

BAB V

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

A. Perlintasan Sebidang

Berdasarkan survai lapangan pada perlintasan sebidang JPL 348, Jalan Sorowajan Baru, Kota Yogyakarta yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Hasil survai penelitian

No	Kriteria Standar Teknis dalam SKDirjen Perhubungan Darat No 770 Tahun 2005	Memenuhi	Tidak Memenuhi
1.	Selang waktu antara kereta api satu dengan kereta api berikutnya yang melintas minimal 30 menit.		V
2.	Jarak antar perlintasan sebidang tidak kurang 800 meter.		V
3.	Jalan yang melintas adalah jalan kelas III	V	
4.	Tidak terletak pada lengkungan jalur kereta api atau jalan.	V	
5.	Permukaan jalan harus satu level dengan kepala rel dengan toleransi 0,5 cm.		V
6.	Lebar jalan pada perlintasan untuk satu jalur jalan maksimum 7 meter.	V	
7.	Sudut perpotongan antara jalan rel dengan jalan harus 90°.		V
8.	Panjang jalan yang lurus minimal harus 150 meter dari as jalan rel.		V
9.	Rambu peringatan dan larangan.		V
10.	Marka jalan.		V
11.	Pita penggaduh.		V
12.	Isyarat lampu berwarna merah dan isyarat suara	V	
13.	Palang pintu.	V	
14.	Sarana fisik dan non fisik di perlintasan yang berupa pos jaga, petugas JPL, genta, daftar semboyan, daftar gapeka.	V	
15.	Perilaku pelintas saat pintu perlintasan menutup harus mendahulukan kereta api lewat.	V	

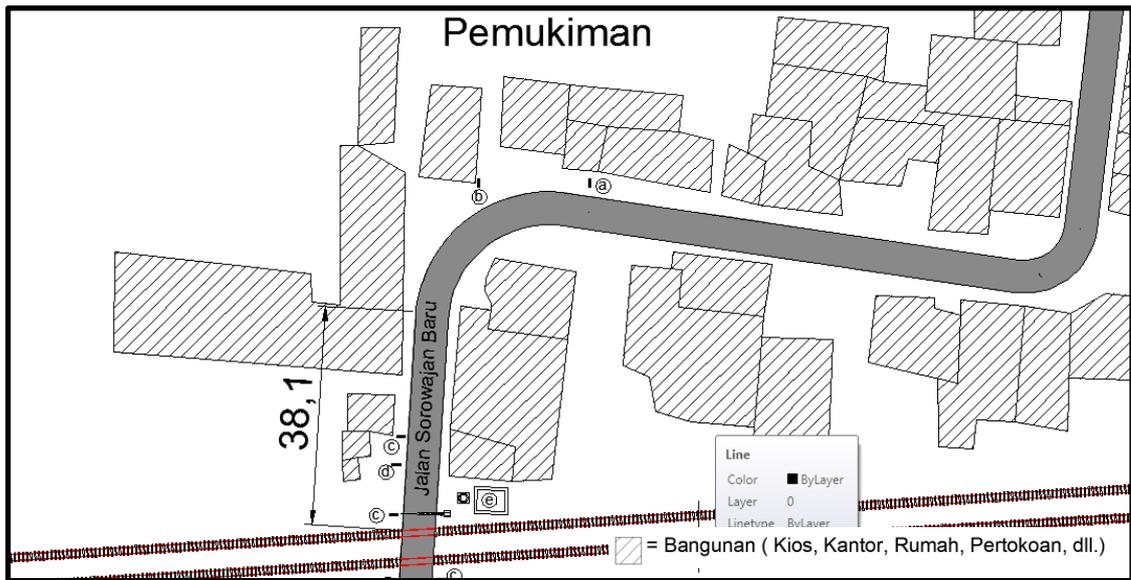
16.	Perilaku pelintas saat berhenti ketika pintu perlintasan menutup harus berada pada satu lajur.		V
17.	Perilaku pelintas saat pintu kembali dibuka tidak saling mendahului.		V

Berdasarkan Tabel 5.1 perlintasan pada jalan Sorowajan Baru, Yogyakarta tidak memenuhi standar teknis yang berlaku. Pada perlintasan tersebut jarak perlintasan kurang dari 800 m yaitu ke arah barat 537 m perlintasan jalan Timoho JPL 349 dan arah timur 240 m perlintasan jalan Gatak yang tidak dijaga tetapi memiliki palang pintu perlintasan yang dioperasikan di JPL 348 pada jalan Sorowajan Baru, Yogyakarta yaitu perlintasan tempat penelitian ini. Jalan yang melintas pada perlintasan ini adalah jalan kelas IIIc dengan fungsi jalan lokal sekunder.

Perlintasan tersebut tidak terletak pada lengkungan jalur kereta api atau jalan. Jalan Sorowajan Baru berdiri tepat pada jalur kereta api atau jalan rel yang lurus. Permukaan jalan pada perlintasan tersebut tidak satu level dengan kepala rel yang memiliki toleransi 0,5 cm. Pada permukaan jalan tersebut kepala rel atau rel lebih tinggi dari permukaan jalan hingga 1 – 2 cm. Jalan Sorowajan Baru memiliki lebar jalan 4,7 m dengan melakukan pengukuran langsung pada tempat penelitian.

Sudut perpotongan atau persinggungan perlintasan tersebut tidak memenuhi kriteria standar teknis yang berlaku yang memiliki sudut tikungan kurang dari 90° yaitu sebesar 83° walaupun memiliki selisih dan tidak memenuhi kriteria standar teknis dalam SK Dirjen Perhubungan Darat No 770 Tahun 2005 dengan sudut perpotongan 83° tidak mempengaruhi jarak pandang pengendara dan masinis bisa dikatakan aman, hanya saja jarak pandang pada perlintasan ini dipengaruhi oleh bangunan lain (toko, kantor dan lain-lain) yang mengurangi jarak pandang pengguna jalan dan masinis.

Panjang jalan lurus pada sisi utara perlintasan kurang dari 150 m yaitu 38,1 m yang dapat dilihat pada gambar 5.1.



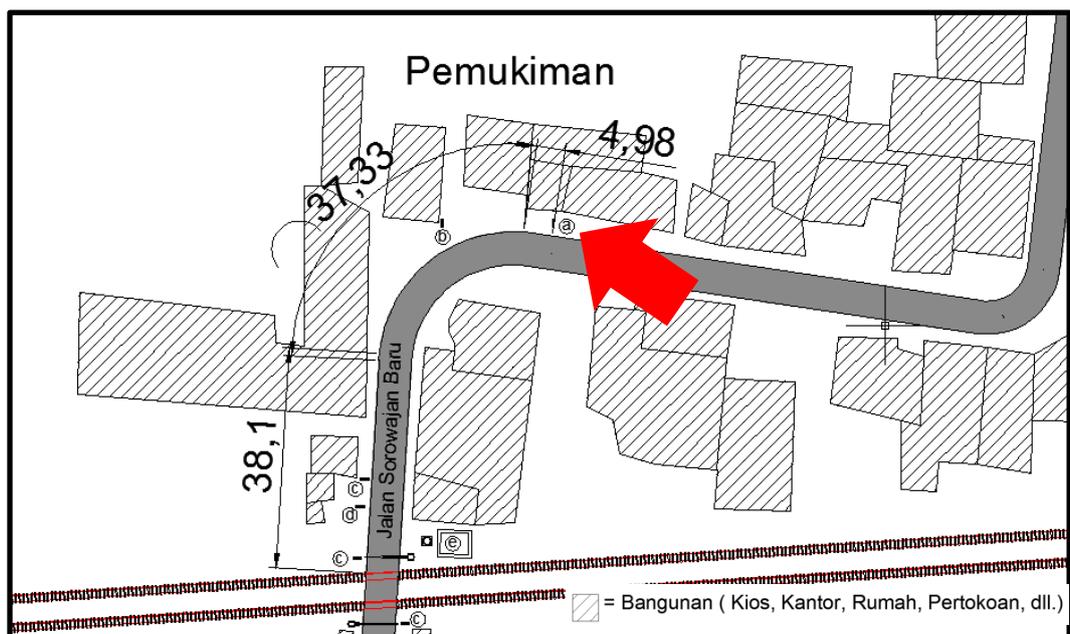
Gambar 5. 1 Layout panjang jalan lurus pada sisi utara

Rambu pada perlintasan jalan Sorowajan Baru ini kurang diperhatikan karena kondisi dan tidak lengkapnya rambu – rambu peringatan pada perlintasan tersebut. Rambu yang berada pada perlintasan jalan Sorowajan Baru sebagai berikut :

- Rambu peringatan perlintasan sebidang *Double Track* pada sisi utara perlintasan yang terpasang oleh Dinas Perhubungan Yogyakarta dengan kondisi seperti gambar 5.2. Rambu ini berjarak 80,41 m dari sisi terluar rel. Pada sisi selatan rambu ini memiliki jarak 100 m dari sisi terluar rel kondisi seperti gambar 5.4.



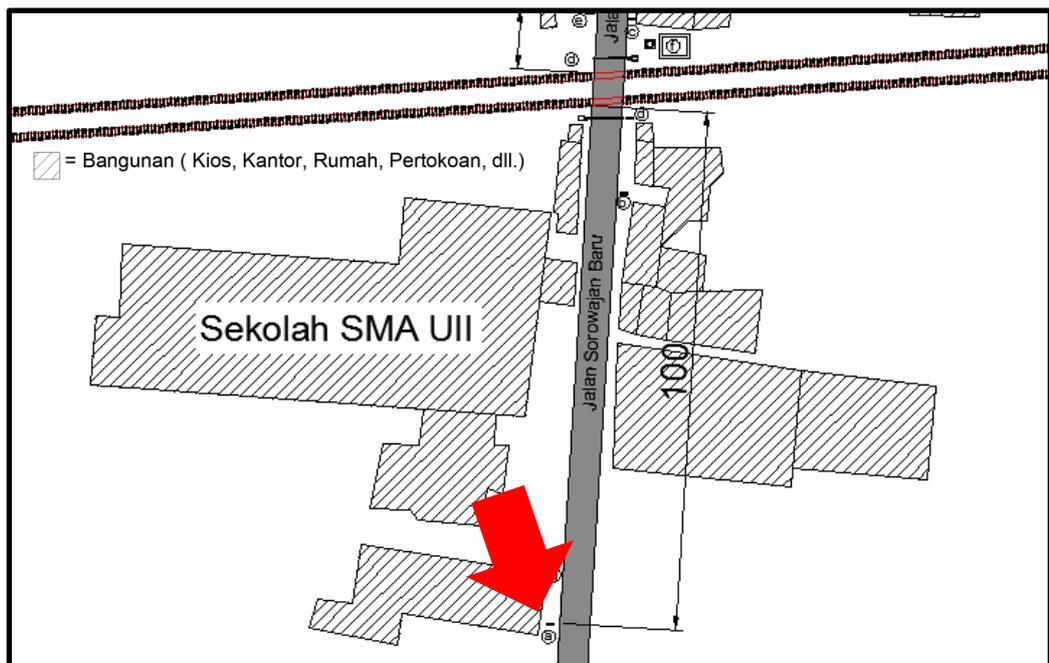
Gambar 5. 2 Rambu peringatan perlintasan sebidang *Double Track* sisi utara perlintasan



Gambar 5. 3 Layout letak rambu peringatan sisi utara perlintasan



Gambar 5. 4 Rambu peringatan perlintasan sebidang *Double Track* sisi selatan perlintasan

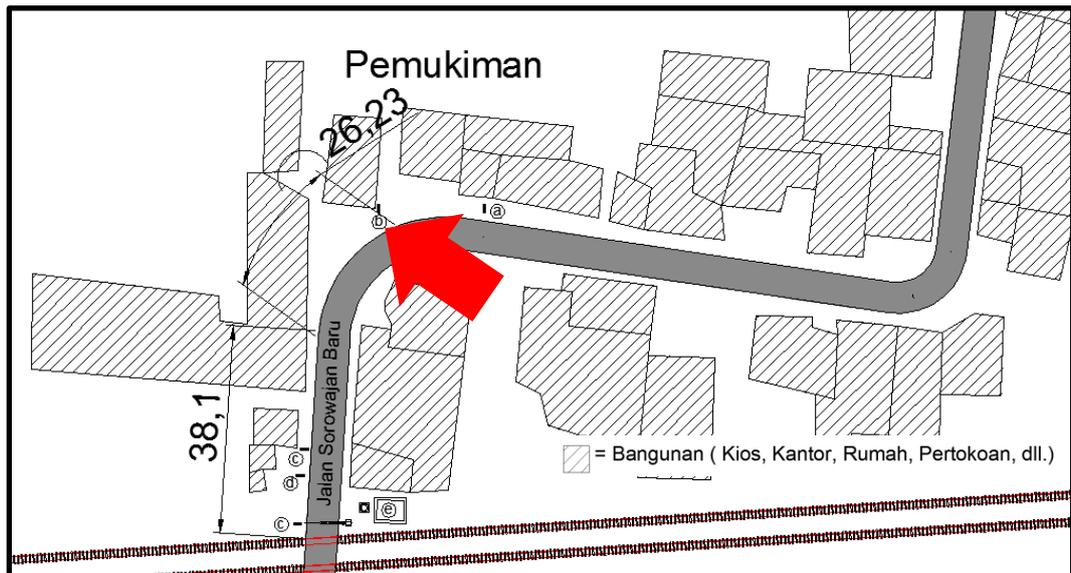


Gambar 5. 5 Layout letak rambu peringatan sisi selatan perlintasan

- Rambu peringatan perlintasan sebidang *Double Track* pada sisi utara perlintasan yang terpasang oleh PT. KAI dengan kondisi seperti gambar 5.6. Rambu ini tepat pada tikungan yaitu dengan berjarak 64,33 m dari sisi terluar rel. Pada sisi selatan perlintasan rambu ini terpasang dengan jarak 16,55 m dari sisi terluar rel kondisi rambu seperti gambar 5.8.



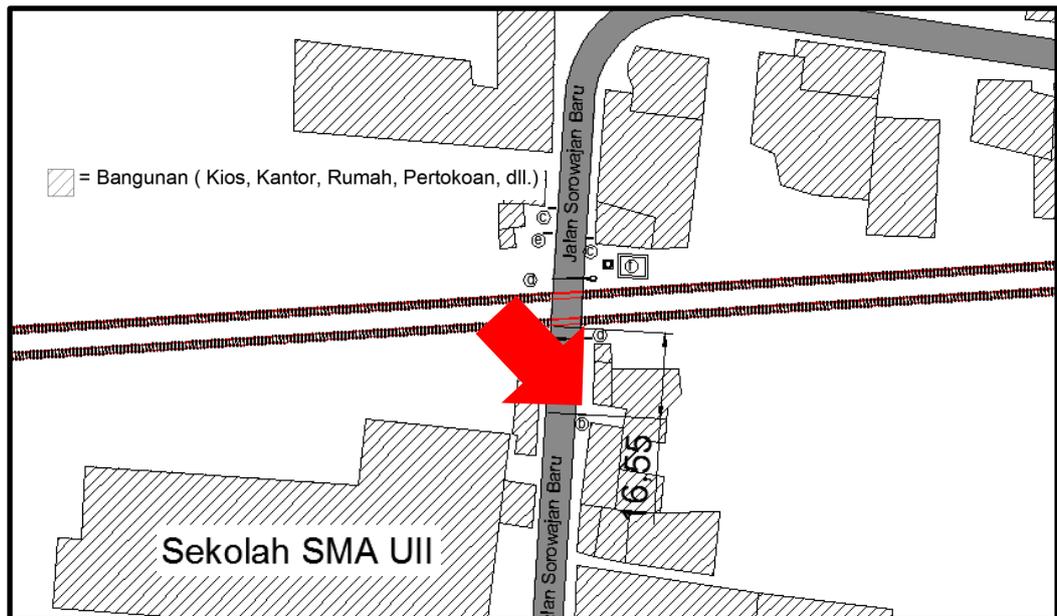
Gambar 5. 6 Rambu peringatan perlintasan sebidang *Double Track* pada sisi utara perlintasan



Gambar 5. 7 Layout letak rambu peringatan pada sisi utara perlintasan



Gambar 5. 8 Rambu peringatan perlintasan sebidang *Double Track* pada sisi selatan perlintasan

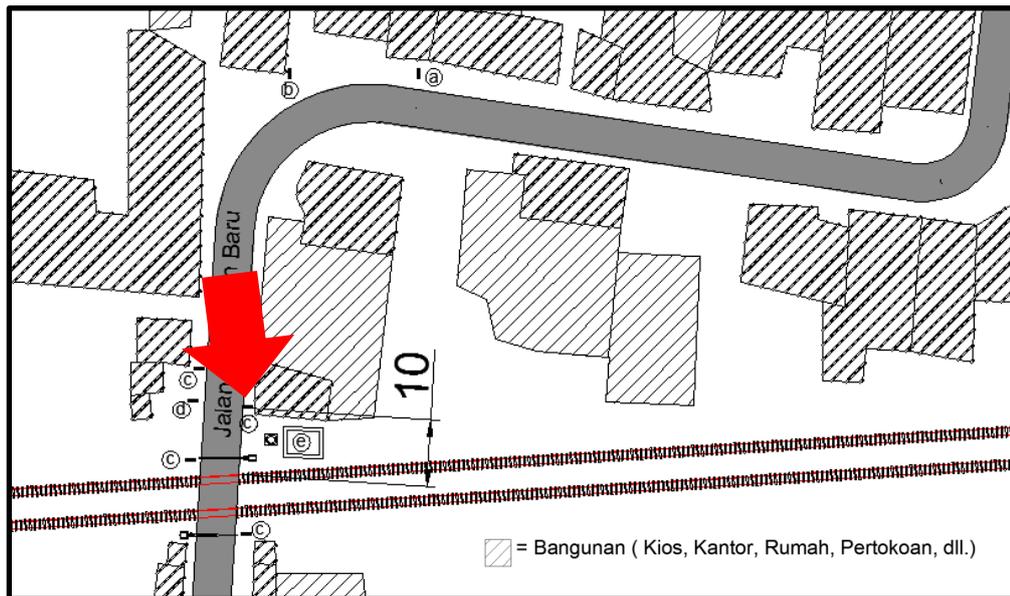


Gambar 5. 9 Layout letak rambu peringatan pada sisi selatan perlintasan

- Rambu larangan berjalan terus pada sisi utara perlintasan terpasang 10 m dari sisi terluar rel kondisi seperti gambar 5.10. Pada sisi selatan rambu ini terpasang dengan jarak 2,36 m yang seharusnya terpasang dengan jarak min 2,5 dari sisi terluar rel dari sisi terluar rel kondisi seperti gambar 5.12.



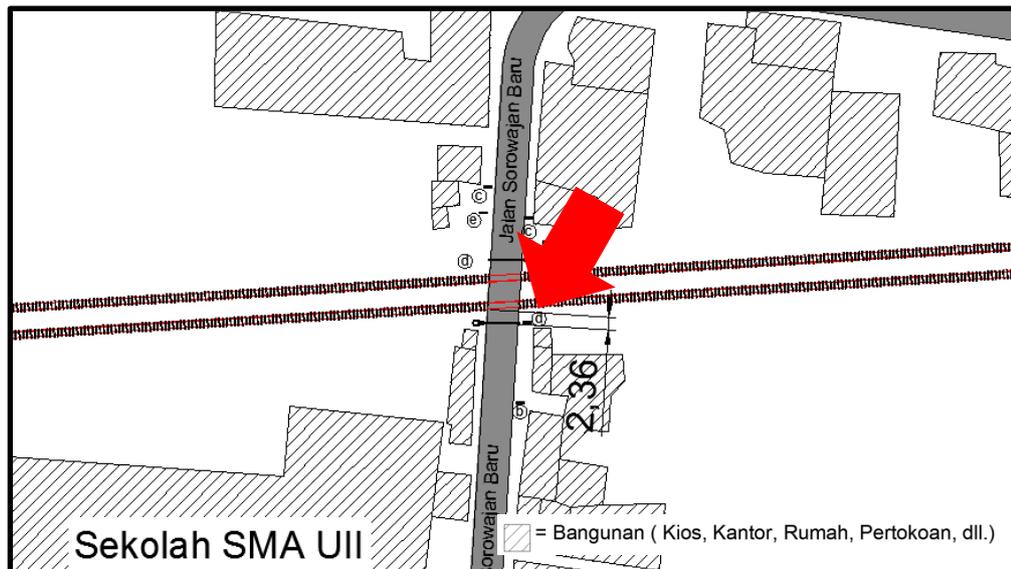
Gambar 5. 10 Rambu larangan berjalan terus pada sisi utara perlintasan



Gambar 5. 11 Layout letak rambu larangan berjalan terus pada sisi utara perlintasan



Gambar 5. 12 Rambu larangan berjalan terus pada sisi utara perlintasan

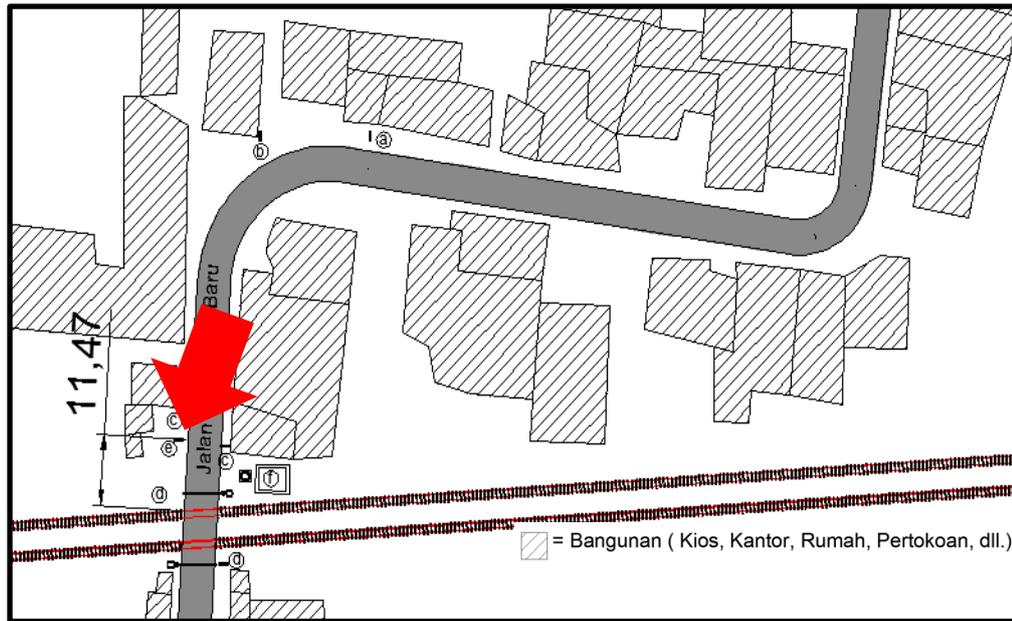


Gambar 5. 13 Layout letak rambu larangan berjalan terus pada sisi selatan perlintasan

- Rambu peingatan No. 12 berupa kata-kata “Hati-hati perlintasan kereta api” pada sisi utara terpasang dengan jarak 11,47 m yang seharusnya terpasang dengan jarak minimal 30 m dari sisi terluar rel. Rambu ini pada sisi selatan perlintasan tidak terpasang.



Gambar 5. 14 Rambu peingatan No. 12 berupa kata-kata

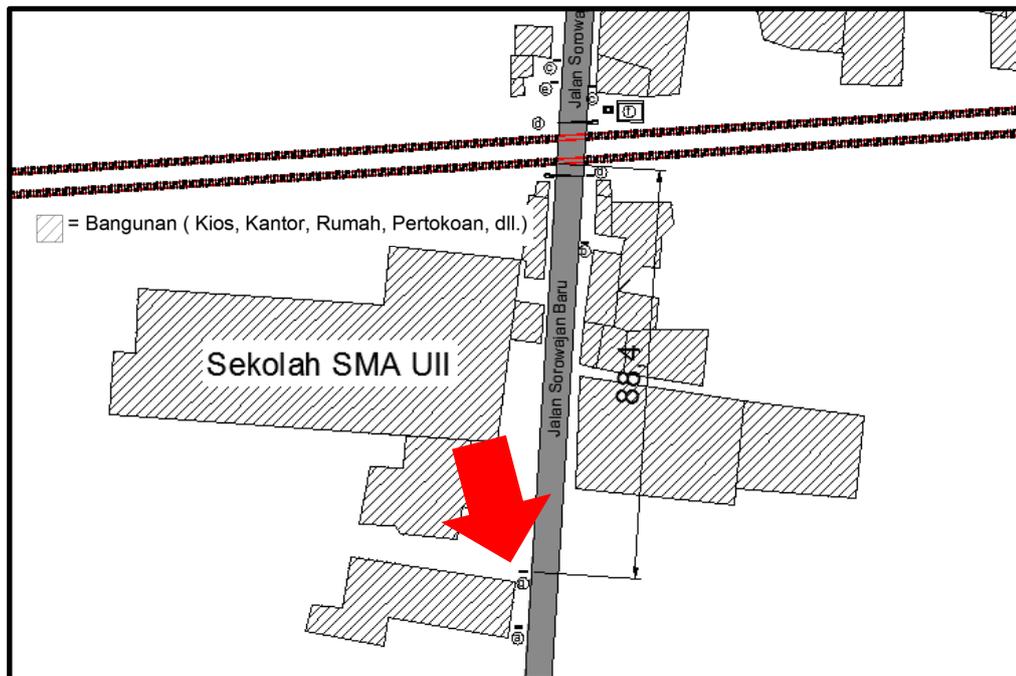


Gambar 5. 15 Layout letak Rambu berupa kata-kata

- Rambu peringatan perlintasan No. 22 sebidang hanya terpasang pada sisi selatan perlintasan yaitu dengan jarak 88,4 m.



Gambar 5. 16 Rambu peringatan perlintasan sebidang No. 22



Gambar 5. 17 Layout letak rambu peringatan perlintasan sebidang

Sepanjang jalan Sorowajan Baru tidak memiliki marka jalan yang berfungsi sebagai batas lajur dan marka peringatan perlintasan (marka lambang “KA”). Pada perlintasan ini juga tidak memiliki pita pengaduh yang berfungsi sebagai peringatan untuk mengurangi kecepatan pada saat memasuki perlintasan yang seharusnya berjarak 100 m dari marka melintang untuk batas wajib berhenti kendaraan.

Perlintasan sebidang JPL 348, Jalan Sorowajan Baru, dilengkapi dengan palang pintu yang memiliki isyarat lampu berwarna merah yang menyala bergantian, serta isyarat suara, tetapi tidak dilengkapi dengan isyarat lampu tanda panah yang menunjukkan arah kedatangan kereta api.

Berdasarkan penjelasan tentang kelengkapan infrastruktur pada jalan Sorowajan Baru, Yogyakarta di Perlintasan sebidang JPL 348 KM 220 + 163 bahwa perlintasan tersebut belum baik atau tidak memenuhi persyaratan peraturan yang berlaku. Perlintasan sebidang wajib memiliki rambu dan marka yang sesuai dengan peraturan yang berlaku karena berhubungan dengan keselamatan yaitu

sebagai peringatan bahwa adanya perlintasan sebidang atau mendekati perlintasan sebidang.

B. Perhitungan Alinyemen Horisontal

Sudut tikungan eksisting didapat dari hasil pengolahan data GPS menggunakan Software Autocad. Data GPS yang berupa titik koordinat lalu diolah menggunakan autocad.

1. Perhitungan Tikungan Eksisting

a. Perhitungan Sudut Tikungan

$$Y1 = 11,04 ; X1 = 255,08$$

$$Y2 = 107,97 ; X2 = 14,01$$

$$Y3 = 4,99 ; X3 = 77,92$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \alpha 1 &= \text{arc tan} \left(\frac{Y1}{X1} \right) \\ &= \text{arc tan} \left(\frac{11,04}{255,08} \right) = 2,28^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \alpha 2 &= \text{arc tan} \left(\frac{Y2}{X2} \right) \\ &= \text{arc tan} \left(\frac{107,97}{14,01} \right) = 82,36^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \alpha 3 &= \text{arc tan} \left(\frac{Y3}{X3} \right) \\ &= \text{arc tan} \left(\frac{4,99}{77,92} \right) = 3,39^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond \quad \Delta T1 &= \alpha 1 + \alpha 2 \\ &= 82,36^\circ + 2,28^\circ \\ &= 85,4^\circ = 85^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond \quad \Delta T2 &= \alpha 2 + \alpha 3 \\ &= 82,36^\circ + 3,39^\circ \\ &= 86,15^\circ = 86^\circ \end{aligned}$$

b. Perhitungan tikungan 1

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

Kecepatan ($V_{eksisting}$) didapat berdasarkan survei dilapangan yang dilakukan pada saat *Free Flow* atau pada saat jalan tersebut tidak ada hambatan suatu apapun.

$V_{eksisting} = 17$ km/jam, maka

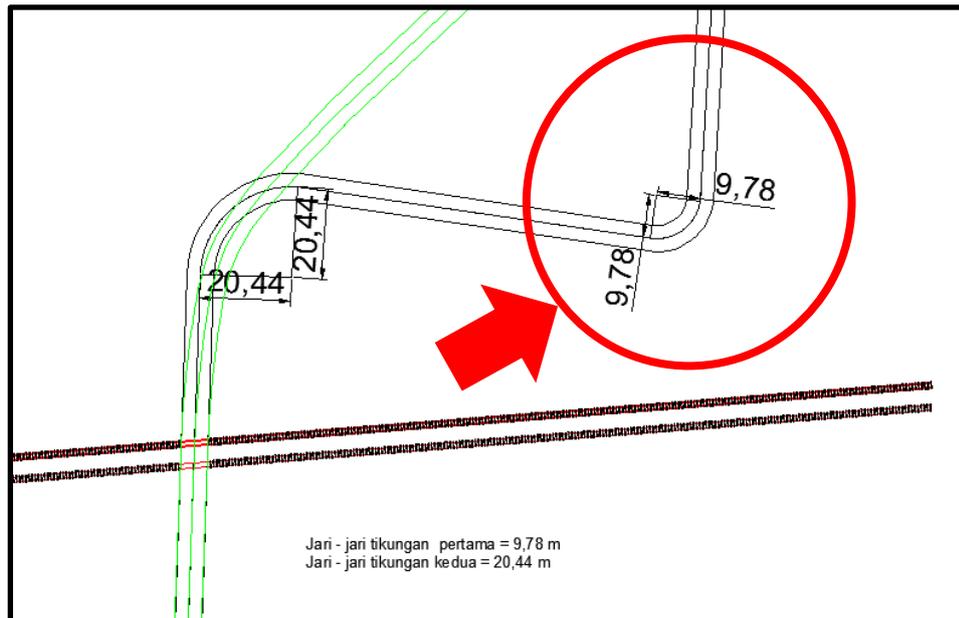
$$\begin{aligned} f_{maks} &= 0,192 - (0,00065 \times V_r) \\ &= 0,192 - (0,00065 \times 17) \\ &= 0,181 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{V_r^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \\ &= \frac{17^2}{127(0,1 + 0,181)} \\ &= 8,098 \text{ m} \end{aligned}$$

$R_{eksisting} = 9,78$ m

Jari-jari minimal dengan kecepatan 17 km/jam adalah 8,098 m dibandingkan dengan jari-jari eksisting yaitu 9,78 m yang sudah diketahui dengan menggunakan software autocad secara manual, Maka tikungan pertama termasuk baik karena jari-jari tikungan eksisting lebih dari jari-jari minimal.



Gambar 5. 18 Jari-jari eksisting tikungan 1

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

Kecepatan ($V_{eksisting}$) didapat berdasarkan survei dilapangan yang dilakukan pada saat *Free Flow* atau pada saat jalan tersebut tidak ada hambatan suatu apapun.

$V_{eksisting} = 25$ km/jam, maka

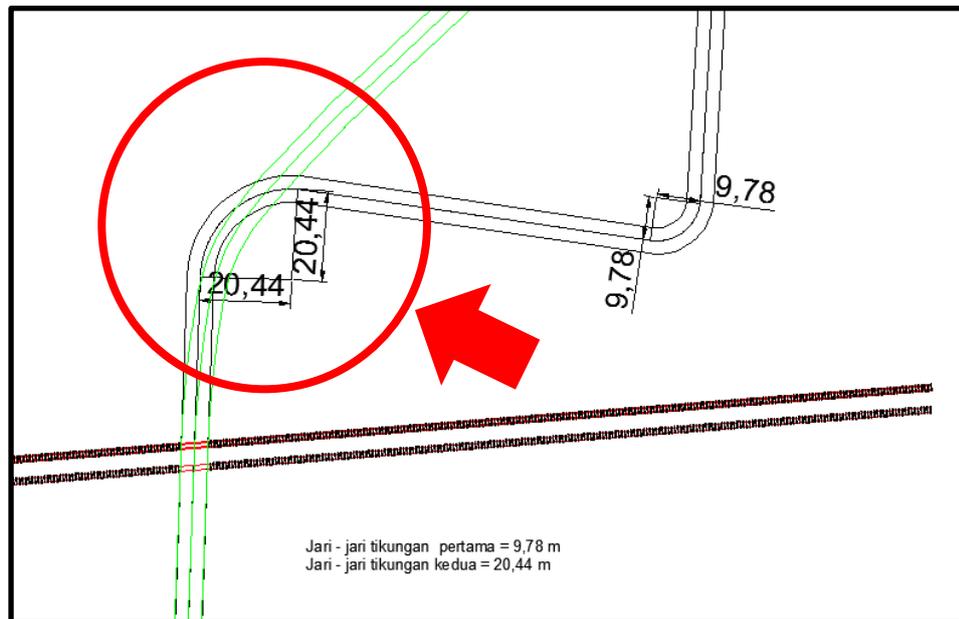
$$\begin{aligned} f_{maks} &= 0,192 - (0,00065 \times Vr) \\ &= 0,192 - (0,00065 \times 25) \\ &= 0,175 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{Vr^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \\ &= \frac{25^2}{127(0,1 + 0,175)} \\ &= 17,90 \text{ m} \end{aligned}$$

Reksisting = 20,44 m

Jari-jari minimal dengan kecepatan 25 km/jam adalah 17,90 m dibandingkan dengan jari-jari eksisting yaitu 20,44 m yang sudah diketahui dengan menggunakan software autocad secara manual, Maka tikungan pertama termasuk baik karena jari-jari tikungan eksisting lebih dari jari-jari minimal.



Gambar 5. 19 Jari-jari eksisting tikungan 2

2. Perhitungan Tikungan Redesain

a. Perhitungan Sudut Tikungan

$$Y1 = 10,58 ; X1 = 244,36$$

$$Y2 = 100,09 ; X2 = 107,64$$

$$Y3 = 5,78 ; X3 = 90,34$$

- $\alpha_1 = \arctan\left(\frac{Y1}{X1}\right)$
 $= \arctan\left(\frac{10,58}{244,36}\right) = 2,48^\circ$

- $\alpha_2 = \arctan\left(\frac{Y2}{X2}\right)$
 $= \arctan\left(\frac{100,09}{107,64}\right) = 42,92^\circ$

- $\alpha_3 = \arctan\left(\frac{Y_3}{X_3}\right)$
 $= \arctan\left(\frac{5,78}{90,34}\right) = 0,3^\circ$
- ❖ $\Delta T_1 = \alpha_1 + \alpha_2$
 $= 2,48^\circ + 42,92^\circ$
 $= 45,4^\circ = 45^\circ$
- ❖ $\Delta T_2 = \alpha_2 + \alpha_3$
 $= 42,92^\circ + 0,3^\circ$
 $= 43,22^\circ = 43^\circ$

b. Perhitungan Tikungan 1

a) Data

Kelas Jalan	=	III
Azimuth Titik Awal	=	92°
Sudut Tikungan 1	=	45°

b) Perhitungan dan Penentuan Jenis Tikungan:

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 redesain menggunakan kecepatan rencana yang dapat dilihat pada tabel 3.2.

1. Hitung Koefisien Gesekan Maksimum (f_{maks}) :

$V_r = 40$ km/jam, maka

$$f_{maks} = 0,192 - (0,00065 \times V_r)$$

$$= 0,192 - (0,00065 \times 40)$$

$$= 0,166$$

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

$$\begin{aligned} R_{\min} &= \frac{Vr^2}{127 (e_{\max} + f_{\max})} \\ &= \frac{40^2}{127(0,1 + 0,166)} \\ &= 47,36 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_d = 50 \text{ m}$$

2. Hitung Nilai Derajat Lengkung Maksimum (D_{\max}) :

$$\begin{aligned} D_{\max} &= \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{Vr^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,166)}{40^2} \\ &= 30,14^\circ \end{aligned}$$

3. Check Apabila Tikungan Berjenis *Full Circle* (F-C), Jika $R_d < R_{\min}$ (di table sesuai Vr), maka jenis F-C tidak bisa digunakan. Karena $R_d = 50 \text{ m}$ dan $R_{\min} = 47,36 \text{ m}$, maka tidak berjenis *Full Circle* (F-C)

4. Menentukan Superelevasi Desain (e_d) :

$$\begin{aligned} D_d &= \frac{1432,4}{R_d} = \frac{1432,4}{50} = 28,38^\circ \\ e_d &= \frac{Vr^2}{127 (R_d)} \times f_{\max} = \frac{40^2}{127(50)} \times 0,166 = 0,084 \approx 8,4 \% \end{aligned}$$

5. Dengan menghitung panjang Lengkung Peralihan dari 3 persamaan :
Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan =

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

$$= \frac{40}{3,6} \times 3 \text{ detik}$$

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

Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal (Ls)=

$$L_s = \left(0,22 \frac{Vr^3}{Rd \times C} \right) - \left(2,727 \times \frac{Vr \times ed}{C} \right)$$

$$= \left(0,22 \frac{40^3}{50 \times 0,4} \right) - \left(2,727 \times \frac{40 \times 0,084}{0,4} \right)$$

$$= 47,49 \text{ m}$$

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian (Ls)

$$L_s = \frac{(e_{maks} - e_n)Vr}{3,6 \times re}$$

$$= \frac{(0,1 - 0,02)40}{3,6 \times 0,035} = 25,40 \text{ m}$$

Digunakan Ls terbesar dan dibulatkan keatas, digunakan

$$L_s = 47,49 \text{ m}$$

Untuk $Vr > 80 \text{ km/jam}$ $re_{maks} = 0,025 \text{ m/m/det}$

6. Menghitung P check :

$$P_{check} = \frac{L_s^2}{24 \times Rd}$$

$$= \frac{40^2}{24 \times 50}$$

$$= 1,88$$

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)

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

Menentukan Sudut Lengkung Peralihan/Spiral (θ_s) :

$$\theta_s = \frac{L_s \times 360}{4 \times \pi \times Rd}$$

$$= \frac{47,49 \times 360}{4 \times \pi \times 50}$$

$$= 27,21^\circ$$

Menentukan Sudut Lengkung Lingkaran/Circle (θ_c) :

$$\begin{aligned}\theta_c &= \Delta I - (2 \times \theta_s) \\ &= 45 - (2 \times 27,21) \\ &= -9,42^\circ\end{aligned}$$

Menentukan Panjang Lengkung Lingkaran/Circle (LC) :

$$\begin{aligned}L_c &= \frac{\theta_c \times \pi \times R_d}{180} \\ &= \frac{-9,42 \times \pi \times 50}{180} \\ &= -8,22 \text{ m}\end{aligned}$$

8. 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 salah satu terpenuhi, maka tikungan berjenis S-S.

$$\theta_c = -9,42^\circ < 0^\circ$$

$$L_c = -8,22 \text{ m} < 25 \text{ m}$$

Maka, tikungan 1 menggunakan tikungan S-S

9. Perhitungan tikungan 1 menggunakan jenis S-S

$$\theta_s = \frac{1}{2} \times \text{Sudut Belok Tikungan } (\Delta I).$$

$$= \frac{1}{2} \times 45$$

$$= 22,5$$

$$L_c = 0$$

$$\begin{aligned}L_s &= \frac{\theta_s \times \pi \times R_d}{90} \\ &= \frac{22,5 \times \pi \times 50}{90} \\ &= 39,27 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X_s &= L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_d^2}\right) \\ &= 39,27 \times \left(1 - \frac{39,27^2}{40 \times 50^2}\right) \\ &= 38,66 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_s &= \left(\frac{L_s^2}{6 \times R_d} \right) \\
 &= \left(\frac{39,27^2}{6 \times 50} \right) \\
 &= 5,14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

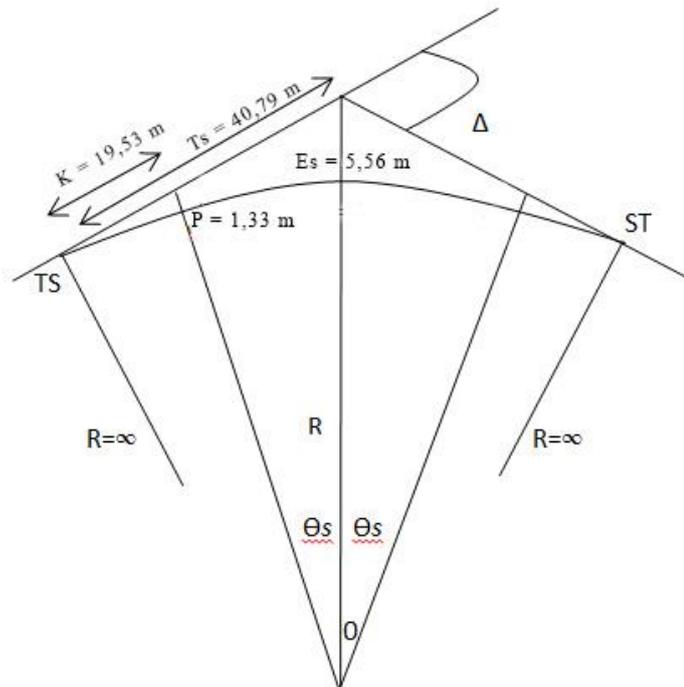
$$\begin{aligned}
 P &= Y_s - R_d \times (1 - \cos \theta_s) \\
 &= 5,14 - 50 \times (1 - \cos 22,5) \\
 &= 1,33 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= X_s - R_d \sin \theta_s \\
 &= 38,66 - 50 \sin 22,5 \\
 &= 19,53 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= (R_d + P) \times \left\{ \tan\left(\frac{1}{2} \times \Delta l\right) \right\} + K \\
 &= (50 + 1,33) \times \left\{ \tan\left(\frac{1}{2} \times 45\right) \right\} + 19,53 \\
 &= 40,79 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= \frac{R_d + P}{\cos\left(\frac{1}{2} \Delta l\right)} - R_d \\
 &= \frac{50 + 1,33}{\cos\left(\frac{1}{2} \times 45\right)} - 50 \\
 &= 5,56 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= L_c + (2 \times L_s) \\
 &= 0 + (2 \times 39,27) \\
 &= 78,54 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 20 Tikungan 1 rancangan ulang

c. Perhitungan Tikungan 2

a) Data

Kelas Jalan	=	III
Azimuth Titik Awal	=	92°
Sudut Tikungan 2	=	43°

b) Perhitungan dan Penentuan Jenis Tikungan:

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 redesain menggunakan kecepatan rencana yang dapat dilihat pada tabel 3.2.

1. Hitung Koefisien Gesekan Maksimum (f_{maks}) :

$V_r = 40$ km/jam, maka

$$\begin{aligned} f_{maks} &= 0,192 - (0,00065 \times V_r) \\ &= 0,192 - (0,00065 \times 40) \\ &= 0,166 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_{min} &= \frac{V_r^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \\ &= \frac{40^2}{127(0,1 + 0,166)} \\ &= 47,36 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_d = 50 \text{ m}$$

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

$$\begin{aligned} D_{maks} &= \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r^2} \\ &= \frac{181913,53 (0,1 + 0,166)}{40^2} \\ &= 30,14^\circ \end{aligned}$$

3. Check Apabila Tikungan Berjenis *Full Circle* (F-C), Jika $R_d < R_{min}$ (di table sesuai V_r), maka jenis *F-C* tidak bisa digunakan. Karena $R_d = 50$ m dan $R_{min} = 47,36$ m, maka tidak berjenis *Full Circle* (F-C)

4. Menentukan Superelevasi Desain (e_d) :

$$\begin{aligned} D_d &= \frac{1432,4}{R_d} = \frac{1432,4}{50} = 28,38^\circ \\ e_d &= \frac{V_r^2}{127 (R_d)} \times f_{maks} = \frac{40^2}{127(50)} \times 0,166 = 0,084 \approx 8,4\% \end{aligned}$$

5. Dengan menghitung panjang Lengkung Peralihan dari 3 persamaan :
Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan =

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{V_r}{3,6} \times T \\
 &= \frac{40}{3,6} \times 3 \text{ detik} \\
 &= 33,33 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal (L_s) :

$$\begin{aligned}
 L_s &= \left(0,22 \frac{V_r^3}{R_d \times C} \right) - \left(2,727 \times \frac{V_r \times e_d}{C} \right) \\
 &= \left(0,22 \frac{40^3}{50 \times 0,4} \right) - \left(2,727 \times \frac{40 \times 0,084}{0,4} \right) \\
 &= 47,49 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian (L_s)

$$\begin{aligned}
 L_s &= \frac{(e_{\text{maks}} - e_n) V_r}{3,6 \times r_e} \\
 &= \frac{(0,1 - 0,02) 40}{3,6 \times 0,035} = 25,40 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Digunakan L_s terbesar dan dibulatkan keatas, digunakan

$$L_s = 47,49 \text{ m}$$

Untuk $V_r > 80 \text{ km/jam}$ $r_e \text{ maks} = 0,025 \text{ m/m/det}$

6. Menghitung P check :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{check}} &= \frac{L_s^2}{24 \times R_d} \\
 &= \frac{47,49^2}{24 \times 50} \\
 &= 1,88
 \end{aligned}$$

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

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

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

Menentukan Sudut Lengkung Peralihan/Spiral (θ_s) :

$$\theta_s = \frac{L_s \times 360}{4 \times \pi \times R_d}$$

$$= \frac{47,49 \times 360}{4 \times \pi \times 50}$$

$$= 27,21^\circ$$

Menentukan Sudut Lengkung Lingkaran/Circle (θ_c) :

$$\theta_c = \Delta l - (2 \times \theta_s)$$

$$= 43 - (2 \times 27,21)$$

$$= -11,42^\circ$$

Menentukan Panjang Lengkung Lingkaran/Circle (LC) :

$$L_c = \frac{\theta_c \times \pi \times R_d}{180}$$

$$= \frac{-11,42 \times \pi \times 50}{180}$$

$$= -9,97 \text{ m}$$

8. 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 salah satu terpenuhi, maka tikungan berjenis S-S.

$$\theta_c = -11,42^\circ < 0^\circ$$

$$L_c = -9,97 \text{ m} < 25 \text{ m}$$

Maka, tikungan 2 menggunakan tikungan S-S

9. Perhitungan tikungan 2 menggunakan jenis S-S

$$\theta_s = \frac{1}{2} \times \text{Sudut Belok Tikungan } (\Delta l).$$

$$= \frac{1}{2} \times 43$$

$$= 21,5$$

$$L_c = 0$$

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

$$= \frac{21,5 \times \pi \times 50}{90}$$

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

$$X_s = L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_d^2} \right)$$

$$= 37,52 \times \left(1 - \frac{37,52^2}{40 \times 50^2}\right)$$

$$= 36,99 \text{ m}$$

$$Y_s = \left(\frac{L_s^2}{6 \times R_d}\right)$$

$$= \left(\frac{37,52^2}{6 \times 50}\right)$$

$$= 4,69 \text{ m}$$

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

$$= 4,69 - 50 \times (1 - \cos 21,5)$$

$$= 1,21 \text{ m}$$

$$K = X_s - R_d \sin \theta_s$$

$$= 37,52 - 50 \sin 21,5$$

$$= 18,66 \text{ m}$$

$$T_s = (R_d + P) \times \left\{ \tan\left(\frac{1}{2} \times \Delta l\right) \right\} + K$$

$$= (50 + 1,21) \times \left\{ \tan\left(\frac{1}{2} \times 43\right) \right\} + 18,66$$

$$= 38,83 \text{ m}$$

$$E_s = \frac{R_d + P}{\cos\left(\frac{1}{2} \Delta l\right)} - R_d$$

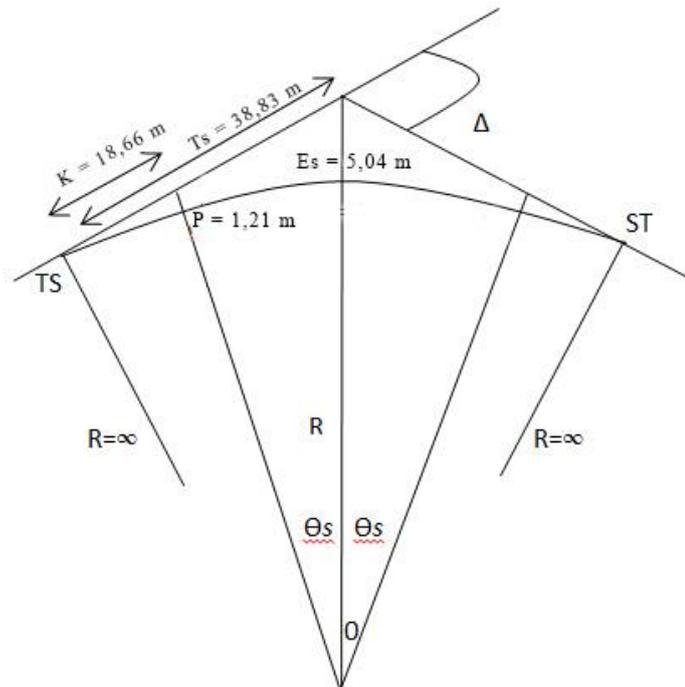
$$= \frac{50 + 1,21}{\cos\left(\frac{1}{2} \times 43\right)} - 50$$

$$= 5,04 \text{ m}$$

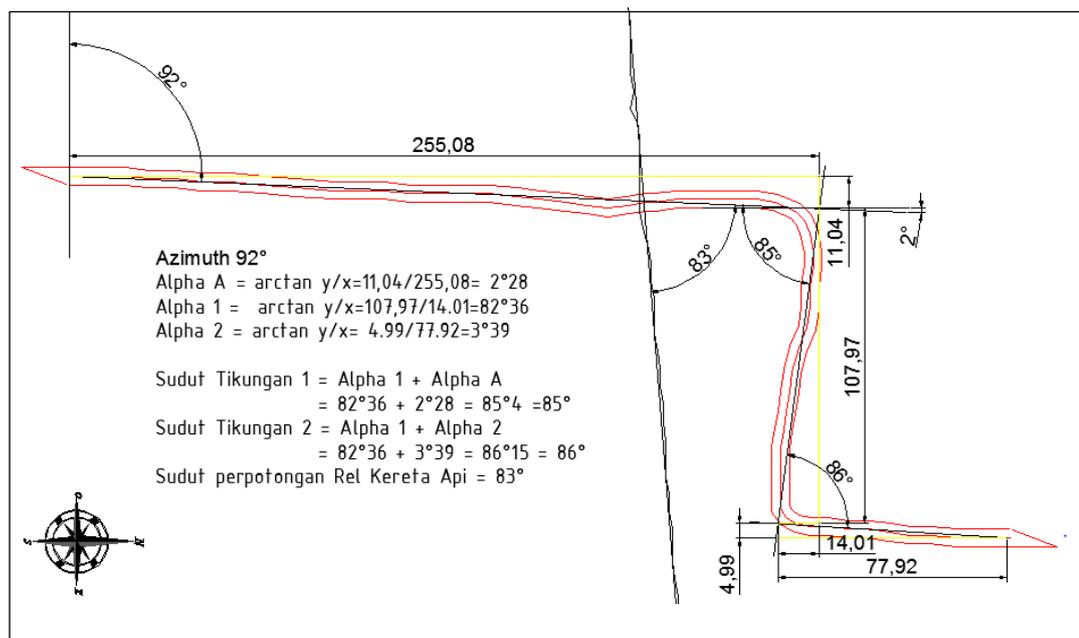
$$L_{\text{total}} = L_c + (2 \times L_s)$$

$$= 0 + (2 \times 37,52)$$

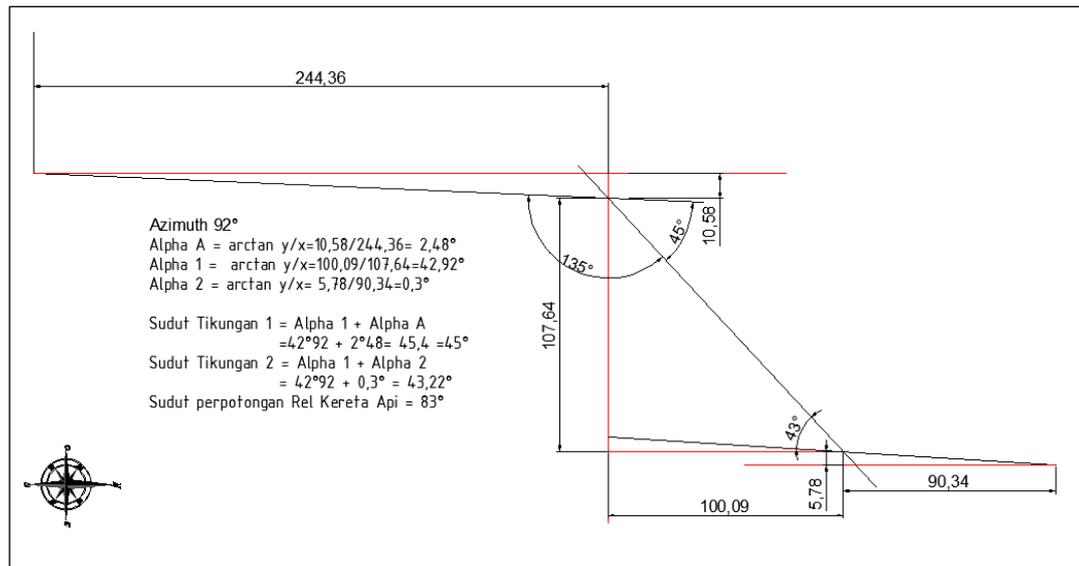
$$= 75,04 \text{ m}$$



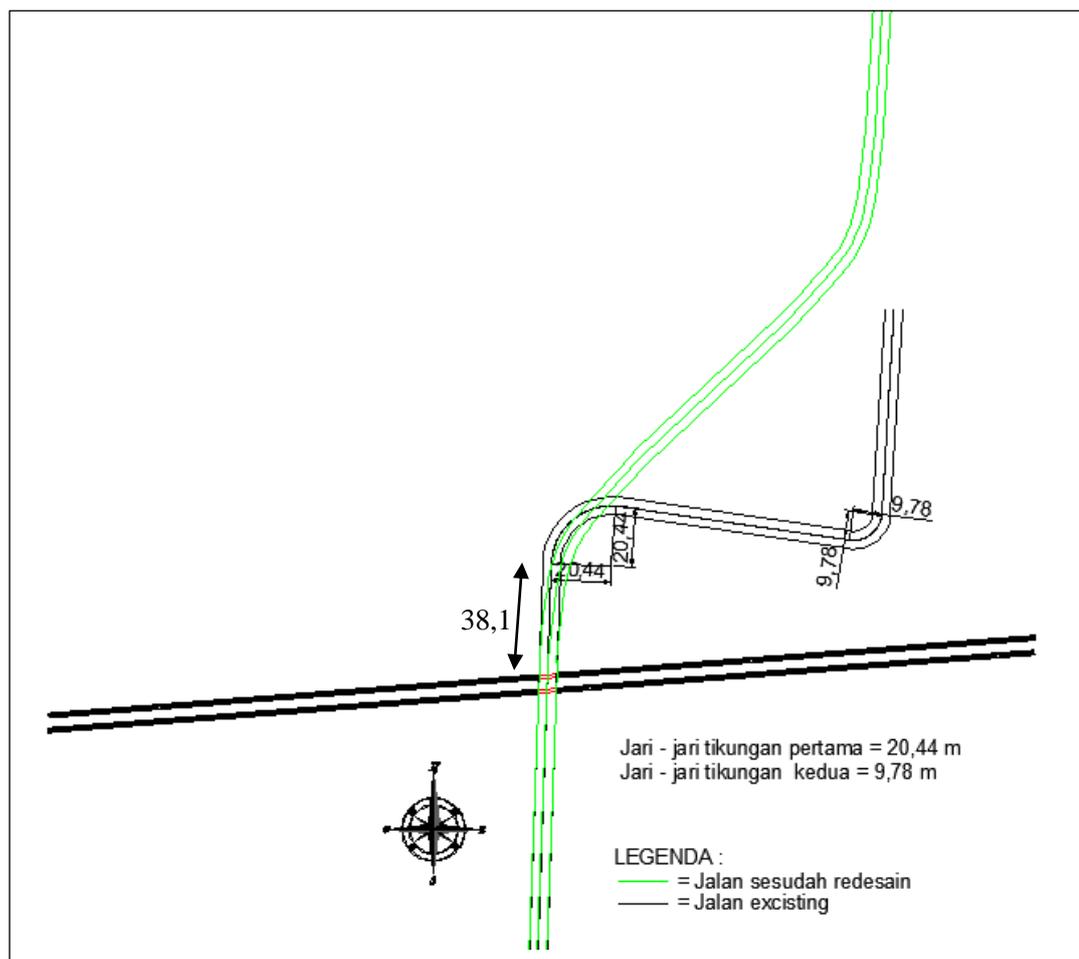
Gambar 5. 21 Tikungan 2 rancangan ulang



Gambar 5. 22 Trase eksisting



Gambar 5. 23 Trase rancangan ulang



Gambar 5. 24 Layout eksisting dan hasil rancangan ulang

Perancangan ulang dilakukan dengan melihat kondisi dan dampak lingkungan sekitar dengan melakukan pertimbangan untuk membuat rancangan trase jalan tersebut. Trase jalan hanya memperbaiki sudut tikungan dan jari-jari tikungan dengan pertimbangan dampak lingkungan. Sudut perpotongan yang seharusnya 90° tetapi perpotongan ini tidak dilakukan perubahan, panjang jalan lurus dari perlintasan yang seharusnya 150 m juga tidak dilakukan perubahan karena banyak dampak yang akan muncul jika dilakukan perubahan keduanya.

Perbedaan rancangan ulang dengan eksisting adalah trase jalan raya yang dirancang sudut tikungan dan jari-jari tikungan lebih besar agar jarak pandang saat akan melintasi perlintasan sebidang lebih baik dari sebelumnya.

Dampak positif dari redesain adalah jarak pandang pengendara terhadap perlintasan sebidang lebih baik dan tingkat keselamatan pengendara akan membaik sedangkan dampak negatifnya adalah pembebasan lahan untuk melaksanakan redesain tersebut bagi masyarakat yang terkena dampak pembebasan lahan.

Hubungan geometrik dengan keselamatan adalah terkait dengan jarak pandang pengendara atau pengguna jalan pada saat akan mendekati perlintasan sebidang. Perpotongan jalan raya dengan jalur rel juga menjadi permasalahan keselamatan bagi pengguna jalan, perpotongan jalan raya dan jalur rel diharuskan 90° pada peraturan yang berlaku.

C. Analisis Tundaan, Panjang Antrian, dan Jumlah Kendaraan yang Tertahan saat Perlintasan Tertutup

Setelah dilakukan survai, maka didapatkan data berupa durasi mulai pintu perlintasan ditutup hingga pintu perlintasan dibuka, durasi lama penutupan pintu perlintasan, panjang antrian yang terjadi, serta volume kendaraan yang tertahan di pintu perlintasan saat pintu perlintasan ditutup.

1. Analisis Volume Lalu Lintas

Pada pengambilan data survai ini, pengelompokkan data survai dibedakan menjadi empat jenis, yaitu KB (Kendaraan Berat) yang berupa bus besar, dan truk besar, KR (Kendaraan Ringan) yang berupa mobil penumpang (sedan, minibus, dan *pick-up*), SM (Sepeda Motor), dan KTB (Kendaraan Tak Bermotor).

Berdasarkan hasil survai selama dua hari pada hari Sabtu, 25 Maret 2017 dan Senin, 27 Maret 2017 di perlintasan sebidang didapatkan data arus lalu lintas yang tertahan di perlintasan ketika pintu perlintasan tertutup dalam rentang waktu pukul 14:00 – 19:00 yang berada pada sisi utara dan sisi selatan. Khusus KTB (Kendaraan Tak Bermotor) karena jumlah yang sangat sedikit, maka dianggap tidak ada.

Volume lalu lintas pada hari Sabtu, 25 Maret 2017 disajikan pada Tabel 5.x dan volume lalu lintas pada hari Senin, 27 Maret 2017 disajikan pada Tabel 5.x. Perhitungan arus lalu lintas menggunakan rumus (3.35) pada BAB III. Contoh perhitungan pada jam 14:42 dapat disajikan sebagai berikut :

Diketahui : KR = 3, dengan ekr KR = 1,0

KB = 0, dengan ekr KB = 1,3

SM = 8, dengan ekr SM = 0,15

Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$Q = (3 \times 1,0) + (0 \times 1,3) + (8 \times 0,15) = 4,2 \text{ skr/jam}$$

Arus lalu lintas pada hari Sabtu, 25 Maret 2017 didapatkan hasil total sebesar 2246,4 kend/jam dari arah selatan, hasil tersebut dikalikan dengan ekr terlindung dari masing-masing jenis kendaraan maka didapat hasil 598.08 skr/jam, sedangkan dari arah utara didapatkan total sebesar 3230,4 kend/jam atau 877.92 skr/jam. Hari Senin, 27 Maret 2017 didapatkan hasil total sebesar

2568 kend/jam atau 579.84 skr/jam dari arah selatan, sedangkan dari utara didapatkan total sebesar 2985,6 kend/jam atau 798 skr/jam.

Tabel 5. 2 Volume lalu lintas pada Hari Sabtu, 25 Maret 2017

Sabtu, 25 maret 2017																					
No	Jam	Tundaan di pintu selatan (kendaraan)				Tundaan di pintu utara (kendaraan)				Tundaan di pintu selatan (skr)				Tundaan di pintu utara (skr)							
		KR	KB	SM	Total	KR	KB	SM	Total	KR	KB	SM	Total	KR	KB	SM	Total				
1	14:00	3	0	37	40	10	0	68	78	3	0	5.55	8.55	10	0	10.2	20.2				
2	14:12	3	0	8	11	8	1	19	28	3	0	1.2	4.2	8	1.3	2.85	12.15				
3	14:20	5	0	15	20	4	0	13	17	5	0	2.25	7.25	4	0	1.95	5.95				
4	14:26	2	0	16	18	6	0	32	38	2	0	2.4	4.4	6	0	4.8	10.8				
5	14:36	1	0	17	18	5	0	25	30	1	0	2.55	3.55	5	0	3.75	8.75				
6	14:39	3	0	14	17	5	0	23	28	3	0	2.1	5.1	5	0	3.45	8.45				
7	14:53	4	0	21	25	2	0	11	13	4	0	3.15	7.15	2	0	1.65	3.65				
8	15:07	5	0	21	26	3	1	26	30	5	0	3.15	8.15	3	1.3	3.9	8.2				
9	15:17	5	0	6	11	6	0	27	33	5	0	0.9	5.9	6	0	4.05	10.05				
10	15:26	2	0	10	12	4	1	24	29	2	0	1.5	3.5	4	1.3	3.6	8.9				
11	15:45	2	0	13	15	3	0	41	44	2	0	1.95	3.95	3	0	6.15	9.15				
12	16:05	4	0	29	33	4	0	25	29	4	0	4.35	8.35	4	0	3.75	7.75				
13	16:14	0	0	12	12	4	0	25	29	0	0	1.8	1.8	4	0	3.75	7.75				
14	16:37	4	0	22	26	6	0	40	46	4	0	3.3	7.3	6	0	6	12				
15	16:52	1	0	16	17	1	0	23	24	1	0	2.4	3.4	1	0	3.45	4.45				
16	17:01	6	0	23	29	4	0	31	35	6	0	3.45	9.45	4	0	4.65	8.65				
17	17:13	3	0	21	24	3	0	14	17	3	0	3.15	6.15	3	0	2.1	5.1				
18	18:04	2	0	14	16	2	0	25	27	2	0	2.1	4.1	2	0	3.75	5.75				
19	18:13	1	0	30	31	1	1	22	24	1	0	4.5	5.5	1	1.3	3.3	5.6				
20	18:17	2	0	9	11	3	0	16	19	2	0	1.35	3.35	3	0	2.4	5.4				
21	18:47	4	0	23	27	3	0	25	28	4	0	3.45	7.45	3	0	3.75	6.75				
22	18:58	2	0	27	29	4	0	23	27	2	0	4.05	6.05	4	0	3.45	7.45				
Volume lalu lintas 6 jam (kend/jam)					468	Volume lalu lintas 6 jam (kend/jam)					673	Volume lalu lintas 6 jam (skr/jam)				124.6	Volume lalu lintas 6 jam (skr/jam)				182.9
Volume lalu lintas 24 jam (kend/jam)					2246.4	Volume lalu lintas 24 jam (kend/jam)					3230.4	Volume lalu lintas 24 jam (skr/jam)				598.08	Volume lalu lintas 24 jam (skr/jam)				877.92

Tabel 5. 3 Volume lalu lintas pada Hari Senin, 27 Maret 2017

Hari, Tanggal		: Senin, 27 Maret 2017																			
No	Jam	Tundaan di pintu selatan (kendaraan)				Tundaan di pintu utara (kendaraan)				Tundaan di pintu selatan (skr)				Tundaan di pintu utara (skr)							
		KR	KB	SM	Total	KR	KB	SM	Total	KR	KB	SM	Total	KR	KB	SM	Total				
1	14:06	5	0	40	45	4	0	38	42	5	0	6	11	4	0	5.7	9.7				
2	14:18	5	1	31	37	5	0	14	19	5	1.3	4.65	10.95	5	0	2.1	7.1				
3	14:28	4	0	22	26	4	1	15	20	4	0	3.3	7.3	4	1.3	2.25	7.55				
4	14:53	2	0	22	24	5	1	21	27	2	0	3.3	5.3	5	1.3	3.15	9.45				
5	15:03	3	0	26	29	4	0	28	32	3	0	3.9	6.9	4	0	4.2	8.2				
6	15:12	1	0	16	17	6	0	18	24	1	0	2.4	3.4	6	0	2.7	8.7				
7	15:23	2	0	33	35	3	0	31	34	2	0	4.95	6.95	3	0	4.65	7.65				
8	15:35	3	0	32	35	5	0	35	40	3	0	4.8	7.8	5	0	5.25	10.25				
9	15:46	0	1	14	15	2	2	27	31	0	1.3	2.1	3.4	2	2.6	4.05	8.65				
10	16:05	1	0	14	15	7	0	48	55	1	0	2.1	3.1	7	0	7.2	14.2				
11	16:23	1	0	24	25	3	0	22	25	1	0	3.6	4.6	3	0	3.3	6.3				
12	16:34	2	0	22	24	5	1	25	31	2	0	3.3	5.3	5	1.3	3.75	10.05				
13	16:51	2	0	27	29	2	0	18	20	2	0	4.05	6.05	2	0	2.7	4.7				
14	17:16	3	0	27	30	2	0	39	41	3	0	4.05	7.05	2	0	5.85	7.85				
15	18:02	1	0	22	23	1	0	26	27	1	0	3.3	4.3	1	0	3.9	4.9				
16	18:11	3	0	39	42	3	0	24	27	3	0	5.85	8.85	3	0	3.6	6.6				
17	18:16	3	0	28	31	2	1	36	39	3	0	4.2	7.2	2	1.3	5.4	8.7				
18	18:49	3	0	33	36	8	2	47	57	3	0	4.95	7.95	8	2.6	7.05	17.65				
19	19:00	1	0	16	17	4	0	27	31	1	0	2.4	3.4	4	0	4.05	8.05				
Volume lalu lintas 6 jam (kend/jam)					535	Volume lalu lintas 6 jam (kend/jam)					622	Volume lalu lintas 6 jam (skr/jam)				120.8	Volume lalu lintas 6 jam (skr/jam)				166.25
Volume lalu lintas 24 jam (kend/jam)					2568	Volume lalu lintas 24 jam (kend/jam)					2985.6	Volume lalu lintas 24 jam (skr/jam)				579.84	Volume lalu lintas 24 jam (skr/jam)				798

2. Analisis Tundaan dan Panjang Antrian

a. Hari Pertama, Sabtu, 25 Maret 2017

Kereta api yang datang dari pukul 14:00 sampai 19:00 sebanyak 22 kereta api. Saat kedatangan kereta api, dicatat durasi tundaan, dihitung perkiraan panjang antrian pada tundaan tersebut di pintu utara maupun pintu selatan dengan menandai per 10 meter menggunakan cat semprot diawali dari palang pintu perlintasan, serta dihitung jumlah dan jenis kendaraan yang tertahan saat pintu perlintasan ditutup. Semua data dapat dilihat pada lampiran.

Contoh perhitungan total tundaan pada pukul 14:00 menggunakan rumus (3.40) pada BAB III, sehingga didapat hasil sebagai berikut :

Diketahui : Waktu tempuh pintu perlintasan tertutup = 5 detik

Waktu tempuh pintu perlintasan dibuka = 169 detik

$T_s = 169 - 5 = 164$ detik

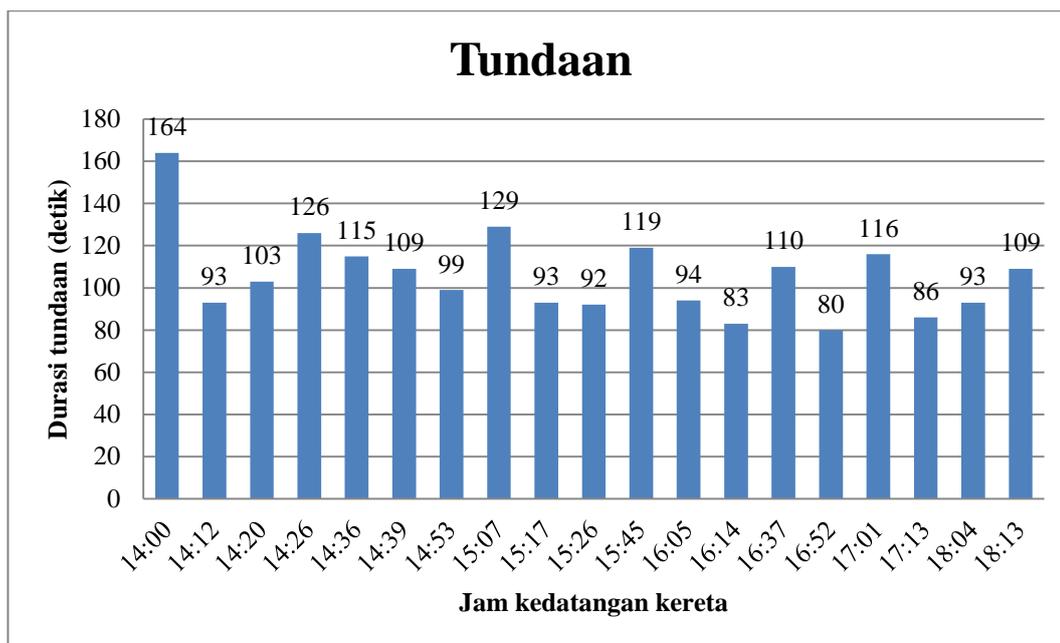
Rumus tersebut digunakan untuk semua perhitungan total tundaan. Dari data yang diperoleh didapat rata-rata durasi tundaan yaitu 104,1 detik dan durasi pintu perlintasan dari ditutup hingga terbuka 112,3 detik.

Tundaan terlama terjadi pada pukul 14:00 dengan waktu total tundaan 164 detik dan durasi pintu perlintasan dari ditutup hingga terbuka 175 detik. Tundaan tersebut menyebabkan panjang antrian pada pintu selatan panjang antrian sepanjang 45 m dengan jumlah kendaraan ringan (KR) sebanyak 3 kendaraan, sepeda motor (SM) sebanyak 37 kendaraan tanpa ada kendaraan berat (KB) dan kendaraan tidak bermotor (KTB) serta pada pintu utara panjang antrian sepanjang 126 m dengan jumlah kendaraan ringan (KR) sebanyak 10 kendaraan, sepeda motor (SM) sebanyak 68 kendaraan tanpa kendaraan berat (KB) dan kendaraan tidak bermotor (KTB).

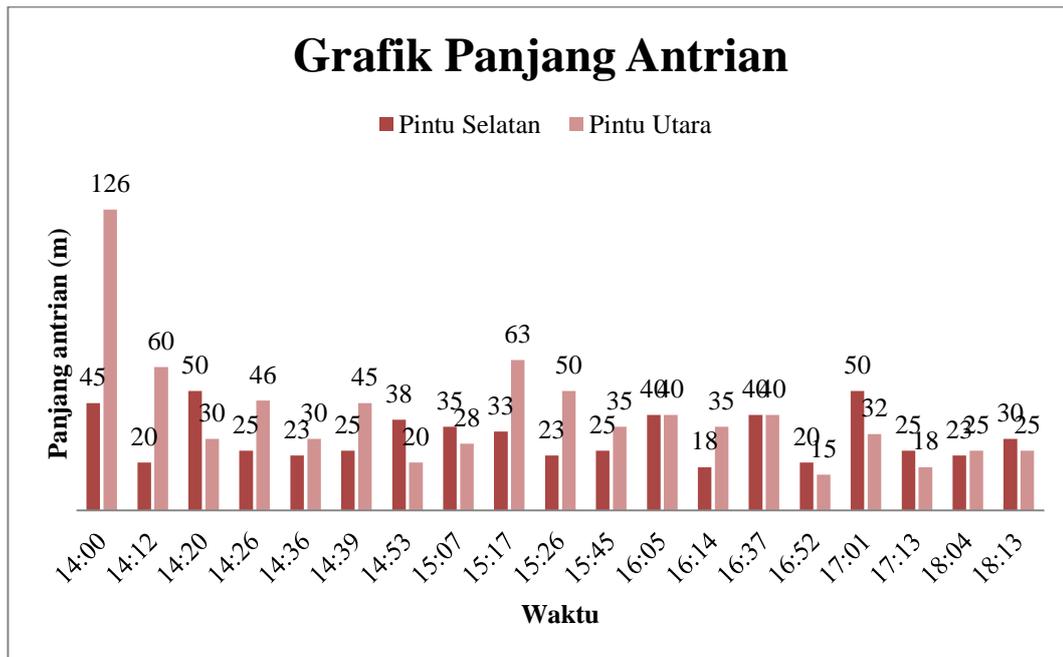
Sedangkan tundaan tercepat terjadi pada pukul 18:17 dengan waktu total tundaan 68 detik dan durasi pintu perlintasan dari ditutup hingga terbuka 80 detik. Tundaan tersebut menyebabkan panjang antrian pada pintu selatan sepanjang 25 m dengan jumlah kendaraan ringan (KR) sebanyak 2 kendaraan, sepeda motor (SM) sebanyak 9 kendaraan tanpa kendaraan berat (KB) dan kendaraan tidak bermotor (KTB) serta pada pintu utara sepanjang 20 m

dengan jumlah kendaraan ringan (KR) sebanyak 3 kendaraan, sepeda motor (SM) sebanyak 16 kendaraan, kendaraan tidak bermotor (KTB) 1 tanpa kendaraan berat (KB).

Dari hasil survai, kendaraan yang tertunda di pintu utara cenderung lebih banyak dibanding di pintu selatan, sebanyak 91 kendaraan ringan (KR), 4 kendaraan berat (KB), 578 sepeda motor (SM), dan 6 kendaraan tidak bermotor (KTB), sedangkan di pintu selatan sebanyak 64 kendaraan ringan (KR), 404 sepeda motor (SM), 9 kendaraan tidak bermotor (KTB), tanpa kendaraan berat (KB). Banyaknya pusat tarikan seperti : rumah makan, toko, pemukiman, dan pusat perbelanjaan yang terdapat pada sisi selatan perlintasan tersebut. Pada sisi selatan juga sebagai pusat kota Yogyakarta mengingat bahwa jalan Sorowajan Baru adalah jalan alternatif untuk menuju ke pusat kota Yogyakarta. Kendaraan yang banyak menuju ke pusat kota dikarenakan pada hari libur yaitu hari Sabtu. Banyak masyarakat yang akan berkunjung ke pusat kota pada hari Sabtu sore karena menjelang hari libur pada hari Minggu.



Gambar 5. 25 Tundaan Hari Sabtu, 25 Maret 2017



Gambar 5. 26 Tundaan Hari Sabtu, 25 Maret 2017

b. Hari Kedua, Senin, 27 Maret 2017

Kereta api yang datang dari pukul 14:00 sampai 19:00 sebanyak 19 kereta api. Saat kedatangan kereta api, dicatat durasi tundaan, dihitung perkiraan panjang antrian pada tundaan tersebut di pintu utara maupun pintu selatan dengan menandai per 10 meter menggunakan cat semprot diawali dari palang pintu perlintasan, serta dihitung jumlah dan jenis kendaraan yang tertahan saat pintu perlintasan ditutup. Semua data dapat dilihat pada lampiran.

Contoh perhitungan total tundaan pada pukul 14:06 menggunakan rumus (3.33) pada BAB III, sehingga didapat hasil sebagai berikut :

Diketahui : Waktu tempuh pintu perlintasan tertutup = 8 detik

Waktu tempuh pintu perlintasan dibuka = 146 detik

$T_s = 146 - 8 = 138$ detik

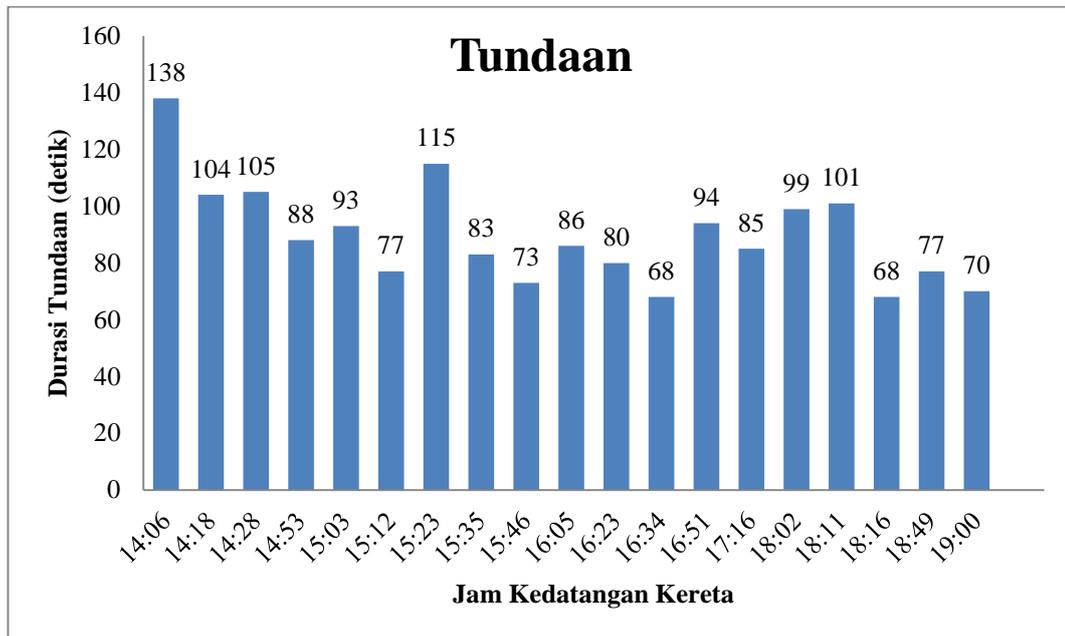
Rumus tersebut digunakan untuk semua perhitungan total tundaan. . Dari data yang diperoleh didapat rata-rata durasi tundaan yaitu 89,68 detik dan durasi pintu perlintasan dari ditutup hingga terbuka 102,32 detik.

Tundaan terlama terjadi pada pukul 14:06 dengan waktu total tundaan 138 detik dan durasi pintu perlintasan dari ditutup hingga terbuka 151 detik. Tundaan tersebut menyebabkan panjang antrian pada pintu selatan panjang antrian sepanjang 50 m dengan jumlah kendaraan ringan (KR) sebanyak 5 kendaraan, sepeda motor (SM) sebanyak 40 kendaraan tanpa kendaraan berat (KB) dan kendaraan tidak bermotor (KTB) serta pada pintu utara panjang antrian sepanjang 40 m dengan jumlah kendaraan ringan (KR) sebanyak 4 kendaraan, sepeda motor (SM) sebanyak 38 kendaraan tanpa kendaraan berat (KB) dan kendaraan tidak bermotor (KTB).

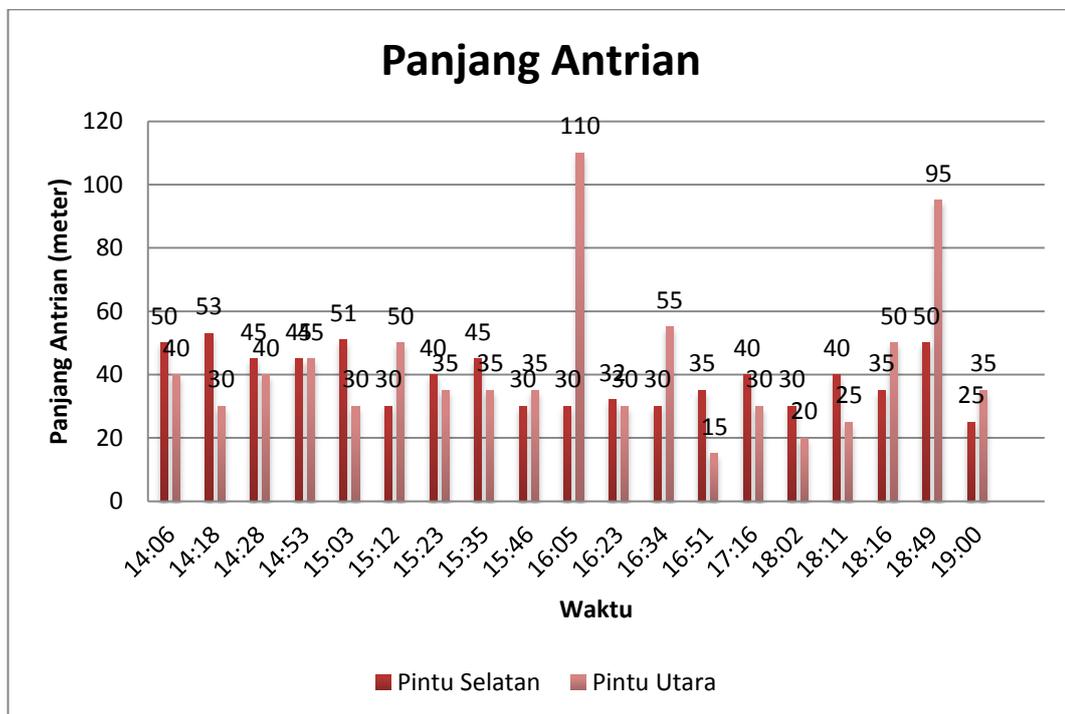
Sedangkan tundaan tercepat terjadi pada pukul 16:34 dengan waktu total tundaan 68 detik dan durasi pintu perlintasan dari ditutup hingga terbuka 80 detik. Tundaan tersebut menyebabkan panjang antrian pada pintu selatan sepanjang 30 m dengan jumlah kendaraan ringan (KR) sebanyak 2 kendaraan, sepeda motor (SM) sebanyak 22 kendaraan tanpa kendaraan berat (KB) dan kendaraan tidak bermotor (KTB) serta pada pintu utara sepanjang 55 m dengan jumlah kendaraan ringan (KR) sebanyak 5 kendaraan, sepeda motor (SM) sebanyak 25 kendaraan, kendaraan berat (KB) sebanyak 1 kendaraan tanpa kendaraan tidak bermotor (KTB).

Dari hasil survai pada hari Senin, 26 Maret 2017, kendaraan yang tertunda di pintu utara cenderung lebih banyak dibanding di pintu selatan. Kendaraan dari arah utara dengan jumlah kendaraan ringan (KR) sebanyak 75 kendaraan, sepeda motor (SM) sebanyak 539 kendaraan, kendaraan berat (KB) 8 kendaraan dan kendaraan tidak bermotor (KTB) 5 kendaraan, sedangkan kendaraan dari arah selatan dengan jumlah kendaraan ringan (KR) sebanyak 45 kendaraan, sepeda motor sebanyak 488 kendaraan, kendaraan berat (KB) sebanyak 2 kendaraan, dan kendaraan tidak bermotor (KTB) sebanyak 8

kendaraan. Jumlah kendaraan dari arah utara lebih banyak daripada kendaraan yang dari arah selatan dikarenakan pada hari Senin adalah hari yang mengawali hari pertama beraktifitas. Masyarakat yang akan kembali ke rumah dari bekerja atau pulang sekolah dan yang akan berangkat bekerja dengan waktu kerja pada sore hari. Pusat kota menjadi sebagai arah tujuan yang paling dominan yaitu dari arah utara ke arah selatan. Kendaraan yang dominan melewati adalah sepeda motor (SM).



Gambar 5. 27 Tundaan Hari Senin, 27 Maret 2017



Gambar 5. 28 Panjang antrian Hari Senin, 27 Maret 2017

Hubungan keselamatan dengan volume lalu lintas, tundaan, dan panjang antrian adalah terkait tentang perilaku para pengguna jalan yang merasakan kejenuhan padatnya lalu lintas, lamanya tundaan, dan panjangnya antrian.

D. Analisis Kondisi Struktur Perkerasan Jalan

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

Pengumpulan data kerusakan pada ruas Jalan Sorowajan Baru, Kota Yogyakarta sepanjang 400 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 25 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 Sorowajan Baru yang berjarak 400 m. catatan kondisi dan jenis kerusakan jalan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Catatan Kondisi dan Hasil Pengukuran Ruas Jalan Sorowajan Baru

SURVAI PEMELIHARAAN JALAN CATATAN KONDISI DAN HASIL PENGUKURAN							
Ruas Jalan		Jalan Sorowajan Baru		Cuaca		Cerah	
Panjang Jalan		400 m		Hari/Tanggal		Rabu, 8 Maret 2017	
Lebar Jalan		4,7 m		Surveyor		Team	
No	STA (km)	Tingkat Kerusakan	Ukuran				Jenis Kerusakan
			P (m)	L (m)	D (m)	A (m ²)	
1	0+035	M	1,05	0,60		0,63	TAMBALAN
2	0+035	L	2,68				RETAK PINGGIR
3	0+045	L	5,60				RETAK PINGGIR
4	0+069	L	6,10	1	0,02	0,122	ALUR
5	0+070	M	1	0,50	0,025	0,03	PELEPASAN BUTIRAN
6	0+075	M	2	0,80	0,03	0,11	PELEPASAN BUTIRAN
7	0+120	M	4,7	0,50		2,35	TAMBALAN
8	0+141	L	2				PENGAUSAN AGREGAT
9	0+142	M	0,80	0,40		0,32	TAMBALAN
10	0+145	M	0,75	0,40		0,3	TAMBALAN

11	0+150	H	1,5	1,1	0,12	0,62	LUBANG
12	0+153	H	1,25	0,50	0,075	0,26	LUBANG
13	0+153	L	4,2				RETAK PINGGIR
14	0+155	M	2	0,50		1	TAMBALAN
15	0+156	H	1,6	0,60	0,07	0,31	LUBANG
16	0+165	L	2				RETAK MELINTANG
17	0+175	L	25				PENGAUSAN AGREGAT
18	0+175	L	25				PENGAUSAN AGREGAT
19	0+198	M	0,80	0,40	0,08	0,18	CEKUNGAN
20	0+220	H	4,3	4	0,07		LUBANG
21	0+225	H	3	4	0,07		LUBANG
22	0+230	L	0,49	0,70	0,07		R. PERPOTONGAN REL
23	0+240	M	0,40	0,30	0,05		LUBANG
24	0+260	M	0,40	0,60			TAMBALAN
25	0+270	M	1,5	0,50			RETAK BUAYA
26	0+285	M	0,70	0,50			TAMBALAN
27	0+290	M	0,80	0,40	0,10		LUBANG
28	0+310	L	2	0,60			TAMBALAN
29	0+360	L	6,9				RETAK PINGGIR

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 0+225 s/d Km 0+250, Tabel PCI adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 5.5. perhitungan selengkapnya ditunjukkan pada lampiran.

Tabel 5. 5 Formulir survai PCI

AIRFIELD ASPHALT PAVEMENT SKETCH :		SKETCH :							
CONDITION SURVEY DATA SHEET FOR SAMPLE UNIT		P = 25							
Lokasi : <u>Jalan Sorowajan Baru</u> , Yogyakarta, DIY		L = 4,7 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. Sunkur (m ²)								
STA	Distress Severity	QUANTITY				TOTAL	DENSITY (%)	DEDUCT VALUE	TOTAL (DV)
0+225 s/d 0+250	14 L	3,43	3,43			6,86	5,8	8	94
	13 M	1				1	0,85	86	

c. Menghitung nilai kondisi perkerasan

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

Contoh pada sta 0+225 s/d 0+250 terjadi kerusakan sebagai berikut :

- a) Perpotongan rel = $3,43 + 3,43 = 6,86$ m
 b) Lubang = 1 m

- 2) Menghitung densitas

Sesuai dengan rumus (3.34) pada BAB III, maka di dapat nilai densitas pada sta 0+000 s/d 0+025 sebagai berikut :

- a) Perpotongan rel = $\frac{6,86}{4,7 \times 25} \times 100\% = 5,83\%$
 b) Lubang = $\frac{1}{4,7 \times 25} \times 100\% = 0,85\%$

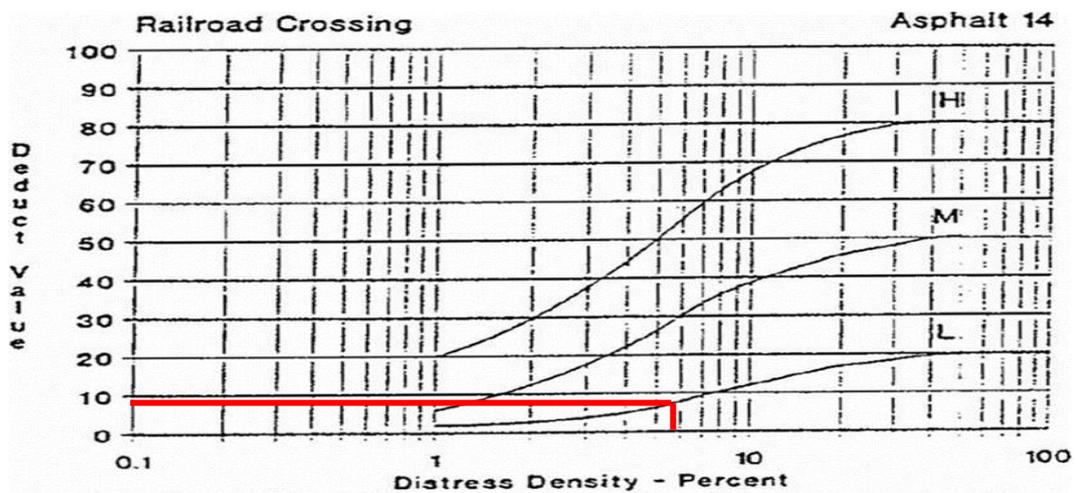
- 3) Mencari *deduct value* (DV)

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 0+225 s/d 0+250 adalah sebagai berikut :

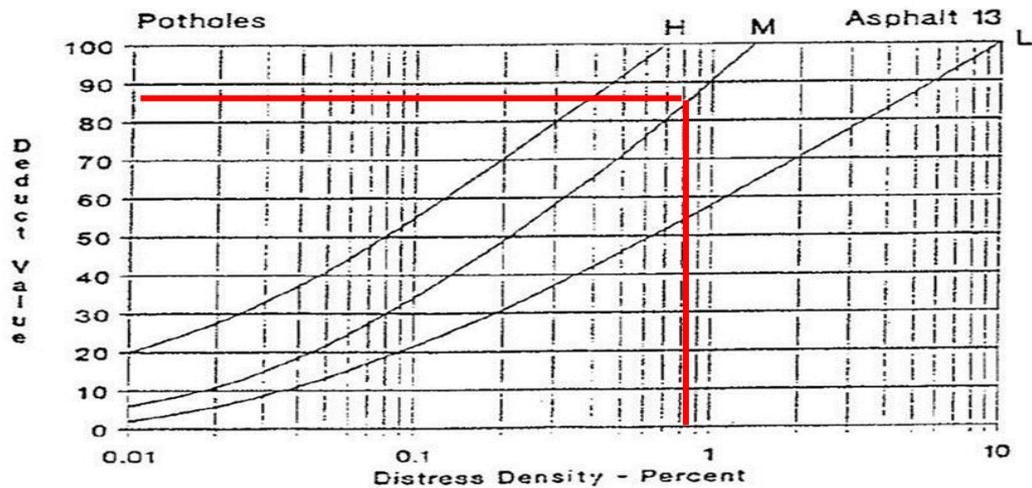
a) Perpotongan rel



Gambar 5. 29 Grafik *Deduct Value* Perpotongan rel

Dari grafik tersebut di dapat nilai *deduct value* untuk jenis kerusakan perpotongan rel adalah 8.

b) Lubang



Gambar 5. 30 Grafik *Deduct Value* Lubang

Dari grafik tersebut di dapat nilai *deduct value* untuk jenis kerusakan Lubang adalah 86.

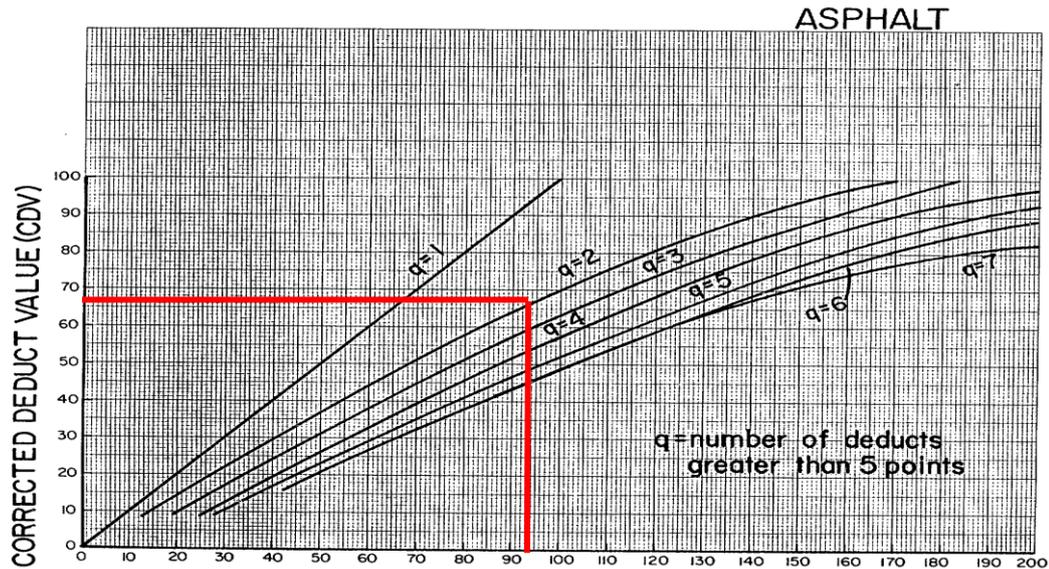
4) Mencari *corrected deduct value* (CDV)

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. Misalkan untuk segmen sta 0+225 s/d 0+250 total deduct value 94, q = 2 maka dari grafik CDV seperti pada Gambar 5.31 diperoleh nilai CDV = 66. Contoh perhitungan ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Perhitungan *Corrected Deduct Value*

STA	Deduct Value (DV)		Total	Q	CDV
0+225 s/d 0+250	86	8	94	2	66

Dari hasil tabel 5.6 kemudian nilai dimasukkan ke Grafik *Total Deduct Value* (TDV) seperti pada Gambar 5.31.



Gambar 5. 31 Corrected Deduct Value STA 0+225 s/d 0+250

Pada gambar 5.31 dapat dilihat nilai pengurangan terkoreksi maksimum *Corrected Deduct Value* (CDV) pada sta 0+225 s/d 0+250 adalah 66.

5) Menghitung nilai kondisi struktur perkerasan

Untuk menghitung nilai kondisi struktur perkerasan menggunakan metode *Pavement Condition Index* (PCI) sesuai dengan rumus (3.37), maka nilai PCI pada sta 0+225 s/d 0+250 adalah sebagai berikut :

$$PCI = 100 - 66 = 34$$

Dari nilai diatas berdasarkan Tabel 5. 7 maka dapat di kategorikan bahwa pada sta 0+225 s/d 0+250 masih dalam kondisi yang Buruk (*Poor*)

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. 7 Kualitas Struktur Perkerasan Tiap Unit Segmen

No	STA (km)	CDV	PCI	Keterangan
----	----------	-----	-----	------------

		maks	100-CDV	
1	0+000 s/d 0+025	0	100	Sempurna
2	0+025 s/d 0+050	13,5	86,5	Sempurna
3	0+050 s/d 0+075	23	77	Sempurna
4	0+075 s/d 0+100	0	100	Sempurna
5	0+100 s/d 0+125	21	79	Sangat Baik
6	0+125 s/d 0+150	75	25	Sangat Buruk
7	0+150 s/d 0+175	75	25	Sangat Buruk
8	0+175 s/d 0+200	21	79	Sangat Baik
9	0+200 s/d 0+225	100	0	Gagal
10	0+225 s/d 0+250	66	34	Buruk
11	0+250 s/d 0+275	24	76	Sangat Baik
12	0+275 s/d 0+300	65	35	Buruk
13	0+300 s/d 0+325	0	100	Sempurna
14	0+325 s/d 0+350	0	100	Sempurna
15	0+350 s/d 0+375	8	92	Sempurna
16	0+375 s/d 0+400	0	100	Sempurna
Total			1108,5	Baik
			69,28	

Perhitungan nilai rata-rata PCI menggunakan rumus (3.38) , maka didapat nilai rata-rata PCI pada Jalan Sorowajan Baru sepanjang 400 m adalah sebagai berikut :

$$\frac{\sum PCI}{\text{jumlah segmen}} = \frac{1166}{16} = 69,28 \text{ (Baik)}$$

Maka dapat ditarik kesimpulan nilai struktur perkerasan yang ada di Jalan Sorowajan Baru rata-rata Baik (*Good*).

Tabel 5. 8 Persentase Kerusakan pada Jalan Sorowajan Baru

No	Jenis Kerusakan	Jumlah	Presentase (%)
1	RETAK PINGGIR	4	1
2	TAMBALAN	8	2
3	ALUR	1	0.25
4	PELEPASAN BUTIRAN	2	0.5
5	PENGAUSAN AGREGAT	3	0.75
6	LUBANG	7	1.75
7	RETAK MELINTANG	1	0.25
8	CEKUNGAN	1	0.25
9	R. PERPOTONGAN REL	1	0.25
10	RETAK BUAYA	1	0.25

Berdasarkan Tabel 5. 8 jumlah kerusakan terbanyak adalah Tambalan dengan persentase 2% dan Lubang dengan persentase 1,75%. Maka dapat disimpulkan pada jalan Sorowajan Baru, Yogyakarta klasifikasi kondisi struktur perkerasan jalan sepanjang 400 m termasuk Baik (Good).

Kerusakan struktur perkerasan jalan berpengaruh pada keselamatan karena seingkali perilaku pengendara yang menghindari kerusakan jalan tersebut tanpa melihat sekitarnya yang menyebabkan kecelakaan terjadi, tetapi dimungkinkan jika kondisi struktur perkerasan baik maka menyebabkan perilaku pengendara cenderung meningkatkan kecepatan kendaraannya yang akan berpengaruh pada tingkat keselamatan pengendara atau pengguna jalan tersebut.

Maka dari itu perlu dilakukan penelitian mengenai hubungan antara kondisi kerusakan jalan menggunakan metode *Pavement Condition Index* dengan kecepatan pengendara yang melintasi jalan tersebut.

Solusi perbaikan menggunakan metode P5 dan P6 karena banyaknya lubang dan tambalan pada jalan Sorowajan Baru, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta, dengan penjelasan metode sebagai berikut:

1. Metode Perbaikan P5 (Penambalan Lubang)

- a. Jenis kerusakan
 - 1) Lubang dengan kedalaman > 50 mm.
 - 2) Retak kulit buaya ukuran > 3 mm.
 - 3) Bergelombang dengan kedalaman > 30 mm.
 - 4) Alur dengan kedalaman > 30 mm.
 - 5) Ambblas dengan kedalaman > 50 mm.
 - 6) Kerusakan tepi perkerasan jalan.
- b. Langkah penanganan
 - 1) Memobilisasi peralatan, pekerja, dan material ke lokasi.

- 2) Memberikan tanda pada jalan yang akan diperbaiki.
- 3) Menggali material sampai mencapai material di bawahnya (biasanya kedalaman pekerjaan jalan 150-200 mm, harus diperbaiki).
- 4) Membersihkan daerah yang diperbaiki dengan air compressor.
- 5) Memeriksa kadar air optimum material pekerjaan jalan yang ada.
- 6) Menambahkan air jika kering hingga keadaan optimum.
- 7) Menggali material jika basah dan biarkan sampai kering.
- 8) Memadatkan dasar galian dengan menggunakan pemadatan tangan.
- 9) Mengisi galian dengan bahan pondasi agregat yaitu kelas A atau kelas B (tebal maksimum 15 cm), kemudian memadatkan agregat dalam keadaan kadar optimum air sampai kepadatan maksimum.
- 10) Menyemprotkan lapis serap ikat (pengikat) prime coat jenis RS dengan takaran 0,5 lt/m². Untuk Cut Back jenis MC-30 atau 0,8 lt/m² untuk aspal emulsi.
- 11) Mengaduk agregat untuk campuran dingin dalam Concrete Mixer dengan perbandingan agregat kasar dan halus 1,5 : 1. Kapasitas maksimum aspal mixer kira-kira 0,1 m³. Untuk campuran dingin, menambahkan semua agregat 0,1 m³ sebelum aspal. Menambahkan aspal dan mengaduk selama 4 menit siapkan campuran aspal dingin secukupnya untuk keseluruhan dari pekerjaan ini.
- 12) Menebarkan dan memadatkan campuran aspal dingin dengan tebal maksimum 40 mm sampai diperoleh permukaan yang rata dengan menggunakan alat perata.
- 13) Memadatkan dengan Baby Roller minimum 5 lintasan, material ditambahkan jika diperlukan.
- 14) Membersihkan lapangan dan memeriksa peralatan dengan permukaan yang ada.

2. Metode Perbaikan P6 (Perataan)

a. Jenis kerusakan

- 1) Lubang dengan kedalaman < 50 mm.

- 2) Bergelombang dengan kedalaman < 30 mm.
 - 3) Lokasi penurunan dengan kedalaman < 50 mm.
 - 4) Alur dengan kedalaman < 30 mm.
 - 5) Jembul dengan kedalaman < 50 mm.
 - 6) Kerusakan tepi perkerasan jalan.
- b. Langkah penanganan
- 1) Memobilisasi peralatan, pekerja, dan material ke lokasi.
 - 2) Memberikan tanda pada jalan yang akan diperbaiki.
 - 3) Membersihkan daerah yang diperbaiki dengan air compressor.
 - 4) Menyemprotkan tack coat dari jenis RS pada daerah kerusakan $0,5 \text{ lt/m}^2$ untuk aspal emulsi atau $0,2 \text{ lt/m}^2$ untuk cut back dengan asfalt kettle/kaleng berlubang.
 - 5) Mengaduk agregat untuk campuran dingin dengan perbandingan 1,5 agregat kasar : 1,0 agregat halus. Kapasitas maksimum mixer kira-kira $0,1 \text{ m}^3$. Untuk campuran dingin ditambahkan agregat $0,1 \text{ m}^3$. Untuk campuran dingin ditambahkan agregat $0,1 \text{ m}^3$ sebelum aspal.
 - 6) Menambahkan material aspal dan mengaduk selama 4 menit. Siapkan campuran aspal dingin kelas A, kelas C, kelas E, atau campuran aspal beton secukupnya sampai pekerjaan selesai.
 - 7) Menghamparkan campuran aspal dingin pada permukaan yang telah ditandai, sampai ketebalan diatas permukaan minimum 10 mm.
 - 8) Memadatkan dengan Baby Roller (minimum 5 lintasan) sampai diperoleh kepadatan optimum.
 - 9) Memberikan lapangan dan mengangkat kembali rambu pengaman.