

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Perhitungan

1. Data Spesifikasi Jalan

Ruas jalan Yogyakarta-Wates Km 15-22 termasuk jalan nasional berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 631/KPTS/M/2009 yang berfungsi sebagai jalan arteri. Berdasarkan fungsi dan klasifikasi medan jalannya yaitu arteri datar maka kecepatan rencananya sebesar 70-120 km/jam sesuai Peraturan Direktorat Jenderal Bina Marga tentang Klasifikasi Jalan No.038/TBM/1997. Jalan Yogyakarta – Wates Km 15-22 memiliki tipe jalan 4 jalur dan 2 lajur dengan lebar masing-masing jalur 3 meter tanpa trotoar dan sebagian jalan terdapat median yaitu pada Kilometer 18-20. Lebar bahu jalan yang ditinjau bervariasi antara 1 meter – 1,5 meter dan banyak digunakan untuk tempat parkir dan untuk kios atau warung. Tata guna lahan disebelah kiri dan kanan adalah pemukiman, kios, dan pertokoan.

2. Perhitungan Alinyemen Horizontal

a. Perhitungan Tikungan *Existing*

$$Y1 = 979,2326 ; X1 = 410,5539$$

$$Y2 = 691,1364 ; X2 = 3062,5049$$

$$Y3 = 321,2516 ; X3 = 198,6037$$

$$Y4 = 514,8994 ; X4 = 1809,8374$$

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \arctan\left(\frac{Y1}{X1}\right) \\ &= \arctan\left(\frac{979,2326}{410,5539}\right) = 67,2536^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \arctan\left(\frac{Y_2}{X_2}\right) \\ &= \arctan\left(\frac{691,1364}{3062,5049}\right) = 12,7173^\circ \\ \alpha_3 &= \arctan\left(\frac{Y_3}{X_3}\right) \\ &= \arctan\left(\frac{321,2516}{198,6037}\right) = 58,2749^\circ \\ \alpha_4 &= \arctan\left(\frac{Y_4}{X_4}\right) \\ &= \arctan\left(\frac{514,8994}{1809,8374}\right) = 15,8804^\circ\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan sudut disetiap tikungan sebesar:

$$\begin{aligned}\Delta T_1 &= \alpha_1 - \alpha_2 \\ &= 67,2536^\circ - 12,7173^\circ \\ &= 54,5363^\circ = 55^\circ \\ \Delta T_2 &= \alpha_3 - \alpha_2 \\ &= 58,2749^\circ - 12,7173^\circ \\ &= 45,5579^\circ = 46^\circ \\ \Delta T_3 &= \alpha_3 - \alpha_4 \\ &= 58,2749^\circ - 15,8804^\circ \\ &= 42,3945^\circ = 43^\circ\end{aligned}$$

b. Perhitungan Tikungan 1

1) Perhitungan dan Penentuan Jenis Tikungan:

Kelas Jalan	= I Arteri
Sudut Tikungan 1	= 54,5363°
Waktu tempuh pada Lengkung Peralihan (T)	= 3 detik
Superelevasi Maksimum (e maks)	= 10%
Superelevasi Normal (en)	= 2%
Tingkat Pencapaian Perubahan Kemiringan Melintang Jalan (m/m/detik)	

Untuk $V_r < 80$ km/jam ($e_{maks} = 0,035$ m/m/det. Maka digunakan 0,035.

Perhitungan tikungan menggunakan kecepatan rencana yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

a) Hitung Koefisien Gesekan Maksimum (f_{maks}) :

$V_r = 70$ km/jam, maka

$$\begin{aligned} f_{maks} &= 0,192 - (0,00065 \times V_r) \\ &= 0,192 - (0,00065 \times 70) \\ &= 0,1465 \end{aligned}$$

Menentukan Jari – jari Rencana (R_d) dengan menghitung Jari – jari minimum (R_{min}) :

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \\ &= \frac{70^2}{127(0,1 + 0,1465)} \\ &= 156,522 \text{ m} \end{aligned}$$

$R_d = 160$ m

b) Hitung Nilai Derajat Lengkung Maksimum (D_{maks}) :

$$\begin{aligned} D_{maks} &= \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,1465)}{70^2} \\ &= 9,151^\circ \end{aligned}$$

c) Check Apabila Tikungan Berjenis *Full Circle* (F-C), Jika $R_d < R_{min}$ (di tabel sesuai V_r), maka jenis *F-C* tidak bisa digunakan. Karena $R_d = 160$ m dan $R_{min} = 156,522$ m, maka tidak berjenis *Full Circle* (F-C)

d) Menentukan Superelevasi Desain (e_d) :

$$D_d = \frac{1432,4}{R_d} = \frac{1432,4}{160} = 8,953^\circ$$

$$e_d = \frac{V_r^2}{127 (Rd)} \times f_{maks} = \frac{70^2}{127(160)} \times 0,1465 = 0,095 \approx 9,5 \%$$

e) Dengan menghitung panjang Lengkung Peralihan dari 3 persamaan :

Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan =

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{V_r}{3,6} \times T \\ &= \frac{70}{3,6} \times 3 \text{ detik} \\ &= 58,333 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal (Ls)=

$$\begin{aligned} L_s &= \left(0,22 \frac{V_r^3}{Rd \times C} \right) - \left(2,727 \times \frac{V_r \times e_d}{C} \right) \\ &= \left(0,22 \frac{70^3}{160 \times 0,4} \right) - \left(2,727 \times \frac{70 \times 0,095}{0,4} \right) \\ &= 72,741 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian (Ls)

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{(e_{maks} - e_n) V_r}{3,6 \times re} \\ &= \frac{(0,1 - 0,02) 70}{3,6 \times 0,035} = 44,444 \text{ m} \end{aligned}$$

Digunakan Ls terbesar dan dibulatkan keatas, digunakan

$$L_s = 72,741 \text{ m}$$

f) Menghitung P check :

$$\begin{aligned} P_{check} &= \frac{L_s^2}{24 \times Rd} \\ &= \frac{72,741^2}{24 \times 160} \\ &= 1,378 \end{aligned}$$

Jika $P_{check} < 0,25$, maka jenis tikungan F-C dan tidak memerlukan Lengkung Peralihan.

Jika $P_{check} > 0,25$, maka jenis tikungan memiliki Lengkung Peralihan (S-C-S atau S-S).

g) Jika Tikungan Bukan F-C (Melainkan S-C-S atau S-S) :

Menentukan Sudut Lengkung Peralihan/Spiral (θ_s) :

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{L_s \times 360}{4 \times \pi \times R_d} \\ &= \frac{72,741 \times 360}{4 \times \pi \times 160} \\ &= 13,024^\circ\end{aligned}$$

Menentukan Sudut Lengkung Lingkaran/Circle (θ_c) :

$$\begin{aligned}\theta_c &= \Delta I - (2 \times \theta_s) \\ &= 54,5363 - (2 \times 13,024) \\ &= 28,488^\circ\end{aligned}$$

Menentukan Panjang Lengkung Lingkaran/Circle (LC) :

$$\begin{aligned}L_c &= \frac{\theta_c \times \pi \times R_d}{180} \\ &= \frac{28,488 \times \pi \times 160}{180} \\ &= 79,553 \text{ m}\end{aligned}$$

h) Check Apakah Tikungan Berjenis S-C-S atau S-S :

Syarat tikungan S-C-S jika $\theta_c > 0^\circ$, dan $L_c > 25 \text{ m}$.

Jika semua syarat dibawah terpenuhi, maka tikungan berjenis S-C-S.

$$\theta_c = 28,488^\circ > 0^\circ$$

$$L_c = 79,553 \text{ m} < 20 \text{ m}$$

Maka, tikungan 1 menggunakan tikungan S-C-S.

i) Perhitungan tikungan 1 menggunakan jenis S-C-S

$$\theta_s = 13,024^\circ$$

$$L_c = 79,553^\circ$$

$$L_s = 72,741^\circ$$

$$\begin{aligned}X_s &= L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_d^2}\right) \\ &= 72,741 \times \left(1 - \frac{72,741^2}{40 \times 160^2}\right) \\ &= 72,365 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_s &= \left(\frac{L_s^2}{6 \times R_d} \right) \\
 &= \left(\frac{72,741^2}{6 \times 160} \right) \\
 &= 5,512 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p &= Y_s - R_d \times (1 - \cos \theta_s) \\
 &= 5,512 - 160 \times (1 - \cos 13,024) \\
 &= 1,396 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= X_s - R_d \sin \theta_s \\
 &= 72,365 - 160 \sin 13,024 \\
 &= 36,307 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TS &= (R_d + p) \times \left\{ \tan\left(\frac{1}{2} \times \Delta I\right) \right\} + k \\
 &= (160 + 1,396) \times \left\{ \tan\left(\frac{1}{2} \times 54,5363\right) \right\} + 36,307 \\
 &= 119,496 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= \frac{R_d + p}{\cos\left(\frac{1}{2} \Delta I\right)} - R_d \\
 &= \frac{160 + 1,396}{\cos\left(\frac{1}{2} \times 54,5363\right)} - 160 \\
 &= 21,574 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= L_c + (2 \times L_s) \\
 &= 79,553 + (2 \times 72,741) \\
 &= 225,035 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Tikungan 2

1) Perhitungan dan Penentuan Jenis Tikungan:

Kelas Jalan = I

Sudut Tikungan 2 = 45,558°

Waktu tempuh pada Lengkung Peralihan (T) = 3 detik

Superelevasi Maksimum (e maks) = 10%

Superelevasi Normal (en) = 2%

Tingkat Pencapaian Perubahan Kemiringan Melintang Jalan (m/m/detik)

Untuk $V_r < 80$ km/jam (re maks) = 0,035 m/m/det. Maka digunakan = 0,035.

Perhitungan tikungan menggunakan kecepatan rencana yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

a) Hitung Koefisien Gesekan Maksimum (f_{maks}) :

$V_r = 70$ km/jam, maka

$$\begin{aligned} f_{maks} &= 0,192 - (0,00065 \times V_r) \\ &= 0,192 - (0,00065 \times 70) \\ &= 0,1465 \end{aligned}$$

Menentukan Jari – jari Rencana (Rd) dengan menghitung Jari – jari minimum (R_{min}) :

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \\ &= \frac{70^2}{127(0,1 + 0,1465)} \\ &= 156,522 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_d = 160 \text{ m}$$

b) Hitung Nilai Derajat Lengkung Maksimum (D_{maks}) :

$$\begin{aligned} D_{maks} &= \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,1465)}{70^2} \\ &= 9,151^\circ \end{aligned}$$

c) Check Apabila Tikungan Berjenis *Full Circle* (F-C), Jika $R_d < R_{min}$ (di tabel sesuai V_r), maka jenis *F-C* tidak bisa digunakan. Karena R_d

= 160 m dan $R_{min} = 156,522$ m, maka tidak berjenis *Full Circle (F-C)*

d) Menentukan Superelevasi Desain (e_d) :

$$D_d = \frac{1432,4}{R_d} = \frac{1432,4}{160} = 8,953^\circ$$

$$e_d = \frac{Vr^2}{127(R_d)} \times f_{maks} = \frac{70^2}{127(160)} \times 0,1465 = 0,095 \approx 9,5\%$$

e) Dengan menghitung panjang Lengkung Peralihan dari 3 persamaan :

Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan =

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{Vr}{3,6} \times T \\ &= \frac{70}{3,6} \times 3 \text{ detik} \\ &= 58,333 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal (L_s)=

$$\begin{aligned} L_s &= \left(0,22 \frac{Vr^3}{R_d \times C}\right) - \left(2,727 \times \frac{Vr \times e_d}{C}\right) \\ &= \left(0,22 \frac{70^3}{160 \times 0,4}\right) - \left(2,727 \times \frac{70 \times 0,095}{0,4}\right) \\ &= 72,741 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian (L_s)

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{(e_{maks} - e_n)Vr}{3,6 \times re} \\ &= \frac{(0,1 - 0,02)70}{3,6 \times 0,035} = 44,444 \text{ m} \end{aligned}$$

Digunakan L_s terbesar dan dibulatkan keatas, digunakan

$$L_s = 72,741 \text{ m}$$

f) Menghitung P check :

$$\begin{aligned} P_{check} &= \frac{L_s^2}{24 \times R_d} \\ &= \frac{72,741^2}{24 \times 160} \\ &= 1,378 \end{aligned}$$

Jika $P_{check} < 0,25$, maka jenis tikungan F-C dan tidak memerlukan Lengkung Peralihan.

Jika $P_{check} > 0,25$, maka jenis tikungan memiliki Lengkung Peralihan (S-C-S atau S-S).

g) Jika Tikungan Bukan F-C (Melainkan S-C-S atau S-S) :

Menentukan Sudut Lengkung Peralihan/Spiral (θ_s) :

$$\begin{aligned}\theta_s &= \frac{L_s \times 360}{4 \times \pi \times R_d} \\ &= \frac{72,741 \times 360}{4 \times \pi \times 160} \\ &= 13,024^\circ\end{aligned}$$

Menentukan Sudut Lengkung Lingkaran/Circle (θ_c) :

$$\begin{aligned}\theta_c &= \Delta I - (2 \times \theta_s) \\ &= 45,558 - (2 \times 13,024) \\ &= 19,509^\circ\end{aligned}$$

Menentukan Panjang Lengkung Lingkaran/Circle (LC) :

$$\begin{aligned}L_c &= \frac{\theta_c \times \pi \times R_d}{180} \\ &= \frac{19,509 \times \pi \times 160}{180} \\ &= 54,480 \text{ m}\end{aligned}$$

h) Check Apakah Tikungan Berjenis S-C-S atau S-S :

Syarat tikungan S-C-S jika $\theta_c > 0^\circ$, dan $L_c > 25 \text{ m}$.

Jika semua syarat dibawah terpenuhi, maka tikungan berjenis S-C-S.

$$\theta_c = 19,509^\circ > 0^\circ$$

$$L_c = 54,480 \text{ m} > 25 \text{ m}$$

Maka, tikungan 2 menggunakan tikungan S-C-S.

i) Perhitungan tikungan 2 menggunakan jenis S-C-S

$$\theta_s = 13,024^\circ$$

$$L_c = 54,480 \text{ m}$$

$$L_s = 72,741 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
X_s &= L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_d^2}\right) \\
&= 72,741 \times \left(1 - \frac{72,741^2}{40 \times 160^2}\right) \\
&= 72,365 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y_s &= \left(\frac{L_s^2}{6 \times R_d}\right) \\
&= \left(\frac{72,741^2}{6 \times 160}\right) \\
&= 5,512 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
p &= Y_s - R_d \times (1 - \cos \theta_s) \\
&= 5,512 - 160 \times (1 - \cos 13,024) \\
&= 1,396 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
k &= X_s - R_d \sin \theta_s \\
&= 72,365 - 160 \sin 13,024 \\
&= 36,307 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
TS &= (R_d + p) \times \left\{ \tan\left(\frac{1}{2} \times \Delta I\right) \right\} + k \\
&= (160 + 1,396) \times \left\{ \tan\left(\frac{1}{2} \times 45,558\right) \right\} + 36,307 \\
&= 104,081 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_s &= \frac{R_d + p}{\cos\left(\frac{1}{2} \Delta I\right)} - R_d \\
&= \frac{160 + 1,396}{\cos\left(\frac{1}{2} \times 45,558\right)} - 160 \\
&= 15,048 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_{\text{total}} &= L_c + (2 \times L_s) \\
&= 54,480 + (2 \times 72,741) \\
&= 199,962 \text{ m}
\end{aligned}$$

c. Perhitungan Tikungan 3

1) Perhitungan dan Penentuan Jenis Tikungan:

Kelas Jalan	= I
Sudut Tikungan 3	= 42,395°
Waktu tempuh pada Lengkung Peralihan (T)	= 3 detik
Superelevasi Maksimum (e maks)	= 10%
Superelevasi Normal (en)	= 2%

Tingkat Pencapaian Perubahan Kemiringan Melintang Jalan (m/m/detik)
Untuk $V_r < 80$ km/jam (e_{maks}) = 0,035 m/m/det. Maka digunakan = 0,035.

Perhitungan tikungan menggunakan kecepatan rencana yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

a) Hitung Koefisien Gesekan Maksimum (f_{maks}) :

$V_r = 70$ km/jam, maka

$$\begin{aligned}f_{maks} &= 0,192 - (0,00065 \times V_r) \\ &= 0,192 - (0,00065 \times 70) \\ &= 0,1465\end{aligned}$$

Menentukan Jari – jari Rencana (R_d) dengan menghitung Jari – jari minimum (R_{min}) :

$$\begin{aligned}R_{min} &= \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \\ &= \frac{70^2}{127(0,1 + 0,1465)} \\ &= 156,522 \text{ m}\end{aligned}$$

$$R_d = 160 \text{ m}$$

b) Hitung Nilai Derajat Lengkung Maksimum (D_{maks}) :

$$\begin{aligned}
D_{\text{maks}} &= \frac{181913,53 (e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})}{Vr^2} \\
&= \frac{181913,53 (0,1 + 0,1465)}{70^2} \\
&= 9,151^\circ
\end{aligned}$$

c) Check Apabila Tikungan Berjenis *Full Circle* (F-C), Jika $R_d < R_{\text{min}}$ (di tabel sesuai V_r), maka jenis *F-C* tidak bisa digunakan. Karena $R_d = 160$ m dan $R_{\text{min}} = 156,522$ m, maka tidak berjenis *Full Circle* (F-C)

d) Menentukan Superelevasi Desain (e_d) :

$$\begin{aligned}
D_d &= \frac{1432,4}{R_d} = \frac{1432,4}{160} = 8,953^\circ \\
e_d &= \frac{Vr^2}{127 (R_d)} \times f_{\text{maks}} = \frac{70^2}{127(160)} \times 0,1465 = 0,095 \approx 9,5\%
\end{aligned}$$

e) Dengan menghitung panjang Lengkung Peralihan dari 3 persamaan :

Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan =

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{Vr}{3,6} \times T \\
&= \frac{70}{3,6} \times 3 \text{ detik} \\
&= 58,333 \text{ m}
\end{aligned}$$

Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal (L_s)=

$$\begin{aligned}
L_s &= \left(0,22 \frac{Vr^3}{R_d \times C} \right) - \left(2,727 \times \frac{Vr \times e_d}{C} \right) \\
&= \left(0,22 \frac{70^3}{160 \times 0,4} \right) - \left(2,727 \times \frac{70 \times 0,095}{0,4} \right) \\
&= 72,741 \text{ m}
\end{aligned}$$

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian (L_s)

$$\begin{aligned}
L_s &= \frac{(e_{\text{maks}} - e_n) Vr}{3,6 \times re} \\
&= \frac{(0,1 - 0,02) 70}{3,6 \times 0,035} = 44,444 \text{ m}
\end{aligned}$$

Digunakan L_s terbesar dan dibulatkan keatas, digunakan

$$L_s = 72,741 \text{ m}$$

f) Menghitung P check :

$$\begin{aligned} P_{check} &= \frac{Ls^2}{24 \times Rd} \\ &= \frac{72,741^2}{24 \times 160} \\ &= 1,378 \end{aligned}$$

Jika $P_{check} < 0,25$, maka jenis tikungan F-C dan tidak memerlukan Lengkung Peralihan.

Jika $P_{check} > 0,25$, maka jenis tikungan memiliki Lengkung Peralihan (S-C-S atau S-S).

g) Jika Tikungan Bukan F-C (Melainkan S-C-S atau S-S) :

Menentukan Sudut Lengkung Peralihan/Spiral (θ_s) :

$$\begin{aligned} \theta_s &= \frac{Ls \times 360}{4 \times \pi \times Rd} \\ &= \frac{72,741 \times 360}{4 \times \pi \times 160} \\ &= 13,024^\circ \end{aligned}$$

Menentukan Sudut Lengkung Lingkaran/Circle (θ_c) :

$$\begin{aligned} \theta_c &= \Delta I - (2 \times \theta_s) \\ &= 42,395 - (2 \times 13,024) \\ &= 16,346^\circ \end{aligned}$$

Menentukan Panjang Lengkung Lingkaran/Circle (LC) :

$$\begin{aligned} Lc &= \frac{\theta_c \times \pi \times Rd}{180} \\ &= \frac{16,346 \times \pi \times 160}{180} \\ &= 45,647 \text{ m} \end{aligned}$$

h) Check Apakah Tikungan Berjenis S-C-S atau S-S :

Syarat tikungan S-C-S jika $\theta_c > 0^\circ$, dan $Lc > 25 \text{ m}$.

Jika semua syarat dibawah terpenuhi, maka tikungan berjenis S-C-S.

$$\theta_c = 16,346^\circ > 0^\circ$$

$$Lc = 45,647 \text{ m} < 20 \text{ m}$$

Maka, tikungan 3 menggunakan tikungan S-C-S.

i) Perhitungan tikungan 3 menggunakan jenis S-C-S

$$\theta_s = 13,024^\circ$$

$$L_c = 45,647^\circ$$

$$L_s = 72,741^\circ$$

$$\begin{aligned} X_s &= L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_d^2}\right) \\ &= 72,741 \times \left(1 - \frac{72,741^2}{40 \times 160^2}\right) \\ &= 72,365 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_s &= \left(\frac{L_s^2}{6 \times R_d}\right) \\ &= \left(\frac{72,741^2}{6 \times 160}\right) \\ &= 5,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= Y_s - R_d \times (1 - \cos \theta_s) \\ &= 5,512 - 160 \times (1 - \cos 13,024) \\ &= 1,396 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= X_s - R_d \sin \theta_s \\ &= 72,365 - 160 \sin 13,024 \\ &= 36,307 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TS &= (R_d + p) \times \left\{ \tan\left(\frac{1}{2} \times \Delta I\right) \right\} + k \\ &= (160 + 1,396) \times \left\{ \tan\left(\frac{1}{2} \times 42,395\right) \right\} + 36,307 \\ &= 98,899 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_s &= \frac{R_d + p}{\cos\left(\frac{1}{2} \Delta I\right)} - R_d \\ &= \frac{160 + 1,396}{\cos\left(\frac{1}{2} \times 42,395\right)} - 160 \\ &= 13,108 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{total}} &= L_c + (2 \times L_s) \\ &= 45,647 + (2 \times 72,741) \end{aligned}$$

$$= 191,129 \text{ m}$$

3. Jarak Pandang

a. Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti adalah jumlah dua jarak, dimana jarak yang dilintasi kendaraan sejak saat pengemudi melihat suatu obyek yang menyebabkan dia harus berhenti sampai saat rem di injak dan jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak penggunaan rem dimulai. Jarak pandang henti minimum untuk kecepatan tertentu dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut :

Tabel 5.1 Jarak pandang minimum

Vr, km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber : Bina Marga, 1997

- 1) Perhitungan berdasarkan kecepatan rencana yaitu 70 km/jam, waktu sadar (T = 3 detik) dan koefisien gesek antara roda dengan jalan (f = 0,4)

$$\begin{aligned}
 Jh \text{ rencana} &= \frac{Vr}{3,6} \times T + \frac{\left(\frac{Vr}{3,6}\right)^2}{2gf} \\
 &= \frac{70}{3,6} \times 3 + \frac{\left(\frac{70}{3,6}\right)^2}{2 \times 9,8 \times 0,4} = 106,559 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2) Perhitungan berdasarkan kecepatan operasional

a) Arah Utara-Selatan pada Km 17

Dari perhitungan *spot speed* didapat kecepatan operasional 62,20 km/jam dengan waktu sadar $T = 3$ detik dengan koefisien gesek antara roda dengan jalan ($f = 0,4$)

$$\begin{aligned} Jh \text{ jalan} &= \frac{Vr}{3,6} \times T + \frac{\left(\frac{Vr}{3,6}\right)^2}{2gf} \\ &= \frac{62,20}{3,6} \times 3 + \frac{\left(\frac{62,20}{3,6}\right)^2}{2 \times 9,8 \times 0,4} = 89,910 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari kedua perhitungan di atas dapat disimpulkan jarak pandang henti rencana adalah 106,559 m dan jarak pandang henti operasional untuk segmen Jalan Yogyakarta-Wates Km 17 adalah 89,910 m. Hal ini berarti jarak pandang henti di jalan aman, Karena jarak pandang henti operasional lebih kecil dari jarak pandang henti rencana.

b. Jarak Pandang Menyiap

Jarak pandang menyiap adalah panjang bagian suatu jalan yang diperlukan oleh pengemudi suatu kendaraan untuk melakukan gerakan menyiap kendaraan lain yang lebih lambat dan aman.

- 1) Perhitungan berdasarkan kecepatan rencana yaitu 70 km/jam perbedaaan kecepatan yang menyiap dan disiap (m) yaitu 15 km/jam.

$$a = 2,052 + 0,0036 Vr$$

$$= 2,052 + 0,0036 \times 70$$

$$= 2,304$$

$$t1 = 2,12 + 0,026 Vr$$

$$= 2,12 + 0,026 \times 70$$

$$= 3,94$$

$$t2 = 6,56 + 0,048 Vr$$

$$= 6,56 + 0,048 \times 70$$

$$= 9,92$$

$$d1 = 0,278 \times t1 \times (Vr - m + \frac{a \times t1}{2})$$

$$= 0,278 \times 3,94 \times (70 - 15 + \frac{2,304 \times 3,94}{2})$$

$$= 65,214$$

$$d2 = 0,278 Vr \times t2$$

$$= 0,278 \times 70 \times 9,92$$

$$= 193,043$$

$$d3 = 55 \text{ (diambil dari rentang } 30 - 100)$$

$$d4 = \frac{2}{3} \times d2$$

$$= \frac{2}{3} \times 193,043$$

$$= 128,695$$

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4$$

$$= 65,214 + 193,043 + 55 + 128,695$$

$$= 441,952 \text{ m}$$

2) Perhitungan berdasarkan kecepatan operasional

a) Arah Utara – Selatan pada Km 17 dari perhitungan *spot speed* didapat kecepatan operasional 62,20 km/jam

$$a = 2,052 + 0,0036 Vr$$

$$= 2,052 + 0,0036 \times 62,20$$

$$= 2,28$$

$$t1 = 2,12 + 0,026 Vr$$

$$= 2,12 + 0,026 \times 62,20$$

$$= 3,74$$

$$t2 = 6,56 + 0,048 Vr$$

$$= 6,56 + 0,048 \times 62,20$$

$$= 9,55$$

$$d1 = 0,278 \times t1 \times \left(Vr - m + \frac{a \times t1}{2} \right)$$

$$= 0,278 \times 3,74 \times (62,20 - 15 + \frac{2,28 \times 3,74}{2})$$

$$= 53,508$$

$$d2 = 0,278 V_r \times t^2$$

$$= 0,278 \times 62,20 \times 9,55$$

$$= 165,135$$

$$d3 = 55 \text{ (diambil dari rentang } 30 - 100)$$

$$d4 = \frac{2}{3} \times d2$$

$$= \frac{2}{3} \times 165,135$$

$$= 110,09$$

$$Jd = d1 + d2 + d3 + d4$$

$$= 53,508 + 165,135 + 55 + 110,09$$

$$= 383,733 \text{ m}$$

Dari kedua perhitungan di atas dapat disimpulkan yaitu jarak pandang menyiap rencana adalah 441,952 m sedangkan jarak pandang menyiap operasional untuk segmen jalan Yogyakarta-Wates Km 17 dari arah Utara ke Selatan adalah 383,733 m. Hal ini berarti jarak pandang menyiap di jalan aman Karena jarak pandang menyiap di jalan nilainya lebih kecil dari pada jarak pandang menyiap rencana.

4. Perhitungan pelebaran perkerasan pada tikungan :

$$\begin{aligned}
 b'' &= R_d - \sqrt{R_d^2 - P^2} \\
 &= 160 - \sqrt{160^2 - 18,9^2} \\
 &= 1,1202 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b' &= b + b'' \\
 &= 2,6 + 1,1202 \\
 &= 3,7202 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_d &= \sqrt{R_d^2 + A(2P + A)} - R_d \\
 &= \sqrt{160^2 + 1,2(2 \times 18,9 + 1,2)} - 160 \\
 &= 0,146 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= 0,105 \times \frac{V_r}{\sqrt{R_d}} \\
 &= 0,105 \times \frac{70}{\sqrt{160}} \\
 &= 0,5810
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_c &= n(b' + c) + (n+1)T_d + Z \\
 &= 4 \times (3,7202 + 0,9) + (4+1) \times 0,146 + 0,5810 \\
 &= 19,7918 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Lebar perkerasan pada jalan lurus $4 \times 3 = 12 \text{ m}$.

$$\begin{aligned}
 \text{Ternyata } W_c &> 12 \text{ m} \\
 &= 19,7918 \text{ m} > 12 \text{ m.} \\
 &= 19,7918 - 12 \text{ m} \\
 &= 7,7918 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Karena $W_c > W_n$, maka diperlukan pelebaran perkerasan pada tikungan sebesar 7,7918 m.

B. Analisis Kondisi Struktur Perkerasan Jalan

1. Perhitungan Kondisi Struktur Perkerasan Jalan dengan Metode *Pavement Condition Index (PCI)*

Pengumpulan data kerusakan pada ruas Jalan Yogyakarta – Wates Km 15 sampai dengan Km 19, Sentolo, Kulonprogo sepanjang 4000 m yang dilakukan melalui survei kondisi permukaan jalan survei dilakukan secara visual yang dibantu dengan peralatan sederhana dengan membagi ruas jalan beberapa segmen dan setiap segmen berjarak 500 m.

Dari hasil pengamatan visual di lapangan diperoleh luas kerusakan, kedalaman ataupun lebar retak yang nantinya dipergunakan untuk menentukan kelas kerusakan jalan. Densitas kerusakan ini dipengaruhi oleh kuantitas tiap jenis kerusakan dan luas segmen jalan yang ditinjau. Langkah – langkah perhitungan dengan metode PCI adalah sebagai berikut :

a. Membuat Peta Kerusakan Jalan

Peta kerusakan jalan dibuat berdasarkan *walkround survey* sehingga diperoleh luas kerusakan, kedalaman ataupun lebar retak yang nantinya dipergunakan untuk menentukan kelas kerusakan.

b. Membuat Catatan Kondisi dan Jenis Kerusakan Jalan

Catatan kondisi dan jenis kerusakan jalan berupa tabel yang berisi jenis, dimensi, tingkat dan lokasi terjadinya kerusakan. Tabel catatan kondisi dan jenis kerusakan jalan merupakan dokumentasi dari kondisi jalan pada masing-masing segmen dan berguna untuk lebih memudahkan pada saat memasukkan data-data kerusakan jalan tersebut ke dalam Tabel PCI. Dari hasil pengamatan di lapangan pada ruas Jalan Yogyakarta – Wates Km 15 sampai dengan Km 19, Sentolo, Kulonprogo yang berjarak 4000 m. catatan kondisi dan jenis kerusakan jalan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.2 Catatan Kondisi dan Hasil Pengukuran Kerusakan Jalan

SURVEI PEMELIHARAAN JALAN						
CATATAN KONDISI DAN HASIL PENGUKURAN						
Ruas Jalan	: Yogyakarta - Wates Km 15 - Km 19			Cuaca		: Cerah
Panjang Jalan	: 4000 m			Hari/Tanggal		: Jumat, 10 Maret 2017
Lebar Jalan	: 12 m			Surveyor		: Tim
STA (Km)	Tingkat Kerusakan	Ukuran				Jenis Kerusakan
		P (m)	L (m)	D (m)	A (m ²)	
15+000 s/d 15+500	M	10				Pinggiran Jalan Turun
	M	8				Pinggiran Jalan Turun
15+500 s/d 16+000	M	12				Pinggiran Jalan Turun
16+000 s/d 16+500	M	3	0.6		1.8	Retak Kulit Buaya
	M	2.5	0.8		2	Retak Kulit Buaya
16+500 s/d 17+000	L	8				Tambalan
	M	5				Tambalan
	L	9				Tambalan
	M	6	1.5		9	Sungkur
17+000 s/d 17+500	M	6				Pinggiran Jalan Turun
17+500 s/d 18+000	L	6	0.8		4.8	Retak Kulit Buaya
	M	3				Retak Memanjang
	M	6	1.5		9	Sungkur
	M	1				Lubang
18+000 s/d 18+500	M	8				Retak Memanjang
18+500 s/d 19+000	M	5	0.5		2.5	Retak Kulit Buaya
	M	4	0.5		2	Retak Kulit Buaya
	M	4	0.5		2	Retak Kulit Buaya
	M	6	0.5		3	Retak Kulit Buaya
	M	6				Pinggiran Jalan Turun
	M	1				Lubang
	M	8	2		16	Sungkur
L	6	1		6	Pelepasan Butir	

Keterangan : P = Panjang

L = Lebar

D = Kedalaman

Kemudian memasukkan nilai-nilai luasan kerusakan dari catatan kondisi dan hasil pengukuran pada Tabel 5.4 ke dalam Tabel 5.5, (Tabel PCI), misalnya untuk Km 16+500 s/d Km 17+000, Tabel PCI adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 5.5. perhitungan selengkapnya ditunjukkan pada lampiran.

Tabel 5.3 Formulir survei PCI

<i>AIRFIELD ASPHALT PAVEMENT SKETCH :</i>						<i>SKETCH :</i>				
<i>CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT</i>						P = 4000 m				
						L = 12 m				
1. Retak buaya	(m ²)	9. Pinggir Jalan Turun Vertikal	(m)	17 Patah Slip	(m ²)					
2. Kegemukan	(m ²)	10 Retak Memanjang/Melintang	(m)	18 Mengembang Jembul	(m ²)					
3. Retak Kotak-Kotak	(m ²)	11. Tambalan	(m)	19 Pelepasan Butir	(m ²)					
4. Cekungan	(m)	12. Pengausan Agregat	(m)							
5. Keriting	(m ²)	13 Lubang	(count)							
6. Amblas	(m ²)	14 Perpotongan Rel	(m ²)							
7. Retak Pinggir	(m)	15 Alur (Rutting)	(m ²)							
8. Retak Sambung	(m)	16 Sungkur	(m ²)							
STA	<i>Distress</i>	<i>QUANTITY</i>					TOTAL	<i>DENSITY</i>	<i>DEDUCT</i>	TOTAL
	<i>Severity</i>							(%)	VALUE	(DV)
16+500 s/d 17+000	11 M	5				5	0.08	5	9	
	11 L	8	9			17	0.28	4		
	16 M	9				9	0.15	0		

c. Menghitung nilai kondisi perkerasan

- 1) Jumlahkan tipe kerusakan pada setiap tingkat keparahan kerusakan yang terlihat, dan catat kerusakan pada kolom “total”.

Pada STA 16+500 s/d 17+000 terjadi kerusakan sebagai berikut :

- a) Tambalan (M) = 5 m
- b) Tambalan (L) = 8 + 9 = 17 m
- c) Sungkur (M) = 9 m²

- 2) Menghitung Densitas

Sesuai dengan rumus (3.34) pada BAB III, maka di dapat nilai densitas

Pada STA 16+500 s/d 17+000 terjadi kerusakan sebagai berikut :

- a) Tambalan (M) = $\frac{5}{12 \times 500} \times 100\% = 0,08 \%$
- b) Tambalan (L) = $\frac{17}{12 \times 500} \times 100\% = 0,28 \%$

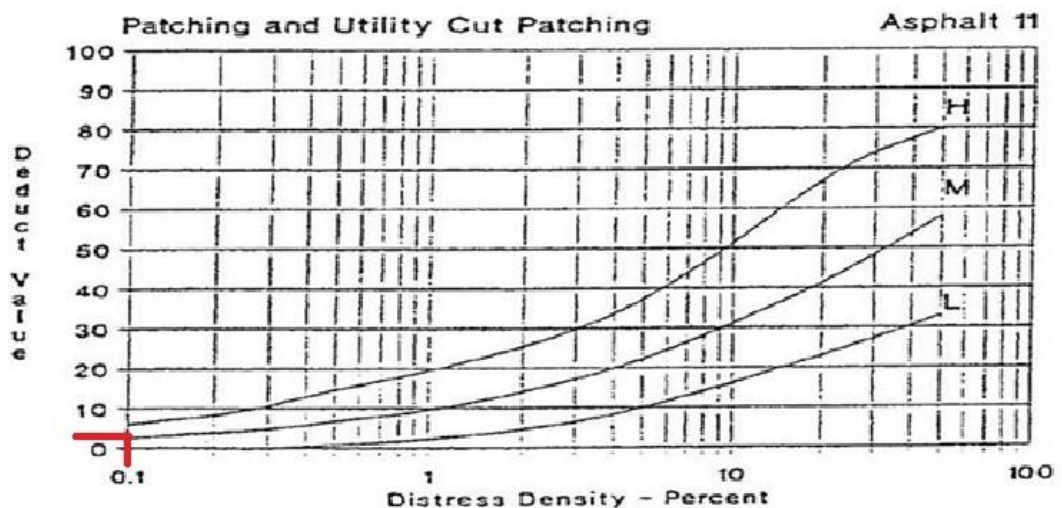
c) Sungkur (M)
$$= \frac{9}{12 \times 500} \times 100\% = 0,15 \%$$

3) Mencari *deduct value* (DV)

Mencari *deduct value* (DV) yang berupa grafik jenis-jenis kerusakan. Adapun cara untuk menentukan DV, yaitu dengan memasukkan persentase densitas pada grafik masing-masing jenis kerusakan kemudian menarik garis vertikal sampai memotong tingkat kerusakan (low, medium, atau hard), selanjutnya pada titik potong tersebut ditarik garis horisontal dan akan didapat nilai *deduct value* (DV).

Maka nilai *deduct value* (DV) pada STA 16+500 s/d 17+000 adalah sebagai berikut :

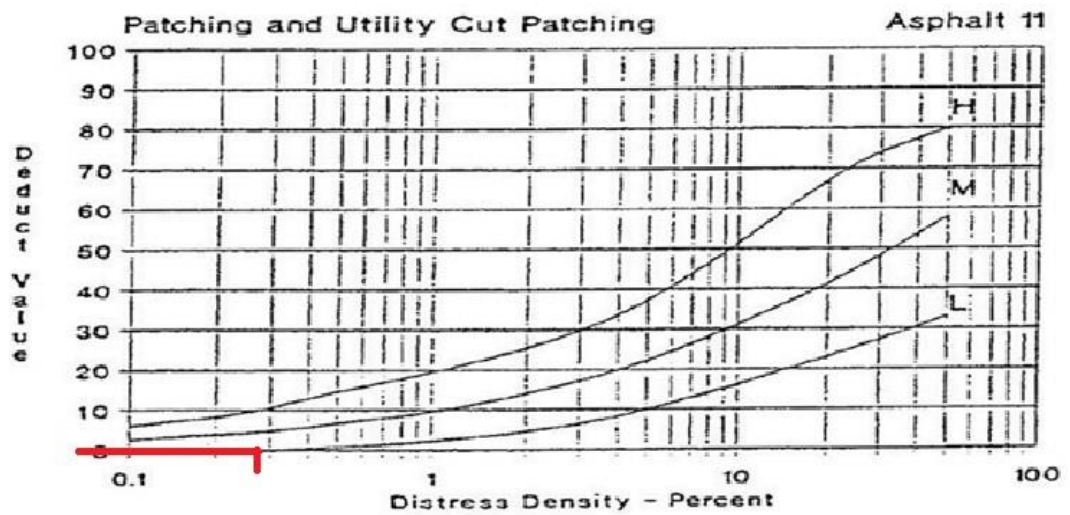
1. Tambalan (M)



Gambar 5.1 Grafik Deduct Value Tambalan

Dari grafik tersebut di dapat nilai *deduct value* untuk jenis kerusakan retak memanjang adalah 5.

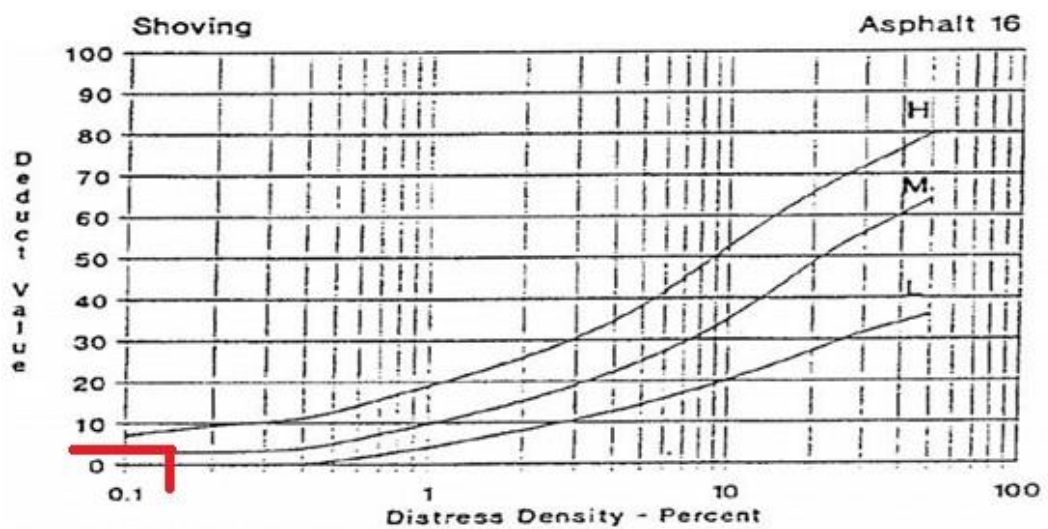
2. Tambalan (L)



Gambar 5.2 Grafik *Deduct Value* Tambalan

Dari grafik tersebut di dapat nilai *deduct value* untuk jenis kerusakan retak memanjang adalah 0.

3. Sungkur (M)



Gambar 5.3 Grafik *Deduct Value* Sungkur

Dari grafik tersebut di dapat nilai *deduct value* untuk jenis kerusakan sungkur adalah 4.

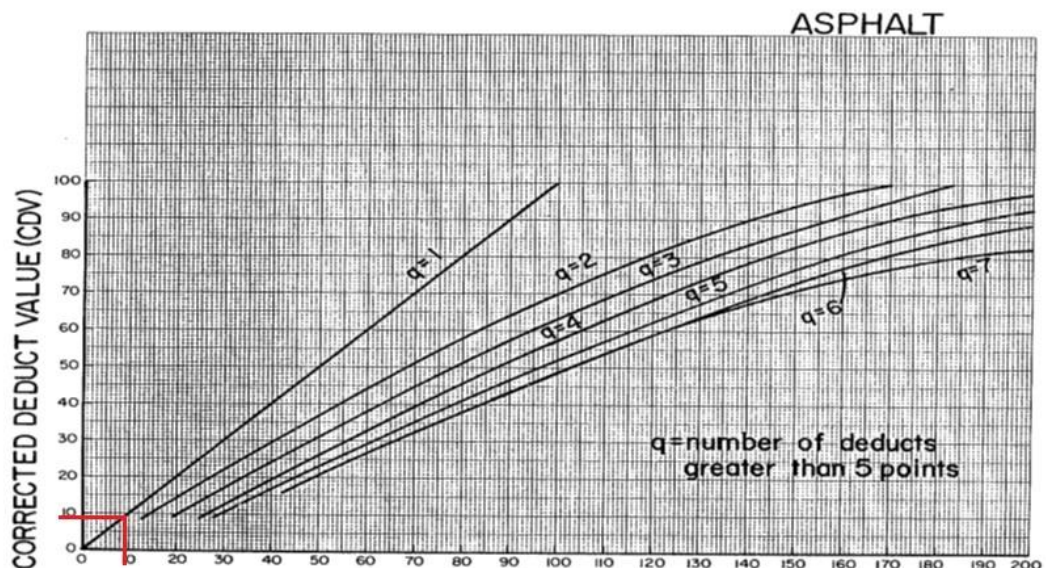
4) Mencari *corrected deduct value* (CDV)

Dari hasil *deduct value* (DV) untuk mendapatkan nilai CDV dengan jalan memasukkan nilai DV ke grafik CDV dengan cara menarik garis vertikal pada nilai DV sampai memotong garis q kemudian di Tarik garis horisontal. Nilai q merupakan jumlah masukan dengan DV. Segmen STA 16+500 s/d 17+000 total deduct value 9, q = 1 maka dari grafik CDV seperti pada Gambar 5.6 diperoleh nilai CDV = 9. Contoh perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.4 Perhitungan *Corrected Deduct Value*

STA	Deduct Value (DV)				Total	Q	CDV
16+500 s/d 17+000	5	4	0		9	1	9

Dari hasil Tabel 5.4 kemudian nilai dimasukkan ke Grafik *Total Deduct Value* (TDV) seperti pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Corrected Deduct Value STA 16+500 s/d 17+000

Pada gambar 5.4 dapat dilihat nilai pengurangan terkoreksi maksimum *Corrected Deduct Value* (CDV) pada sta 16+500 s/d 17+000 adalah 9.

5) Menghitung nilai kondisi struktur perkerasan

Untuk menghitung nilai kondisi struktur perkerasan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) sesuai dengan rumus 3.44, maka nilai PCI pada sta 16+500 s/d 17+000 adalah sebagai berikut :

$$PCI = 100 - 9 = 91$$

Dari nilai diatas berdasarkan Gambar 3.39 maka dapat di kategorikan bahwa pada sta 16+500 s/d 17+000 masih dalam kondisi yang sempurna (*excellent*).

d. Rekapitulasi Kondisi Struktur Perkerasan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan diatas, maka di dapat nilai rata-rata kondisi perkerasan yang diteliti seperti pada Tabel 5.7.

Tabel 5.5 Kualitas Struktur Perkerasan Tiap Segmen

No	STA (Km)	CDV	PCI	Keterangan
		maks	100-CDV	
1	15+000 s/d 15+500	0	100	Sempurna
2	15+500 s/d 16+000	0	100	Sempurna
3	16+000 s/d 16+500	8	92	Sempurna
4	16+500 s/d 17+000	9	91	Sempurna
5	17+000 s/d 17+500	0	100	Sempurna
6	17+500 s/d 18+000	16	84	Baik
7	18+000 s/d 18+500	0	100	Sempurna
8	18+500 s/d 19+000	16	84	Baik
Total			751	Sempurna
			8	

Perhitungan nilai rata-rata PCI menggunakan rumus (3.37) , maka didapat nilai rata-rata PCI pada Jalan Yogyakarta-Wates Km 15-19 sepanjang 4000 m adalah sebagai berikut :

$$\frac{\sum PCI}{\text{jumlah segmen}} = \frac{751}{8} = 93,8 \text{ (Sempurna)}$$

Maka dapat ditarik kesimpulan nilai struktur perkerasan yang ada di Jalan Yogyakarta-Wates Km 15-19 rata-rata Sempurna (*excellent*).

C. Analisis Perlengkapan Jalan

Tingginya tingkat kecelakaan lalu lintas, maka perlu dilakukannya Inspeksi Keselamatan Jalan untuk mengurangi tingkat kecelakaan pada ruas Jalan Yogyakarta - Wates Km 15-22. Hasil analisis didapatkan dari survei atau temuan pada lokasi penelitian yaitu Jalan Yogyakarta – Wates Km 15-22. Analisis difokuskan pada identifikasi fasilitas lalu lintas berupa marka, perambuan, dan penerangan jalan sebagai pendukung jalan yang dianggap berpotensi mengakibatkan kecelakaan lalu lintas melalui suatu konsep pemeriksaan jalan yang komprehensif, sistematis dan independen.

Analisis hasil temuan yang ada di lokasi penelitian akan difokuskan pada hasil temuan yang berindikasi jawaban Tidak (T) serta identifikasi bagian-bagian desain jalan dan fasilitas pendukung lain yang dianggap kurang memenuhi standar atau persyaratan teknis. Selanjutnya membuat kesimpulan dan saran dari hasil Inspeksi pada daerah studi. Hasil Inspeksi dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.6 Hasil Inspeksi Perlengkapan Jalan

Daftar Pemeriksa 1	Kondisi Umum		
	Positif	Negatif	Keterangan
1. Rambu Lalu Lintas	a) Tersedia	a) Belum sesuai penempatan. b) Belum memenuhi standar. c) Belum sesuai dengan peraturan yang berlaku. d) Mengalami kerusakan.	Rambu lalu lintas tersedia tetapi belum memenuhi standar belum sesuai dalam penempatan, belum sesuai dengan peraturan dan beberapa rambu mengalami kerusakan.
2. Marka Jalan	a) Tersedia	a) Terdapat kesalahan	Marka jalan tersedia dan memenuhi standar tetapi masih

Daftar Pemeriksa 1	Kondisi Umum		
	Positif	Negatif	Keterangan
	b) Sudah memenuhi standar	penempatan marka. b) Belum sesuai dengan peraturan yang berlaku. c) Mengalami kerusakan.	terdapat kesalahan dalam penempatan marka jalan serta banyak mengalami kerusakan marka menerus pada daerah tikungan.
3. Lampu Penerangan Jalan	a) Tersedia	a) Belum sesuai penempatan. b) Belum memenuhi standar. c) Belum sesuai dengan peraturan yang berlaku. d) Mengalami kerusakan.	Lampu penerangan jalan tersedia akan tetapi kondisinya banyak mengalami kerusakan dan hanya terdapat pada titik-titik tertentu sehingga dinyatakan belum memenuhi standar dan belum sesuai dengan peraturan yang berlaku. Adapun banyak titik yang harusnya memiliki lampu penerangan jalan.

Tabel 5.7 Perbandingan Antara Kondisi Positif dan Negatif

Daftar Periksa	Perbandingan Positif/ Negatif				Keterangan
	Positif		Negatif		
	Jumlah	Persen	Jumlah	Persen	
Kondisi Umum	4	26,67%	11	73,33%	Hasil perbandingan menyatakan bahwa persentase negatif lebih tinggi dibandingkan persentase positif. Disimpulkan bahwa hasil pemeriksaan

					perlengkapan jalan belum memenuhi standar dan belum sesuai dengan peraturan yang berlaku sehingga dapat berpotensi mengurangi angka keselamatan.
--	--	--	--	--	--

Dari hasil pemeriksaan berdasarkan Tabel 5.5 maka dapat dianalisis dengan difokuskan pada kondisi perbandingan negatif 73,33% identifikasi pada aspek perlengkapan jalan belum memenuhi standar berkeselamatan. Temuan perlengkapan dapat dilihat pada lampiran C.