

EVALUASI PERENCANAAN PEMBANGUNAN JALAN MUARA SIBERUT KE DESA MALILIMO (STA. 00+000 S/D 13+000) KECAMATAN SIBERUT SELATAN KEPULAUAN MENTAWAI

SYAHRIAL EFFENDI¹, HELGA YERMADONA², ELFANIA BASTIAN³

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat^{1,2,3}
email: effendisyahrial9@gmail.com¹, helga.umsb@gmail.com², elfania.umsb@gmail.com³

Abstract : *The construction of a road connecting Muara Siberut Village and Malilimo Village located in the South Siberut District of the Mentawai Islands aims to facilitate transportation flows, connect and open up isolation between 2 regions, namely Muaro Siberut Village and Malilimo Village for the advancement of an area and economic equality. In planning the construction of highways in this writing, it refers to the Geometric planning procedures for Inter-City Roads in 1997 and the Regulations on Geometric Planning for Highways in 1970 issued by the Public Works Service of the Directorate General of Highways. The type of road from Muaro Siberut Village to Malilimo Village is a collector road with class IIA road specifications, pavement width of 2 x 3.5m, planned 22 SCS (Spiral-Circle-Spiral) bends, and 6 FC (Full Circle) bends. (concrete) from Muara Siberut Village to Malilimo Village using rigid concrete pavement types, including: compressive tensile strength of concrete f_{cf} aged 28 days 3.36 Mpa, under foundation CBK (mixed thin concrete) 125 mm, subgrade CBR 3,043 % . 170 mm thick concrete slab*

Keywords: *Geometry Planning Bend S-C-S (Spiral-Circle-Spiral) and f-C (Full Circle), Thickness of Pavement*

Abstrak: *Pembuatan jalan yang menghubungkan Desa Muara Siberut dan Desa Malilimo yang terletak di Kecamatan Siberut Selatan Kepulauan Mentawai bertujuan untuk memperlancar arus transportasi, menghubungkan serta membuka keterisolan antara 2 daerah yaitu Desa Muaro Siberut dan Desa Malilimo demi kemajuan suatu daerah serta pemerataan ekonomi. Dalam perencanaan pembangunan jalan raya pada penulisan ini mengacu pada tata cara perencanaan Geometrik jalan Antar Kota Tahun 1997 dan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya Tahun 1970 yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. Jenis jalan dari Desa Muaro Siberut ke Desa Malilimo merupakan jalan kolektor dengan spesifikasi jalan kelas IIA, lebar perkerasan 2 x 3,5m, direncanakan 22 tikungan S-C-S (Spiral-Circle- Spiral), dan 6 tikungan F-C (Full Circle).perkerasan jalan kaku (beton) Desa Muara Siberut ke Desa Malilimo menggunakan jenis perkerasan kaku beton, antara lain : kuat tarik tekan beton f_{cf} umur 28 hari 3,36 Mpa,pondasi bawah CBK (campuran beton kurus) 125 mm, CBR tanah dasar 3,043 % . tebal pelat beton 170 mm.*

Kata Kunci : *Perencanaan Geometri Tikungan S-C-S (Spiral-Circle-Spiral) dan F-C (Full Circle),Tebal Perkerasan.*

A. Pendahuluan

Sektor transportasi memainkan peranan penting dalam membantu perkembangan perekonomian daerah yang sedang tumbuh dan memberikan akses kepada daerah-daerah yang mempunyai potensi yang besar untuk berkembang. Untuk memenuhi kebutuhan akan aksesibilitas dan membuka keterisolan maka diperlukan pembangunan jalan untuk mendukungnya, maka perlu didukung oleh perencanaan teknis yang matang agar dapat menghasilkan suatu perencanaan teknis jalan yang efektif dan ramah lingkungan. Kebutuhan akan perencanaan teknis jalan yang baik merupakan suatu yang diharapkan oleh masyarakat dan merupakan faktor penunjang lancarnya roda perekonomian masyarakat.

Pembangunan daerah Kabupaten Kepulauan Mentawai merupakan bagian integral dari pembangunan Propinsi Sumatera Barat dan Pembangunan Nasional, yang merupakan rangkaian kegiatan pembangunan yang dilakukan secara terencana, terarah, bertahap serta berkesinambungan dalam usaha meningkatkan taraf hidup masyarakat, Rencana Peningkatan Jalan di Pulau Siberut Kabupaten Kepulauan Mentawai Provinsi Sumatera Barat merupakan jalan yang sebagian besar masih tanah dan sebagian kecil sudah di lapiasi beton dengan lebar rata-rata 1.5 - 2,0 meter sehingga belum memenuhi kriteria jalan yang dapat memenuhi kebutuhan, agar Lalu Lintas kendaraan antar daerah

Selain pada data primer data lalu lintas juga diperlukan pada data sekunder. Data ini berupa data jenis kendaraan dan volume kendaraan pada daerah terdekat. Data ini diperlukan untuk menghitung pertumbuhan lalu lintas dan volume lalu lintas harian rata-rata sehingga dapat diketahui kelas jalan rencana, lebar efektif jalan, jumlah jalur yang diperlukan dan dapat ditentukan tebal perkerasannya.

2. Data hidrologi
Data ini berupa data curah hujan dari stasiun terdekat.
3. Data tanah
Data ini berupa data CBR tanah asli yang diperlukan untuk mengetahui daya dukung tanah asli. Data ini berfungsi untuk menganalisa tebal perkerasan jalan yang di butuhkan.
4. Peta topografi
Peta topografi menggambarkan kontur di daerah sekitar lokasi studi sehingga nantinya didapatkan elevasi jalan yang paling tepat dan efisien.

Dari rincian data yang diperlukan diatas termasuk data sekunder . data sekunder adalah data yang di peroleh dari instansi terkait. data skunder ini sangat membantu dalam perencanaan jalan. Pada perencanaan desa siberut ke desa malolomo, instansi yang dapat di jadikan narasumber sebagai berikut:

1. Data lalu lintas harian rata-rata (LHR) pada ruas desa siberut ke desa Malilimo sumber instansi : dinas perhubungan kepulauan mentawai
2. Data curah hujan daerah sekitar perencanaan
3. Sumber instansi : badan meteologi dan geografi (BMG) propinsi Sumatra barat
4. Peta potografi daerah perencanaan jalan

C. Pembahasan dan Analisa

Menghitung dan merencanakan jenis tikungan

a. Menentukan jenis tikungan

Syarat tikungan

- Tikungan *Full Circle* bila $P < 0,25$ m
- Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (S-C-S) bila $L_c > 25$ m
Bila $L_c > 25$ m
 $P > 0,25$ m
 $L_c + 2L_s < 2 T_s$
- Tikungan *Spiral - Spiral*
Bila $P > 0,25$ m
 $L_c < 25$ m

Dimana $p = \frac{L_s^2}{24 R_c}$

$L_c = \frac{(\Delta 2\theta_s)}{90} \times \pi R_c$

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

Menghitung Komponen Tikungan S-C-S (*Spiral-Circle-Spiral*)

Pada Sta = 1+ 851.990 km

Tikungan 1

$R_c = 140$ m

$\Delta = 90^\circ$

$D = \frac{1432,39}{R_c} = \frac{1432,39}{140} = 10,23135714$

$e_{max} = 10\%$ dan $D = 10,23135714$

Diperoleh $e = 0.086$

$L_s = 50$ m

$p = \frac{L_s^2}{24 R_c} = \frac{2500}{24 \times 140} = 0,74404762$

$\theta_s = \frac{90}{\pi} \times \frac{L_s}{R_c} = \frac{90}{3.14} \times \frac{50}{140} = 10,2313892$

$$Lc = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi R_c = \frac{90 - 2(10.231)}{180} \times 3,14 \times 140 = 169,9114858$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat Tikungan } Lc > 25 \text{ m} &\rightarrow 169,9115 \text{ m} > 25 \text{ m} \\ P < 0,25 \text{ m} &\rightarrow 0,744048 \text{ m} < 0,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tipe tikungan yang di pakai tikungan S-C-S (*Spiral-Circle-Spiral*)

Menghitung Tikungan F-C (*Full-Circle*)

Diketahui :

$$\Delta PI_1 = 8^\circ 51' 1.18''$$

$$V_r = 80 \text{ km/jam}$$

$$\text{Direncanakan } R_d = 1300 \text{ m} > R_{min} = 210 \text{ m}$$

Dengan $V_r = 80 \text{ km/jam}$ berdasarkan (TPGJAK 1997, Tabel II. 18) R_{min} untuk $FC = 900 \text{ m} < R_d$, sehingga tikungan jenis *full circle* dapat digunakan.

- a. Menentukan superelevasi desain:

$$\begin{aligned} &= \frac{1432,4}{R_d} \\ &= \frac{1432,4}{1300} \\ &= 1,102 \\ e_{tid} &= \frac{-e_{max} \times D_{max}^2}{D_{max}} + \frac{2 \times e_{max} \times D_{max}}{D_{max}} \\ &= \frac{-0,10 \times 1,102^2}{6,821^2} + \frac{2 \times e_{max} \times 1,102}{6,821} \\ &= 0,03 \\ &= 3\% \end{aligned}$$

- b. Perhitungan lengkung peralihan (L_s)

1. Berdasarkan waktu tempuh maximum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$\begin{aligned} L_s' &= \frac{V_r}{3,6} \times T \\ &= \frac{80}{3,6} \times 3 \\ &= 66,67 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Berdasarkan rumus modifikasi short:

$$\begin{aligned} L_s' &= 0,022 \frac{V_r^3}{R_d} - 2,727 \frac{V_r \times e_{tid}}{c} \\ &= 0,022 \times \frac{80^3}{1300 \times 0,4} - 2,727 \frac{80 \times 0,03}{0,4} \\ &= 5,464 \end{aligned}$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s' = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \times r \times e} \times V_r$$

Dimana r_e = tinggi pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, untuk $v_r \geq 80 \text{ km/jam}$, $e_{max} = 0,025$

$$\begin{aligned} L_s' &= \frac{(0,1 - 0,02)}{3,6 \times 0,026} \times 80 \\ &= 71,11 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Berdasarkan landai relatif:

$$\begin{aligned} L_s' &= \frac{w}{2} \times m \times (e_n + e_{tid}) \\ &= \frac{3,5 \times 2}{2} \times 200 \times (0,02 + 0,03) \\ &= 35 \text{ m} \end{aligned}$$

Dipakai nilai L_s yang terbesar yaitu 71,11 m

- c. Perhitungan Δc , Δc , dan l_c :

$$\begin{aligned} \emptyset &= \frac{Ls \times 360}{4 \times \pi \times Rd} \\ &= \frac{71,11 \times 360}{4 \times 3,14 \times 1300} \\ &= 1^\circ 34' 4,2'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \Delta PI \\ &= 8^\circ 51' 1.18'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Lc &= \frac{\Delta c \times \pi \times Rd}{180} \\ &= 200,7m \end{aligned}$$

d. Perhitungan besar-besaran tikungan

$$\begin{aligned} Tc &= Rd \times \tan 1/5 \Delta PI \\ &= 1300 \times \tan 1/5 8^\circ 51' 1.18'' \\ &= 100,605 m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Es &= Tc \times \tan 1/4 \Delta PI \\ &= 100,605 \times \tan 1/4 8^\circ 51' 1.18'' \\ &= 3,887 m \end{aligned}$$

kontrol perhitungan

$$2Tc > Lc$$

$$2 \times 100,605 > 200,71$$

$$201,21 > 200,71 \dots\dots (\text{ok})$$

Jadi syarat tikungan F-C terpenuhi

Tikunga PII menggunakan tipe F-C dengan hasil perhitungan seperti berikut:

$$\Delta PII = 8^\circ 51' 1.18'' \quad Rd = 1300 m$$

$$Emax = 10\%$$

$$Etjd = 3\%$$

$$En = 2\%$$

$$Ls = 71,11 m$$

$$\emptyset_s = 10^\circ 34' 4,2''$$

$$Lc = 200,71 m$$

$$Tc = 100,605 m$$

$$Es = 3,887 m$$

Hasil perhitungan perencanaan tipikal tikungan dengan panjang 6735 m Desa Muara Siberiut ke Desa Malilimo 6 F – C (*Full Circle*) 22 S-C-S (*Spiral - Circle – Spiral*)

Alinyemen Vertikal

Alinyemen Tipikal cembung

Pada STA. = 12 + 200

Diketahui $g_1 = 0,106 \%$

$V_r = 60 \text{ KM/Jam}$

Titik PPV

- Elevasi PPV = 63,808 m

- Jarak PPV = 12 + 200 m

- Perbedaan aljabar landai (A) = $g_1 - g_2 = 0,11 - 2,50 = -2,39 \%$

- Pergeseran vertical dari titik PPV ke bagian lengkung = $L_v = 50 m$

$$Ev = \frac{AL_v}{800} = \frac{-2,393 \times 100,8}{800} = -0,302 m$$

Titik PPV

- Elevasi PPV = $PPV - Ev$
 $= 63,81 - (-0,302) = 64,11 m$

- Jarak PPV = 12 + 200 m

Titik PLV

- Elevasi PLV = $PPV - (g_1\% \cdot \frac{1}{2} L_v)$
 $= 63,81 - (0,11\% \cdot \frac{1}{2} \cdot 100,8) = 63,75 m$

- Jarak PLV = $PPV - \frac{1}{2} L_v$
 $= 12 + 200 - \frac{1}{2} \cdot 100,8 = 12 + 149,6 m$

Titik PTV

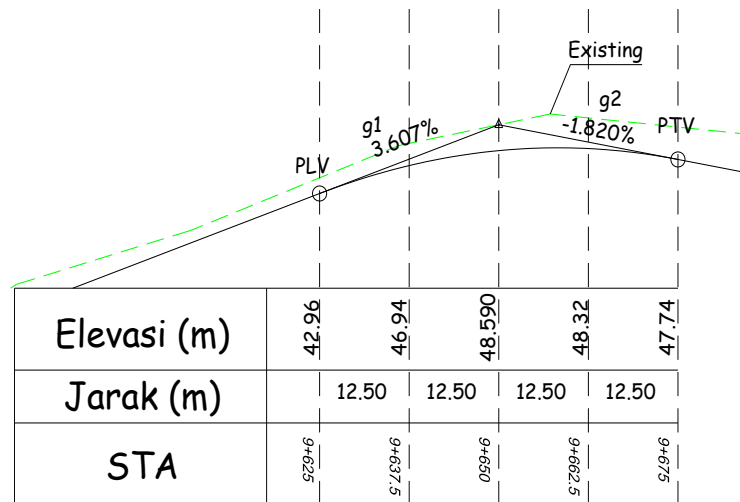
- Elevasi PTV = $PPV + (g_2 \% \cdot \frac{1}{2} Lv)$
 $= 63,81 + (2,50\% \cdot \frac{1}{2} \cdot 100,8) = 65,07 \text{ m}$
- Jarak PPV = $PPV - \frac{1}{2} Lv$
 $= 12 + 200 + \frac{1}{2} \cdot 100,8 = 9 + 250,4 \text{ m}$

Titik P dan Q

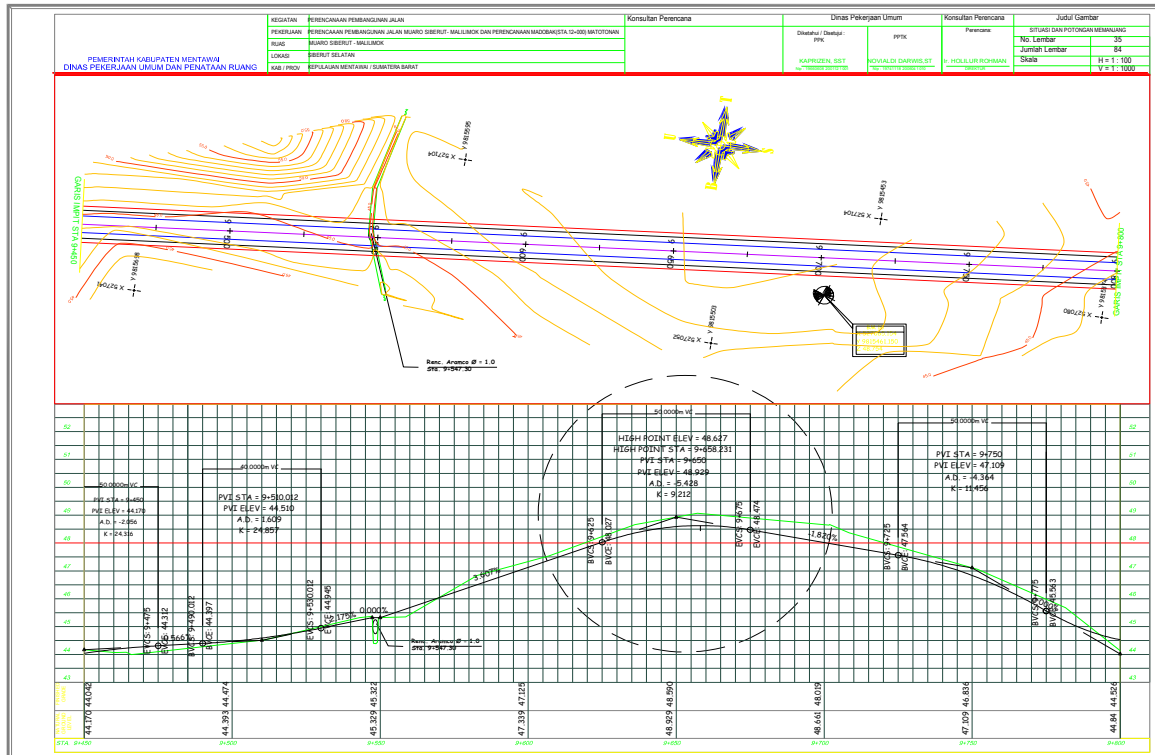
$$X = \frac{1}{4} Lv$$

$$y = \frac{A \cdot x^2}{200Lv} = \frac{-2,39 - 635,04}{200 \cdot 100,8} = -0,075 \text{ m}$$

- Elevasi P = $PPV - (g_1 \% \cdot x) - y$
 $= 63,81 - (0,11 \% \cdot 25,200) - (-0,075) = 63,86 \text{ m}$
- Jarak P = $PPV - X$
 $= 12 + 200 - 25,200 = 12 - 174,80 \text{ m}$
- Elevasi Q = $PPV + (g_1 \% \cdot x) - y$
 $= 63,81 + (2,50\% \cdot 25,200) - (-0,075) = 64,51 \text{ m}$
- Jarak Q = $PPV + x$
 $= 12 + 200 + 25,200 = 12 + 225,20 \text{ m}$



Gambar 1 variabel alinyemen lengkung vertikal *type* cembung



Gambar 2 long section

Alinyemen cekung vertical

Sta. 3 + 903.776
 Dik $g_1 = 0,00 \%$
 $g_2 = 8,17 \%$
 $V_r = 60 \text{ km/jam}$

Titik PPV

- Elevasi PPV = 63,34 m
- Jarak PPV = 3 + 905 m
- Perbedaan aljabar landai (A) = $g_1 - g_2 = 0,000 - 8,17 = - 8,17 \%$
- Panjang lengkung vertical dari PLV ke PTV= L_v diperoleh dari grafik Perencanaan geometrik dengan mengetahui A dan V_r diperoleh $L_v=101\text{m}$
- Pergeseran vertical dari titik PPV ke bagian lengkung = L_v

$$E_v = \frac{A L_v}{800} = \frac{-8,17 \cdot 100,8}{800} = 64,37$$

Titik PPV

- Elevasi PPV = $PPV - E_v$
 $= 63,34$
- Jarak PPV = 3+905 m

Titik PLV

- Elevasi PLV = $PPV - (g_1\% \cdot \frac{1}{2} L_v)$
 $= 63,34 - (0,00\% \cdot \frac{1}{2} \cdot 100,8) = 63,34 \text{ m}$
- Jarak PLV = $PPV - \frac{1}{2} L_v$
 $= 3+905 - \frac{1}{2} \cdot 100,8 = 3+854,6 \text{ m}$

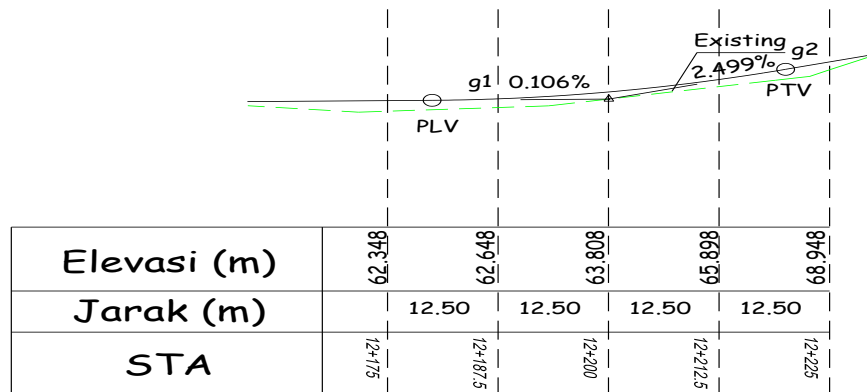
Titik PTV

- Elevasi PTV = $PPV + (g_2\% \cdot \frac{1}{2} \cdot L_v)$
 $= 63,34 + (8,17\% \cdot \frac{1}{2} \cdot 100,8) = 67,46 \text{ m}$
- Jarak PTV = $PPV + \frac{1}{2} L_v$
 $= 3+905 + \frac{1}{2} \cdot 100,8 = 3+ 955,4 \text{ m}$

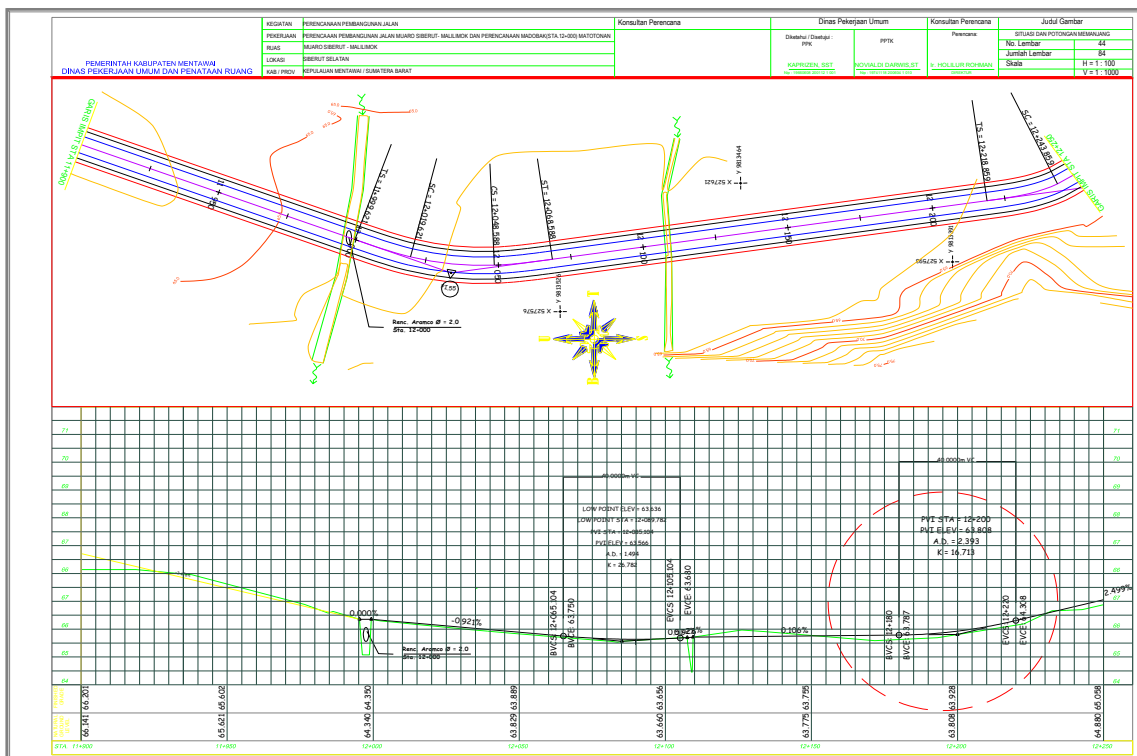
Titik P Dan Q

$$X = \frac{1}{4} \cdot L_v$$

- $= \frac{1}{4} \cdot 100,8 = 25,200 \text{ m}$
- $Y = \frac{A \cdot X^2}{200L \cdot v} = \frac{-8.17 \cdot 635.04}{200 \cdot 100.8} = -0,257$
- Elevasi = $PPV - (g1\% \cdot x) - y$
 $= 63,34 - (0,00\% \cdot 25,200) - 0,257 = 63.60$
 - Jarak P = $PPV - x$
 $= 3+905 - 25,200 = 3 - 879,80$
 - Elevasi C = $PPV + (g2\% \cdot x) - y$
 $= 63,34 + (8,17\% \cdot 25,200) - 0,257 = 65.65$
 - Jarak Q = $PPV + x$
 $= 3+905 + 25,200 = 3+930,200 \text{ m}$



Gambar 3 variabel alinyemen vertikal *type cekung*



Gambar 4 *long section*

Hasil perhitungan perencanaan tipikal alinyemen vertikal dengan panjang 6735 m Desa Muara Siberut ke Desasa Malilimo ada 35 tipikal alinyemen vertikal.

Perhitungan Tebal Perkerasan Kaku

Diketahui data para meter perencanaan sebagai berikut

CBR tanah dasar = 3.043% (gambar 4.3)

Kuat tarik lentur f_{cf} K250 = 3.36 Mpa ($f^{\circ}c$) = 34.262 kg / cm²

Bahan pondasi bawah = stabilitas

Mutu bajak tulangan = BJTU 39 untuk BBDT

Koefesien gesek antara pelat beton dengan pondasi (π) = 1.3

Ruji (dowel) = ya

Data lalu lintas harian rata-rata :

Mobil penumpang : 600 kendaraan

Bus : 85 kendaraan

Truk ringan 2 As : 70 kendaraan

Truk berat 2 As : 45 kendaraan

Truk 3 As : 30 kendaraan

Direncanakan perkerasan beton semen untuk 2 lajuur 1 arah untuk jalan arteri perencanaan meliputi :

Perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT)

$JKSN = 365 \times JSKNH \times R$

$= 365 \times 4100 \times 33.07$

$= 4,95 \times 10^7$

$JSKN \text{ rencana} = 0,7 \times 4,9 \times 10^7$

$= 3.89 \times 10^7$

sumbu data beban = hasil survey

jenis perkerasan = BBTT

jenis bahu = beton

umur rencana = 20 th

CBR tanah dasar = 3.043%

Kuat tarik lentur beban (f_{cf}) mutu beton K 250 : 3,36 Mpa

Factor keamanan beban = 1,1

CBR efektif = 32%

JSK = $3,89 \times 10^7$

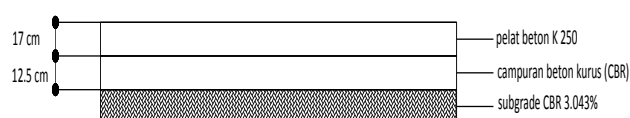
Jenis dan tebal lapis pondasi = campuran beton kurus (CBK) 125 mm

Tebal taksiran pelat beton = 170 mm

Karena rusak fatik = 0% maka tebal pelat diambil 170 mm

Sehingga dapat disimpulkan karena rusak maka ketebalan pelat beton sebesar 17 cm dapat digunakan sebagai rigid pavement pada Desa Muara Siberut ke Desa Malilimo kecamatan Siberut Selatan Kabupaten Kepulauan Mentawai.

Dari hasil analisis tebal rigid pavement maka didapat ketebalan pelat beton sebesar 1.7 cm dengan mutu beton K 250 dengan pondasi bawah memakai campuran beton kurus (CBK) tebal 12.5 cm dapat dilihat seperti pada gambar 5



Gambar 5 hasil analisa tabel *rigid pavement*

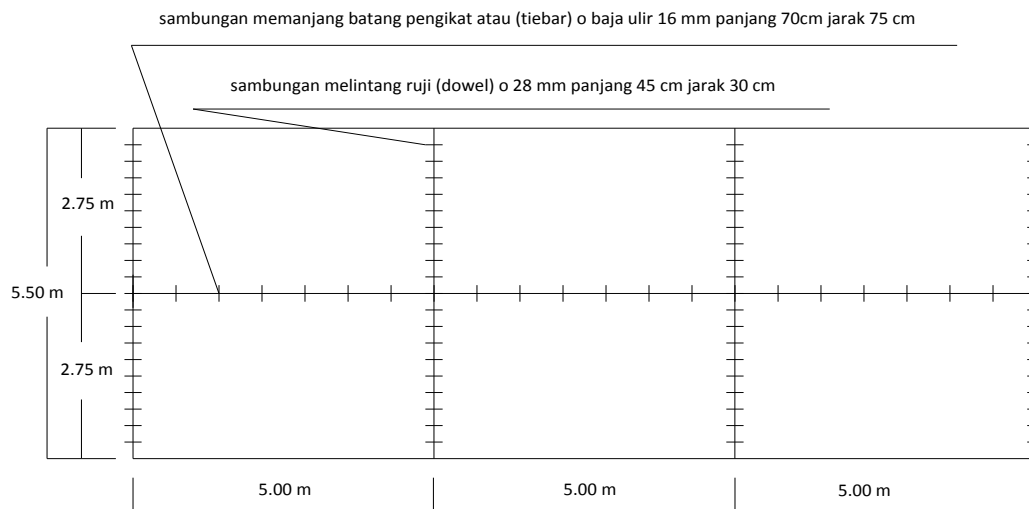
Perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (BBTT)

lebar pelat = $2 \times 2.75 \text{ m} = 5.5 \text{ m}$

panjang pelat = 5 m

sambungan susut dipasangsetiap jarak = 5 m

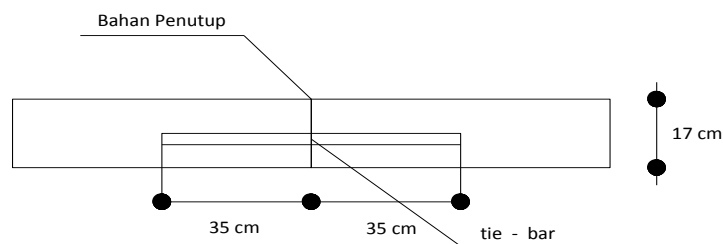
dari data tersebut maka geometri sambungan memanjang (tie bar) dan sambungan susust melintang (dowel) untuk perkerasan beton tanpa tulang (BBTT) dapat di lihat dari gambar



Gambar 6 Sambungan memanjang (tie bar) dan susunan melintang (dowel) perkerasan BBTT

- tie bar* Diameter = 16 mm baja ulir
- Jarak = 75 cm
- Panjang = $38.3 \times 16 \times 75$
= 687.8 mm = 68.78 cm = 70 cm

Berdasarkan hasil perhitungan tir bar (batang pengikat) sambungan memanjang dengan baja ulit, selengkapnya dapat di lihat pada gambar 5.2 berikut



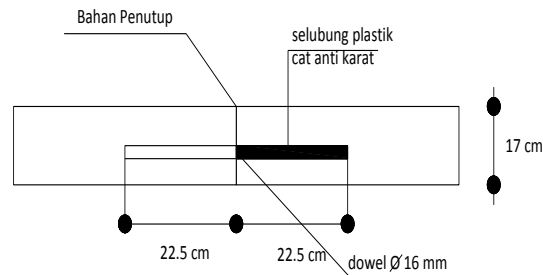
Gambar 7 Tie Bar (Batang Pengikat) Sambungan Memanjang

Dowel (Ruji Besi)

Dowel berupa baja polos

- Diamerter = 28 mm
- Jarak = 30 cm
- Panjang = 45 cm

Berdasarkan hasil perhitungan dowel (batang ruji) sambungan melintang dengan menggunakan batang polos, selengkapnya dapat dilihat pada gambar 8



Gambar 8 Dowel (Batang Ruji) Sambungan Susut Melintang

D. Penutup

Simpulan

1. Geometric jalan
 - a. Jenis jalan yang direncanakan dari Desa Muaro Siberut ke Desa Malilimo Sta. 00+000 - 25+000 Kecamatan Siberut Selatan Kabupaten Kepulauan Mentawai, di rencanakan (6 tikungan *full circle, 22 spiral-circle-spiral*)
2. Tebal konstruksi perkerasan kaku (beton)

Untuk perencanaan tebal perkerasan, dengan umur rencana 20 tahun, dan nilai CBR tanah dasar 3,043% maka didapat tebal masing-masing lapisan yaitu:

 - Sumber data beban : hasil survey
 - Jenis perkerasan : BBTT dan BMDT
 - Umur rencana : 20 th
 - Kuat tarik lentur beton (f_{cf}) umur 28 hari : 3,36 Mpa
 - Jenis dan tebal lapisan pondasi: campuran beton kurus (CBK) 125 mm
 - CBR tanah dasar : 3,043%
 - Tebal taksiran pelat beton : 170 mm
 - Tebal pondansi campuran beton kurus : 12.5cm
 - Ukuran dowel : diameter 28 mm, jarak 30 cm, panjang 45 cm
 - Ukuran tie bar : diameter 16 mm, jarak 75 cm, panjang 70 cm

Saran

1. Perencanaan geometrik jalan sebaiknya berdasarkan data hasil survey langsung di lapangan agar di peroleh perencanaan optimal.
2. Pada perencanaan *alinyemen horinzontal* sebaiknya tidak melintasi sungai tetapi jika melintasi sungai, persilangan jalan dengan air (sungai) harus diusahakan tegak lurus agar bangunana persilangan menjadi lebih pendek dan lebih singkat.

Daftar Pustaka

- Badan Penerbitan Pekerjaan Umum, 2004, *Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tenteng Jalan*.
- Direkrirat Jendral Bina Marga, 1997, *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*, No.038/T/BM/197, Badan Pebit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, September 1997, *Petunjuk Perencanaan Perkerasan Kaku (SKBI-2.3.28.1988)*
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Bandung*.
- Hardiyanto, Hary Chirtady, 2015, *Perencanaan Jalan dan Penyelidikan Tanah*, Yogyakarta : UGM Press