

BAB 2. PERANCANGAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN JALAN

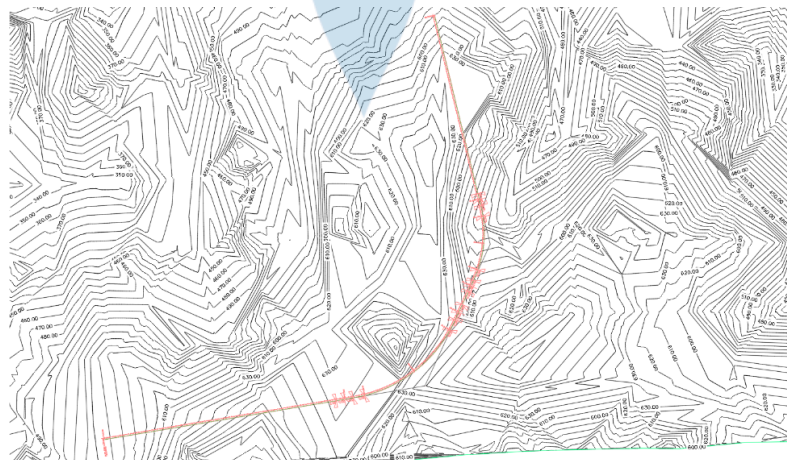
2.1. Penentuan Alternatif Trase

2.1.1. Alternatif Trase

Dalam tahap awal perencanaan infrastruktur jalan tentu kita harus bisa menentukan desain trase jalan kita yang merupakan garis untuk menggambarkan pola alinemen horizontal maupun vertikal pada suatu peta topografi yang selanjutnya dianalisis sesuai dengan standar perancangan geometrik jalan, fungsi jalan, klas jalan, tinggi muka dasar tanah dan kondisi tempat jalan itu akan dibangun. Dalam analisis alinemen horizontal trase jalan pada proyek ini, kami menggunakan bantuan *software Autocad Civil3D*. Untuk mempermudah dalam perencanaan, dengan bantuan *Civil3D* setelah letak stationing sudah diinput, maka proses pengerjaan berikutnya akan diprogram secara otomatis oleh *Civil3D* dengan syarat semua parameter dan syarat teknis yang diinputkan sudah benar sesuai fakta dan ketentuan data dari lapangan dan sudah diolah.

Perencanaan desain pada wilayah Perbukitan Menoreh ini memerlukan beberapa alternatif trase jalan yang disesuaikan dengan syarat teknis perancangan infrastruktur jalan (MDPJ Bina Marga 2017 dan ASSHTO 2011), maka disini kami menggunakan tiga alternatif trase untuk masuk dalam pertimbangan pemilihan trase yang nanti nya akan dibangun.

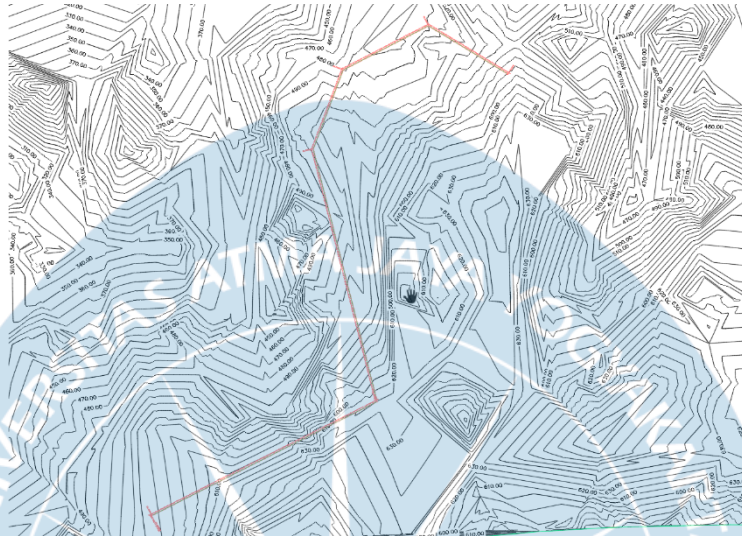
a. Trase 1



Gambar 2.1. Alternatif Trase Jalan 1

Trase jalan 1, merupakan trase yang disesuaikan dengan ketentuan data yang diberikan dengan mempertimbangkan tidak terdapat banyak tikungan.

b. Trase 2



Gambar 2.2. Alternatif Trase Jalan 2

Trase jalan 2, merupakan trase yang disesuaikan dengan letak koordinat titik A dan B yang sama tetapi bentuk dan koordinat PI / tikungan diambil berbeda dan juga terdapat banyak tikungan.

c. Trase 3



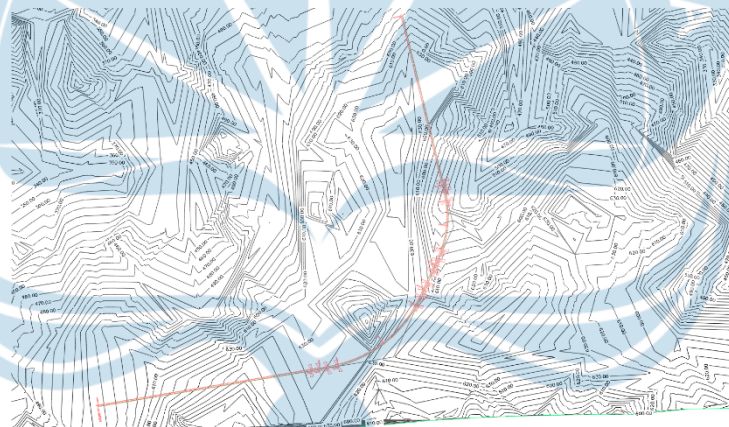
Gambar 2.3. Alternatif Trase Jalan 3

Trase jalan 3, merupakan trase jalan dengan ketentuan yang sama seperti pada trase jalan 2, tetapi dengan bentuk dan variasi tikungan yang berbeda.

2.1.2. Trase Terpilih

Dalam pertimbangan pemilihan trase pada wilayah Perbukitan Menoreh ini tidak hanya berdasarkan bentuk trase, melainkan melihat dari kondisi lapangan dimana mencakup kontur topografi lokasi proyek hingga kondisi situasi untuk memungkinkan dibuat trase yang baik. Syarat-syarat lain sebagai berikut :

1. Titik awal dan akhir antar tikungan tidak saling bertemu
2. Selisih *cut and fill* tidak berlebihan di *cut* maupun *fill* atau imbang.
3. Sebisa mungkin menghindari kontur lereng yang curam dan berada di lembah untuk menghindari banjir pada musim penghujan.



Gambar 2.4. Trase Jalan Terpilih

Pada perencanaan jalan yang menghubungkan titik A dan B di wilayah Perbukitan Menoreh ini, maka dipilih desain trase jalan 1 karena memenuhi syarat yang ada untuk meminimalisir kondisi jalan yang kurang nyaman dan berbahaya maupun memungkinkan dalam merencanakan desain jalan yang aman dan nyaman bagi pengendara terlebih untuk daerah Perbukitan Menoreh.

2.2. Perancangan Alinemen Horizontal

Alinemen horizontal jalan pada umumnya merupakan serangkaian bagian-bagian trase jalan yang berbentuk melengkung berbentuk busur lingkaran dan lurus,

dan juga terhubung tanpa lengkung peralihan maupun dengan lengkung peralihan. Kecepatan kendaraan para pengendara dipengaruhi terutama bagian dari alinemen horizontal itu sendiri seperti elemen-elemen jalan yang terdiri dari rambu batas kecepatan. (Rahardian, 2021) Melihat fakta dilapangan desain alinemen harus diubah karena suatu karena menyesuaikan dengan letak topografi trase tersebut, maka digunakan lengkung horizontal. Radius lengkungan harus cukup besar untuk mengizinkan kecepatan tempuh di lengkungan sama dengan pada bagian lurus atau di sepanjang ruas jalan yang sedang didesain. Desain alinemen horizontal hendaknya dipilih sebisa mungkin lurus dengan radius tikungan sebesar mungkin dan jarak pandang pengemudi tidak terganggu.

2.2.1. Penetapan *Stationing*

Titik *stationing* ini merupakan hasil perancangan desain tikungan dan dengan bantuan aplikasi *Civil3D* kita mendapatkan titik koordinat sesuai dengan kontur daerah perencanaan trase jalan yang dirancang di wilayah perbukitan Menoreh.

Tabel 2.1. Penetapan *Stationing*

| TITIK | | Perhitungan | Stationing |
|--------------------|----|---------------|------------|
| A | | Sta.A | 0+000.000 |
| Tikungan1 (SCS) | TS | Sta.A+d1-TS1 | 1+992.21 |
| | SC | Sta.TS+LS | 2+112.21 |
| | CS | Sta.SC+LC | 2+673.37 |
| | ST | Sta.CS+LS | 2+793.37 |
| Tikungan2 (SCS) | TS | Sta.ST+d2-TS2 | 3+182.51 |
| | SC | Sta.TS+LS | 3+312.51 |
| | CS | Sta.SC+LC | 3+718.21 |
| | ST | Sta.CS+LS | 3+848.26 |
| B | | Sta.ST + d3 | 5+257.25 |

2.2.2. Perencanaan Tikungan

a. Kriteria Desain Perancangan

Tabel 2.2. Kriteria Desain Perancangan

| Data Diketahui | | | Lebar Bahu Dalam | 0.7 | m |
|-------------------|----------------|------|-----------------------|-----|---|
| Fungsi Jalan | Arteri Kelas I | | Lebar Bahu Luar | 3 | m |
| Kriteria Desain | | | Lebar Median | 0.6 | m |
| Klasifikasi Medan | Bukit | | Lebar Pemisah | 1 | m |
| Konfigurasi Jalan | 4/2 T | | Lebar Trotoar | 1 | m |
| Kecepatan Rencana | 60 | km/h | Lebar Saluran | 1 | m |
| Lebar Rumaja | 28 | m | Superelevasi Normal | 2 | % |
| Lebar Rumija | 30 | m | Superelevasi Bahu | 6 | % |
| Lebar Ruwasja | 35 | m | Superelevasi Maksimum | 8 | % |
| Lebar Lajur | 3.6 | m | Kelandaian Maksimum | 8 | % |

Setelah desain trase jalan ditetapkan maka proses desain berikutnya adalah analisis kriteria desain, potongan melintang topografi medan jalan yang mempunyai pengaruh terhadap penetapan alinemen horizontal dan vertikal jalan, serta kecepatan desain. Topografi medan jalan diklasifikasi menjadi tiga, yaitu: datar, bukit dan gunung. Masing-masing memiliki kriteria kemiringan medan yang diukur tegak lurus terhadap garis konturnya.

Tabel 2.3. Klasifikasi Medan Jalan

| No | Jenis Medan | Notasi | Kemiringan Medan ¹⁾ % |
|----|-------------|--------|-------------------------------------|
| 1 | Datar | D | < 10 |
| 2 | Bukit | B | 10 -25 |
| 3 | Gunung | G | > 25 |

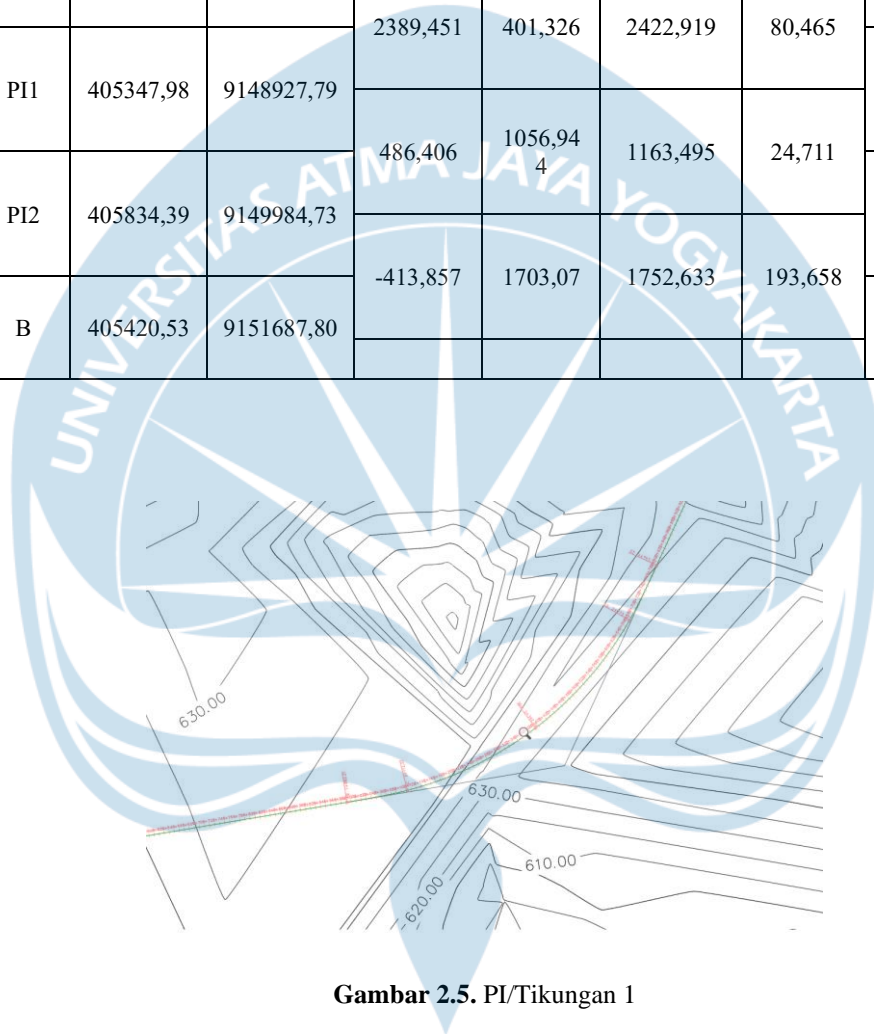
Catatan: ¹⁾ nilai kemiringan medan rata-rata per 50m dalam satu kilometer

Sumber : *Pendoman Desain Geometrik Jalan Bina Marga 2021*

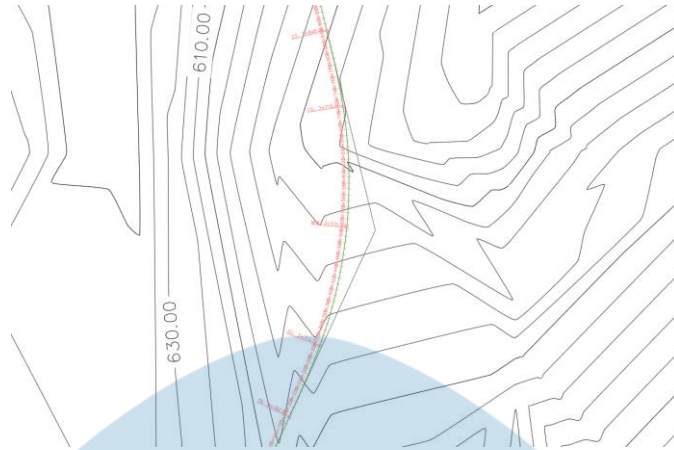
b. Perhitungan Sudut Tikungan

Tabel 2.4. Perhitungan Sudut Tikungan

| TITIK | KOORDINAT | | JARAK | | | Azimuth | Sudut Tikungan |
|-------|-----------|------------|----------------|----------------|----------|----------|----------------|
| | X | Y | ΔX (m) | ΔY (m) | d (m) | α | Δ |
| A | 402958,53 | 9148526,46 | | | | | |
| | | | 2389,451 | 401,326 | 2422,919 | 80,465 | |
| PI1 | 405347,98 | 9148927,79 | | | | | 55,754 |
| | | | 486,406 | 1056,944 | 1163,495 | 24,711 | |
| PI2 | 405834,39 | 9149984,73 | | | | | 38,370 |
| | | | -413,857 | 1703,07 | 1752,633 | 193,658 | |
| B | 405420,53 | 9151687,80 | | | | | |



Gambar 2.5. PI/Tikungan 1



Gambar 2.6. PI/Tikungan 2

c. Penentuan Tikungan Alinemen Horizontal

Dalam Perencanaan Alinemen Horizontal diketahui kecepatan rencana sebagai berikut:

| Kriteria Perancangan | |
|----------------------|---------|
| V rencana | 60 |
| e max | 8 |
| f max | 0,17 |
| R min | 113,386 |

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})}$$

1. Perhitungan Tikungan 1 ($\Delta = 55,754^\circ$)

$$\begin{aligned} R_{\min} &= VR^2 / (127 (e + f \text{ maks})) \\ &= 60^2 / (127 (0,08 + 0,17)) \\ &= 113,386 \text{ m} \end{aligned}$$

- $\Delta = 55,754^\circ \rightarrow R_c = 700 \text{ m}$
- $V_d = 60 \text{ km/jam}$
- $e_{\max} = 8\%$
- $e_d = 6,4\%$ (Tabel Matric Referensi AASHTO)
- Asumsi awal jenis tikungan = **SCS**

- L_s desain = 120 m
- Menghitung Sudut Lengkung Spiral (θ_s)

$$\theta_s = \frac{L_s \times 360}{4 \times \pi \times R_c} \quad | \quad \theta_s = \frac{120 \times 360}{4 \times \pi \times 700} = 4,911^\circ$$

- Menghitung Sudut Lengkung Circle (θ_c)

$$\Delta_c = \Delta - 2 \times \theta_s$$

$$\Delta_c = 55,754^\circ - 2 \times 4,911^\circ$$

$$\Delta_c = 45,932^\circ$$

- Menghitung Panjang Bujur Lingkaran (L_c)

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} \times 2 \times \pi \times R$$

$$L_c = \frac{45,932}{360} \times 2 \times \pi \times 700$$

$$L_c = 561,164 \text{ m}$$

Syarat tikungan SCS: $L_c > 20 \text{ m} \rightarrow \mathbf{OK}$

- Menghitung x_s dan Y_s

$$x_s = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R_c^2}$$

$$x_s = 120 - \frac{120^3}{40 \times 700^2}$$

$$x_s = 119,912 \text{ m}$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R_c}$$

$$Y_s = \frac{120^2}{6 \times 700}$$

$$Y_s = 3,429 \text{ m}$$

- Menghitung Pergeseran tangen terhadap Spiral (p) dan Absis dari p pada Garis Tangen Spiral (k)

Untuk $\theta_s = 4,297^\circ \rightarrow$ lakukan interpolasi

Diperoleh : $p^* = 0,00716 \rightarrow p^* \cdot L_s = 0,00716 \times 120 = 0,859 \text{ m}$

$k^* = 0,49987 \rightarrow k^* \cdot L_s = 0,49987 \times 120 = 59,985 \text{ m}$

Syarat tikungan SCS: $p > 0,2 \rightarrow \text{OK}$

- Menghitung Jarak antara perpotongan bagian lurus (P1) dengan TS/ST

$$T_s = (R_c + p) \times \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$T_s = (700 + 0,859) \times \tan \frac{55,754^\circ}{2} + 59,985$$

$$T_s = 430,711 \text{ m}$$

- Menghitung jarak antara perpotongan bagian lurus dengan busur lingkaran (Es)

$$E_s = (R_c + p) \times \sec \Delta / 2 - R_c$$

$$E_s = (700 + 0,859) \times \sec (55,754^\circ) / 2 - 700$$

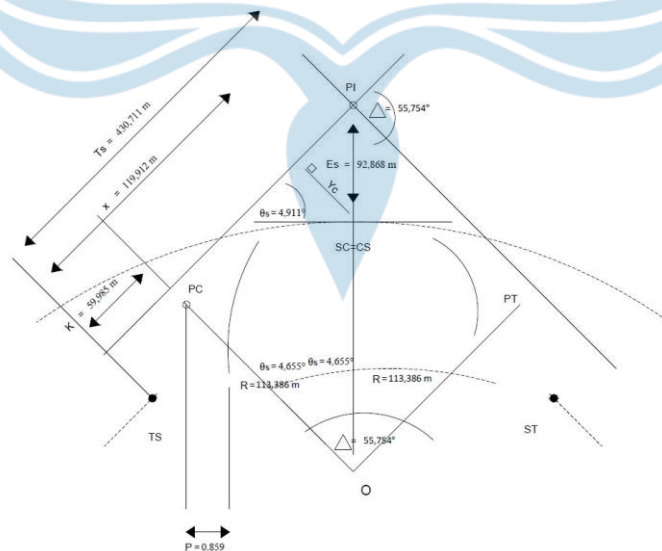
$$E_s = 92,868 \text{ m}$$

- Menghitung panjang busur keseluruhan (L Total)

$$L = 2 \times L_s + L_c$$

$$L = 2 \times 120 + 561,164$$

$$L = 801,164 \text{ m}$$



Gambar 2.7. Diagram SCS Tikungan 1

2. Perhitungan Tikungan 2 ($\Delta = 38,370^\circ$)

$$\begin{aligned} R_{\min} &= VR^2 / (127 (e + f \text{ maks})) \\ &= 60^2 / (127 (0,08 + 0,17)) \\ &= 113,386 \text{ m} \end{aligned}$$

- $\Delta = 38,370^\circ \rightarrow R_c = 800 \text{ m}$
- $V_d = 60 \text{ km/jam}$
- $e_{\text{maks}} = 8\%$
- $e_d = 5,8\%$ (Tabel Matric Referensi AASHTO)
- Asumsi awal jenis tikungan = **SCS**
- $L_s \text{ desain} = 130 \text{ m}$

- Menghitung Sudut Lengkung Spiral (θ_s)

$$\theta_s = \frac{L_s \times 360}{4 \times \pi \times R_c} \mid \theta_s = \frac{130 \times 360}{4 \times \pi \times 800} = 4,655^\circ$$

- Menghitung Sudut Lengkung Circle (θ_c)

$$\begin{aligned} \Delta_c &= \Delta - 2 \times \theta_s \\ \Delta_c &= 38,370^\circ - 2 \times 4,655^\circ \\ \Delta_c &= 29,059^\circ \end{aligned}$$

- Menghitung Panjang Bujur Lingkaran (L_c)

$$\begin{aligned} L_c &= \frac{\Delta_c}{360} \times 2 \times \pi \times R \\ L_c &= \frac{38,370}{360} \times 2 \times \pi \times 800 \end{aligned}$$

$$L_c = 405,756 \text{ m}$$

Syarat tikungan SCS: $L_c > 20 \text{ m} \rightarrow \mathbf{OK}$

- Menghitung x_s dan Y_s

$$\begin{aligned} x_s &= L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R_c^2} \\ x_s &= 130 - \frac{130^3}{40 \times 800^2} \\ x_s &= 129,914 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R_c}$$

$$Y_s = \frac{130^2}{6 \times 800}$$

$$Y_s = 3,52 \text{ m}$$

- Menghitung Pergeseran tangen terhadap Spiral (p) dan Absis dari p pada Garis Tangen Spiral (k)

Untuk $\theta_s = 4,655^\circ \rightarrow$ lakukan interpolasi

Diperoleh: $p^* = 0,00682 \rightarrow p^* \cdot L_s = 0,00682 \times 130 = 0,8868$

$$k^* = 0,49989 \rightarrow k^* \cdot L_s = 0,49989 \times 130 = 64,986$$

Syarat tikungan SCS: $p > 0,2 \rightarrow \text{OK}$

- Menghitung Jarak antara perpotongan bagian lurus (P1) dengan TS/ST

$$T_s = (R_c + p) \times \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$T_s = (800 + 0,8868) \times \tan \frac{38,370^\circ}{2} + 64,986$$

$$T_s = 343,647$$

- Menghitung jarak antara perpotongan bagian lurus dengan busur lingkaran (E_s)

$$E_s = (R_c + p) \times \sec \frac{\Delta}{2} - R_c$$

$$E_s = (800 + 0,8868) \times \sec \frac{38,370^\circ}{2} - 800$$

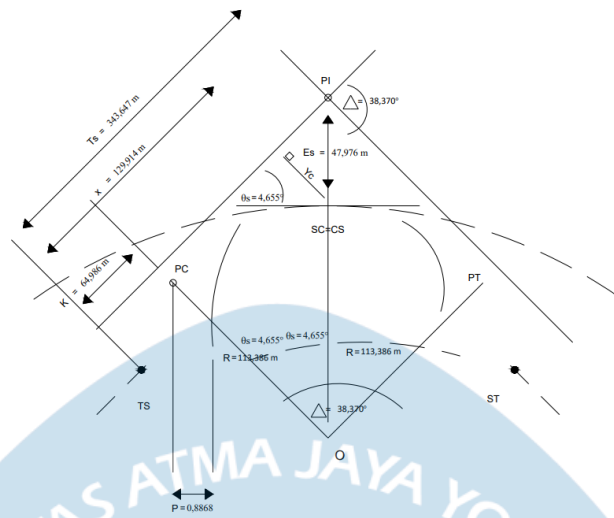
$$E_s = 47,976 \text{ m}$$

- Menghitung panjang busur keseluruhan (L Total)

$$L = 2 \times L_s + L_c$$

$$L = 2 \times 130 + 405,756$$

$$L = 665,74$$



Gambar 2.8. Diagram SCS Tikungan 2



2.3. Perancangan Alinemen Vertikal

Alinemen vertikal didefinisikan sebagai proyeksi sumbu jalan pada bidang vertikal, berbentuk penampang memanjang jalan. Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang atau profil jalan. (Rahardian, 2021) Desainer perlu menetapkan desain alinyemen vertikal sebagai transisi antara elevasi jalan diantara dua buah kelandaian. Secara umum dibedakan antara lengkung vertikal cembung dan lengkung vertikal cekung. Permukaan jalan terdiri dari bagian lurus yang disebut bagian tangen vertikal dan bagian lengkung yang disebut lengkung vertikal jalan. Lengkung vertikal menghubungkan 2 bagian tangen vertikal yang memiliki kelandaian seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.9. Penampang Jalan dan Alinemen Vertikal

Dalam merancang alineman vertikal suatu trase jalan, ada beberapa hal yang perlu diperhitungkan seperti elevasi tiap stasiun pada trase terencana, superelevasi tikungan dan jarak pandang henti. Perancangan dan pendataan ketiga hal tersebut akan membantu dalam mendapatkan trase jalan yang aman dan nyaman bagi pengguna jalan.

2.3.1 Elevasi *Stationing*

Elevasi *stationing* diperlukan guna mengetahui perbedaan elevasi dari elevasi tanah dasar dan elevasi rencana sumbu as trase jalan yang didesain. Dengan data ini kita bisa juga mengetahui kebutuhan tanah untuk timbunan maupun galian. Dan dengan data ini juga kita bisa mengetahui perkuatan yang akan diberikan pada tiap

titik seperti apa guna mencegah terjadinya longsor pada daerah trase jalan terlebih trase ini didesain pada wilayah perbukitan yang memiliki banyak lereng curam pada konturnya.

Tabel 2.5. Stationing Alinemen Vertikal

| PVI | Station | Easting | Northing | Elevation Existing | Elevation Design | Elevation Difference | Point Type |
|-----|----------|-------------|--------------|--------------------|------------------|----------------------|-------------------|
| 0 | 0+000,00 | 402958,53 | 9148526,46 | 555,233m | 579,988m | -24,755m | Start |
| 1 | 0+050,00 | 403007,8393 | 9148534,7419 | 560,163m | 583,800m | -23,637m | Regular |
| 2 | 0+100,00 | 403057,1487 | 9148543,0237 | 565,461m | 587,612m | -22,151m | Regular |
| 3 | 0+150,00 | 403106,458 | 9148551,3056 | 570,760m | 591,424m | -20,664m | Regular |
| 4 | 0+200,00 | 403155,7673 | 9148559,5875 | 576,059m | 595,236m | -19,177m | Regular |
| 5 | 0+250,00 | 403205,0767 | 9148567,8694 | 581,357m | 599,048m | -17,691m | Regular |
| 6 | 0+300,00 | 403254,386 | 9148576,1512 | 587,784m | 602,860m | -15,076m | Regular |
| 7 | 0+350,00 | 403303,6953 | 9148584,4331 | 594,451m | 606,672m | -12,221m | Regular |
| 8 | 0+400,00 | 403353,0047 | 9148592,715 | 602,493m | 610,484m | -7,991m | Regular |
| 9 | 0+450,00 | 403402,314 | 9148600,9969 | 611,308m | 614,296m | -2,988m | Regular |
| 10 | 0+500,00 | 403451,6234 | 9148609,2787 | 618,642m | 618,108m | 0,534m | Regular |
| 11 | 0+550,00 | 403500,9327 | 9148617,5606 | 627,153m | 621,920m | 5,233m | Regular |
| 12 | 0+600,00 | 403550,242 | 9148625,8425 | 631,966m | 625,732m | 6,235m | Regular |
| 13 | 0+650,00 | 403599,5514 | 9148634,1244 | 636,779m | 629,544m | 7,236m | Regular |
| 14 | 0+700,00 | 403648,8607 | 9148642,4062 | 641,593m | 633,356m | 8,237m | Regular |
| 15 | 0+750,00 | 403698,17 | 9148650,6881 | 646,406m | 637,168m | 9,238m | Regular |
| 16 | 0+800,00 | 403747,4794 | 9148658,97 | 651,219m | 640,980m | 10,239m | Regular |
| 17 | 0+850,00 | 403796,7887 | 9148667,2519 | 656,032m | 644,792m | 11,241m | Regular |
| 18 | 0+900,00 | 403846,098 | 9148675,5337 | 660,845m | 648,603m | 12,242m | Regular |
| 19 | 0+950,00 | 403895,4074 | 9148683,8156 | 665,659m | 652,415m | 13,243m | Regular |
| 20 | 1+000,00 | 403944,7167 | 9148692,0975 | 670,567m | 656,227m | 14,340m | Regular |
| 21 | 1+018,50 | 403962,9612 | 9148695,1618 | 672,446m | 657,638m | 14,808m | Start Vertical TP |
| 22 | 1+050,00 | 403994,026 | 9148700,3794 | 675,644m | 659,909m | 15,735m | Regular |
| 23 | 1+100,00 | 404043,3354 | 9148708,6612 | 680,721m | 662,979m | 17,743m | Regular |
| 24 | 1+150,00 | 404092,6447 | 9148716,9431 | 685,798m | 665,391m | 20,407m | Regular |
| 25 | 1+200,00 | 404141,954 | 9148725,225 | 689,678m | 667,147m | 22,531m | Regular |
| 26 | 1+220,00 | 404161,6778 | 9148728,5377 | 684,173m | 667,665m | 16,508m | PVI |
| 27 | 1+250,00 | 404191,2634 | 9148733,5069 | 678,765m | 668,246m | 10,519m | Regular |
| 28 | 1+300,00 | 404240,5727 | 9148741,7887 | 672,869m | 668,688m | 4,181m | Regular |
| 29 | 1+308,63 | 404249,0854 | 9148743,2185 | 672,205m | 668,698m | 3,507m | High Point |
| 30 | 1+350,00 | 404289,8821 | 9148750,0706 | 669,724m | 668,473m | 1,252m | Regular |
| 31 | 1+400,00 | 404339,1914 | 9148758,3525 | 665,454m | 667,601m | -2,147m | Regular |
| 32 | 1+421,50 | 404360,3944 | 9148761,9137 | 663,618m | 667,024m | -3,406m | End Vertical TP |
| 33 | 1+450,00 | 404388,5007 | 9148766,6344 | 661,184m | 666,178m | -4,995m | Regular |
| 34 | 1+500,00 | 404437,8101 | 9148774,9162 | 656,913m | 664,696m | -7,782m | Regular |
| 35 | 1+550,00 | 404487,1194 | 9148783,1981 | 652,643m | 663,213m | -10,570m | Regular |
| 36 | 1+600,00 | 404536,4287 | 9148791,48 | 648,373m | 661,730m | -13,357m | Regular |
| 37 | 1+650,00 | 404585,7381 | 9148799,7619 | 644,102m | 660,247m | -16,144m | Regular |
| 38 | 1+700,00 | 404635,0474 | 9148808,0437 | 639,435m | 658,764m | -19,329m | Regular |

Bab 2. Perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan

| | | | | | | | |
|----|----------|-------------|--------------|----------|----------|----------|--------------------|
| 39 | 1+750,00 | 404684,3567 | 9148816,3256 | 636,556m | 657,281m | -20,725m | Regular |
| 40 | 1+800,00 | 404733,6661 | 9148824,6075 | 638,098m | 655,798m | -17,700m | Regular |
| 41 | 1+850,00 | 404782,9754 | 9148832,8894 | 639,640m | 654,315m | -14,675m | Regular |
| 42 | 1+900,00 | 404832,2847 | 9148841,1712 | 641,181m | 652,832m | -11,651m | Regular |
| 43 | 1+950,00 | 404881,5941 | 9148849,4531 | 642,723m | 651,349m | -8,626m | Regular |
| 44 | 1+992,21 | 404923,2221 | 9148856,4448 | 644,025m | 650,097m | -6,072m | Line - Transition |
| 45 | 2+000,00 | 404930,9033 | 9148857,7359 | 644,265m | 649,866m | -5,601m | Regular |
| 46 | 2+050,00 | 404980,1471 | 9148866,3941 | 645,796m | 648,383m | -2,587m | Regular |
| 47 | 2+100,00 | 405029,0598 | 9148876,7398 | 647,277m | 646,900m | 0,377m | Regular |
| 48 | 2+112,21 | 405040,91 | 9148879,6862 | 647,626m | 646,538m | 1,088m | Transition - Curve |
| 49 | 2+150,00 | 405077,2321 | 9148890,0958 | 648,664m | 645,417m | 3,247m | Regular |
| 50 | 2+200,00 | 405124,3294 | 9148906,8522 | 649,936m | 643,934m | 6,001m | Regular |
| 51 | 2+250,00 | 405170,1108 | 9148926,9271 | 646,339m | 642,451m | 3,888m | Regular |
| 52 | 2+300,00 | 405214,3427 | 9148950,2182 | 638,577m | 640,968m | -2,392m | Regular |
| 53 | 2+350,00 | 405256,7996 | 9148976,6066 | 632,602m | 639,486m | -6,884m | Regular |
| 54 | 2+392,79 | 405291,5622 | 9149001,5492 | 634,179m | 638,216m | -4,037m | |
| 55 | 2+400,00 | 405297,265 | 9149005,9578 | 634,405m | 638,003m | -3,597m | Regular |
| 56 | 2+450,00 | 405335,5325 | 9149038,122 | 635,654m | 636,520m | -0,866m | Regular |
| 57 | 2+500,00 | 405371,4068 | 9149072,9353 | 636,339m | 635,037m | 1,303m | Regular |
| 58 | 2+550,00 | 405404,7052 | 9149110,2202 | 636,459m | 633,554m | 2,905m | Regular |
| 59 | 2+600,00 | 405435,2577 | 9149149,7863 | 636,013m | 632,071m | 3,942m | Regular |
| 60 | 2+650,00 | 405462,9085 | 9149191,4321 | 635,003m | 630,588m | 4,415m | Regular |
| 61 | 2+673,37 | 405474,7984 | 9149211,553 | 634,339m | 629,895m | 4,444m | Curve - Transition |
| 62 | 2+695,00 | 405485,2142 | 9149230,5064 | 633,618m | 629,253m | 4,365m | Start Vertical TP |
| 63 | 2+700,00 | 405487,5498 | 9149234,9274 | 633,439m | 629,102m | 4,338m | Regular |
| 64 | 2+750,00 | 405509,7622 | 9149279,7187 | 631,450m | 627,226m | 4,224m | Regular |
| 65 | 2+790,00 | 405526,6312 | 9149315,9874 | 629,704m | 625,254m | 4,450m | PVI |
| 66 | 2+793,37 | 405528,0412 | 9149319,051 | 629,555m | 625,069m | 4,487m | Transition - Line |
| 67 | 2+800,00 | 405530,8119 | 9149325,0715 | 629,262m | 624,696m | 4,567m | Regular |
| 68 | 2+850,00 | 405551,7147 | 9149370,4926 | 627,050m | 621,510m | 5,539m | Regular |
| 69 | 2+885,00 | 405566,3466 | 9149402,2874 | 625,501m | 618,891m | 6,610m | End Vertical TP |
| 70 | 2+900,00 | 405572,6175 | 9149415,9137 | 624,837m | 617,700m | 7,137m | Regular |
| 71 | 2+950,00 | 405593,5203 | 9149461,3347 | 618,213m | 613,729m | 4,483m | Regular |
| 72 | 3+000,00 | 405614,4231 | 9149506,7558 | 613,024m | 609,759m | 3,265m | Regular |
| 73 | 3+050,00 | 405635,3259 | 9149552,1769 | 607,835m | 605,788m | 2,047m | Regular |
| 74 | 3+100,00 | 405656,2286 | 9149597,5979 | 597,215m | 601,817m | -4,602m | Regular |
| 75 | 3+150,00 | 405677,1314 | 9149643,019 | 590,391m | 597,846m | -7,455m | Regular |
| 76 | 3+182,51 | 405690,7223 | 9149672,5514 | 592,689m | 595,265m | -2,576m | Line - Transition |
| 77 | 3+200,00 | 405698,0265 | 9149688,4436 | 593,922m | 593,876m | 0,046m | Regular |
| 78 | 3+250,00 | 405718,4882 | 9149734,0641 | 589,254m | 589,905m | -0,651m | Regular |
| 79 | 3+300,00 | 405737,4579 | 9149780,3214 | 583,534m | 585,934m | -2,400m | Regular |
| 80 | 3+312,51 | 405741,8368 | 9149792,0394 | 583,042m | 584,941m | -1,899m | Transition - Curve |
| 81 | 3+350,00 | 405753,8643 | 9149827,5445 | 581,309m | 581,963m | -0,655m | Regular |

Bab 2. Perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan

| | | | | | | | |
|-----|----------|-------------|--------------|----------|----------|----------|--------------------|
| 82 | 3+400,00 | 405767,2922 | 9149875,6993 | 576,393m | 577,993m | -1,600m | Regular |
| 83 | 3+450,00 | 405777,6862 | 9149924,5987 | 570,864m | 574,022m | -3,158m | Regular |
| 84 | 3+500,00 | 405785,0057 | 9149974,0518 | 565,177m | 570,051m | -4,874m | Regular |
| 85 | 3+515,39 | 405786,6346 | 9149989,3507 | 563,399m | 568,829m | -5,430m | |
| 86 | 3+534,00 | 405788,2117 | 9150007,8977 | 561,232m | 567,351m | -6,119m | Start Vertical TP |
| 87 | 3+550,00 | 405789,222 | 9150023,8655 | 559,356m | 566,152m | -6,796m | Regular |
| 88 | 3+600,00 | 405790,3188 | 9150073,8454 | 553,421m | 563,319m | -9,898m | Regular |
| 89 | 3+650,00 | 405788,2918 | 9150123,7961 | 538,565m | 561,874m | -23,309m | Regular |
| 90 | 3+670,00 | 405786,6076 | 9150143,7245 | 538,266m | 561,685m | -23,419m | PVI |
| 91 | 3+677,04 | 405785,896 | 9150150,7319 | 538,664m | 561,671m | -23,007m | Low Point |
| 92 | 3+700,00 | 405783,1488 | 9150173,5227 | 540,047m | 561,818m | -21,771m | Regular |
| 93 | 3+718,26 | 405780,4971 | 9150191,5904 | 540,346m | 562,143m | -21,796m | Curve - Transition |
| 94 | 3+750,00 | 405774,9603 | 9150222,8405 | 540,411m | 563,149m | -22,738m | Regular |
| 95 | 3+800,00 | 405764,4606 | 9150271,7229 | 545,122m | 565,868m | -20,746m | Regular |
| 96 | 3+806,00 | 405763,1014 | 9150277,5669 | 545,894m | 566,287m | -20,393m | End Vertical TP |
| 97 | 3+848,26 | 405753,2396 | 9150318,6617 | 551,401m | 569,313m | -17,912m | Transition - Line |
| 98 | 3+850,00 | 405752,8291 | 9150320,3509 | 551,628m | 569,438m | -17,809m | Regular |
| 99 | 3+900,00 | 405741,0224 | 9150368,9369 | 558,174m | 573,017m | -14,843m | Regular |
| 100 | 3+950,00 | 405729,2156 | 9150417,5229 | 564,720m | 576,597m | -11,877m | Regular |
| 101 | 4+000,00 | 405717,4089 | 9150466,109 | 571,265m | 580,177m | -8,911m | Regular |
| 102 | 4+050,00 | 405705,6022 | 9150514,695 | 577,811m | 583,756m | -5,946m | Regular |
| 103 | 4+100,00 | 405693,7955 | 9150563,281 | 584,356m | 587,336m | -2,980m | Regular |
| 104 | 4+150,00 | 405681,9888 | 9150611,867 | 590,902m | 590,916m | -0,014m | Regular |
| 105 | 4+200,00 | 405670,182 | 9150660,453 | 597,448m | 594,496m | 2,952m | Regular |
| 106 | 4+250,00 | 405658,3753 | 9150709,0391 | 603,993m | 598,075m | 5,918m | Regular |
| 107 | 4+300,00 | 405646,5686 | 9150757,6251 | 609,975m | 601,655m | 8,320m | Regular |
| 108 | 4+350,00 | 405634,7619 | 9150806,2111 | 623,645m | 605,235m | 18,411m | Regular |
| 109 | 4+400,00 | 405622,9552 | 9150854,7971 | 631,289m | 608,814m | 22,475m | Regular |
| 110 | 4+445,50 | 405612,211 | 9150899,0104 | 631,600m | 612,072m | 19,528m | Start Vertical TP |
| 111 | 4+450,00 | 405611,1484 | 9150903,3831 | 631,630m | 612,391m | 19,239m | Regular |
| 112 | 4+500,00 | 405599,3417 | 9150951,9692 | 631,971m | 615,583m | 16,388m | Regular |
| 113 | 4+550,00 | 405587,535 | 9151000,5552 | 632,312m | 618,119m | 14,193m | Regular |
| 114 | 4+600,00 | 405575,7283 | 9151049,1412 | 632,653m | 619,997m | 12,656m | Regular |
| 115 | 4+650,00 | 405563,9215 | 9151097,7272 | 632,994m | 621,218m | 11,776m | Regular |
| 116 | 4+660,00 | 405561,5602 | 9151107,4444 | 633,062m | 621,383m | 11,679m | PVI |
| 117 | 4+700,00 | 405552,1148 | 9151146,3132 | 633,334m | 621,782m | 11,552m | Regular |
| 118 | 4+717,93 | 405547,8801 | 9151163,7397 | 633,457m | 621,824m | 11,632m | High Point |
| 119 | 4+750,00 | 405540,3081 | 9151194,8993 | 633,675m | 621,689m | 11,986m | Regular |
| 120 | 4+800,00 | 405528,5014 | 9151243,4853 | 634,016m | 620,939m | 13,077m | Regular |
| 121 | 4+850,00 | 405516,6947 | 9151292,0713 | 634,357m | 619,532m | 14,824m | Regular |
| 122 | 4+874,50 | 405510,9094 | 9151315,8784 | 634,524m | 618,603m | 15,921m | End Vertical TP |
| 123 | 4+900,00 | 405504,8879 | 9151340,6573 | 634,698m | 617,554m | 17,144m | Regular |
| 124 | 4+950,00 | 405493,0812 | 9151389,2433 | 633,707m | 615,497m | 18,210m | Regular |
| 125 | 5+000,00 | 405481,2745 | 9151437,8294 | 624,611m | 613,440m | 11,172m | Regular |
| 126 | 5+050,00 | 405469,4678 | 9151486,4154 | 615,516m | 611,382m | 4,133m | Regular |

| | | | | | | | |
|-----|----------|-------------|--------------|----------|----------|----------|---------|
| 127 | 5+100,00 | 405457,6611 | 9151535,0014 | 606,420m | 609,325m | -2,905m | Regular |
| 128 | 5+150,00 | 405445,8543 | 9151583,5874 | 597,325m | 607,268m | -9,943m | Regular |
| 129 | 5+200,00 | 405434,0476 | 9151632,1734 | 589,132m | 605,211m | -16,078m | Regular |
| 130 | 5+250,00 | 405422,2409 | 9151680,7595 | 581,702m | 603,153m | -21,452m | Regular |
| 131 | 5+257,25 | 405420,53 | 9151687,8 | 580,625m | 602,855m | -22,230m | End |

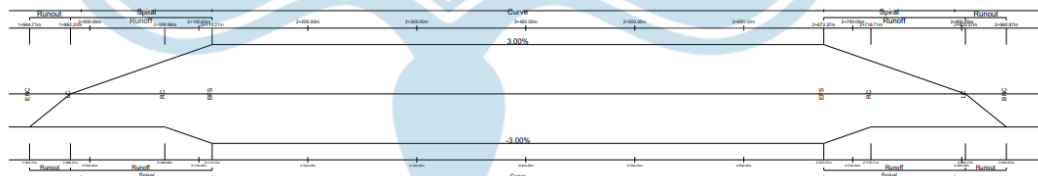
2.3.2 Superelevasi Tikungan

Dalam perhitungan superelevasi, perhitungan elevasi sampai jarak *runoff* maupun *runout* sudah di kalkulasi dengan bantuan civil3D dan sedikit disesuaikan dengan data perhitungan yang sudah dibuat di excel sebelumnya. Data data ini akan lebih memudahkan dalam penggambaran dan pendataan. Berikut adalah superelevasi tiap tikungan.

1. Tikungan 1 (SCS)

| Superelevation Curve | Start Station | End Station | Length | Overlap | Left Outside Shoulder | Left Outside Lane | Left Inside Lane | Right Inside Lane | Right Outside Lane | Right Outside Shoulder |
|-----------------------|---------------|-------------|----------|---------|-----------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| Curve:1 | | | | | | | | | | |
| Transition In Region | 1+944.71m | 2+112.21m | 167.500m | | | | | | | |
| Runout | 1+944.71m | 1+982.21m | 37.500m | | | | | | | |
| End Normal Crown | 1+944.71m | | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | -2.00% | -2.00% | -6.00% |
| Level Crown | 1+982.21m | | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 0.00% | 0.00% | -6.00% |
| Runoff | 1+982.21m | 2+112.21m | 130.000m | | | | | | | |
| Level Crown | 1+982.21m | | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 0.00% | 0.00% | -6.00% |
| Reverse Crown | 2+068.88m | | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 2.00% | 2.00% | -6.00% |
| Begin Full Super | 2+112.21m | | | | -6.00% | -3.00% | -3.00% | 3.00% | 3.00% | -6.00% |
| Begin Curve | 2+112.21m | | | | | | | | | |
| Transition Out Region | 2+673.37m | 2+840.87m | 167.500m | | | | | | | |
| Runoff | 2+673.37m | 2+803.37m | 130.000m | | | | | | | |
| End Full Super | 2+673.37m | | | | -6.00% | -3.00% | -3.00% | 3.00% | 3.00% | -6.00% |
| End Curve | 2+673.37m | | | | | | | | | |
| Reverse Crown | 2+716.71m | | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 2.00% | 2.00% | -6.00% |
| Level Crown | 2+803.37m | | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 0.00% | 0.00% | -6.00% |
| Runout | 2+803.37m | 2+840.87m | 37.500m | | | | | | | |
| Level Crown | 2+803.37m | | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 0.00% | 0.00% | -6.00% |
| Begin Normal Cro. | 2+840.87m | | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | -2.00% | -2.00% | -6.00% |

Gambar 2.10. Data Superelevasi Tikungan 1 output Civil3d

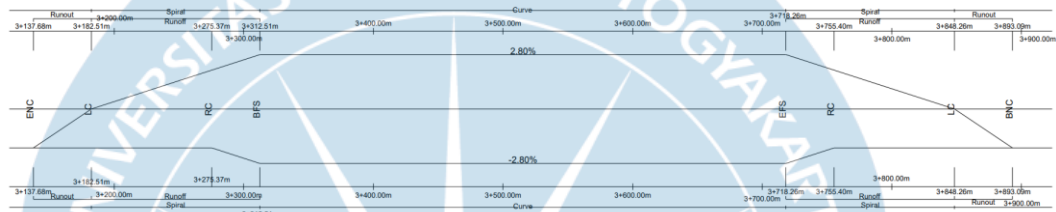


Gambar 2.11. Diagram Superelevasi Tikungan 1

2. Tikungan 2 (SCS)

| Curve 2 | Station | Station | Station | | | | | | |
|-----------------------|-----------|-----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Transition In Region | 3+137.68m | 3+312.51m | 174.828m | | | | | | |
| Runout | 3+137.68m | 3+182.51m | 44.828m | | | | | | |
| End Normal Crown | 3+137.68m | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | -2.00% | -2.00% | -6.00% |
| Level Crown | 3+182.51m | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 0.00% | 0.00% | -6.00% |
| Runoff | 3+182.51m | 3+312.51m | 130.000m | | | | | | |
| Level Crown | 3+182.51m | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 0.00% | 0.00% | -6.00% |
| Reverse Crown | 3+275.37m | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 2.00% | 2.00% | -6.00% |
| Begin Full Super | 3+312.51m | | | -6.00% | -2.80% | -2.80% | 2.80% | 2.80% | -6.00% |
| Begin Curve | 3+312.51m | | | | | | | | |
| Transition Out Region | 3+718.26m | 3+893.09m | 174.828m | | | | | | |
| Runoff | 3+718.26m | 3+848.26m | 130.000m | | | | | | |
| End Full Super | 3+718.26m | | | -6.00% | -2.80% | -2.80% | 2.80% | 2.80% | -6.00% |
| End Curve | 3+718.26m | | | | | | | | |
| Reverse Crown | 3+755.40m | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 2.00% | 2.00% | -6.00% |
| Level Crown | 3+848.26m | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 0.00% | 0.00% | -6.00% |
| Runout | 3+848.26m | 3+893.09m | 44.828m | | | | | | |
| Level Crown | 3+848.26m | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | 0.00% | 0.00% | -6.00% |
| Begin Normal Cro... | 3+893.09m | | | -6.00% | -2.00% | -2.00% | -2.00% | -2.00% | -6.00% |

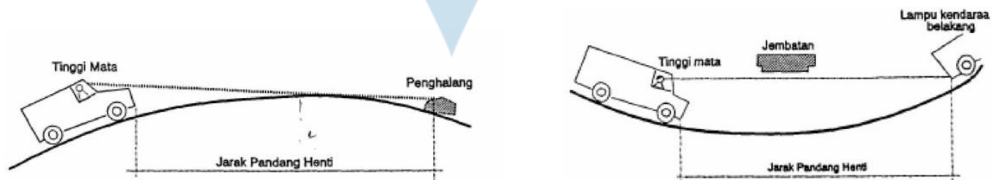
Gambar 2.12. Data Superelevasi Tikungan 2 output Civil3D



Gambar 2.13. Diagram Superelevasi Tikungan 2

2.3.3 Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti adalah jarak minimum atau jarak aman suatu kendaraan untuk melewati suatu rintangan berupa tanjakan, turunan, maupun disaat kondisi kendaraan mendahului kendaraan lainnya. Dalam perencanaan alinemen vertikal pasti terdapat adanya tanjakan maupun turunan. Oleh karena itu, perlu pertimbangan dalam merencanakan jarak pandang henti.



Gambar 2.14. Jarak Pandang Henti Lengkung Cembung dan Cekung

Seperti pada gambar lengkung vertikal diatas, jarak pandang henti merupakan jarak yang difungsikan sebagai jarak pandang mata pengemudi terhadap rintangan atau halangan yang berada didepan pengemudi. Sehingga dapat meminimalisir kecelakaan yang akan terjadi. Alinemen vertikal ini juga bisa dikatakan terdiri dari serangkaian kelandaian memanjang dengan lengkung vertikal, dimanfaatkan untuk menerapkan perubahan gradual di antara profil memanjang.

Perencanaan alinemen vertikal hendaknya mengikuti medan alami dimana trase dirancang, dengan mempertimbangkan keseimbangan pekerjaan tanah, kenyamanan pengendara, keselamatan, saluran drainase, dan kelengkungan vertikal maksimum dan minimum yang diizinkan; dinyatakan sebagai nilai K. (Rahardian, 2021) Dalam trase jalan rencana ini terdapat tiga alinemen cembung dan satu alinemen cekung.

Berikut contoh perhitungan lengkung vertikal cembung dan cekung berdasarkan ketentuan Jarak pandang Henti sesuai dalam Tabel AASHTO 2011:

1. Panjang Lengkung Cembung

$$A = |g_2 - g_1|$$

Tabel 2.6. Rekapitulasi Perhitungan Lengkung Cembung

| | Cembung 1 | Cembung 2 | Cembung 3 |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| V (km/jam) | 60 | 60 | 60 |
| A (%) | 10,590 | 4,980 | 11,270 |
| <i>Stop Sight Distance</i> | | | |
| S (m) | 85 | 85 | 85 |
| K | 11 | 11 | 11 |
| L (m) | 107,866 | 37,871 | 111,615 |
| Lv (Cek S) | 116,281 | 37,871 | 123,747 |
| Lv (K) | 116,490 | 54,780 | 123,970 |
| Lv SSD (m) | 116,490 | 54,780 | 123,970 |
| <i>Passing Sight Distance</i> | | | |
| S (m) | 180 | 180 | 180 |
| vK | 38 | 38 | 38 |
| L (m) | 278,414 | 186,506 | 283,336 |
| Lv (Cek S) | 397,125 | 186,750 | 422,625 |

| | | | |
|---------------|------------|------------|------------|
| Lv (K) | 402,420 | 189,240 | 428,260 |
| Lv PSD (m) | 402,420 | 189,240 | 428,260 |
| Lv Desain | | | |
| Lv Desain (m) | 403 | 190 | 429 |

| Design Speed (km/h) | Stopping Sight Distance (m) | Design Speed (km/h) | Passing Sight Distance (m) | Rate of Vertical Curvature, K^a Design |
|---------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------|--|
| 20 | 20 | 30 | 120 | 17 |
| 30 | 35 | 40 | 140 | 23 |
| 40 | 50 | 50 | 160 | 30 |
| 50 | 65 | 60 | 180 | 38 |
| 60 | 85 | 70 | 210 | 51 |
| 70 | 105 | 80 | 245 | 69 |
| 80 | 130 | 90 | 280 | 91 |
| 90 | 160 | 100 | 320 | 119 |
| 100 | 185 | 110 | 355 | 146 |
| 110 | 220 | 120 | 395 | 181 |
| 120 | 250 | 130 | 440 | 224 |
| 130 | 285 | | | |

Gambar 2.15. Kontrol Desain Untuk Lengkung Cembung Berdasarkan Ketentuan ASSHTO

Contoh Perhitungan Lengkung Cembung:

Perhitungan Lengkung Cembung 1 (STA: 1 + 220.00)

a. Menghitung Perbedaan Kelandaian

$$\begin{aligned}
 A &= |g_2 - g_1| \\
 &= |7,62\% - (-2,97\%)| \\
 &= 10,59
 \end{aligned}$$

b. Menghitung *Stop Sight Distance*

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 V_r &= 60 \text{ km/jam} \\
 S &= 85 \\
 K &= 11
 \end{aligned}$$

Panjang Lengkung Vertikal

$$\begin{aligned}L &= 2s - \frac{658}{A} \\ &= 2 \times 85 - \frac{658}{10,59} \\ &= 107,866 \text{ m}\end{aligned}$$

Panjang Lengkung Vertikal Desain Kontrol

$$\begin{aligned}L_v &= A \times K \\ &= 10,59 \times 11 = 116,49 \text{ m}\end{aligned}$$

c. Menghitung *Passing Sight Distance*

Diketahui :

$$S = 180$$

$$K = 38$$

Panjang Lengkung Vertikal

$$\begin{aligned}L &= 2s - \frac{864}{A} \\ &= 2 \times 180 - \frac{864}{10,59} \\ &= 278,414 \text{ m}\end{aligned}$$

Panjang Lengkung Vertikal Desain Kontrol

$$\begin{aligned}L_v &= 10,59 \times K \\ &= 10,59 \times 38 = 402,42 \text{ m}\end{aligned}$$

d. Panjang lengkung vertikal yang digunakan

$$L_v \text{ desain} = 403 \text{ m (pembulatan)}$$

2. Panjang Lengkung Cekung

$$A = |g_2 - g_1|$$

Tabel 2.7. Rekapitulasi Perhitungan Lengkung Cekung

| Panjang Lengkung Cekung | |
|---------------------------------|------------|
| Cekung 1 | |
| V (km/jam) | 60 |
| A (%) | 15,10 |
| <i>Headlight Sight Distance</i> | |
| S (m) | 85 |
| L (m) | 142,351 |
| L _v (Cek S) | 261,311 |
| L _v (m) | 261,311 |
| Passenger Comfort | |
| L _v (m) | 137,620 |
| <i>Design Control</i> | |
| K | 18 |
| L _v (m) | 271,800 |
| Lv Desain | |
| Lv Desain (m) | 272 |

| Design Speed (km/h) | Stopping Sight Distance (m) |
|---------------------|-----------------------------|
| 20 | 20 |
| 30 | 35 |
| 40 | 50 |
| 50 | 65 |
| 60 | 85 |
| 70 | 105 |
| 80 | 130 |
| 90 | 160 |
| 100 | 185 |
| 110 | 220 |
| 120 | 250 |
| 130 | 285 |

| Design Speed (km/h) | Stopping Sight Distance (m) | Rate of Vertical Curvature, K ^a | |
|---------------------|-----------------------------|--|--------|
| | | Calculated | Design |
| 20 | 20 | 2.1 | 3 |
| 30 | 35 | 5.1 | 6 |
| 40 | 50 | 8.5 | 9 |
| 50 | 65 | 12.2 | 13 |
| 60 | 85 | 17.3 | 18 |
| 70 | 105 | 22.6 | 23 |
| 80 | 130 | 29.4 | 30 |
| 90 | 160 | 37.6 | 38 |
| 100 | 185 | 44.6 | 45 |
| 110 | 220 | 54.4 | 55 |
| 120 | 250 | 62.8 | 63 |
| 130 | 285 | 72.7 | 73 |

Gambar 2.16. Kontrol Desain Untuk Lengkung Cekung Berdasarkan Ketentuan ASSHTO

Contoh Perhitungan Lengkung Cekung:

Perhitungan Lengkung Cekung 1 (STA :3 + 670.00)

a. Menghitung Perbedaan Kelandaian

$$\begin{aligned} A &= |g_2 - g_1| \\ &= | - 7,94 \% - 7,16 \% | \\ &= -15,10 \% = 15,10 \% \end{aligned}$$

b. Menghitung Panjang Lengkung Vertikal

Diketahui:

$$\begin{aligned} V_r &= 60 \text{ km/jam} \\ S &= 85 \\ K &= 18 \\ L &= 2S - \frac{120+3.5 \times S}{A} \\ &= 2 \times 85 - \frac{120+3.5 \times 85}{15,10} \\ &= 142,351 \text{ m} > 0 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

c. Menghitung panjang lengkung vertikal berdasarkan kenyamanan penumpang

$$\begin{aligned} L_v &= \frac{A \times V^2}{395} \\ &= \frac{15,10 \times 60^2}{395} \\ &= 137,620 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung Panjang Lengkung Vertikal Desain Kontrol

$$\begin{aligned} L_v &= A \times K \\ &= 15,10 \times 18 = 271,800 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Panjang lengkung vertikal yang digunakan

$$L_v \text{ desain} = 272 \text{ m (pembulatan)}$$

2.4 Volume Galian dan Timbunan Tanah

Dalam perancangan jalan tentunya tidak terhindar dari pekerjaan tanah yang biasa terdiri atas galian dan timbunan. Perencanaan atau pembangunan suatu infrastruktur jalan, perlu adanya pekerjaan tanah guna menjadi pondasi jalan untuk berdiri di atasnya. Oleh karena itu, perencanaan maupun perhitungan galian dan timbunan akan sangat diperlukan di lapangan nantinya. Menggunakan bantuan aplikasi *civil3D* setelah merencanakan alinemen vertikal dan horizontal dari kontur trase, maka data untuk perhitungan galian dan timbunan sudah dikalkulasi secara otomatis oleh *civil3D*.

Adapun syarat-syarat yang baik dalam perhitungan galian dan timbunan sebagai berikut:

1. Galian dan timbunan porsi atau volume yang kurang lebih harusimbang
 2. Proses penggalian maupun penimbunan harus sesuai dengan prosedur dalam SNI
- Berikut tabel perbandingan hasil galian dan timbunan tiap stasiun pada trase jalan yang direncanakan:

Tabel 2.8. Perhitungan Galian dan Timbunan

| Station | Cut Area (Sq.M.) | Cut Volume (Cu.M.) | Reusable Volume (Cu.M.) | Fill Area (Sq.M.) | Fill Volume (Cu.M.) | Cum. Cut Vol. (Cu.M.) | Cum. Reusable Vol. (Cu.M.) | Cum. Fill Vol. (Cu.M.) | Cum. Net Vol. (Cu.M.) |
|----------|------------------|--------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|
| 0+000.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 946.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0+050.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 901.63 | 46,199.41 | 0.00 | 46,199.41 | 46,199.41 | -46,199.41 |
| 0+100.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 842.16 | 43,594.77 | 0.00 | 89,794.18 | 89,794.18 | -89,794.18 |
| 0+150.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 782.69 | 40,621.34 | 0.00 | 130,415.52 | 130,415.52 | -130,415.52 |
| 0+200.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 723.22 | 37,647.90 | 0.00 | 168,063.42 | 168,063.42 | -168,063.42 |
| 0+250.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 663.75 | 34,674.47 | 0.00 | 202,737.89 | 202,737.89 | -202,737.89 |
| 0+300.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 563.66 | 30,685.27 | 0.00 | 233,423.15 | 233,423.15 | -233,423.15 |
| 0+350.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 444.98 | 25,216.00 | 0.00 | 258,639.16 | 258,639.16 | -258,639.16 |
| 0+400.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 272.10 | 17,927.21 | 0.00 | 276,566.36 | 276,566.36 | -276,566.36 |
| 0+450.00 | 0.13 | 3.25 | 3.25 | 80.84 | 8,823.65 | 3.25 | 285,390.02 | 285,390.02 | -285,386.76 |
| 0+500.00 | 39.32 | 986.21 | 986.21 | 0.00 | 2,021.05 | 989.46 | 287,411.07 | 287,411.07 | -286,421.61 |
| 0+550.00 | 217.43 | 6,418.62 | 6,418.62 | 0.00 | 0.00 | 7,408.08 | 287,411.07 | 287,411.07 | -280,002.98 |
| 0+600.00 | 257.35 | 11,869.39 | 11,869.39 | 0.00 | 0.00 | 19,277.48 | 287,411.07 | 287,411.07 | -268,133.59 |
| 0+650.00 | 297.40 | 13,868.70 | 13,868.70 | 0.00 | 0.00 | 33,146.17 | 287,411.07 | 287,411.07 | -254,264.89 |
| 0+700.00 | 337.45 | 15,871.17 | 15,871.17 | 0.00 | 0.00 | 49,017.35 | 287,411.07 | 287,411.07 | -238,393.72 |
| 0+750.00 | 377.50 | 17,873.65 | 17,873.65 | 0.00 | 0.00 | 66,891.00 | 287,411.07 | 287,411.07 | -220,520.07 |
| 0+800.00 | 417.62 | 19,877.84 | 19,877.84 | 0.00 | 0.00 | 86,768.83 | 287,411.07 | 287,411.07 | -200,642.23 |
| 0+850.00 | 458.76 | 21,909.37 | 21,909.37 | 0.00 | 0.00 | 108,678.21 | 287,411.07 | 287,411.07 | -178,732.86 |
| 0+900.00 | 501.24 | 23,999.85 | 23,999.85 | 0.00 | 0.00 | 132,678.06 | 287,411.07 | 287,411.07 | -154,733.00 |

Bab 2. Perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan

| | | | | | | | | | |
|----------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| 0+950.00 | 545.04 | 26,156.96 | 26,156.96 | 0.00 | 0.00 | 158,835.02 | 287,411.07 | 287,411.07 | -128,576.04 |
| 1+000.00 | 590.64 | 28,392.21 | 28,392.21 | 0.00 | 0.00 | 187,227.23 | 287,411.07 | 287,411.07 | -100,183.83 |
| 1+050.00 | 653.69 | 31,108.47 | 31,108.47 | 0.00 | 0.00 | 218,335.71 | 287,411.07 | 287,411.07 | -69,075.36 |
| 1+100.00 | 740.18 | 34,846.74 | 34,846.74 | 0.00 | 0.00 | 253,182.45 | 287,411.07 | 287,411.07 | -34,228.62 |
| 1+150.00 | 851.93 | 39,802.71 | 39,802.71 | 0.00 | 0.00 | 292,985.16 | 287,411.07 | 287,411.07 | 5,574.09 |
| 1+200.00 | 939.13 | 44,776.61 | 44,776.61 | 0.00 | 0.00 | 337,761.76 | 287,411.07 | 287,411.07 | 50,350.70 |
| 1+250.00 | 458.79 | 34,948.12 | 34,948.12 | 0.00 | 0.00 | 372,709.88 | 287,411.07 | 287,411.07 | 85,298.82 |
| 1+300.00 | 201.24 | 16,500.72 | 16,500.72 | 0.00 | 0.00 | 389,210.61 | 287,411.07 | 287,411.07 | 101,799.54 |
| 1+350.00 | 78.91 | 7,003.53 | 7,003.53 | 0.00 | 0.00 | 396,214.14 | 287,411.07 | 287,411.07 | 108,803.07 |
| 1+400.00 | 0.00 | 1,972.63 | 1,972.63 | 39.58 | 989.59 | 398,186.77 | 288,400.66 | 288,400.66 | 109,786.11 |
| 1+450.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 155.92 | 4,887.66 | 398,186.77 | 293,288.32 | 293,288.32 | 104,898.46 |
| 1+500.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 267.42 | 10,583.55 | 398,186.77 | 303,871.87 | 303,871.87 | 94,314.90 |
| 1+550.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 378.92 | 16,158.37 | 398,186.77 | 320,030.24 | 320,030.24 | 78,156.53 |
| 1+600.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 490.41 | 21,733.19 | 398,186.77 | 341,763.43 | 341,763.43 | 56,423.34 |
| 1+650.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 601.91 | 27,308.01 | 398,186.77 | 369,071.44 | 369,071.44 | 29,115.33 |
| 1+700.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 729.28 | 33,279.73 | 398,186.77 | 402,351.18 | 402,351.18 | -4,164.41 |
| 1+750.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 785.13 | 37,860.21 | 398,186.77 | 440,211.38 | 440,211.38 | -42,024.61 |
| 1+800.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 664.14 | 36,231.59 | 398,186.77 | 476,442.97 | 476,442.97 | -78,256.20 |
| 1+850.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 543.14 | 30,182.02 | 398,186.77 | 506,624.98 | 506,624.98 | -108,438.21 |
| 1+900.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 422.15 | 24,132.45 | 398,186.77 | 530,757.43 | 530,757.43 | -132,570.66 |
| 1+944.71 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 313.96 | 16,456.22 | 398,186.77 | 547,213.65 | 547,213.65 | -149,026.87 |
| 1+950.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 301.53 | 1,627.64 | 398,186.77 | 548,841.28 | 548,841.28 | -150,654.51 |
| 1+982.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 225.82 | 8,493.34 | 398,186.77 | 557,334.62 | 557,334.62 | -159,147.85 |
| 1+992.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 201.93 | 2,138.75 | 398,186.77 | 559,473.37 | 559,473.37 | -161,286.60 |
| 2+000.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 183.31 | 1,500.30 | 398,186.77 | 560,973.68 | 560,973.68 | -162,786.90 |
| 2+025.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 123.68 | 3,837.40 | 398,186.77 | 564,811.07 | 564,811.07 | -166,624.30 |
| 2+050.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,545.97 | 398,186.77 | 566,357.04 | 566,357.04 | -168,170.27 |
| 2+068.88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 28.52 | 269.23 | 398,186.77 | 566,626.27 | 566,626.27 | -168,439.50 |
| 2+075.00 | 0.16 | 0.50 | 0.50 | 17.38 | 140.51 | 398,187.27 | 566,766.78 | 566,766.78 | -168,579.51 |
| 2+100.00 | 26.62 | 335.20 | 335.20 | 0.00 | 216.80 | 398,522.47 | 566,983.57 | 566,983.57 | -168,461.11 |
| 2+112.21 | 50.18 | 468.92 | 468.92 | 0.00 | 0.00 | 398,991.39 | 566,983.57 | 566,983.57 | -167,992.18 |
| 2+125.00 | 76.80 | 812.82 | 812.82 | 0.00 | 0.00 | 399,804.21 | 566,983.57 | 566,983.57 | -167,179.37 |
| 2+150.00 | 132.58 | 2,619.43 | 2,619.43 | 0.00 | 0.00 | 402,423.64 | 566,983.57 | 566,983.57 | -164,559.93 |
| 2+175.00 | 188.28 | 4,013.41 | 4,013.41 | 0.00 | 0.00 | 406,437.05 | 566,983.57 | 566,983.57 | -160,546.52 |
| 2+200.00 | 239.93 | 5,354.58 | 5,354.58 | 0.00 | 0.00 | 411,791.63 | 566,983.57 | 566,983.57 | -155,191.94 |
| 2+225.00 | 230.56 | 5,867.83 | 5,867.83 | 0.00 | 0.00 | 417,659.47 | 566,983.57 | 566,983.57 | -149,324.11 |
| 2+250.00 | 167.13 | 4,933.57 | 4,933.57 | 1.20 | 15.38 | 422,593.03 | 566,998.95 | 566,998.95 | -144,405.92 |
| 2+275.00 | 86.26 | 3,126.48 | 3,126.48 | 26.13 | 348.33 | 425,719.52 | 567,347.28 | 567,347.28 | -141,627.76 |
| 2+300.00 | 22.44 | 1,335.96 | 1,335.96 | 97.06 | 1,564.51 | 427,055.48 | 568,911.79 | 568,911.79 | -141,856.31 |
| 2+325.00 | 0.00 | 274.89 | 274.89 | 155.57 | 3,192.17 | 427,330.37 | 572,103.97 | 572,103.97 | -144,773.60 |
| 2+350.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 173.03 | 4,126.71 | 427,330.37 | 576,230.68 | 576,230.68 | -148,900.31 |
| 2+375.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 155.57 | 4,102.31 | 427,330.37 | 580,332.98 | 580,332.98 | -153,002.61 |
| 2+392.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 126.22 | 2,492.61 | 427,330.37 | 582,825.59 | 582,825.59 | -155,495.22 |

Bab 2. Perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan

| | | | | | | | | | |
|----------|--------|-----------|-----------|--------|----------|------------|------------|------------|-------------|
| 2+400.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 111.19 | 855.65 | 427,330.37 | 583,681.24 | 583,681.24 | -156,350.87 |
| 2+425.00 | 0.97 | 12.36 | 12.36 | 62.53 | 2,151.69 | 427,342.73 | 585,832.93 | 585,832.93 | -158,490.20 |
| 2+450.00 | 12.51 | 171.45 | 171.45 | 26.49 | 1,099.12 | 427,514.18 | 586,932.05 | 586,932.05 | -159,417.87 |
| 2+475.00 | 36.83 | 626.18 | 626.18 | 6.02 | 400.12 | 428,140.36 | 587,332.17 | 587,332.17 | -159,191.81 |
| 2+500.00 | 67.51 | 1,320.40 | 1,320.40 | 0.03 | 74.32 | 429,460.75 | 587,406.49 | 587,406.49 | -157,945.73 |
| 2+525.00 | 97.45 | 2,082.26 | 2,082.26 | 0.00 | 0.36 | 431,543.01 | 587,406.85 | 587,406.85 | -155,863.84 |
| 2+550.00 | 123.50 | 2,784.46 | 2,784.46 | 0.00 | 0.00 | 434,327.47 | 587,406.85 | 587,406.85 | -153,079.37 |
| 2+575.00 | 145.15 | 3,382.39 | 3,382.39 | 0.00 | 0.00 | 437,709.86 | 587,406.85 | 587,406.85 | -149,696.98 |
| 2+600.00 | 162.02 | 3,865.01 | 3,865.01 | 0.00 | 0.00 | 441,574.87 | 587,406.85 | 587,406.85 | -145,831.98 |
| 2+625.00 | 173.59 | 4,220.92 | 4,220.92 | 0.00 | 0.00 | 445,795.79 | 587,406.85 | 587,406.85 | -141,611.06 |
| 2+650.00 | 179.92 | 4,444.72 | 4,444.72 | 0.00 | 0.00 | 450,240.50 | 587,406.85 | 587,406.85 | -137,166.34 |
| 2+673.37 | 181.10 | 4,243.17 | 4,243.17 | 0.00 | 0.00 | 454,483.67 | 587,406.85 | 587,406.85 | -132,923.17 |
| 2+675.00 | 181.00 | 294.67 | 294.67 | 0.00 | 0.00 | 454,778.34 | 587,406.85 | 587,406.85 | -132,628.51 |
| 2+700.00 | 177.20 | 4,500.50 | 4,500.50 | 0.00 | 0.00 | 459,278.84 | 587,406.85 | 587,406.85 | -128,128.01 |
| 2+716.71 | 174.71 | 2,939.44 | 2,939.44 | 0.00 | 0.00 | 462,218.28 | 587,406.85 | 587,406.85 | -125,188.57 |
| 2+725.00 | 174.48 | 1,448.11 | 1,448.11 | 0.00 | 0.00 | 463,666.39 | 587,406.85 | 587,406.85 | -123,740.46 |
| 2+750.00 | 175.13 | 4,370.04 | 4,370.04 | 0.00 | 0.00 | 468,036.42 | 587,406.85 | 587,406.85 | -119,370.42 |
| 2+775.00 | 179.79 | 4,436.42 | 4,436.42 | 0.00 | 0.00 | 472,472.84 | 587,406.85 | 587,406.85 | -114,934.00 |
| 2+793.37 | 186.29 | 3,362.86 | 3,362.86 | 0.00 | 0.00 | 475,835.70 | 587,406.85 | 587,406.85 | -111,571.14 |
| 2+800.00 | 189.57 | 1,245.53 | 1,245.53 | 0.00 | 0.00 | 477,081.23 | 587,406.85 | 587,406.85 | -110,325.62 |
| 2+803.37 | 191.42 | 642.44 | 642.44 | 0.00 | 0.00 | 477,723.67 | 587,406.85 | 587,406.85 | -109,683.18 |
| 2+840.87 | 221.38 | 7,739.94 | 7,739.94 | 0.00 | 0.00 | 485,463.61 | 587,406.85 | 587,406.85 | -101,943.24 |
| 2+850.00 | 230.77 | 2,063.50 | 2,063.50 | 0.00 | 0.00 | 487,527.10 | 587,406.85 | 587,406.85 | -99,879.74 |
| 2+900.00 | 309.78 | 13,513.78 | 13,513.78 | 0.00 | 0.00 | 501,040.88 | 587,406.85 | 587,406.85 | -86,365.96 |
| 2+950.00 | 188.73 | 12,462.90 | 12,462.90 | 0.05 | 1.27 | 513,503.78 | 587,408.12 | 587,408.12 | -73,904.34 |
| 3+000.00 | 143.60 | 8,308.40 | 8,308.40 | 0.00 | 1.27 | 521,812.18 | 587,409.40 | 587,409.40 | -65,597.21 |
| 3+050.00 | 103.92 | 6,187.99 | 6,187.99 | 0.00 | 0.00 | 528,000.17 | 587,409.40 | 587,409.40 | -59,409.22 |
| 3+100.00 | 11.83 | 2,893.54 | 2,893.54 | 140.53 | 3,513.13 | 530,893.72 | 590,922.52 | 590,922.52 | -60,028.81 |
| 3+137.68 | 0.00 | 222.81 | 222.81 | 206.39 | 6,536.17 | 531,116.53 | 597,458.70 | 597,458.70 | -66,342.17 |
| 3+150.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 194.80 | 2,471.05 | 531,116.53 | 599,929.74 | 599,929.74 | -68,813.21 |
| 3+182.51 | 17.46 | 283.81 | 283.81 | 99.89 | 4,790.10 | 531,400.34 | 604,719.84 | 604,719.84 | -73,319.51 |
| 3+200.00 | 31.76 | 430.48 | 430.48 | 40.72 | 1,229.60 | 531,830.82 | 605,949.44 | 605,949.44 | -74,118.63 |
| 3+225.00 | 32.83 | 807.49 | 807.49 | 0.97 | 521.04 | 532,638.30 | 606,470.49 | 606,470.49 | -73,832.18 |
| 3+250.00 | 8.16 | 512.43 | 512.43 | 11.34 | 153.82 | 533,150.73 | 606,624.31 | 606,624.31 | -73,473.57 |
| 3+275.00 | 0.35 | 105.56 | 105.56 | 34.57 | 575.00 | 533,256.29 | 607,199.30 | 607,199.30 | -73,943.01 |
| 3+275.37 | 0.35 | 0.13 | 0.13 | 34.84 | 12.73 | 533,256.42 | 607,212.03 | 607,212.03 | -73,955.61 |
| 3+300.00 | 4.53 | 60.93 | 60.93 | 45.15 | 982.48 | 533,317.35 | 608,194.51 | 608,194.51 | -74,877.15 |
| 3+312.51 | 8.91 | 84.01 | 84.01 | 45.44 | 566.59 | 533,401.37 | 608,761.10 | 608,761.10 | -75,359.73 |
| 3+325.00 | 11.45 | 127.10 | 127.10 | 43.75 | 557.01 | 533,528.47 | 609,318.11 | 609,318.11 | -75,789.64 |
| 3+350.00 | 8.58 | 253.86 | 253.86 | 33.73 | 955.98 | 533,782.32 | 610,274.09 | 610,274.09 | -76,491.76 |
| 3+375.00 | 1.12 | 122.76 | 122.76 | 25.92 | 735.33 | 533,905.09 | 611,009.41 | 611,009.41 | -77,104.32 |
| 3+400.00 | 0.03 | 14.52 | 14.52 | 36.55 | 774.30 | 533,919.61 | 611,783.72 | 611,783.72 | -77,864.11 |
| 3+425.00 | 0.03 | 0.72 | 0.72 | 59.58 | 1,197.06 | 533,920.33 | 612,980.78 | 612,980.78 | -79,060.45 |

Bab 2. Perancangan Geometrik dan Perkerasan Jalan

| | | | | | | | | | |
|----------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| 3+450.00 | 0.00 | 0.37 | 0.37 | 88.98 | 1,852.27 | 533,920.70 | 614,833.05 | 614,833.05 | -80,912.35 |
| 3+475.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 121.32 | 2,623.46 | 533,920.70 | 617,456.52 | 617,456.52 | -83,535.82 |
| 3+500.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 156.28 | 3,465.07 | 533,920.70 | 620,921.59 | 620,921.59 | -87,000.89 |
| 3+515.39 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 178.53 | 2,572.97 | 533,920.70 | 623,494.56 | 623,494.56 | -89,573.85 |
| 3+525.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 192.69 | 1,784.53 | 533,920.70 | 625,279.09 | 625,279.09 | -91,358.39 |
| 3+550.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 237.44 | 5,372.85 | 533,920.70 | 630,651.94 | 630,651.94 | -96,731.24 |
| 3+575.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 295.09 | 6,653.42 | 533,920.70 | 637,305.36 | 637,305.36 | -103,384.66 |
| 3+600.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 395.91 | 8,641.73 | 533,920.70 | 645,947.09 | 645,947.09 | -112,026.39 |
| 3+625.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 528.52 | 11,569.10 | 533,920.70 | 657,516.19 | 657,516.19 | -123,595.49 |
| 3+650.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 906.71 | 17,967.40 | 533,920.70 | 675,483.59 | 675,483.59 | -141,562.89 |
| 3+675.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 898.85 | 22,606.93 | 533,920.70 | 698,090.52 | 698,090.52 | -164,169.82 |
| 3+700.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 852.91 | 21,931.71 | 533,920.70 | 720,022.23 | 720,022.23 | -186,101.53 |
| 3+718.26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 846.15 | 15,534.92 | 533,920.70 | 735,557.14 | 735,557.14 | -201,636.44 |
| 3+725.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 850.89 | 5,717.62 | 533,920.70 | 741,274.76 | 741,274.76 | -207,354.06 |
| 3+750.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 879.18 | 21,646.12 | 533,920.70 | 762,920.89 | 762,920.89 | -229,000.18 |
| 3+755.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 882.25 | 4,759.81 | 533,920.70 | 767,680.69 | 767,680.69 | -233,759.99 |
| 3+775.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 861.69 | 17,086.70 | 533,920.70 | 784,767.40 | 784,767.40 | -250,846.69 |
| 3+800.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 791.62 | 20,666.32 | 533,920.70 | 805,433.72 | 805,433.72 | -271,513.01 |
| 3+825.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 730.89 | 19,031.37 | 533,920.70 | 824,465.09 | 824,465.09 | -290,544.39 |
| 3+848.26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 675.23 | 16,354.42 | 533,920.70 | 840,819.50 | 840,819.50 | -306,898.80 |
| 3+850.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 671.00 | 1,170.13 | 533,920.70 | 841,989.63 | 841,989.63 | -308,068.93 |
| 3+893.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 566.26 | 26,656.53 | 533,920.70 | 868,646.16 | 868,646.16 | -334,725.46 |
| 3+900.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 549.86 | 3,856.42 | 533,920.70 | 872,502.58 | 872,502.58 | -338,581.88 |
| 3+950.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 431.23 | 24,527.31 | 533,920.70 | 897,029.89 | 897,029.89 | -363,109.19 |
| 4+000.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 312.59 | 18,595.47 | 533,920.70 | 915,625.36 | 915,625.36 | -381,704.65 |
| 4+050.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 196.82 | 12,735.24 | 533,920.70 | 928,360.59 | 928,360.59 | -394,439.89 |
| 4+100.00 | 2.54 | 63.60 | 63.60 | 94.05 | 7,271.77 | 533,984.30 | 935,632.36 | 935,632.36 | -401,648.06 |
| 4+150.00 | 46.89 | 1,235.82 | 1,235.82 | 21.52 | 2,889.29 | 535,220.12 | 938,521.65 | 938,521.65 | -403,301.53 |
| 4+200.00 | 135.19 | 4,551.94 | 4,551.94 | 0.00 | 537.99 | 539,772.06 | 939,059.64 | 939,059.64 | -399,287.58 |
| 4+250.00 | 260.75 | 9,898.44 | 9,898.44 | 0.00 | 0.00 | 549,670.50 | 939,059.64 | 939,059.64 | -389,389.14 |
| 4+300.00 | 341.01 | 15,043.96 | 15,043.96 | 0.00 | 0.00 | 564,714.46 | 939,059.64 | 939,059.64 | -374,345.18 |
| 4+350.00 | 724.74 | 26,643.79 | 26,643.79 | 0.00 | 0.00 | 591,358.24 | 939,059.64 | 939,059.64 | -347,701.40 |
| 4+400.00 | 906.97 | 40,792.91 | 40,792.91 | 0.00 | 0.00 | 632,151.16 | 939,059.64 | 939,059.64 | -306,908.48 |
| 4+450.00 | 780.68 | 42,191.25 | 42,191.25 | 0.00 | 0.00 | 674,342.41 | 939,059.64 | 939,059.64 | -264,717.23 |
| 4+500.00 | 674.25 | 36,373.06 | 36,373.06 | 0.00 | 0.00 | 710,715.46 | 939,059.64 | 939,059.64 | -228,344.18 |
| 4+550.00 | 592.87 | 31,677.92 | 31,677.92 | 0.00 | 0.00 | 742,393.38 | 939,059.64 | 939,059.64 | -196,666.26 |
| 4+600.00 | 534.62 | 28,187.25 | 28,187.25 | 0.00 | 0.00 | 770,580.63 | 939,059.64 | 939,059.64 | -168,479.01 |
| 4+650.00 | 501.42 | 25,901.06 | 25,901.06 | 0.00 | 0.00 | 796,481.68 | 939,059.64 | 939,059.64 | -142,577.96 |
| 4+700.00 | 491.35 | 24,819.34 | 24,819.34 | 0.00 | 0.00 | 821,301.02 | 939,059.64 | 939,059.64 | -117,758.62 |
| 4+750.00 | 506.33 | 24,942.09 | 24,942.09 | 0.00 | 0.00 | 846,243.11 | 939,059.64 | 939,059.64 | -92,816.53 |
| 4+800.00 | 547.61 | 26,348.50 | 26,348.50 | 0.00 | 0.00 | 872,591.61 | 939,059.64 | 939,059.64 | -66,468.03 |
| 4+850.00 | 626.14 | 29,343.72 | 29,343.72 | 0.00 | 0.00 | 901,935.33 | 939,059.64 | 939,059.64 | -37,124.31 |
| 4+900.00 | 707.89 | 33,350.91 | 33,350.91 | 0.00 | 0.00 | 935,286.25 | 939,059.64 | 939,059.64 | -3,773.39 |

| | | | | | | | | | |
|----------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------|
| 4+950.00 | 700.10 | 35,199.85 | 35,199.85 | 0.00 | 0.00 | 970,486.10 | 939,059.64 | 939,059.64 | 31,426.46 |
| 5+000.00 | 447.49 | 28,689.84 | 28,689.84 | 0.00 | 0.00 | 999,175.94 | 939,059.64 | 939,059.64 | 60,116.30 |
| 5+050.00 | 174.29 | 15,544.55 | 15,544.55 | 0.00 | 0.00 | 1,014,720.49 | 939,059.64 | 939,059.64 | 75,660.85 |
| 5+100.00 | 0.26 | 4,363.76 | 4,363.76 | 83.37 | 2,084.34 | 1,019,084.25 | 941,143.98 | 941,143.98 | 77,940.27 |
| 5+150.00 | 0.00 | 6.56 | 6.56 | 346.41 | 10,744.48 | 1,019,090.81 | 951,888.46 | 951,888.46 | 67,202.35 |
| 5+200.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 593.78 | 23,504.63 | 1,019,090.81 | 975,393.08 | 975,393.08 | 43,697.73 |
| 5+250.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 821.02 | 35,369.99 | 1,019,090.81 | 1,010,763.07 | 1,010,763.07 | 8,327.74 |
| 5+257.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 853.79 | 6,067.38 | 1,019,090.81 | 1,016,830.45 | 1,016,830.45 | 2,260.36 |

Dari hasil perhitungan pekerjaan galian dan timbunan, maka didapatkan galian yang lebih banyak daripada timbunan, sehingga dalam proyek terdapat sisa tanah. Jumlah volume sisa galian sebesar 2,260.36 m³. Kelebihan tanah tersebut dapat bermanfaat dan bisa dialokasikan menuju proyek lain atau dapat digunakan sebagai cadangan timbunan.

2.5. Perhitungan Beban Lalulintas

Dimensi, berat kendaraan, dan beban yang dimuat akan menimbulkan gaya tekan pada sumbu kendaraan. Gaya tekan sumbu selanjutnya disalurkan ke permukaan perkerasan dan akan memberikan kontribusi pada perusakan jalan. Beban lalu lintas merupakan beban dinamis yang terjadi secara berulang selama masa pelayanan jalan. Besarnya beban lalu lintas dipengaruhi oleh berbagai faktor kendaraan seperti :

1. Angka ekuivalen beban sumbu
2. Volume lalu lintas.

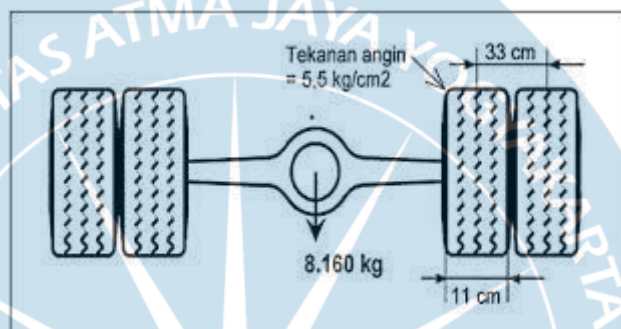
1. Angka Ekuivalen Beban Sumbu

Jenis kendaraan yang memakai jalan beraneka ragam, bervariasi ukuran, berat total, konfigurasi, beban sumbu, daya dan lain – lain. Volume lalulintas umumnya dikelompokkan atas beberapa kelompok yang masing – masing kelompok diwakili oleh satu jenis kendaraan. Pengelompokan jenis 32 kendaraan untuk perencanaan tebal perkerasan tebal perkerasan sebagai berikut :

1. Sepeda motor
2. Mobil Probadi

3. Bus
4. Truk 2 as ringan
5. Truk 2 as berat
6. Truk 3 as berat
7. Truk 5 as

Angka ekuivalen kendaraan adalah angka yang menunjukkan lintasan dari sumbu tunggal seberat 8,16 ton yang akan menyebabkan kerusakan yang sama atau penurunan indeks permukaan yang sama apabila kendaraan tersebut lewat satu kali.



Gambar 2.17. Sumbu standar 18000 pon/8,16 ton

Tabel 2.9. Angka Ekuivalen Per Sumbu

| Beban Sumbu | | Angka Ekuivalen | |
|-------------|-------|-----------------|-------------|
| Kg | Lb | Sumbu Tunggal | Sumbu Ganda |
| 1000 | 2205 | 0,002 | - |
| 2000 | 4409 | 0,0036 | 0,0003 |
| 3000 | 6614 | 0,0183 | 0,0016 |
| 4000 | 8818 | 0,0577 | 0,0050 |
| 5000 | 11023 | 0,1410 | 0,0121 |
| 6000 | 13228 | 0,2923 | 0,0251 |
| 7000 | 15432 | 0,5415 | 0,0466 |
| 8000 | 17637 | 0,9238 | 0,0795 |
| 8160 | 18000 | 1,000 | 0,086 |
| 9000 | 19841 | 1,4798 | 0,1273 |
| 10000 | 22046 | 2,2555 | 0,1940 |
| 11000 | 24251 | 3,3022 | 0,2840 |
| 12000 | 26455 | 4,6770 | 0,4022 |
| 13000 | 28660 | 6,4419 | 0,5540 |
| 14000 | 30864 | 8,6647 | 0,7452 |
| 15000 | 33069 | 11,4184 | 0,9820 |
| 16000 | 35276 | 14,7815 | 1,2712 |

2. Volume Lalulintas

Volume lalulintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik pengamatan selama setahun. Untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan, volume lalulintas dinyatakan dalam kendaraan per hari per dua arah untuk jalan dua arah tidak terpisah dan kendaraan per hari per satu arah untuk jalan satu arah atau dua arah terpisah. (Winaya, 2019)

Data volume lalulintas dapat diperoleh dari pos – pos rutin yang berada di sekitar lokasi. Jika tidak terdapat pos – pos di sekitar lokasi untuk pengecekan data maka perhitungan volume lalulintas dapat dilakukan secara manual di tempat – tempat yang dianggap perlu. Perhitungan dapat dilakukan selama 3×24 jam atau 3×16 jam terus menerus. Dengan memperhatikan faktor hari, bulan dan musim dimana perhitungan dilakukan dapat diperoleh data Lalulintas Harian Rata – rata (LHR) yang representatif.

2.6. Perancangan Perkerasan Jalan

Untuk perkerasan jalan pada trase perbukitan Menoreh diperoleh data sebagai bahan perencanaan perkerasan jalan pada area proyek jalan daerah tersebut. Pendekatan dilakukan dengan data menggunakan data di daerah Kulon Progo mencakup daerah Jawa. Perancangan perkerasan jalan dilakukan analisis dengan tipe perkerasan lentur. Adapun acuan data yang diperoleh sebagai berikut:

1. Data lalu lintas harian rata-rata Menoreh
 - Sepeda Motor : 1560 buah/hari
 - Mobil Pribadi : 1350 buah/hari
 - Bus : 125 buah/hari
 - Truk 2 as ringan : 95 buah/hari
 - Truk 2 as berat : 80 buah/hari
 - Truk 3 as berat : 68 buah/hari
 - Truk 5 as : 50 buah/hari
 - CBR Tanah Dasar : 4,5 %
 - Umur Rencana, $MUR_1 = 25$ Tahun

2. Angka/Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (i) %

Tabel 2.10. Faktor Laju Pertumbuhan Lalulintas

| | Jawa | Rata-rata Indonesia |
|----------------------|------|---------------------|
| Arteri dan Perkotaan | 4,80 | 4,75 |
| Kolektor rural | 3,50 | 3,50 |
| Jalan | 1,00 | 1,00 |

Sumber : MDPJ 2017 – Bina Marga

3. Rencana tebal Perkerasan Lentur berdasarkan nilai ESA menurut MDPJ 2017. Perencanaan disesuaikan dengan LHR pada daerah perancangan trase masing-masing.
4. Perencanaan perkerasan lentur terhadap tipe pondasi FP3 = Lapis Pondasi Berbutir

2.6.1 Perhitungan Perkerasan Lentur

Dalam melakukan perencanaan perkerasan kaku, syarat dan ketentuan beserta cara bisa mengikuti pendoman pada MDPJ 2017 Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Adapun langkah langkah terdiri dari :

1. Menentukan Umur Rencana

Untuk umur rencana, pada persyaratan teknis sebelumnya sudah diketahui jika akan diperhitungkan perkerasan pada umur rencana untuk 25 tahun. Ketentuan umur rencana juga bisa dilihat pada Tabel 2.12 MDPJ 2017.

Tabel 2.11. Umur Rencana Perkerasan Jalan

| Jenis Perkerasan | Elemen Perkerasan | Umur Rencana (tahun) ⁽¹⁾ |
|---------------------|--|-------------------------------------|
| | Lapisan aspal dan lapisan berbutir ⁽²⁾ . | 20 |
| Perkerasan lentur | Fondasi jalan | 40 |
| | Semua perkerasan 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 |

Sumber: MDPJ 2017 – Bina Marga

2. Menentukan Volume Kelompok Sumbu Kendaraan Kumulatif

a. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data–data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data, maka gambar tabel berikut dapat digunakan (2015 – 2035).

Tabel 2.12. Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (%)

| | Jawa | Sumatera | Kalimantan | Rata-rata Indonesia |
|----------------------|------|----------|------------|---------------------|
| Arteri dan perkotaan | 4,80 | 4,83 | 5,14 | 4,75 |
| Kolektor rural | 3,50 | 3,50 | 3,50 | 3,50 |
| Jalan desa | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Sumber: MDPJ 2017 – Bina Marga

Pada pekerjaan trase di daerah perbukitan Menoreh, Kulon Progo, kami merencanakan trase jalan untuk jenis jalan arteri dan perkotaan dikarenakan syarat untuk jalan arteri dapat menghubungkan secara berdaya guna antarpusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah. Jalan ini juga didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 60

km/jam, lebar badan jalan minimal 11 meter, lalu lintas jarak jauh tidak boleh terganggu lalu lintas ulang alik, lalu lintas lokal dan kegiatan lokal, jumlah jalan masuk ke jalan arteri primer dibatasi, serta tidak boleh terputus di kawasan perkotaan.

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*Cumulative Growth Factor*) :

$$R = \frac{(1+0,01 \times i)^{UR} - 1}{0,01 \times i}$$

Dengan R = faktor pengalipertumbuhan lalu lintas kumulatif

i = laju pertumbuhan lalu lintas tahunan (%)

UR = umur rencana

Maka dari persyaratan teknis dengan umur rencana 25 tahun, diambil UR 2 dan UR 23, sehingga mendapatkan nilai R yaitu ;

$$R_2 = \frac{(1+0,01 \times 4,8)^2 - 1}{0,01 \times 4,8} = 2,048$$

$$R_{23} = \frac{(1+0,01 \times 4,8)^{23} - 1}{0,01 \times 4,8} = 40,411$$

b. Faktor Ekuivalen Beban

Dalam desain perkerasan, beban lalu lintas dikonversi ke beban standar (ESA) dengan menggunakan Faktor Ekuivalen Beban (*Vehicle Damage Factor*). Analisis struktur perkerasan dilakukan berdasarkan jumlah kumulatif ESA pada lajur rencana sepanjang umur rencana. Adapun nilai VDF ditentukan berdasarkan tabel nilai VDF pada MDPJ 2017 dan disesuaikan dengan jenis kendaraan berdasarkan data yang diperoleh. Disini kami menggunakan nilai VDF pangkat 5 sebagai acuan dalam menentukan tebal perkerasan.

Tabel 2.13. Nilai VDF masing-masing jenis kendaraan niaga

| Jenis Kendaraan | | Uraian | Konfigurasi sumbu | Muatan ² yang diangkut | Kelompok sumbu | Distribusi tipikal (%) | | Faktor Ekuivalen Beban (VDF) (ESA / kendaraan) | | |
|------------------|------------|--|-------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------|---|--|----------------|------|
| Klasifikasi Lama | Alternatif | | | | | Semua kendaraan bermotor | Semua kendaraan bermotor kecuali sepeda motor | VDF4 Pangkat 4 | VDF5 Pangkat 5 | |
| 1 | 1 | Sepeda motor | 1.1 | Muatan ² yang diangkut | 2 | 30,4 | | | | |
| 2, 3, 4 | 2, 3, 4 | Sedan / Angkot / Pickup / Station wagon | 1.1 | | 2 | 51,7 | 74,3 | | | |
| 5a | 5a | Bus kecil | 1.2 | | 2 | 3,5 | 5,00 | 0,3 | 0,2 | |
| 5b | 5b | Bus besar | 1.2 | | 2 | 0,1 | 0,20 | 1,0 | 1,0 | |
| 6a.1 | 6.1 | Truk 2 sumbu – cargo ringan | 1.1 | | muatan umum | 2 | | | 0,3 | 0,2 |
| 6a.2 | 6.2 | Truk 2 sumbu – ringan | 1.2 | | tanah, pasir, besi, semen | 2 | 4,6 | 6,60 | 0,8 | 0,8 |
| 6b1.1 | 7.1 | Truk 2 sumbu – cargo sedang | 1.2 | | muatan umum | 2 | | | 0,7 | 0,7 |
| 6b1.2 | 7.2 | Truk 2 sumbu – sedang | 1.2 | | tanah, pasir, besi, semen | 2 | - | - | 1,6 | 1,7 |
| 6b2.1 | 8.1 | Truk 2 sumbu – berat | 1.2 | | muatan umum | 2 | | | 0,9 | 0,8 |
| 6b2.2 | 8.2 | Truk 2 sumbu – berat | 1.2 | | tanah, pasir, besi, semen | 2 | 3,8 | 5,50 | 7,3 | 11,2 |
| 7a1 | 9.1 | Truk 3 sumbu – ringan | 1.2.2 | | muatan umum | 3 | | | 7,6 | 11,2 |
| 7a2 | 9.2 | Truk 3 sumbu – sedang | 1.2.2 | | tanah, pasir, besi, semen | 3 | 3,9 | 5,60 | 28,1 | 64,4 |
| 7a3 | 9.3 | Truk 3 sumbu – berat | 1.1.2 | | | 3 | 0,1 | 0,10 | 28,9 | 62,2 |
| 7b | 10 | Truk 2 sumbu dan trailer penarik 2 sumbu | 1.2-2.2 | | | 4 | 0,5 | 0,70 | 36,9 | 90,4 |
| 7c1 | 11 | Truk 4 sumbu - trailer | 1.2-2.2 | | 4 | 0,3 | 0,50 | 13,6 | 24,0 | |
| 7c2.1 | 12 | Truk 5 sumbu - trailer | 1.2-2.2 | | 5 | | | 19,0 | 33,2 | |
| 7c2.2 | 13 | Truk 5 sumbu - trailer | 1.2-2.2.2 | | 5 | 0,7 | 1,00 | 30,3 | 69,7 | |
| 7c3 | 14 | Truk 6 sumbu - trailer | 1.2.2-2.2.2 | | 6 | 0,3 | 0,50 | 41,6 | 93,7 | |

c. Menghitung Kumulatif Beban (ESA 5)

Dalam menghitung ESA5 dengan umur rencana 25 tahun diperlukan nilai VDF dari Tabel 2.13 dan angka pertumbuhan lalu lintas regional pada Tabel 2.12, maka didapatkan perhitungan dalam tabel sebagai berikut:

Penyelesaian:

Tabel 2.14. Jumlah Kelompok Sumbu Niaga Hasil Perhitungan Excel

| Jenis Kendaraan | LHR 2022 | LHR 2025 | LHR 2028 | VDF5 faktual | VDF5 normal | ESA5 (25'-27') | ESA5 (28'-50') |
|--|----------|----------|----------|--------------|-----------------|----------------|----------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
| Sepeda motor (1) | 1560 | 1796 | 2067 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mobil Pribadi (2,3,4) | 1350 | 1554 | 1789 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bus (5a, 5b) | 125 | 144 | 166 | 1 | 1 | 43.020,62 | 977.088,11 |
| Truk 2 as ringan (6a.2) | 95 | 109 | 126 | 0,8 | 0,5 | 26.156,53 | 594.069,57 |
| Truk 2 as berat (6b2.1) | 80 | 92 | 106 | 0,8 | 5,1 | 22.026,56 | 500.269,11 |
| Truk 3 as berat (7a3) | 68 | 78 | 90 | 62,3 | 62,3 | 1.458.020,45 | 33.114.688,42 |
| Truk 5 as (7c2.1, 7c2.2) | 50 | 58 | 66 | 33,2 | 10,2 | 571.313,84 | 12.975.730,05 |
| | | | | | Jumlah ESA5 | 2.120.538,00 | 48.161.845,25 |
| Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas | | | | | CESA5 (25'-50') | 50.282.383,25 | |
| R ₂ | 2,048 | | | | | | |
| R ₂₃ | 40,411 | | | | | | |

Laju pertumbuhan lalu lintas per tahun 4,80 % (Tabel 2.9). Data awal 2022; tahun pertama setelah pembukaan untuk lalu lintas 2025 (3 tahun setelah

2022); permulaan periode beban normal MST 12 ton tahun 2027 (5 Tahun setelah 2022)

$$(3) = (2) \times (1+0,0480)^3$$

$$(4) = (2) \times (1+0,0480)^5$$

(5) dan (6) dari tabel 2.13

$$(7) = (3) \times (5) \times (365) \times 0,50 \times 0,8 \times R_2$$

$$(8) = (4) \times (6) \times (365) \times 0,50 \times 0,8 \times R_{23}$$

Diketahui $R_2 = 2,048$ dan $R_{23} = 40,411$

3. Menentukan Tipe Perkerasan Berdasarkan Pertimbangan Biaya

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi berdasarkan volume lalu lintas, umur rencana, dan kondisi fondasi jalan. Batasan pada Tabel 2.15 tidak mutlak, perencana harus mempertimbangkan biaya terendah selama umur rencana, keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihan alternatif desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle cost* terendah.

Tabel 2.15. Pemilihan Jenis Pekerjaan

| Struktur Perkerasan | Bagan desain | ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain) | | | | |
|---|--------------|--|---------|---------|----------|-----------|
| | | 0 – 0,5 | 0,1 – 4 | >4 - 10 | >10 – 30 | >30 - 200 |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas berat (di atas tanah dengan CBR \geq 2,5%) | 4 | - | - | 2 | 2 | 2 |
| Perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan) | 4A | - | 1, 2 | - | - | - |
| AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5) | 3 | - | - | - | 2 | 2 |
| AC dengan CTB (ESA pangkat 5) | 3 | - | - | - | 2 | 2 |
| AC tebal \geq 100 mm dengan lapis fondasi berbutir (ESA pangkat 5) | 3B | - | - | 1, 2 | 2 | 2 |
| AC atau HRS tipis diatas lapis fondasi berbutir | 3A | - | 1, 2 | - | - | - |
| Burda atau Burtu dengan LPA Kelas A atau batuan asii | 5 | 3 | 3 | - | - | - |
| Lapis Fondasi Soil Cement | 6 | 1 | 1 | - | - | - |
| Perkerasan tanpa penutup (Japat, jalan kerikil) | 7 | 1 | - | - | - | - |

Catatan:

Tingkat kesulitan:

1 - kontraktor kecil – medium;

2 - kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai;

3 - membutuhkan keahlian dan tenaga ahli khusus –kontraktor spesialis Burtu / Burda.

Sumber: MDPJ 2017 – Bina Marga

4. Menentukan Struktur Fondasi Jalan

Diketahui nilai CBR tanah dasar yaitu 4,5% dan beban lalu lintas > 5 juta (ESA5) maka dengan menyesuaikan gambar bagan di bawah didapatkan data sebagai berikut:

Kelas kekuatan tanah dasar: SG5

Tebal minimum perbaikan tanah dasar: 100mm

Tabel 2.16. Desain Pondasi Jalan Minimum MDPJ 2017

| CBR Tanah dasar (%) | Kelas Kekuatan Tanah Dasar | Uraian Struktur Fondasi | Perkerasan Lentur | | | Perkerasan Kaku |
|--|----------------------------|---|---|-------|------|--|
| | | | Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5) | | | |
| | | | < 2 | 2 - 4 | > 4 | |
| Tebal minimum perbaikan tanah dasar | | | | | | |
| > 6 | SG6 | Perbaikan tanah dasar dapat berupa | Tidak diperlukan perbaikan | | | 300 |
| 5 | SG5 | stabilisasi semen atau material | - | - | 100 | |
| 4 | SG4 | timbunan pilihan (sesuai persyaratan | 100 | 150 | 200 | |
| 3 | SG3 | Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) | 150 | 200 | 300 | |
| 2,5 | SG2.5 | (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur) | 175 | 250 | 350 | |
| Tanah ekspansif (potensi pemuaian > 5%) | | | 400 | 500 | 600 | Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur |
| Perkerasan di atas tanah lunak ⁽²⁾ | | | 1000 | 1100 | 1200 | |
| SG1 ⁽³⁾ | | | -atau- lapis penopang dan geogrid ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ | 650 | 750 | |
| Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku) | | | Lapis penopang berbutir ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ | 1000 | 1250 | 1500 |

5. Menentukan Struktur Lapisan Perkerasan

Untuk menentukan tebal lapisan bisa dilihat dari Bagan Desain 3B pada MDPJ 2017.

Tabel 2.17. Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan lapis fondasi berbutir

| STRUKTUR PERKERASAN | | | | | | | | | | |
|--|------|---------|---------|----------|-----------------|-----------|-----------|------------|-------------|--|
| | FFF1 | FFF2 | FFF3 | FFF4 | FFF5 | FFF6 | FFF7 | FFF8 | FFF9 | |
| Solusi yang dipilih | | | | | Lihat Catatan 2 | | | | | |
| Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana (10 ⁶ ESA5) | < 2 | ≥ 2 - 4 | > 4 - 7 | > 7 - 10 | > 10 - 20 | > 20 - 30 | > 30 - 50 | > 50 - 100 | > 100 - 200 | |
| KETEBALAN LAPIS PERKERASAN (mm) | | | | | | | | | | |
| AC WC | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | |
| AC BC | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | |
| AC Base | 0 | 70 | 80 | 105 | 145 | 160 | 180 | 210 | 245 | |
| LPA Kelas A | 400 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | |
| Catatan | 1 | | 2 | | | 3 | | | | |

Catatan Bagan Desain - 3B:

- FFF1 atau FFF2 harus lebih diutamakan daripada solusi FFF1 dan FFF2 (Bagan Desain - 3A) atau dalam situasi jika HRS berpotensi mengalami rutting.
- Perkerasan dengan CTB (Bagan Desain - 3) dan pilihan perkerasan kaku dapat lebih efektif biaya tapi tidak praktis jika sumber daya yang dibutuhkan tidak tersedia.
- Untuk desain perkerasan lentur dengan beban > 10 juta ESA5, diutamakan menggunakan Bagan Desain - 3. Bagan Desain - 3B digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi dari FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis daripada solusi Bagan Desain - 3 atau 4 untuk situasi konstruksi tertentu seperti: (i) perkerasan kaku atau CTB bisa menjadi tidak praktis pada pelebaran perkerasan lentur eksisting atau, (ii) di atas tanah yang berpotensi konsolidasi atau, (iii) pergerakan tidak seragam (dalam hal perkerasan kaku) atau, (iv) jika sumber daya kontraktor tidak tersedia.
- Tebal minimum lapis fondasi agregat yang tercantum di dalam Bagan Desain - 3 dan 3 A diperlukan untuk memastikan drainase yang mencukupi sehingga dapat membatasi kehilangan kekuatan perkerasan pada musim hujan. Kondisi tersebut berlaku untuk semua bagan desain kecuali Bagan Desain - 3 B.
- Tebal LFA berdasarkan Bagan Desain - 3B dapat dikurangi untuk subgrade dengan daya dukung lebih tinggi dan struktur perkerasan dapat mengalirkan air dengan baik (faktor m ≥ 1). Lihat Bagan desain 3C.
- Semua CBR adalah nilai setelah sampel direndam 4 hari.

Karena ESA5 dari perhitungan sebelumnya didapatkan nilai sebesar 50,3 juta, maka struktur perkerasan yang dipakai adalah: **FFF 8**, dengan komulatif beban sumbu 25 tahun pada lajur rencana (juta ESA) = > **50-100**.

Keterangan: Catatan 3

Maka didapat ketebalan perkerasan rencana yaitu:

- AC WC : 40 mm
- AC BC : 60 mm

AC Base : 210 mm
LPA Kelas A : 300 mm

6. Menentukan Standar Drainase Bawah

Drainase bawah permukaan adalah drainase yang dibuat untuk mengatasi pengaruh rembesan air, baik yang berasal dari air tanah maupun air hujan yang merembes ke dalam tanah yang kemungkinan dapat menaikkan permukaan air tanah sehingga mempengaruhi kadar air *subgrade*.

Tabel 2.18. Tinggi Minimum Tanah Dasar Di Atas Muka Air Tanah dan Muka Air Banjir

| Kelas Jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan) | Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah (mm) | Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm) |
|---|--|--|
| Jalan Bebas Hambatan | 1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median) | 500 (banjir 50 tahunan) |
| | 1700 (tanpa drainase bawah permukaan di median) | |
| Jalan Raya | 1200 (tanah lunak jenuh atau gambut tanpa lapis drainase) 800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase) 600 (tanah dasar normal) | 500 (banjir 50 tahunan) |
| Jalan Sedang | 600 | 500 (banjir 10 tahunan) |
| Jalan Kecil | 400 | NA |

Apabila timbunan terletak di atas tanah jenuh air sedangkan ketentuan tersebut di atas tidak dapat dipenuhi maka harus disediakan lapis drainase (*drainage blanket layer*). Lapisan tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya perembesan material halus tanah lunak ke dalam lapis fondasi (*subbase*). Kontribusi daya dukung lapis drainase terhadap daya dukung struktur perkerasan tidak diperhitungkan.

Tabel 2.19. Koefisien Drainase ‘m’ untuk Tebal Lapis Berbutir

| Kondisi lapangan (digunakan untuk pemilihan nilai m yang sesuai) | nilai 'm' untuk design | Detail Tipikal |
|--|------------------------|----------------|
| 1. Galian dengan drainase bawah permukaan yang ideal (outlet drainase bawah permukaan selalu di atas muka air banjir) | 1.0 | |
| 2. Timbunan dengan lapis pondasi bawah menerus sampai bahu jalan (day-lighting) (tidak terkena banjir) | 1.0 | |
| 3. Timbunan dengan tepi permeabilitas rendah dan lapis pondasi bawah berbentuk kotak. | 1.0 | |
| 4. Galian pada permukaan tanah atau timbunan tanpa drainase bawah permukaan dan permeabilitas rendah pada pada pinggir > 500 mm. Gunakan 0,9 jika ≤ 500 mm | 0.7 | |
| 5. Tanah dasar jenuh air secara permanen selama musim hujan dan tidak teralirakan. Tidak ada sistim outlet. Kententuan lapisan penopang (capping layer) dapat digunakan. | 0.4 | |

Sumber : RTA

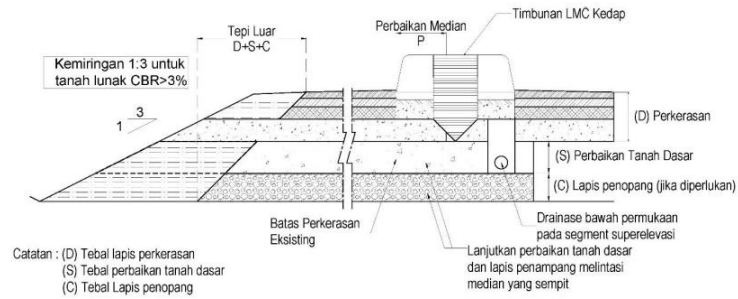
Sumber: MDPJ 2017 – Bina Marga

7. Kebutuhan Daya Dukung Tepi Perkerasan

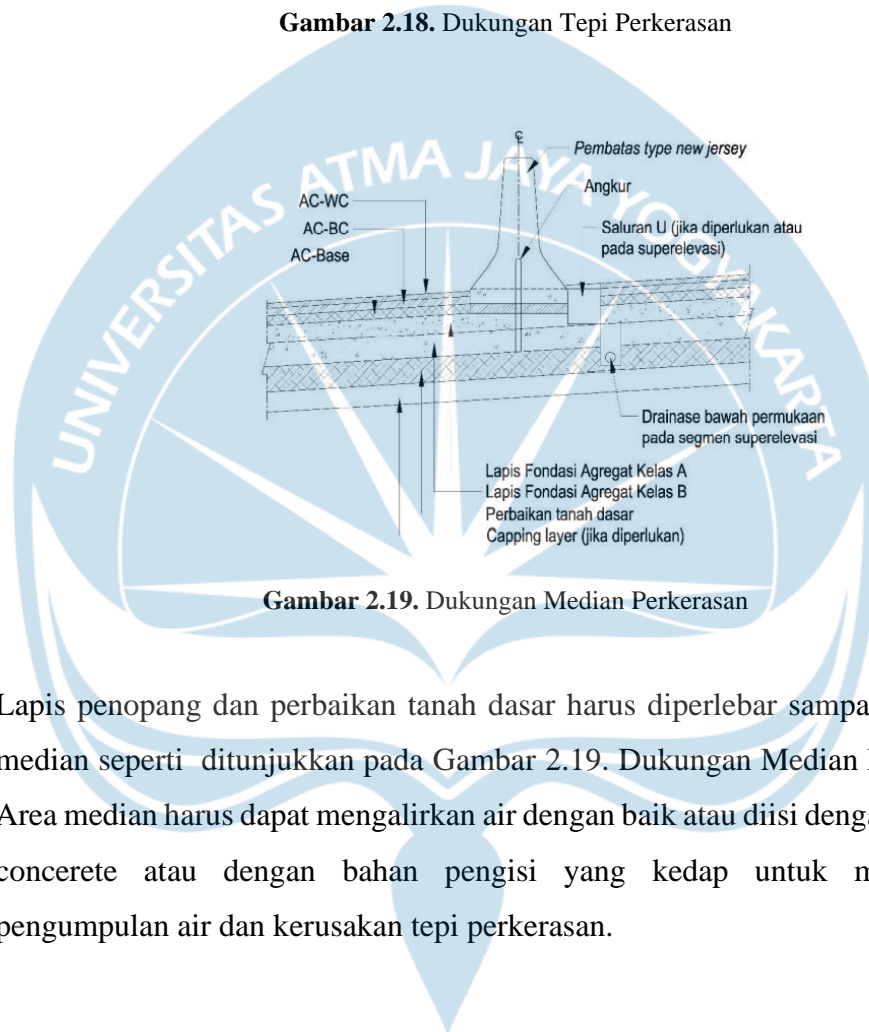
Struktur perkerasan memerlukan daya dukung tepi yang cukup, terutama bila terletak pada tanah lunak atau tanah gambut. Ketentuan daya dukung tepi harus dinyatakan secara detil dalam gambar-gambar kontrak (*drawings*).

Ketentuan minimum adalah:

- Setiap lapis pekerasan harus dipasang sampai lebar yang sama atau lebih dari nilai minimum yang dinyatakan pada Gambar 2.17. Dukungan Tepi Perkerasan.
- Timbunan tanpa penahan pada tanah lunak ($CBR < 2.5\%$) atau tanah gambut harus dipasang pada kemiringan tidak lebih curam dari 1V : 3H.



Gambar 2.18. Dukungan Tepi Perkerasan



Gambar 2.19. Dukungan Median Perkerasan

Lapis penopang dan perbaikan tanah dasar harus diperlebar sampai ke bawah median seperti ditunjukkan pada Gambar 2.19. Dukungan Median Perkerasan. Area median harus dapat mengalirkan air dengan baik atau diisi dengan lean mix concrete atau dengan bahan pengisi yang kedap untuk menghindari pengumpulan air dan kerusakan tepi perkerasan.

8. Menentukan Kebutuhan Pelapisan (*Sealing*) Bahu Jalan

Elevasi tanah dasar untuk bahu harus sama dengan elevasi tanah dasar perkerasan atau setidaknya pelaksanaan tanah dasar badan jalan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Untuk memudahkan pelaksanaan, pada umumnya tebal lapis berbutir bahu dibuat sama dengan tebal lapis berbutir perkerasan.

Lalu Lintas untuk desain bahu Beban lalu lintas desain pada bahu jalan tidak boleh kurang dari 10% lalu lintas lajur rencana, atau sama dengan lalu lintas yang diperkirakan akan menggunakan bahu jalan (diambil yang terbesar). Untuk bahu diperkeras dengan lapis penutup, pada umumnya, hal ini dapat dipenuhi dengan Burda atau penetrasi makadam yang dilaksanakan dengan baik.

- a. CBR tanah dasar 3%
- b. Bebab gandar kumulatif 25 tahun: 50282383,25 ESA
- c. Struktur Struktur perkerasan lajur utama di atas 600 mm lapis penopang:

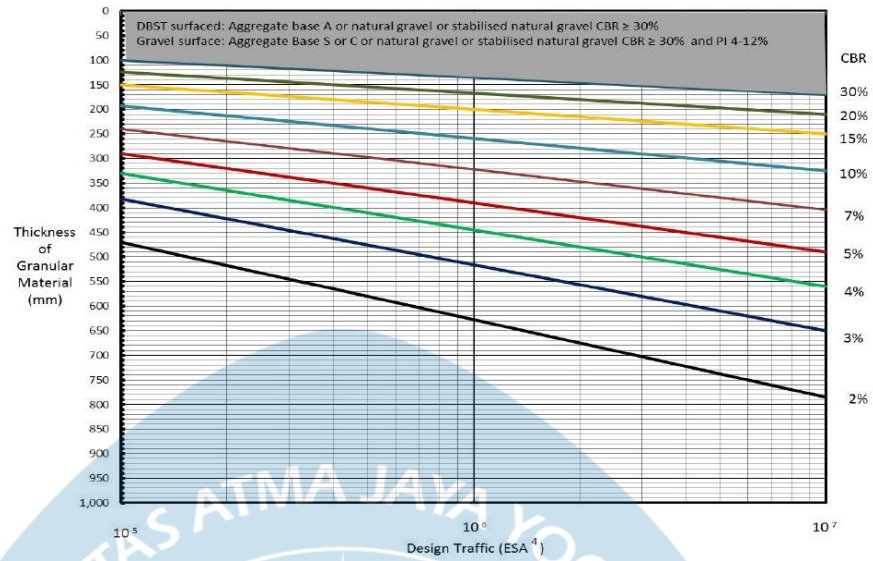
Tabel 2.20. Struktur lapis perkerasan lentur

| Lapisan | Tebal (mm) |
|-------------------------------|------------|
| AC WC | 40 |
| AC BC | 60 |
| AC Base | 210 |
| LFA kelas A | 300 |
| Lapis Fondasi: Lapis Penopang | 600 |

Beban rencana bahu jalan: $10\% \times 50282383,25 \text{ ESA} = 5028238,325 \text{ ESA} = 5,03 \times 10^6 \text{ ESA}$.

Dengan menyiapkan fondasi yang sama dengan lajur utama diperoleh daya dukung fondasi perkerasan bahu jalan ekuivalen CBR 6%.

- d. Berdasarkan bagan desain 7 (Gambar 2.20) untuk beban $5,03 \times 10^6 \text{ ESA}$ dan CBR 4,5% diperlukan penutup setebal 300 mm.



Gambar 2.20. Bagan desain – 7. Perkerasan Tanpa Penutup Beraspal dan Lapis Permukaan Beraspal Tipis

- e. Tebal total perkerasan lajur utama = 610 mm > 350 mm (tebal minimum perlu perkerasan bahu jalan).
- f. Tebal lapis beraspal pada lajur utama 310 mm gunakan permukaan bahu jalan berupa lapis fondasi agregat kelas S setebal 200 mm.

Tabel 2.21. Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

| B a h a n | Tebal minimum (mm) | Tebal Yang Diperlukan (mm) | Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis |
|--|--------------------|----------------------------|---|
| HRS WC | 30 | 30 – 50 | tidak |
| HRS Base | 35 | 35 – 50 | ya |
| AC WC | 40 | 40 – 50 | tidak |
| AC BC | 60 | 60 – 80 | ya |
| AC - Base | 75 | 80 – 120 | ya |
| Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37.5 mm) | 120 | 150 -200 | ya |
| Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm) | 150 | 150 – 200 | ya |
| Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm) | 120 | 125 – 200 | ya |
| CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC | 100 | 150 – 200 | tidak |
| Stabilisasi tanah atau kerikil alam | 100 | 150 – 200 | tidak |
| Kerikil alam | 100 | 100 – 200 | ya |

- g. Untuk memastikan air permukaan yang meresap ke perkerasan dapat dialirkan, pasang LFA kelas A di bawah LFA kelas S dengan tebal 410 mm (610 mm – 200 mm) di bawah lapis permukaan LFA kelas S.

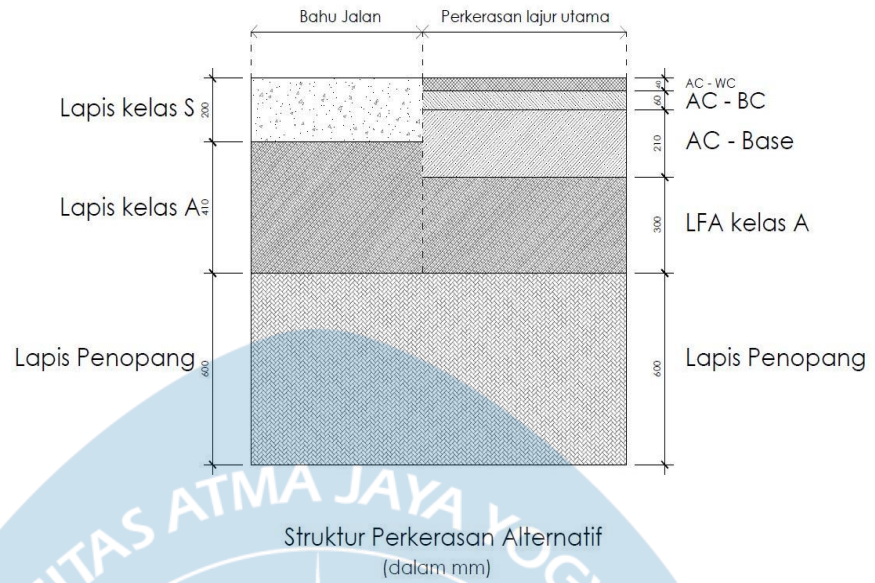
Tabel 2.22 Ketebalan Lapisan yang Diizinkan dan Penghamparan

| Bahan | Tebal minimum (mm) | Tebal Yang Diperlukan (mm) | Diizinkan penghamparan dalam beberapa lapis |
|--|--------------------|----------------------------|---|
| HRS WC | 30 | 30 – 50 | tidak |
| HRS Base | 35 | 35 – 50 | ya |
| AC WC | 40 | 40 – 50 | tidak |
| AC BC | 60 | 60 – 80 | ya |
| AC - Base | 75 | 80 – 120 | ya |
| Lapis Fondasi Agregat Kelas A (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm) | 120 | 150 -200 | ya |
| Lapis Fondasi Agregat Kelas B (gradasi dengan ukuran maksimum 50 mm) | 150 | 150 – 200 | ya |
| Lapis Fondasi Agregat Kelas S (gradasi dengan ukuran maksimum 37,5 mm) | 120 | 125 – 200 | ya |
| CTB (gradasi dengan ukuran maksimum 30 mm) atau LMC | 100 | 150 – 200 | tidak |
| Stabilisasi tanah atau kerikil alam | 100 | 150 – 200 | tidak |
| Kerikil alam | 100 | 100 – 200 | ya |

- h. Struktur perkerasan bahu jalan:

Tabel 2.23 Lapisan Struktur Perkerasan Bahu Jalan

| Lapisan | Tebal (mm) |
|-------------------------------|------------|
| LFA kelas S | 200 |
| LFA kelas A | 410 |
| Lapis Fondasi: Lapis Penopang | 600 |



Gambar 2.21. Struktur Perkerasan Alternatif

