

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Peraturan Perkeretapian

Menurut Undang-undang No. 23 tahun 2007 tentang Perkeretaapian, perpotongan antara jalan raya dengan jalur kereta api disebut perlintasan dan dibuat dengan prinsip tidak sebidang, pengecualian terhadap prinsip tidak sebidang hanya bersifat sementara yang dapat dilakukan dalam hal tidak membahayakan dan membebani serta mengganggu kelancaran operasi kereta api dan lalu lintas jalan. Pada perlintasan sebidang antara jalur kereta api dan jalan, pemakai jalan wajib mendahulukan perjalanan kereta api.

1) Ketentuan dalam Perencanaan Perlintasan Sebidang

Berdasarkan Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang Antara Jalan Raya dengan Jalan Kereta Api yang dikeluarkan oleh Dinas Perhubungan tahun 2005 maupun Perencanaan Perlintasan Jalan dengan Jalan Kereta Api oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah tahun 2004, ada 2 ketentuan dalam perencanaan perlintasan sebidang yaitu:

- a. Ketentuan umum dalam pedoman perlintasan jalan dengan jalur kereta api harus memperhatikan aspek-aspek sebagai berikut:
 - 1) Keselamatan lalu lintas, dimana kereta api mempunyai prioritas utama.
 - 2) Pandangan bebas pemakai jalan.
 - 3) Kepentingan pejalan kaki.
 - 4) Drainase jalan.
 - 5) Kepentingan penyandang cacat.
 - 6) Desain yang ramah lingkungan.
- b. Ketentuan Teknis sebagai berikut:
 - 1) Geometrik pada perlintasan sebidang (sarana dan prasarana, klasifikasi, fungsi jalan, potongan melintang dan daerah/ruang bebas).
 - 2) Pengaturan lalu lintas.

3) Tipe struktur perkerasan pada perlintasan sebidang.

2) Persyaratan Perlintasan Sebidang

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 36 Tahun 2011 Tentang Perpotongan dan Persinggungan antara Jalur Kereta Api dengan Bangunan Lain disebutkan bahwa persyaratan perlintasan sebidang adalah sebagai berikut:

- a. Perpotongan antara jalur kereta api dengan bangunan lain dapat berupa perpotongan sebidang atau perpotongan tidak sebidang.
- b. Perpotongan antara jalur kereta api dengan jalan disebut perlintasan.
- c. Perlintasan dibuat sebidang, jika:
 - 1) Letak geografis yang tidak memungkinkan membangun perlintasan tidak sebidang.
 - 2) Tidak membahayakan dan mengganggu kelancaran operasi kereta api dan lalu lintas di jalan.
 - 3) Pada jalur tunggal dengan frekuensi dan kecepatan kereta api rendah.
- d. Perlintasan sebidang sebagaimana dimaksud ditetapkan dengan ketentuan:
 - 1) Kecepatan kereta api yang melintas pada perlintasan kurang dari 60 km/jam.
 - 2) Selang waktu antara kereta api satu dengan kereta api berikutnya (*headway*) yang melintas pada lokasi tersebut minimal 30 (tiga puluh) menit.
 - 3) Jalan yang melintas adalah jalan kelas III.
 - 4) Jarak perlintasan yang satu dengan yang lainnya pada satu jalur kereta api tidak kurang dari 800 meter.
 - 5) Tidak terletak pada lengkungan jalur kereta api atau jalan.
 - 6) Jarak pandang bebas bagi masinis kereta api minimal 500 meter maupun pengendara kendaraan bermotor dengan jarak minimal 150 meter.

- e. Pembangunan perlintasan sebidang yang dimaksud harus memenuhi persyaratan:
 - 1) Permukaan jalan harus satu level dengan kepala rel dengan toleransi 0,5 cm.
 - 2) Terdapat permukaan datar sepanjang 60 cm diukur dari sisi terluar jalan rel.
 - 3) Maksimum gradient untuk dilewati kendaraan dihitung dari titik tertinggi di kepala rel adalah:
 - a) 2% diukur dari sisi terluar permukaan datar sebagaimana dimaksud pada huruf (b) untuk jarak 9,4 meter.
 - b) 10% untuk 10 meter berikutnya dihitung dari titik terluar sebagai gradient peralihan.
 - 4) Lebar perlintasan untuk satu jalur jalan maksimum 7 meter.
 - 5) Sudut perpotongan antara jalan rel dengan jalan harus 90° dan panjang jalan yang lurus minimal harus 150 meter dari as jalan rel.
- f. Pada perlintasan sebidang, kereta api mendapat prioritas berlalu lintas dan harus dilengkapi dengan:
 - 1) Rambu, marka dan alat pemberi isyarat lalu lintas, dan
 - 2) Petugas penjaga pintu perlintasan.

3) Pedoman Teknis Rambu dan Marka pada Perlintasan Sebidang

Mengacu pada Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Nomor: SK.770/KA.401/DRJD/2005 tentang Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang antara Jalan dengan Jalur Kereta Api bahwa prasarana yang wajib dimiliki oleh jalan raya pada perlintasan sebidang yaitu:

- a. Rambu lalu lintas yang berupa peringatan dan larangan sebagai berikut:
 - 1) Rambu peringatan terpasang pada perlintasan sebidang antara jalan dengan kereta api, terdiri dari:

- Rambu yang menyatakan adanya perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api dimana jalur kereta api dilengkapi dengan pintu perlintasan dengan rambu No.22a.
- Rambu tambahan yang menyatakan jarak per 150 meter dengan rel kereta api terluar dengan rambu No. 24
- Rambu berupa kata-kata yang menyatakan agar berhati-hati mendekati perlintasan kereta api. Terpasang minimal 100 m dari marka melintang.

2) Rambu larangan terpasang pada perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api, terdiri dari:

- Rambu larangan berjalan terus sebagaimana tersebut dalam KM Nomor 61 Tahun 1993 tentang Rambu-rambu Lalu Lintas di Jalan No. 1a, wajib berhenti sesaat dan meneruskan perjalanan setelah mendapat kepastian aman dari lalu lintas arah lainnya. Terpasang minimal 2,5 meter dari sisi terluar perlintasan.
- Rambu larangan berjalan terus yaitu rambu sebagaimana tersebut dalam KM Nomor 61 Tahun 1993 tentang Rambu-rambu Lalu Lintas di Jalan No. 1c, terpasang pada persilangan sebidang jalan dengan kereta api jalur tunggal yang mewajibkan kendaraan berhenti sesaat untuk mendapat kepastian aman sebelum melintasi rel. Terpasang minimal 4,5 meter dari sisi terluar rel.
- Rambu larangan berbalik arah kendaraan bermotor maupun tidak bermotor pada perlintasan kereta api, dengan rambu No.5c.
- Rambu larangan berupa kata-kata yaitu rambu No. 12 yang menyatakan agar pengemudi berhenti sebentar untuk memastikan tidak ada kereta api yang melintas. Terpasang minimal 30 meter dari sisi terluar rel.

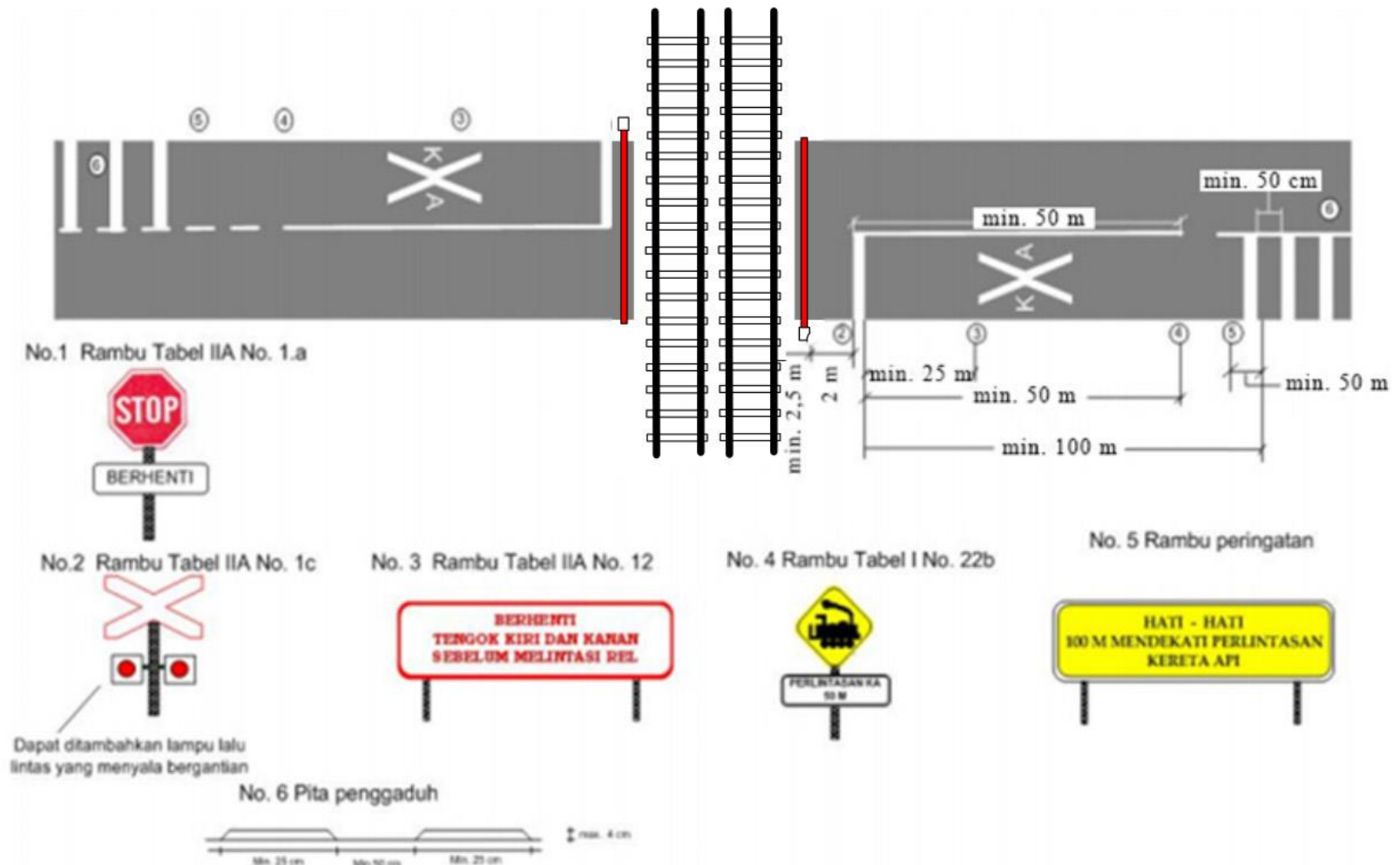
b. Wajib dilengkapi dengan perlengkapan jalan berupa marka jalan yang terdiri dari:

- 1) Marka melintang berupa tanda garis melintang sebagai batas wajib berhenti kendaraan sebelum melintasi jalur kereta api, dengan ukuran lebar 0,30 meter dan tinggi 0,03 meter;
 - 2) Marka membujur berupa garis utuh sebagai larangan kendaraan untuk melintasi garis tersebut dengan ukuran lebar 0,12 meter dan tinggi 0,03 meter.
 - 3) Marka lambang berupa tanda peringatan yang dilengkapi dengan tulisan “KA” sebagai tanda peringatan adanya perlintasan dengan jalur kereta api, dengan ukuran lebar secara keseluruhan 2,4 meter dan tinggi 6 meter serta ukuran huruf yang bertuliskan “KA” tinggi 1,5 meter dan lebar 0,60 meter.
- c. Pita Penggaduh (*rumble strip*) sebelum memasuki persilangan sebidang.
- d. Median minimal 6 meter lebar 1 meter pada jalan 2 lajur 2 arah.
- e. Wajib dilengkapi dengan:
- 1) Isyarat lampu satu warna berwarna merah yang menyala berkedip atau dua lampu berwarna merah yang menyala bergantian,
 - 2) Isyarat suara atau tanda panah pada lampu yang menunjukkan arah datangnya kereta api.

4) Penentuan Perlintasan Sebidang

- a. Perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api, terdiri dari:
- 1) Perlintasan sebidang yang dilengkapi dengan pintu;
 - a) Otomatis;
 - b) Tidak otomatis baik mekanik maupun elektrik.
 - 2) Perlintasan sebidang yang tidak dilengkapi pintu.
- b. Perlintasan sebidang sebagaimana dimaksud dalam huruf a butir 1) apabila melebihi ketentuan mengenai :
- 1) Jumlah kereta api yang melintas pada lokasi tersebut sekurang-kurangnya 25 kereta/hari dan sebanyak-banyaknya 50 kereta /hari;

- 2) volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) sebanyak 1.000 sampai dengan 1.500 kendaraan pada jalan dalam kota dan 300 sampai dengan 500 kendaraan pada jalan luar kota; atau
- 3) hasil perkalian antara volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) dengan frekuensi kereta api antara 12.500 sampai dengan 35.000 smpk. maka harus ditingkatkan menjadi perlintasan tidak sebidang.



Gambar 3.1 Contoh Pemasangan Rambu Marka dan Perlengkapan Lampu pada Perlintasan Sebidang
 (Sumber : Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Darat Nomor SK.770/KA.401/DRJD/2005)

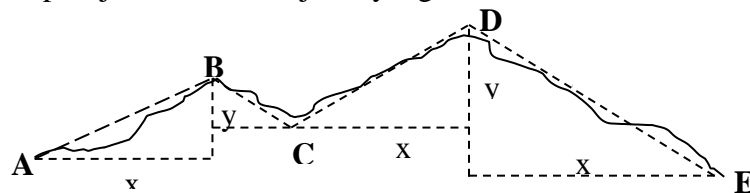
B. Alinyemen Horisontal Jalan Raya

Dalam merencanakan alinyemen horizontal perlu diketahui hubungan antara kecepatan rencana dengan lengkung dan hubungan keduanya dengan superelevasi.

1. Perhitungan Klasifikasi Medan

Perhitungan klasifikasi medan ada dua macam yang harus dihitung dan dirata-rata untuk menentukan jenis klasifikasi medan tersebut.

- a. Terhadap as jalan atau trase jalan yang direncanakan



Gambar 3. 2 Gambar kemiringan memanjang trase

(Sumber : Modul Praktikum Perancangan Jalan UMY, 2017)

Keterangan:

x : jarak horisontal

y : elevasi

Besar elevasi AB adalah:

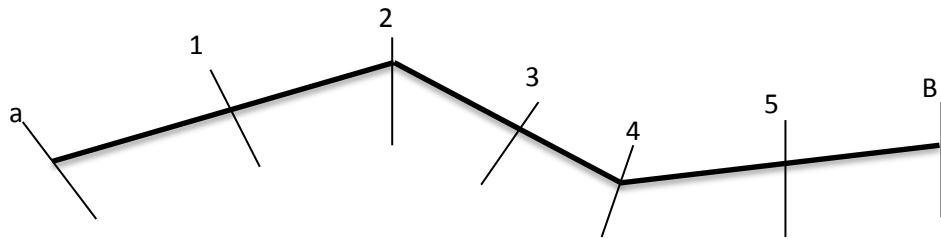
$$i_{ab} = \frac{y}{x} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Besarnya elevasi terhadap kemiringan memanjang as jalan adalah rata-rata dari elevasi AB, BC, CD, dan DE.

$$i \text{ rata - rata kemiringan memanjang} = \frac{i_{ab}+i_{bc}+i_{cd}+i_{de}}{4} \dots\dots\dots(3.2)$$

- b. Terhadap potongan melintang jalan yang direncanakan

Potongan melintang jalan adalah menentukan beberapa titik potongan rencana jalan sesuai gambar atau pada daerah yang ekstrim.



Gambar 3. 3 Gambar trase rencana jalan

(Sumber : Modul Praktikum Perancangan Jalan UMY, 2017)

Besar elevasi adalah:

$$i_A = \frac{y}{x} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

Besarnya elevasi terhadap potongan melintang jalan adalah rata-rata dari elevasi A, 1, 2, 3, 4, 5, B.

$$i \text{ rata - rata kemiringan melintang} = \frac{i_A+i_1+i_2+i_3+i_4+i_5+i_B}{7} \dots\dots(3.4)$$

c. Elevasi keseluruhan

Perhitungan elevasi keseluruhan adalah perhitungan rata-rata dari penjumlahan elevasi terhadap as jalan dan elevasi potongan melintang jalan.

$$i \text{ rata - rata keseluruhan} = \frac{i_{\text{rata-rata kemiringan memanjang}} + i_{\text{rata-rata kemiringan mlintang}}}{2} \dots\dots(3.5)$$

Berdasarkan perhitungan elevasi keseluruhan maka dapat ditentukan jenis medan yan sesuai dengan Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Klasifikasi menurut Medan Jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1.	Datar	D	< 3
2.	Bukit	B	3 – 25
3.	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Bina Marga, 1997)

2. Perhitungan Tikungan

Kecepatan rencana (V_r), V_r didapat dari data fungsi jalan dan kelandaian medan jalan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Kecepatan Rencana (V_r), sesuai klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana, V_r (Km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

(Sumber : Bina Marga, 1997)

Sudut belok/sudut tikungan (Δ).

Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan (T) 3 detik.

Superelevasi maksimum, $e_{maks} = 10\% = 0,1$ (3.6)

Superelevasi normal, $e_n = 2\% = 0,02$ (3.7)

Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan, r_e (m/m/detik)

Untuk $V_r \leq 70$ km/jam, r_e maks = 0,035 m/m/detik(3.8)

Untuk $V_r \geq 80$ km/jam, r_e maks = 0,025 m/m/detik(3.9)

a. Menghitung koefisien gesekan maksimum (f_{maks})

Jika $V_r \leq 80$ km/jam, maka

$$f_{maks} = 0,192 - (0,00065 \times V_r) \dots\dots\dots(3.10)$$

Jika V_r 80-112 km/jam, maka

$$f_{maks} = 0,24 - (0,00125 \times V_r) \dots\dots\dots(3.11)$$

b. Menghitung nilai jari-jari tikungan minimum (R_{min})

$$R_{min} = \frac{V_r^2}{127(e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots(3.12)$$

R_{min} hitungan harus dibandingkan dengan R_{min} yang sesuai dengan Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Panjang jari-jari minimum dengan menggunakan $e_{maks} = 10\%$

V_r (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

(Sumber : Bina Marga, 1997)

Kemudian $R_d \geq R_{min}$.

c. Menghitung nilai derajat lengkung maksimum (D_{maks})

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks}+f_{maks})}{V_r^2} \dots\dots\dots(3.13)$$

d. Mengecek tikungan berjenis full circle (F-C)

- Cara 1

Menyesuaikan rencana (R_d) hasil hitungan sebelumnya dengan hubungan antara V_r dengan nilai R_{min} pada Tabel 3.4, yang digunakan sebagai syarat jari-jari minimum untuk tikungan F-C. Jika $R_d \leq R_{min}$ (di tabel sesuai V_r), maka jenis F-C tidak bias digunakan.

Tabel 3. 4 Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

V_r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Bina Marga, 1997)

- Cara 2

Menentukan superelevasi desain (e_d)

$$Dd = \frac{1432,4}{R_d} \dots\dots\dots(3.14)$$

$$e_d = \frac{V_r^2}{127 (R_d)} - f_{maks} \dots\dots\dots(3.15)$$

- Cara 3

Menghitung panjang lengkung peralihan dengan 3 persamaan.

- Berdasarkan waktu tempuh maksimum dilengkung peralihan dimana:

$$L_S = \frac{V_r}{3,6} \times T \dots\dots\dots(3.16)$$

Keterangan :

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tempuh dilengkung peralihan (L_S) = 3 detik

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$L_S = \left(0,022 \times \frac{V_r^3}{R_d * C} \right) - \left(2,727 \times \frac{V_r \times e_d}{C} \right) \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan:

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

e_d = Super elevasi desain (%)

R_d = Jari-jari rencana (m)

C = Perubahan percepatan antar 0,3-1,0 disarankan 0,4 (m/det²)

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_S = \frac{(e_{maks} - e_n) V_r}{3,6 * r_e} \dots\dots\dots(3.18)$$

Keterangan:

e_{maks} = Superelevasi maksimum (%)

e_n = Superelevasi normal (%)

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

r_e = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m/m/detik)

untuk $V_r \leq 70$ km/jam, maka r_e maks = 0,035 m/m/det,

untuk $V_r \geq 80$ km/jam, maka r_e maks = 0,025 m/m/det.

Dari perhitungan 3 persamaan tersebut, diambil nilai L_S terbesar dan dibulatkan keatas.

- Menghitung P

$$P = \frac{L_S^2}{24 * R_d} \dots\dots\dots(3.19)$$

Jika $P \leq 0,25$ maka jenis tikungan adalah F-C dan tidak memerlukan

lengkung peralihan.

Jika $P \geq 0,25$ maka jenis tikungan memiliki lengkung peralihan (S-C-S atau S-S).

- f. Jika tikungan bukan F-C (melelainkan S-C-S atau S-S) maka harus menentukan sudut lengkung peralihan/spiral (θ_s)

$$\theta_s = \frac{L_s * 360}{4 * \pi * R_d} \dots\dots\dots(3.20)$$

Keterangan:

L_s = Panjang lengkung peralihan yang digunakan (m)

π = 3,14

R_d = Jari-jari rencana (m)

- a. Menentukan sudut lengkung lingkaran/ *circle* (θ_c)

$$\theta_c = \Delta I - (2 \times \theta_s) \dots\dots\dots(3.21)$$

Keterangan:

ΔI = Sudut belok tikungan P1 ($^\circ$)

θ_s = Sudut lengkung peralihan/ spiral ($^\circ$)

- b. Menentukan panjang lengkung lingkaran/ *circle* (L_c)

$$L_c = \frac{\theta_c * \pi * R_d}{180} \dots\dots\dots(3.22)$$

Keterangan:

θ_c = Sudut lengkung lingkaran/ *circle* ($^\circ$)

π = 3,14

R_d = Jari-jari rencana (m)

- g. Mengecek tikungan berjenis S-C-S atau S-S

Syarat tikungan S-C-S jika $\theta_c \geq 0^\circ$, dan $L_c \geq 25$ meter.

Jika salah satu tidak terpenuhi, maka tikungan berjenis S-S.

- h. Jika tikungan berjenis S-C-S

syarat untuk tikungan S-C-S jika $\theta_c \geq 0^\circ$, dan $L_c \geq 25$ meter.

$$X_s = L_s \times \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \times R_d^2}\right) \dots\dots\dots(3.23)$$

$$Y_s = \left(\frac{L_s^2}{6 \times R_d}\right) \dots\dots\dots(3.24)$$

$$P = Y_s - R_d \times (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(3.25)$$

$$K = X_s - R_d \times \sin \theta_s \dots\dots\dots(3.26)$$

$$T_s = (Rd + P) \times \{ \tan (\frac{1}{2} \Delta I) \} + K \dots \dots \dots (3.27)$$

$$E_s = \frac{Rd+P}{\cos (\frac{1}{2} \times \Delta I)} - Rd \dots \dots \dots (3.28)$$

$$L_c = \frac{\theta_c \times \pi \times Rd}{180} \dots \dots \dots (3.29)$$

$$L_{total} = L_c + (2 L_s) \dots \dots \dots (3.30)$$

Menghitung = 2 x Ts

Jika $2 \times T_s \geq L_{total}$, maka jenis tikungan yang digunakan S-C-S.

Jika $2 \times T_s \leq L_{total}$, maka masuk ke perhitungan jenis tikungan S-S.

i. Jika tikungan berjenis S-S

Rumus perhitungan P, K, Ts, dan Es sama dengan perhitungan S-C-S.

Jika $L_c \leq 25$ meter maka tikungan berjenis S-S.

Menghitung ulang $\theta_s = \frac{1}{2} \times$ sudut belok tikungan (ΔI).

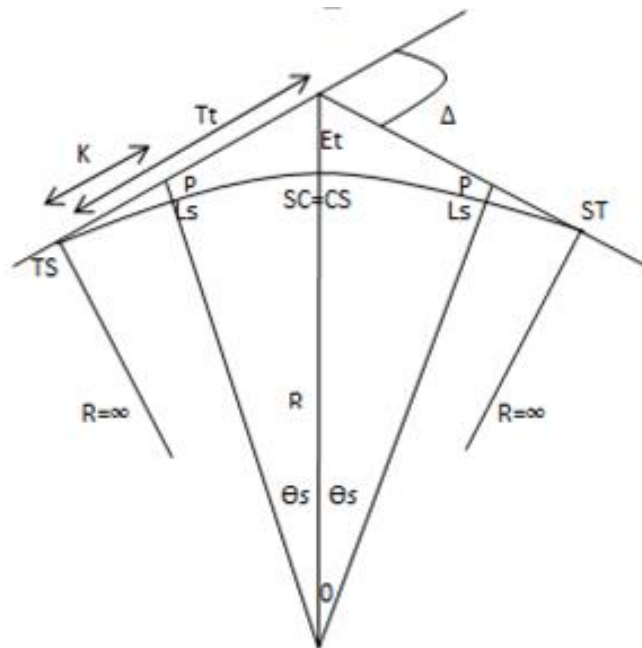
$L_c = 0$.

Menghitung ulang Ls menggunakan rumus $\theta_s = \frac{1}{2} \times$ sudut belok tikungan (ΔI).

$$L_s = \frac{\theta_s \times \pi \times Rd}{90} \dots \dots \dots (3.31)$$

Mengecek = $T_s \geq L_s$, maka termasuk lengkung S-S.

j. Menggambar tikungan dan diagram superelevasi



Gambar 3. 6 Gambar tikungan tipe S-S

(Sumber: Bina Marga, 1997)

C. Karakteristik Arus Lalu Lintas

1. Arus Lalu Lintas

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia tahun 2014, arus lalu lintas (Q) untuk masing-masing gerakan, baik belok kiri, lurus maupun belok kanan dikonversikan dari kendaraan per jam menjadi satuan mobil penumpang (smp) per jam dengan menggunakan nilai ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing jenis pendekatan, yaitu pendekat terlindung dan pendekat terlawan. Tipe pendekat terlindung adalah arus keberangkatan tanpa konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan lurus. Sedangkan tipe pendekat terlawan adalah arus keberangkatan dengan konflik antara gerakan lalu lintas belok kanan dan gerakan lurus / belok kiri.

Tabel 3. 5 Nilai ekr Pendekat Terlindung dan Terlawan

Jenis Kendaraan	Emp untuk tipe pendekat	
	Terlindung	Terlawan
Kendaraan ringan (KR)	1,0	1,0
Kendaraan berat (KB)	1,3	1,3
Sepeda motor (SM)	0,15	0,4

(Sumber : Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014)

$$Q = Q_{KR} \times emp_{KR} + Q_{KB} \times emp_{KB} + Q_{SM} \times emp_{SM} \dots\dots\dots(3.32)$$

Keterangan:

Q : Arus lalu lintas (skr/jam).

 Q_{KR} : Arus lalu lintas jenis kendaraan ringan (kendaraan/jam). Q_{KB} : Arus lalu lintas jenis kendaraan berat (kendaraan/jam). Q_{SM} : Arus lalu lintas jenis sepeda motor (kendaraan/jam).

ekr : Faktor pendekat.

2. Tundaan

Tundaan adalah waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui simpang (PKJI, 2014). Tundaan terdiri dari Tundaan Lalu Lintas (*Vehicles Interection Delay*) dan Tundaan Geometrik (*Geometric Delay*). Secara sistematis dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$T = T_T + T_0 \dots\dots\dots(3.33)$$

Keterangan:

 T_T = Tundaan lalu lintas rata-rata. T_G = Tundaan geometrik rata-rata.

Total kendaraan yang diperhitungkan termasuk *geometric delay* dan *vehicle interaction delay*. Penundaan karena berhenti menimbulkan selisih waktu antara kecepatan perjalanan (*journey speed*) dan kecepatan bergerak

(*running speed*) (PKJI, 2014). Sehingga tundaan dapat didefinisikan sebagai tambahan waktu perjalanan saat melalui pertemuan sebidang jalan dan jalur kereta api. Komponen tundaan terdiri dari perlambatan kendaraan, berhentinya kendaraan, dan percepatan kembali pada kondisi kecepatan semula yang terjadi akibat penutupan pintu perlintasan saat kereta api lewat dan pada saat pintu dibuka (akibat kondisi geometrik daerah perlintasan). Sehingga nilai tundaan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$T_s = t_2 - t_1 \dots\dots\dots(3.34)$$

Keterangan :

T_s = Tundaan (detik).

t_1 = Waktu tempuh saat palang pintu ditutup (detik).

t_2 = Waktu tempuh saat palang pintu dibuka (detik).

3. Panjang Antrian

Panjang antrian didefinisikan sebagai panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekatan dan dinyatakan dalam satuan meter. Jumlah kendaraan yang mengalami antrian digambarkan oleh jarak vertikal segitiga antrian. Pada saat awal palang pintu ditutup, panjang antrian meningkat dari nol sampai nilai maksimum di akhir waktu penutupan. Kemudian panjang antrian berkurang sampai garis kedatangan berpotongan dengan garis pelayanan (panjang antrian menjadi nol). Hal ini berlangsung sampai periode waktu penutupan pintu perlintasan kembali.

D. Jenis dan Tingkat Kerusakan pada Perkerasan Lentur

Menurut Manual Pemeliharaan Jalan Direktorat Jenderal No.001/T/BT/1994 yang dikeluarkan Bina Marga, kerusakan jalan pada perkerasan lentur dapat dibedakan menjadi :

1. Retak (*Cracking*)

Retak yang terjadi pada lapisan permukaan jalan dapat dibedakan yaitu:

a. Retak halus (*hair cracking*)

Dimensi dari retak halus yaitu dengan lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm, penyebabnya adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus ini dapat meresapkan air ke dalam lapis permukaan.

b. Retak kulit buaya (*alligator cracks*)

Retak buaya terjadi akibat retak halus yang merangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya.

c. Retak pinggir (*edge cracks*)

Retak pinggir merupakan retak memanjang jalan dengan atau tanpa cabang yang mengarah ke bahu jalan dan terletak dekat bahu.

d. Retak sambungan bahu dan perkerasan (*edge joint cracks*)

Retak memanjang yang umumnya terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan, terjadinya *settlement* di bahu jalan, penyusutan material bahu atau perkerasanjalan, atau akibat lintasan trucklkendaraan berat di bahu jalan.

e. Retak sambungan jalan (*lane joint cracks*)

Retak memanjang yang terjadi pada sambungan 2 lajur jalan.

f. Retak sambungan pelebaran jalan (*widening cracks*)

Retak memanjang yang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran.

g. Retak refleksi (*reflection cracks*)

Retak memanjang, melintang, diagonal, atau membentuk kotak. Terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) yang menggambarkan pola retakan di bawahnya.

h. Retak susut (*shrinkage cracks*)

Retak yang saling bersambungan membentuk kotakkotak besar dengan sudut tajam.

i. Selip

Retak yang bentuknya melengkung seperti bulan sabit.

2. Distorsi (*Distortion*)

Distorsi (*Distortion*) adalah perubahan bentuk dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar, pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Sebelum perbaikan dilakukan sewajarnya ditentukan terlebih dahulu jenis dan penyebab distorsi yang terjadi. Dengan demikian dapat ditentukan jenis penanganan yang cepat. Distorsi (*distortion*) dapat dibedakan menjadi :

a. Alur (*Ruts*)

Alur yang terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan.

b. Keriting (*Corrugation*)

Alur yang terjadi dengan melintang di jalan.

c. Sungkur (*Shoving*)

Deformasi plastis yang terjadi setempat, di tempat kendaraan sering berhenti, kelandaian curam, dan tikungan tajam.

d. Amblas (*Grade depression*)

Terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Amblas dapat terdeteksi dengan adanya air yang tergenang.

e. Jembul (*Upheaval*)

Terjadi setempat, dengan atau tanpa retak. Hal ini terjadi akibat adanya pengembangan tanah dasar pada tanah dasar ekspansif.

3. Cacat permukaan (*Disintegration*)

Cacat permukaan (*disintegration*), yang mengarah kepada kerusakan secara kimiawi dan mekanis dari lapisan perkerasan. Yang termasuk dalam cacat permukaan ini adalah :

a. Lubang (*Potholes*)

Berupa mangkuk, ukuran bervariasi dari kecil sampai besar. Lubang-lubang ini menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan yang menyebabkan semakin parahnyanya kerusakan jalan.

b. Pelepasan butir (*Ravelling*)

Dapat terjadi secara meluas dan mempunyai efek serta disebabkan oleh hal yang sama dengan lubang.

c. Pengelupasan lapisan permukaan (*Stripping*)

Dapat disebabkan oleh kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya, atau terlalu tipisnya lapis permukaan.

2. Pengausan (*Polished aggregated*)

Pengausan terjadi karena agregat berasal dari material yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan, atau agregat yang dipergunakan berbentuk bulat dan licin, tidak berbentuk *cubical*.

3. Kegemukan (*Bleeding/Flushing*)

Kegemukan terjadi karena temperatur tinggi, aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda.

4. Penurunan pada bekas penanaman utilitas (*Utility cut depression*)

Penurunan pada bekas penanaman utilitas dapat terjadi di sepanjang bekas penanaman utilitas. Hal ini terjadi karena pemadatan yang tidak memenuhi syarat.

E. Metode Pavement Condition Index (PCI)

Pavement Condition Index (PCI) adalah salah satu sistem penilaian kondisi perkerasan jalan berdasarkan jenis, tingkat kerusakan yang terjadi dan dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan.

Perhitungan yang digunakan untuk menentukan PCI adalah sebagai berikut:

1. *Density* (kadar kerusakan)

Density adalah presentase kerusakan terhadap total luasan dari suatu jenis kerusakan terhadap luasan pada suatu unite penelitian yang diukur dalam meter persegi atau meter panjang. Nilai *density* suatu jenis kerusakan dibedakan juga berdasarkan tingkat kerusakannya.

Untuk menghitung nilai *density* dipakai rumus sebagai berikut:

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\% \dots\dots\dots(3.35)$$

Atau

$$Density = \frac{Ld}{As} \times 100\% \dots\dots\dots(3.36)$$

Dengan:

Ad : Luas total jenis kerusakan unyuk tiap tingkat kerusakan (m²).

Ld : Panjang total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m).

As : Luas total unit segmen (m²).

Persamaan (3.35) dan (3.36) digunakan untuk kerusakan yang bisa diukur, misalnya retak memanjang atau melintang, retak pinggir, cekungan, tambalan

dan lain-lain. Untuk kerusakan tertentu seperti lubang, maka dihitung menggunakan rumus :

$$Density = \frac{\text{jumlah lubang}}{As} \times 100\% \dots\dots\dots(3.37)$$

2. *Deduct Value* (nilai pengurangan)

Deduct Value adalah suatu nilai pengurangan untuk tiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva hubungan antara *density* dengan *deduct value*. *Deduct Value* juga dibedakan atas tingkat kerusakan untuk tiap-tiap kerusakan.

3. *Total Deduct Value* (TDV)

Total Deduct Value adalah suatu nilai dari *deduct value* pada masing-masing unit penelitian.

4. *Corrected Deduct Value* (CDV)

Corrected Deduct Value diperoleh dari kurva hubungan antara TDV dan CDV dengan memilih lengkungan kurva sesuai jumlah nilai *Deduct Value* yang lebih besar dari 2 (Shahin, 1994 dalam Rosihan). Dan jika nilai CDV yang diperoleh lebih kecil dari nilai *Deduct Value* yang tertinggi, maka CDV digunakan adalah nilai dari *Individual Deduct Value* yang tertinggi.

5. *Pavement Condition Index* (PCI)

Setelah CDV diketahui, maka nilai PCI untuk tiap unit penelitian atau segmen adalah :

$$PCIs = 100 - CDV \dots\dots\dots(3.37)$$

Keterangan :

PCIs = *Pavement Condition Index* untuk tiap unit penelitian

CDV = *Corrected Deduct Value* untuk tiap unit penelitian

Untuk nilai PCI dari perkerasan lentur secara keseluruhan pada suatu ruas jalan adalah :

$$PCI_f = \sum \frac{PCIs}{N} \dots\dots\dots(3.38)$$

Keterangan :

PCIf = Nilai PCI perkerasan lentur pada ruas jalan

PCIs = Nilai PCI perkerasan lentur pada tiap unit penelitian

N = Jumlah unit penelitian

6. *Rating* (Klasifikasi Kualitas Perkerasan)

Menurut Shahin (1994) dalam Rosihan menyatakan bahwa *rating* kondisi jalan yang diamati dapat ditentukan dengan cara memasukan nilai PCI yang telah dihitung menggunakan Gambar 2.x , yaitu *Failed* (0-10%), *Very Poor* (11-25%), *Poor* (26-40%), *Fair* (41-55%), *Good* (56-70%), *Very Good* (71-85%), dan *Excelet* (86-100%).

Tabel 3. 6 Besaran Nilai PCI

No	Nilai PCI	Kualitas Struktur Perkerasan Jalan
1	86 – 100	Sempurna (<i>Excellent</i>)
2	71 – 85	Sangat Baik (<i>Very Good</i>)
3	56 – 70	Baik (<i>Good</i>)
4	41 – 55	Sedang (<i>Fair</i>)
5	26 – 40	Buruk (<i>Poor</i>)
6	11 – 25	Sangat Buruk (<i>Very Poor</i>)
7	0 - 10	Gagal (<i>Failed</i>)

(Sumber : Hardiyatmo, 2007)

F. Metode Perbaikan

Metode perbaikan Standar Dirjen Binda Marga tahun 1995:

1. Metode Perbaikan P1 (Penebaran Pasir)

a. Jenis kerusakan

Lokasi kegemukan aspal terutama pada tikungan dan tanjakan.

b. Langkah penanganan

1) Memobilisasi peralatan, pekerja, dan material ke lokasi.

- 2) Memberikan tanda pada jalan yang akan diperbaiki.
- 3) Membersihkan daerah dengan *air compressor*.
- 4) Menebarkan pasir kasar atau agregat halus dengan tebal > 10 mm di atas permukaan yang rusak.
- 5) Melakukan pemadatan dengan pemadat ringan (berat 1 – 2 ton) sampai diperoleh permukaan yang rata dan mempunyai kepadatan optimal yaitu mencapai 95
- 6) Membersihkan tempat pekerjaan dari sisa bahan dan alat pengaman.
- 7) Demobilitas.

2. Metode Perbaikan P2 (Laburan Aspal Setempat)

a. Jenis kerusakan

- 1) Kerusakan tepi bahu jalan beraspal.
- 2) Retak kulit buaya dengan lebar < 2 mm.
- 3) Retak melintang, retak diagonal dan retak memanjang dengan lebar retak < 2 mm.
- 4) Terkelupas.

b. Langkah penanganan

- 1) Memobilisasi peralatan, pekerja dan material ke lokasi.
- 2) Memberikan tanda pada jalan yang akan diperbaiki.
- 3) Membersihkan daerah dengan *air compressor*.
- 4) Menebarkan pasir kasar atau agregat halus dengan tebal 5 mm di atas permukaan yang rusak hingga rata.
- 5) Melakukan pemadatan dengan mesin pneumatic sampai diperoleh permukaan yang rata dan mempunyai kepadatan optimal yaitu mencapai 95%.
- 6) Membersihkan tempat pekerjaan dari sisa bahan dan alat pengaman.
- 7) Demobilitas.

3. Metode Perbaikan P3 (Melapisi retak)

a. Jenis kerusakan

Lokasi-lokasi retak satu arah dengan lebar retakan < 3 mm.

b. Langkah penanganan

- 1) Memobilisasi peralatan, pekerja, dan material ke lokasi.
- 2) Memberikan tanda pasa jalan yang akan diperbaiki.
- 3) Membersihkan daerah dengan air compressor.
- 4) Membuat campuran aspal emulsi dan pasir kasa dengan menggunakan Concrete Mixer dengan komposisi sebagai berikut:
 - Pasir 20 Liter
 - Aspal emulsi 6 Liter.
- 5) Menyemprotkan tack coat dengan aspal emulsi jenis RC (0,2lt/m) di daerah yang akan diperbaiki.
- 6) Menebarkan dan meratakan campuran aspal di atas permukaan yang terkena kerusakan hingga rata.
- 7) Melakukan kepadatan ringan (1-2 ton) sampai diperoleh permukaan yang rata dan mempunyai kepadatan optimal yaitu mencapai 95%.
- 8) Memberikan tempat pekerjaan dari sisa bahan dan alat pengaman.
- 9) Demobilitas.

2. Metode Perbaikan P4 (Pengisian Retak)

a. Jenis kerusakan

Lokasi-lokasi retak satu arah dengan lebar retak < 3 mm.

b. Langkah penanganan

- 1) Memobilisasi peralatan, pekerja, dan material ke lokasi.
- 2) Memberikan tanda pasa jalan yang akan diperbaiki.
- 3) Memberikan daerah dengan air compressor.
- 4) Mengisi retakan dengan aspal tack back (2lt/m²) menggunakan aspal spayer.
- 5) Menebarkan pasir kasar atau agregat halus dengan tebal > 10 mm di atas permukaan yang rusak.
- 6) Melakukan pemadatan dengan baby roller minimal 3 lintasan.
- 7) Mengangkat kembali rambu pengaman dan bersihkan lokasi dari sisa bahan.
- 8) Demobilitas.

3. 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 asfalt 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.

4. 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 lt/m² untuk aspal emulsi atau 0,2 lt/m² untuk cut back dengan aspal 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 m³. Untuk campuran dingin ditambahkan agregat 0,1 m³. Untuk campuran dingin ditambahkan agregat 0,1 m³ 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.

