0.7500	-0.0045	0.2857	0.7143	0.0357
5	2012	79.6	1.9009	0.3125	0.6875	-0.0028	0.3571	0.6429	0.0446
6	2010	86.5	1.9370	0.3750	0.6250	-0.0011	0.4286	0.5714	0.0536
7	2003	87.7	1.9430	0.4375	0.5625	-0.0008	0.5000	0.5000	0.0625
8	2007	94.4	1.9750	0.5000	0.5000	0.0006	0.5714	0.4286	0.0714
9	2013	96	1.9823	0.5625	0.4375	0.0009	0.6429	0.3571	0.0804
10	2014	102.5	2.0107	0.6250	0.3750	0.0022	0.7143	0.2857	0.0893
11	2011	105.5	2.0233	0.6875	0.3125	0.0028	0.7857	0.2143	0.0982
12	2005	108	2.0334	0.7500	0.2500	0.0033	0.8571	0.1429	0.1071
13	2004	118.2	2.0726	0.8125	0.1875	0.0051	0.9286	0.0714	0.1161
14	2016	128	2.1072	0.8750	0.1250	0.0066	1.0000	0.0000	0.1250
15	2006	132.1	2.1209	0.9375	0.0625	0.0072	1.0714	-0.0714	0.1339
Jumlah			1409.00	29.422					
Rata - rata			93.933	1.961					

Rekapitulasi Uji Smirnov-Kolmogorov Uji smirnov-kolmogorov test

Data = 15 Signifikan (%) = 5

$\Delta kritis = 34 \%$

$\Delta maksimum = 13,39 \%$

Kesimpulan = Hipotesis dapat diterima

Kesimpulan : Nilai $\Delta maks = 13,39 \% < 34\%$

dari $\Delta tabel = 34 \%$ maka data dapat diterima dan memenuhi syarat.

4.2.4 Uji Chi Square / Uji Chi-Kuadrat

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan dalam arah vertical adalah sbb :

1. Menentukan jumlah kelas distribusi (K)

$$n = 15$$

$$\begin{aligned} K &= 1 + 3,322 \times \log n \\ &= 1 + 3,322 \times \log 15 = 4,9 \approx 5 \end{aligned}$$

Penyelesaian :

$$1. n = 10$$

$$2. G = 1 + 3,22 \text{ Log } n = 4,9 \approx 5$$

$$G = 5$$

$$R = 2$$

$$Dk = D - R - 1 = 2$$

$$3. n = 15$$

$$G = 5$$

$$Ei = n/G = 3$$

4. $X_{\text{Max}} = 501$

$X_{\text{Max}} = 64,5$

$G = 5$

$$\Delta X = (X_{\text{max}} - X_{\text{min}})/(G-1) = 109,13$$

5. $X_{\text{Min}} = 64,5$

$$\Delta X = 109,13$$

$$X_{\text{awal}} = X_{\text{min}} - 1/2 \Delta X = 9,94$$

6. Tingkat Kepercayaan = 95 %

Margin Error = 5 %

$DK = 2$

$$(\chi^2)_{\text{kritis}} = 5,991 \%$$

Tabel 4.15 : Uji Chi Square

NO	NILAI SUB KELOMPOK	BATAS	JUMLAH DATA		$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
			Oi	Ei		
1	P	\leq	50.71	0	3	9.8
2	50.71	$<P<$	69.69	2	3	1.3
3	69.69	$<P<$	88.68	5	3	3.484
4	88.68	$<P<$	107.66	4	3	0.8
5	P	\geq	107.66	4	3	0.8
Jumlah			15	20		5.135

Harga Chi- Square = 5,333 %

Harga Chi – Square Kritis = 5,991 %

Interpretasi Hasil = Harga Chi – Square 5,333 % < 5,991 % Harga Chi Square

Kritis Persamaan distribusi teoritis dapat diterima

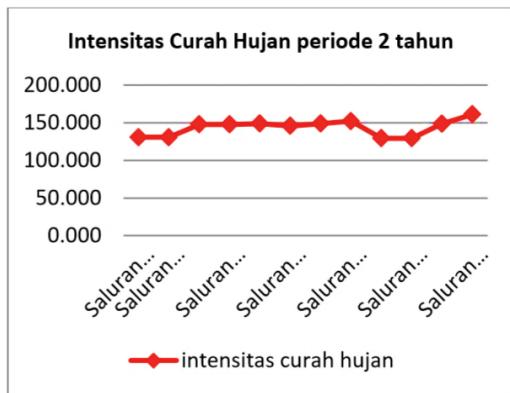
4.2.5 Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan adalah jumlah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan dalam satuan (mm) tiap satuan waktu (jam). Adapun perhitungan intensitas curah hujan berikut ini. Saluran utama 1 kiri

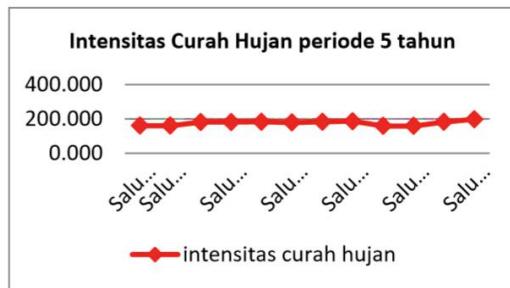
$$R_{24} = 90.7923 \text{ mm (periode 2 tahun)}$$

$$T_c = 0.1180 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{T_c} \right)^{2/3} \\ &= \frac{90,7923}{24} \left(\frac{24}{0,1180} \right)^{2/3} \\ &= 130.862 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.2 : Grafik Intensitas curah hujan periode 2 tahun



Gambar 4.3 : Grafik Intensitas curah hujan periode 5 tahun

4.2.6 Koefisien Limpasan

Koefisien pengaliran merupakan perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunnya hujan, dengan jumlah yang turun di daerah tersebut.

Tabel 4.16 : Koefisien Aliran

Ci	Nilai	Komposisi
C1	0,95	Atap
C2	0,70	Beton
C3	0,16	Rumput

Berikut ini perhitungan penjabaran pada koefisien pengaliran untuk bagian daerah. Saluran utama 1 kiri

$$C1 = 0,95 C2$$

$$C2 = 0,70 A2$$

$$A2 = 4555 \text{ km}^2$$

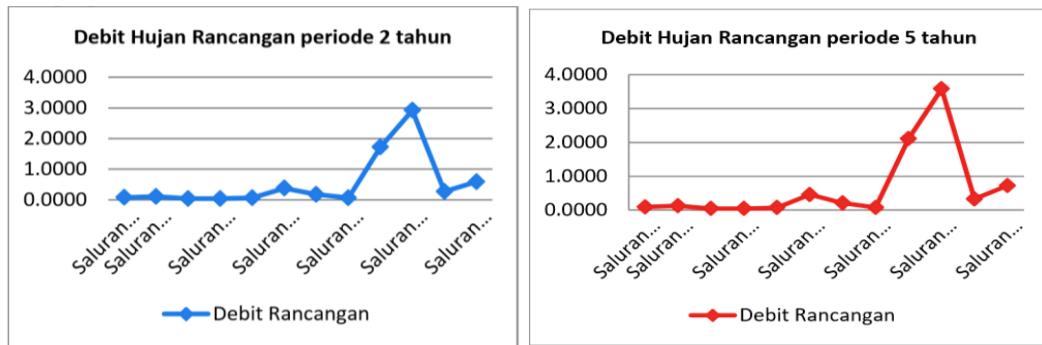
$$A2 = 2168 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} C \text{ rata-rata} &= \frac{C1.A1 + C2.A2}{A1 + A2} \\ &= \frac{(0,95 \times 4555) + (0,70 \times 2168)}{4555 + 2168} \\ &= 0,306 \end{aligned}$$

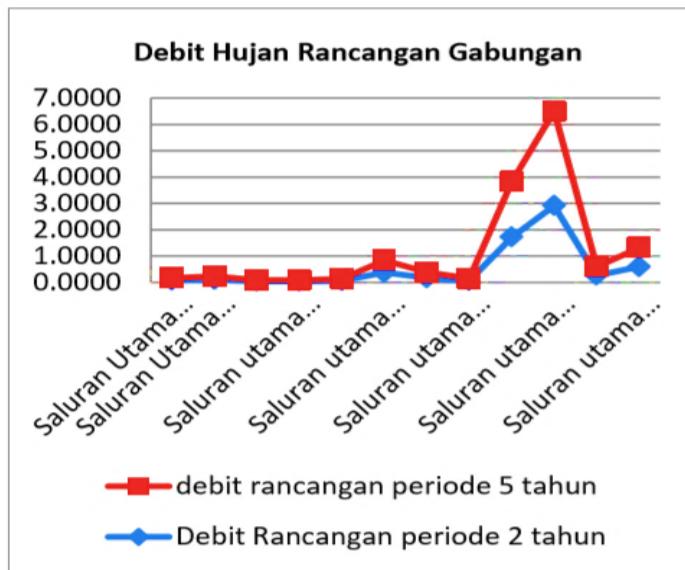
4.2.7 Perhitungan Debit Aliran

Metode untuk memperkirakan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USSCS (1973)

hasil perhitungan debit limpasan



Gamabar 4.4 : Grafik Debit Hujan Rancangan Gabungan 5 Dan 2 tahun



Gamabar 4.5 : Grafik Debit Hujan Rancangan Gabungan

4.2.8 Perhitungan Dimensi Saluran

Dengan mengetahui debit aliran pada tiap potongan saluran drainase maka dapat direncanakan dimensi saluran berikut (dengan asumsi saluran beberebentuk trapezium sedangkan saluran yang lain menggunakan saluran yang berbentuk persegi). Untuk saluran utama menggunakan saluran berebentuk trapezium sedangkan saluran yang lain menggunakan saluran yang berbentuk persegi. Berikut ini merupakan perhitungan dimensi saluran ekonomis.

Saluran utama kiri

$$\text{Trapesium : } Q = 0,1040$$

$$S = 0,0046$$

$$n = 0,013$$

$$\text{dik : } Q = A \cdot V$$

$$A = h^2 \sqrt{3}$$

$$V = \frac{1}{n} (R)^2 S^{1/2}$$

$$R = \frac{h}{2}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$0,1040 = h^2 \sqrt{3} \cdot \frac{1}{n} \left(\frac{h}{2}\right)^2 S^{1/2}$$

$$h^{8/3} = \frac{0,0104 \times 0,013 \times 2^{2/3}}{\sqrt{3} \times \sqrt{0,0046}}$$

$$h = 0,23 \text{ m}$$

menghitung lebar dasar saluran (B)

$$B = \frac{2}{3}h\sqrt{3}$$

$$B = \frac{2}{3} 0,23\sqrt{3}$$

$$B = 0,26 \text{ m}$$

Menghitung tinggi jagaan (w)

$$W = \sqrt{0,5}xh$$

$$W = \sqrt{0,5 \times 0,23}$$

$$W = 0,34 \text{ m}$$

Menghitung luas penmapang basah (A)

$$A = (B + 2h)h$$

$$A = (0,26 + 0,58 \times 0,23)0,23$$

$$A = 0,09$$

Menghitung keliling basah saluran (p)

$$P = B + 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$P = 0,26 + 2 \times 0,23\sqrt{0,58^2 + 1}$$

$$P = 0,79 \text{ m}$$

Menghitung hidrolisis

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

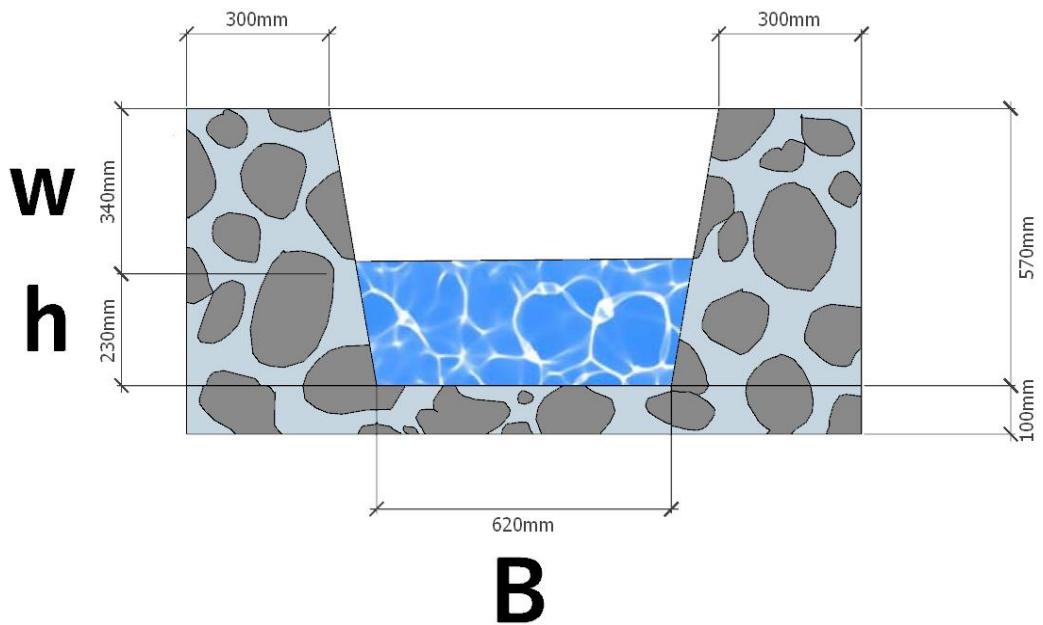
$$R = \frac{0,09}{0,79}$$

$$R = 0,11$$

$$T = B + R$$

$$T = 0,26 + 0,11$$

$$T = 0,38$$



Gambar 4.6 : Penampang saluran trapezium

Berikut ini lanjutan hasil perhitungan dimensi saluran ekonomis untuk saluran utama

Tabel 4.17 : Hasil perhitungan dimensi saluran ekonomis pada saluran utama

Nama Saluran	Dimensi Saluran				M	A (m ²)	P (m)	R (m)	T (m)
	B(m)	h(m)	w(m)	H(m)					
Saluran Utama 1 kiri	0.26	0.23	0.34	0.57	0.58	0.09	0.79	0.11	0.38
Saluran Utama 1 kanan	0.30	0.26	0.36	0.62	0.58	0.12	0.90	0.13	0.43
Saluran utama 2 kiri	0.19	0.16	0.29	0.45	0.58	0.05	0.57	0.08	0.27
Saluran utama 2 kanan	0.19	0.16	0.29	0.45	0.58	0.05	0.57	0.08	0.27
Saluran utama 3 kiri	0.19	0.17	0.29	0.46	0.58	0.05	0.58	0.08	0.28
Saluran utama 3 kanan	0.37	0.32	0.40	0.72	0.58	0.18	1.11	0.16	0.53
Saluran utama 4 kiri	0.30	0.26	0.36	0.62	0.58	0.12	0.91	0.13	0.43
Saluran utama 4 kanan	0.20	0.17	0.30	0.47	0.58	0.05	0.60	0.09	0.29
Saluran utama 5 kiri	0.71	0.62	0.56	1.17	0.58	0.66	2.14	0.31	1.02
Saluran utama 5 kanan	0.86	0.75	0.61	1.36	0.58	0.97	2.59	0.37	1.24
Saluran utama 6 kiri	0.36	0.31	0.39	0.70	0.58	0.16	1.07	0.15	0.51
Saluran utama 6 kanan	0.42	0.36	0.43	0.79	0.58	0.23	1.25	0.18	0.60

Penampang persegi saluran kanan

$$\text{persegi} : Q = 0,0825$$

$$S = 0,0083$$

$$n = 0,013$$

$$\text{dik} : Q = A \cdot V$$

$$A = 2h^2$$

$$V = \frac{1}{n} (R)^2 S^{1/2}$$

$$R = \frac{h}{2}$$

$$Q = A \cdot V$$

$$0,1040 = h^2 \cdot \frac{1}{n} \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} S^{1/2}$$

$$h^{8/3} = \frac{0,0825 \times 0,013 \times 2^{2/3}}{2 \times \sqrt{0,0083}}$$

$$h = 0,17 \text{ m}$$

menghitung lebar dasar saluran (B)

$$B = 2 \cdot h$$

$$B = 2 \cdot 0,17$$

$$B = 0,35 \text{ m}$$

Menghitung tinggi jagaan (w)

$$W = \sqrt{0,5} \times h$$

$$W = \sqrt{0,5 \times 0,17}$$

$$W = 0,06 \text{ m}$$

Menghitung luas penampang basah (A)

$$A = B + h$$

$$A = 0,35 \times 0,17$$

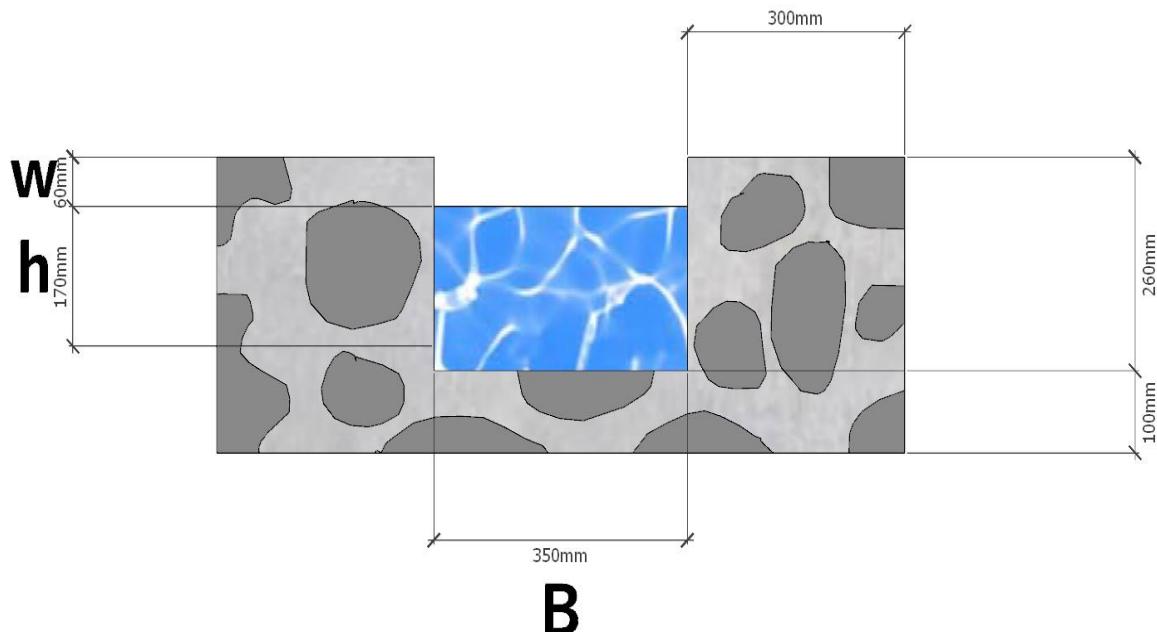
$$A = 0,06 m^2$$

Menghitung keliling basah saluran (p)

$$P = B \times h$$

$$P = 0,35 \times 0,17$$

$$P = 0,69 m$$



Gambar 4.7 : Penampang saluran persegi

Materil penyusun saluran drainase

- berupa semen, pasir pasang dan batu belah

1. saluran utama Luas Penampang = 2 x Luas trapesium + Luas persegi panjang

$$\text{Luas Penampang} = (2 \times ((0,3+0,4)/2 \times 0,57)) + (0,1 \times 1,1)$$

$$\text{Luas Penampang} = (2 \times 0,399) + 0,11$$

$$\text{Luas Penampang} = 0,79 + 0,11$$

$$\text{Luas Penampang} = 0,90 \text{ m}^2$$

2. Luas Penampang = 2 x Luas persegi panjang + Luas persegi panjang

$$\text{Luas Penampang} = (2 \times ((0,3+0,3)/2 \times 0,23)) + (0,1 \times 1,1)$$

$$\text{Luas Penampang} = (2 \times 0,138) + 0,11$$

$$\text{Luas Penampang} = 0,148 + 0,11$$

$$\text{Luas Penampang} = 0,26 \text{ m}$$

4.3 Perhitungan Desain Geometri

4.3.1 Perhitungan desain alinyemen horizontal

1. perhitungan tikungan FC

Diperoleh data

$$d_3 = 88,510 \text{ m}$$

$$d_4 = 105,642 \text{ m}$$

$$\Delta 1 = 27^\circ$$

Dari tabel 2.11 didapat Vr : 60 km/jam

R minimal + 350 m : R rencana = 350 m

Coba dengan perhitungan tikungan Full circle (FC)

$$Tc = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 350 \cdot \tan \frac{1}{2} 27^\circ$$

$$= 40 \text{ m}$$

$$Ec = R \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$= 350 \cdot \tan \frac{1}{4} 27^\circ$$

$$= 20,5 \text{ m}$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360} \times (2\pi R)$$

$$= \frac{27}{360} \times (2 \cdot 3,14 \cdot 350)$$

$$= 79,425 \text{ m}$$

L total syarat :

$$L_{tot} < 2Tc = 79,425 < 2 \times 40 \text{ m}$$

$$= 79,425 < 80 \text{ m..... OK}$$

$$d3 > Lc < d4 = 88,510 \text{ m} > 79,425 \text{ m} < 105,642 \text{ m...ok}$$

$$Ys = \frac{LS^2}{6 \times R}$$

$$= \frac{33,3^2}{6 \times 90}$$

$$= 2,053$$

$$\begin{aligned}
k &= X_s - R_c \times \sin \theta_s \\
&= 33,3 - 90 \times \sin(10,605) \\
&= 16,736 \text{ m} \\
P &= Y_s - R_c \times (1 - \cos \theta_s) \\
&= 2,053 - 90 \times (1 - \cos(10,605)) = 0,035 \text{ m} \\
T_s &= (R + p) \times \tan \Delta/2 + K \\
&= (90 + 0,035) \times \tan 37^\circ / 2 + 16,736 \\
&= 46,861 \text{ m} \\
E_s &= \frac{R+P}{\cos \Delta/2} - R \\
&= \frac{90+0,035}{\cos(\frac{37}{2})} - 90 \\
&= 8,998 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_{tot} &= L_c + 2 \times L_s \\
&= 24,790 + 2 \times 33,3 \\
&= 91,39 \text{ m}
\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
L_{tot} < 2T_s &= 91,39 \text{ m} < 2 \times 46,861 \\
&= 91,39 \text{ m} < 93,572 \text{ m ok}
\end{aligned}$$

Penggambaran diagram super elevasi FC

$$B \text{ (lebar lajur)} = 8 \text{ m}$$

$$e \text{ rencana} = 3,3\%$$

$$L \text{ total} = 79,425$$

$$R \text{ rencana} = 350 \text{ m}$$

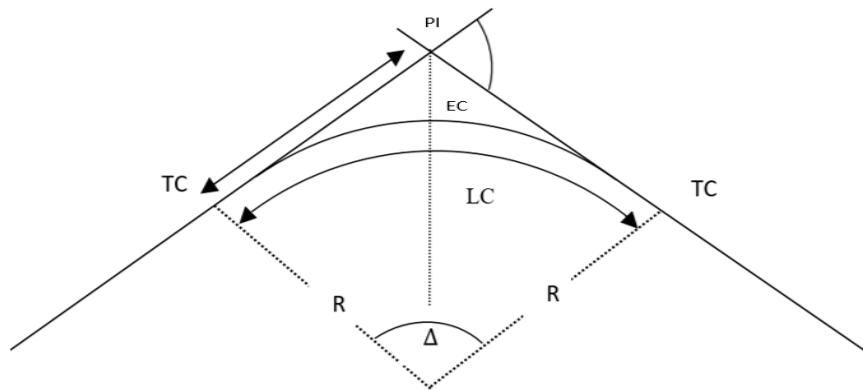
Panjang lengkung peralihan (LS) guna menggambarkan pencapaian

Kemiringan lereng nomal ke kemiringan penuh pada tikungan full circle (FC)

$$L_s = (e + e_n) \times B \times 1/m$$

$$= (0,035 + 0,02) \times 8 \times 100$$

$$= 44 \text{ m}$$



Gambar 4.8 : Hasil dari Desain horizontal tikungan FC

$$\Delta = 27^\circ$$

$$R = 350 \text{ m}$$

$$EC = 20,5 \text{ m}$$

$$TC = 40 \text{ m}$$

$$LC = 79,425 \text{ m}$$

2. perhitungan tikungan S-C-S

Diperoleh data

$$d_2 = 95,00\text{m}$$

$$d_3 = 88,510 \text{ m}$$

$$\Delta_2 = 37^\circ$$

Dari tabel 2.10 didapat $V_r : 60 \text{ km/jam}$

$R_{\text{minimal}} + 350 \text{ m} : R_{\text{rencana}} = 350 \text{ m}$

Coba dengan perhitungan tikungan Full circle (FC)

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 350 \cdot \tan \frac{1}{2} 37^\circ$$

$$= 113,913 \text{ m}$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$= 113,913 \cdot \tan \frac{1}{4} 37^\circ$$

$$= 18,390 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \times (2\pi R)$$

$$= \frac{37}{360} \times (2 \cdot 3,14 \cdot 350)$$

$$= 225,905 \text{ m}$$

L total syarat :

$$L_{tot} < 2T_s = 225,905 < 2 \times 113,913 \text{ m}$$

$$= 225,905 < 267,826 \text{ m..... OK}$$

$$d_2 > T_c 2 < d_3 = 95,00 \text{ m} > 113,913 \text{ m} < 88,510 \text{ tidak ...ok}$$

dicoba dengan tikungan spiral-circle-spiral (S-C-S)

$$V_r = 60 \text{ km/jam}$$

$$F_{max} = -0,00065 \times (V_r) + 0,192$$

$$= 0,153 \text{ km/jam}$$

$$R_{min} = \frac{(V_r)^2}{127 (e_{max} + f_{max})}$$

$$= \frac{(60)^2}{127 (0,08 + 0,153)}$$

$$= 88,189 \text{ m}$$

$$L_s = \frac{V_r}{3,6} \times T$$

$$= \frac{60}{3,6} \times 2$$

$$= 33,3 \text{ m}$$

$$\theta_s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times R_c}$$

$$= \frac{90 \times 33,3}{3,14 \times 90}$$

$$= 10,605^\circ$$

$$\Delta c = \Delta - 2\theta s$$

$$= 37^\circ - 2(10,605^\circ)$$

$$= 15,79^\circ$$

$$Lc = \frac{\Delta c}{360} (2\pi R c)$$

$$= \frac{15,79}{360} \times (2 \times 3,14 \times 90)$$

$$= 24,790 \text{ m} > 10,474 \text{ m} > 25 \text{ m..ok}$$

$$Xs = Ls - \frac{Ls^3}{40 \times R^2}$$

$$= 33,3 - \frac{33,3^3}{40 \times (90)^2}$$

$$= 33,186$$

$$Ys = \frac{Ls^2}{6 \times R}$$

$$= \frac{33,3^2}{6 \times 90}$$

$$= 2,053$$

$$k = Xs - Rc \times \sin \theta s$$

$$= 33,3 - 90 \times \sin (10,605)$$

$$= 16,736 \text{ m}$$

$$P = Ys - Rc \times (1 - \cos \theta s)$$

$$= 2,053 - 90 \times (1 - \cos (10,605)) = 0,035 \text{ m}$$

$$Ts = (R + p) \times \tan \Delta / 2 + K$$

$$= (90 + 0,035) \times \tan 37^\circ / 2 + 16,736$$

$$= 46,861 \text{ m}$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos \Delta/2} - R$$

$$= \frac{00+0,035}{\cos(\frac{37}{2})} - 90$$

$$= 8,998 \text{ m}$$

$$L_{tot} = L_c + 2 \times L_s$$

$$= 24,790 + 2 \times 33,3$$

$$= 91,39 \text{ m}$$

Syarat :

$$L_{tot} < 2T_s = 91,39 \text{ m} < 2 \times 46,861$$

$$= 91,39 \text{ m} < 93,572 \text{ m ok}$$

menentukan superelevasi rencana

Diketahui

$$R \text{ rencana} = 350 \text{ m}$$

$$V \text{ rencana} = 60 \text{ Km/jam}$$

$$e \text{ maksimum} = 8 \%$$

$$f \text{ max} = -0,00065 \cdot VR \cdot 0,192 \text{ (untuk } VR + < 80 \text{ Km/jam)}$$

$$= -0,00065 \cdot 60 \cdot 0,192$$

$$= 0,036$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(e_{max} + f_{max})}{v^2}$$

$$= \frac{181913,53(0,08 + 0,036)}{60^2}$$

$$= 5,861$$

$$D_d = \frac{1432,39}{R}$$

$$= \frac{1432,39}{90}$$

$$= 15,915^\circ$$

$$ed = \frac{-e_{max} \times D_d^2}{D_{max}^2} + \frac{2 \times e_{max} \times D_d}{D_{max}}$$

$$= \frac{-0,08 \times 15,915^2}{5,861^2} + \frac{2 \times 0,08 \times 15,915}{5,861} = 0,155$$

= 15,5 % (diperoleh super elevasi tikungan S-C-S sebesar

15,5 %

Pengambaran diagram superelevasi S-C-S

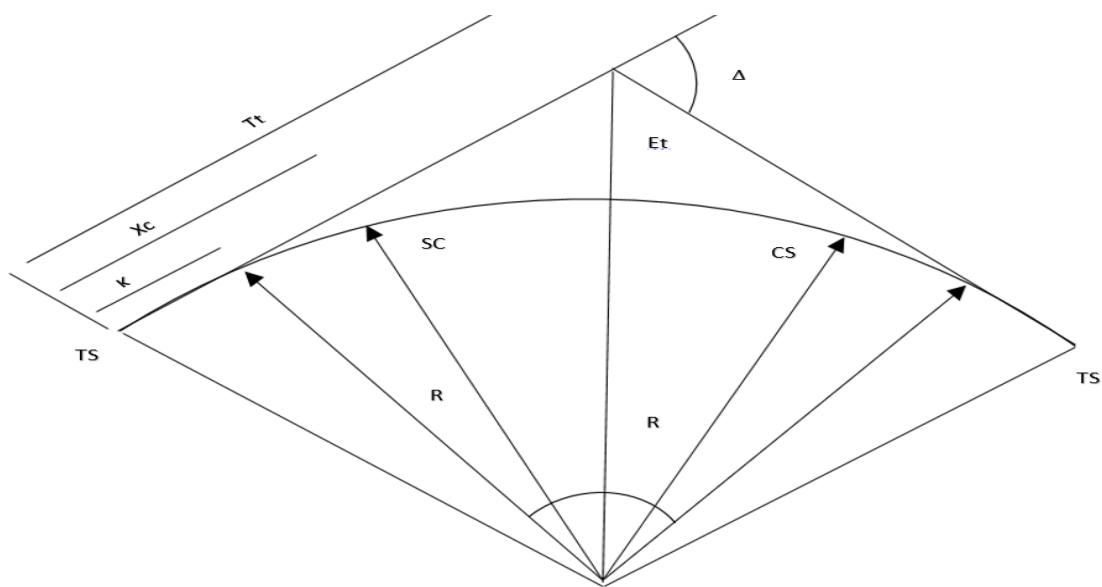
$$L_{total} = 225,905 \text{ m}$$

$$e_{\text{rencana}} = 15,5 \%$$

$$L_s = 33,3 \text{ m}$$

$$L_c = 24,790 \text{ m}$$

$$R_{\text{rencana}} = 350$$



Gambar 4.9 : Hasil dari Desain horizontal tikungan S-C-S

$$V = 60 \text{ km/jam} \quad e = 8\%$$

$$R = 88,189 \text{ m} \quad L_s = 33,3 \text{ m}$$

$$\theta_s = 10,605^\circ \quad \Delta = 15,79^\circ$$

$$K = 16,8 \text{ m} \quad E_s = 8,998 \text{ m}$$

$$T_s = 46,9 \text{ m}$$

3.perhitungan tikungan S-S

Diperoleh data

$$d_{15} = 128,39\text{m}$$

$$d_{16} = 80,810 \text{ m}$$

$$\Delta = 41^\circ$$

Dari tabel 2.10 didapat Vr : 60 km/jam

R minimal + 350 m : R rencana = 350 m

Coba dengan perhitungan tikungan Full circle (FC)

$$Tc = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$= 350 \cdot \tan \frac{1}{2} 41^\circ$$

$$= 125,135\text{m}$$

$$Ec = Tc \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$= 125,230 \cdot \tan \frac{1}{4} 41^\circ$$

$$= 22,403 \text{ m}$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360} \times (2\pi R)$$

$$= \frac{41}{360} \times (2 \cdot 3,14 \cdot 350)$$

$$= 250,327 \text{ m}$$

L total syarat :

$$L_{tot} < 2Ts = 250,327 < 2 \times 125,230 \text{ m}$$

$$= 250,372 < 250,461 \text{ m.....OK}$$

$$d_{15} > Tc < d_{16} = 128,39\text{m} > 125,135 \text{ m} < 80,810 \text{ tidak ...ok}$$

dicoba dengan tikungan spiral-circle-spiral (S-C-S)

$$V_r = 50 \text{ km/jam}$$

$$F_{max} = -0,00065 \times (V_r) + 0,192$$

$$= 0,133$$

$$R_{min} = \frac{(V_r)^2}{127 (e_{max}+f_{max})}$$

$$= \frac{(50)^2}{127 (0,08+0,133)}$$

$$= 67,069 \text{ m}$$

$$L_s = \frac{V_r}{3,6} \times T$$

$$= \frac{50}{3,6} \times 2$$

$$= 27,8 \text{ m}$$

$$\theta_s = \frac{90 \times L_s}{\pi \times R_c (100)}$$

$$= \frac{90 \times 27,8}{3,14 \times 100}$$

$$= 7,959^\circ$$

$$\Delta c = \Delta - 2\theta_s$$

$$= 41^\circ - 2 (7,959^\circ)$$

$$= 25,455^\circ$$

$$\begin{aligned}
Lc &= \frac{\Delta c}{360} (2\pi R c(100)) \\
&= \frac{25,455}{360} \times (2 \times 3,14 \times 100) \\
&= 44,404 \text{ m} \rightarrow 7,959 \text{ m} > 25 \text{ tidak ok}
\end{aligned}$$

Lc lebih kecil dari 25

Dicoba dengan perhitungan spiral-spiral (S-S)

$$\begin{aligned}
\theta S &= \frac{1}{2} \times \Delta PI \\
&= \frac{1}{2} \times 41^\circ \\
&= 20,5^\circ
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Ls &= \frac{\theta \times \pi \times R c}{90} \\
&= \frac{20,5 \times 3,14 \times 90}{90}
\end{aligned}$$

$$= 64,37 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
Xs &= Ls - \frac{L_s^3}{40 \times R^2} \\
&= 64,37 - \frac{64,37^2}{40 \times (90)^2}
\end{aligned}$$

$$= 83,89 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
Ys &= \frac{Ls^2}{6 \times R} \\
&= \frac{64,37^2}{6 \times 90}
\end{aligned}$$

$$= 5,744$$

$$k = X_s - R_c \times \sin \theta_s$$

$$= 83,89 - 90 \times \sin (20,5)$$

$$= 52,37 \text{ m}$$

$$P = Y_s - R_c \times (1 - \cos \theta_s)$$

$$= 5,744 - 90 \times (1 - \cos (20,5)) = 0,444 \text{ m}$$

$$T_s = (R + p) \times \tan \Delta/2 + K$$

$$= (90 + 0,444) \times \tan 41^\circ / 2 + 52,37$$

$$= 86,185 \text{ m}$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos \Delta/2} - R$$

$$= \frac{90+0,444}{\cos(\frac{41}{2})} - 90$$

$$= 4,740 \text{ m}$$

$$L_{tot} = 2 \times L_s$$

$$= 2 \times 64,37$$

$$= 128,74$$

Syarat :

$$L_{tot} < 2T_s = 128,74 \text{ m} < 2 \times 86,185$$

$$= 128,74 \text{ m} < 172,37 \text{ m} \dots \text{ok}$$

$$d15 > T_s < d16 = 128,39 \text{ m} > 86,185 \text{ m} > 80,810 \text{ m} \dots \text{ok}$$

menentukan superelevasi rencana tikungan S-S

Diketahui

$$R \text{ rencana} = 350 \text{ m}$$

$$V \text{ rencana} = 60 \text{ Km/jam}$$

$$e \text{ maksimum} = 8 \%$$

$$f_{\max} = -0,00065 \cdot VR \cdot 0,192 \text{ (untuk } VR + < 80 \text{ Km/jam)}$$

$$= -0,00065 \cdot 60 \cdot 0,192$$

$$= 0,036$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53(e_{\max} + f_{\max})}{v^2}$$

$$= \frac{181913,53(0,08 + 0,036)}{60^2}$$

$$= 5,861$$

$$D_d = \frac{1432,39}{R}$$

$$= \frac{1432,39}{350}$$

$$= 4,115^\circ$$

$$\text{ed} = \frac{-e_{\max} \times D_d^2}{D_{\max}^2} + \frac{2 \times e_{\max} \times D_d}{D_{\max}}$$

$$= \frac{-0,08 \times 4,115^2}{5,861^2} + \frac{2 \times 0,08 \times 4,115}{5,861} = 0,151$$

= 15,1 % (diperoleh super elevasi tikungan S-S sebesar

$$15,1 \%$$

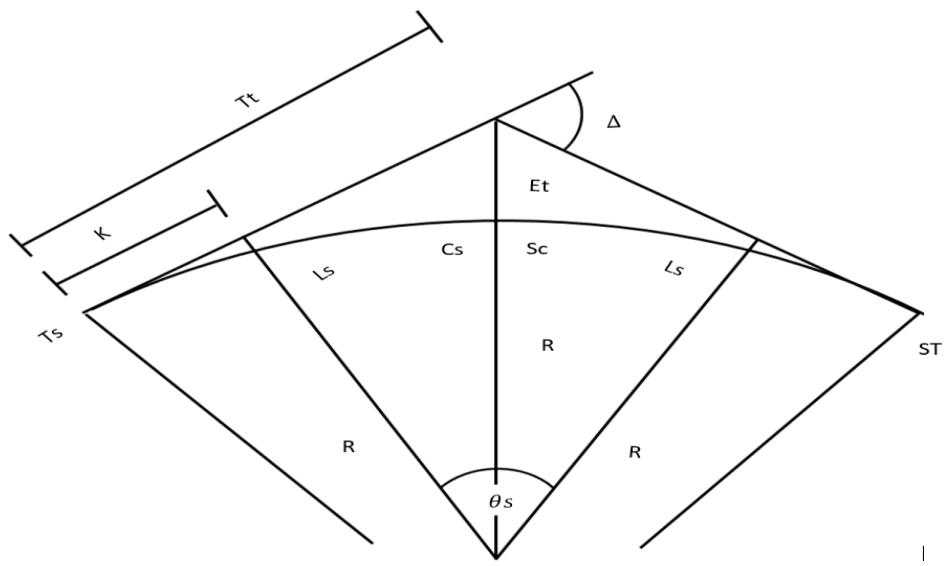
Pengambaran super elevasi S-S

$$L_{\text{total}} = 128,74 \text{ m}$$

$$e_{\text{rencana}} = 15,1\%$$

$$L_s = 64,37 \text{ m}$$

$$R_{\text{rencana}} = 90 \text{ m}$$



Gambar 4.10 : Hasil dari Desain horizontal tikungan S-S

$$V = 60 \text{ km/jam} \quad \Delta = 41^\circ$$

$$R = 350 \text{ m} \quad e = 15,1 \%$$

$$\theta_s = 20,5^\circ \quad E_s = 4,740 \text{ m}$$

$$K = 57,37 \text{ m} \quad T_s = 58,185 \text{ m}$$

4.3.2 Perhitungan desain alinyemen vertical

1. desain lengkung cembung

Diperoleh data dari kondis tanjakan jalan bealaing-mukun-mbasang

$$\text{Sta1} = 30 + 400 \text{ elevasi existing : } 889,790$$

$$\text{Sta2} = 31 + 200 \text{ elevasi existing : } 901,089$$

$$\text{Sta3} = 32 + 400 \text{ elevasi existing : } 911,216$$

- Perhitungan perbedaan aljabar landai

$$\begin{aligned} g1 &= \frac{elv\ 2 - elv\ 1}{sta\ 2-sta\ 1} \times 100\% \\ &= \frac{901,089 - 889,790}{(31+200)-(30+400)} \times 100\% \\ &= \frac{11,299}{-199} \times 100\% \\ &= 5,677 \% \text{ (kelandaian naik) } \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g2 &= \frac{elv\ 3 - elv\ 2}{sta\ 3-sta\ 2} \times 100\% \\ &= \frac{911,216 - 901,089}{(32+400)-(31+200)} \times 100\% \\ &= \frac{10,127}{210} \times 100\% \\ &= 4,822 \% \text{ (turunan) } \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= (g1-g2) \\ &= (-5,677) - 4,822 \\ &= -10,499 \% \end{aligned}$$

Dengan : A = 10,499 %

$$V_r = 60 \text{ km/jam}$$

$$jh_{min} = 55 \text{ m}$$

$$J_h = \frac{V_r}{3,6} 2,5 + \frac{(V_r/3,6)^2}{2(9,8) \cdot 0,146}$$

$$= \frac{60}{3,6} 2,5 + \frac{(60/3,6)^2}{2(9,8) \cdot 0,146}$$

$$= 109.076$$

Maka di tetapkan jh 70 m

Maka dapat kita tentukan panjang lengkung (L) berdasarkan rumusan jarak pandang henti

(Jh) Sebagai berikut

Untuk $J_h < L$

$$L = \frac{A \times J_h^2}{339}$$

$$L = \frac{10,499 \times 70^2}{399}$$

$$L = 128,935$$

Kontrol : sayrat $J_h < L$

: $70 \text{ m} < 128 \text{ m}$ memenuhi syarat

Dari perhitungan didapat $L = 70$

a. panjang lengkung berdasarkan jarak pandang (Jd)

untuk ($J_d < L$)

$$L = \frac{A \times J_d^2}{840}$$

$$L = \frac{10,499 \times 250^2}{840}$$

$$L = 781,175 \text{ m}$$

kontrol : syarat ($Jd < L$) memenuhi syarat ($250 < 781,175$)

jadi panjang lengkung L adalah :

berdasarkan jarak pandang henti = 70 m dan jarak pandang mendahului = 250 m

dengan pertimbangan ekonomis maka di desain jarak pandang $L = 100 \text{ m}$

$$Ev = \frac{A \times L}{800}$$

$$= \frac{10,499 \times 100}{800}$$

$$= 1,312 \text{ m}$$

$$PLV = PVI - \left(\frac{g1}{100} \times \frac{lv}{2} \right)$$

$$= 901,089 - \left(\frac{-5,677}{100} \times \frac{100}{2} \right)$$

$$= 903,927 \text{ m}$$

$$PPV = PLV + Ev$$

$$= 903,089 + 1,312$$

$$= 904,401 \text{ m}$$

$$PTV = PVI + \left(\frac{g2}{100} \times \frac{lv}{2} \right)$$

$$= 901,089 + \left(\frac{4,822}{100} \times \frac{100}{2} \right)$$

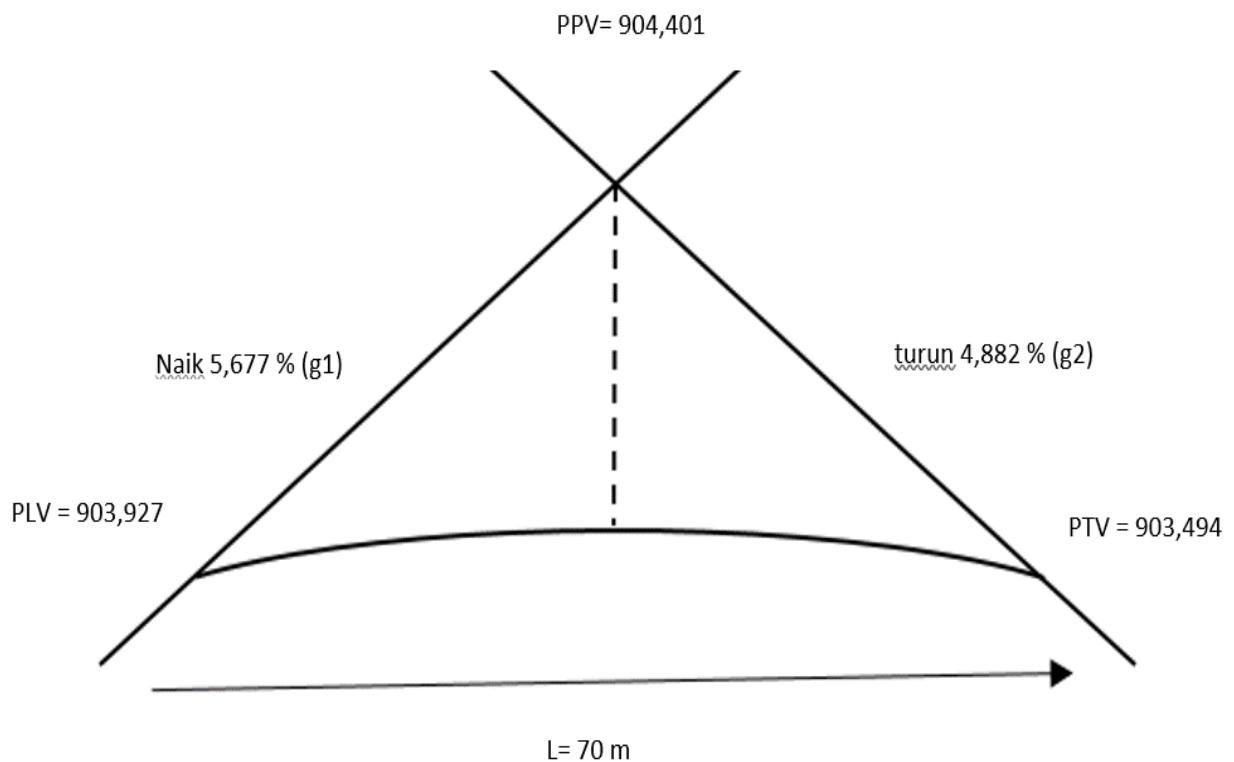
$$= 903,494 \text{ m}$$

Maka desain yang didapatkan

Tanjakan = 5,677 % (kelandaian naik)

Turunan = 4,822 % (turunan)

Elevasinya = 901,089



Gambar 4.11 : Hasil dari Desain alinyemen vertical lengkung cembung

1. desain lengkung cekung

Diperoleh data dari kondis turunan jalan bealaing-mukun-mbasang

$$\text{Sta1} = 31 + 745 \text{ elevasi existing : } 972,465$$

$$\text{Sta2} = 32 + 800 \text{ elevasi existing : } 1066,238$$

$$\text{Sta3} = 31 + 600 \text{ elevasi existing : } 1071,380$$

$$g1 = \frac{\text{elv 2} - \text{elv 1}}{\text{sta 2}-\text{sta 1}} \times 100\%$$

$$= \frac{1066,238 - 972,465}{(32+800)-(31+745)} \times 100\%$$

$$= \frac{93,773}{56} \times 100\%$$

$$= 2,989 \% \text{ (kelandaian naik)}$$

$$g2 = \frac{\text{elv 3} - \text{elv 2}}{\text{sta 3}-\text{sta 2}} \times 100\%$$

$$= \frac{1071,380 - 1066,238}{(31+600)-(32+800)} \times 100\%$$

$$= \frac{5,142}{-210} \times 100\%$$

$$= 2,448 \% \text{ (turunan)}$$

$$A = (g1-g2)$$

$$= (2,989 - (-2,448))$$

$$= 5,437 \%$$

Dengan : A = 5,437 %

$$V_r = 60 \text{ km/jam}$$

$$jh_{min} = 55 \text{ m}$$

$$J_h = \frac{V_r}{3,6} 2,5 + \frac{(V_r/3,6)^2}{2(9,8) \cdot 0,146}$$

$$= \frac{60}{3,6} 2,5 + \frac{(60/3,6)^2}{2(9,8) \cdot 0,146}$$

$$= 109.076$$

Maka di tetapkan jh 70 m

Maka dapat kita tentukan panjang lengkung (L) berdasarkan rumusan jarak pandang henti

(Jh) Sebagai berikut

Untuk $J_h < L$

$$L = \frac{A \times J_h^2}{120 + 3,5 \times j_h}$$

$$L = \frac{5,437 \times 70^2}{120 + 3,5 + 70}$$

$$L = 137,681$$

Kontrol : sayrat $J_h < L$

: $70 \text{ m} < 137 \text{ m}$ memenuhi syarat

Dari perhitungan didapat $L = 70$

Maka :

$$Ev = \frac{A \times L}{800}$$

$$= \frac{5,437 \times 70}{800}$$

$$= 0,475 \text{ m}$$

$$PLV = PVI - \left(\frac{g1}{100} \times \frac{lv}{2} \right)$$

$$= 1066,238 - \left(\frac{2,989}{100} \times \frac{70}{2} \right)$$

$$= 1065,191$$

$$PPV = PLV + Ev$$

$$= 1065,238 + 0,475$$

$$= 1066,713$$

$$PTV = PVI + \left(\frac{g2}{100} \times \frac{lv}{2} \right)$$

$$= 1066,238 + \left(\frac{2,448}{100} \times \frac{70}{2} \right)$$

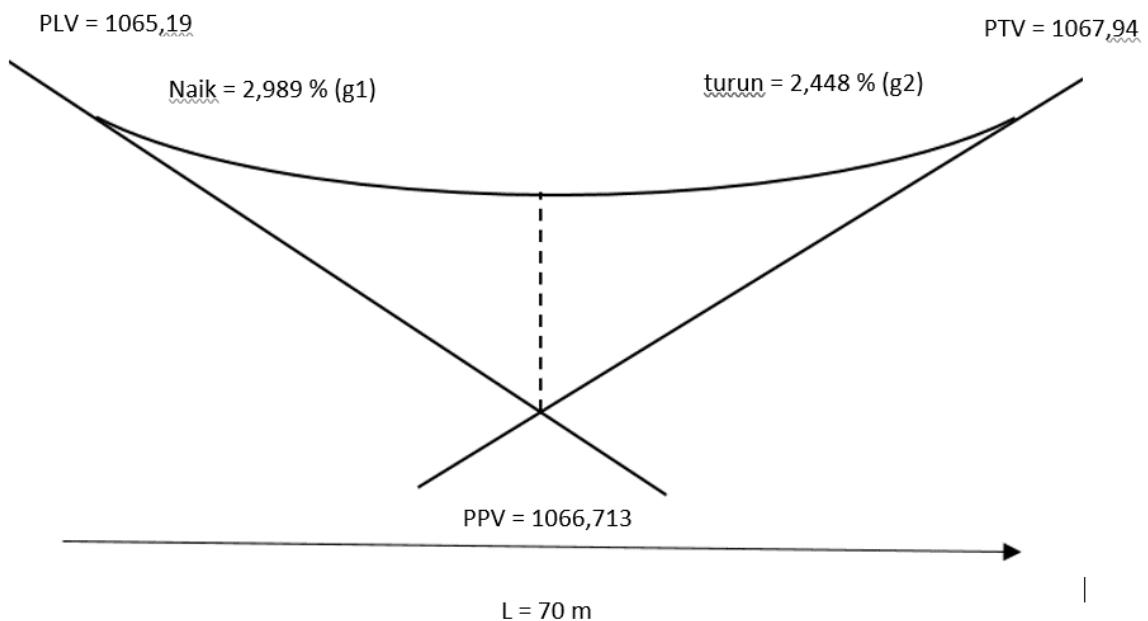
$$= 1067,0948$$

Maka desain yang didapatkan

Tanjakan = 2,989 % (kelandaian naik)

Turunan = 2,448 % (turunan)

Elevasinya = 1066,713



Gambar 4.12 : Hasil dari Desain alinyemen vertical lengkung cekung

