

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Beberapa penelitian terdahulu yang membahas tentang Inspeksi Keselamatan di Perlintasan Sebidang, antara lain sebagai berikut ini.

- a. Studi keselamatan dan keamanan transportasi di perlintasan sebidang antara jalan rel dengan jalan umum (Putra, 2009).
- b. Studi kelayakan perlintasan sebidang pada jaringan jalan dalam kota dan antar kota (Aswad, 2010).
- c. Studi pengaruh perlintasan sebidang jalan dengan rel kereta api terhadap karakteristik lalu lintas (studi kasus: perlintasan kereta api jalan sisingamangaraja, Medan) (Sitorus dan Surbakti, 2013).
- d. Inspeksi keselamatan jalan di Yogyakarta (studi kasus: jalan Wates – Yogyakarta km 5 sampai dengan km 10) (Setiawan dan Mahmudah, 2017).
- e. Inspeksi keselamatan pada perlintasan sebidang pada JPL 348 km 163 ± 220, Jalan Sorowajan Baru, kota Yogyakarta (Putra, 2017).

Dari beberapa penelitian tersebut, penelitian tentang Inspeksi Keselamatan pada Perlintasan Sebidang JPL 714 KM 530 ± 679 Jalan Sedayu, Bantul, Yogyakarta belum pernah dilakukan sebelumnya.

#### **2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Inspeksi Keselamatan pada Perlintasan Sebidang**

Hasil penelitian menurut Sitorus dan Surbakti (2013) tentang pengaruh jalan rel terhadap karakteristik lalu lintas pada perlintasan kereta api Jalan Sisingamangaraja, Medan. Dengan melakukan survei lalu lintas, survei geometri, dan pengumpulan data berupa jadwal serta peta jalur. Dari pemodelan karakteristik lalu lintas metode yang cocok digunakan adalah model *greenshield*. Hasil penelitian yang diperoleh, Jalan Sisingamangaraja merupakan jalan dengan 4 lajur 2 arah yang terbagi dengan kapasitas jalan 2975,28 smp/jam per jalur. Dan dari hasil penelitian di lapangan pada jalur Jalan Pandu dan Jalan Cirebon ke Jalan Sisingamangaraja volume lalu lintas rata-rata per jam 1596,6 smp/jam. Dan jalur

dari Jalan Sisingamangaraja ke Jalan Pandu volume rata-rata 624,4 smp/jam. Terdapat 5 periode penutupan dari pukul 15.00 – 18.00 WIB yang menyebabkan panjang antrian kendaraan dengan durasi antrian tertinggi pada jalur Jalan Pandu dan Jalan Cirebon ke Jalan Sisingamangaraja 362,10 detik dan Jalan Sisingamangaraja ke Jalan Pandu 124,53 detik. Dengan rendahnya kecepatan, maka nilai kerapatan pada perlintasan semakin tinggi dengan total biaya akibat tundaan dan penutupan pintu perlintasan per tahun Rp 342.169.953,-.

Hasil penelitian menurut Putra (2009) tentang tingkat keselamatan dan keamanan transportasi di perlintasan sebidang antara jalan rel dengan jalan umum di Semarang, Jawa Tengah. Yaitu dengan mengevaluasi sarana dan prasarana yang ada pada perlintasan sebidang kereta api. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu bahwa perlintasan kereta api Jalan Kaligawe, Semarang sudah memenuhi standar teknis perlintasan, namun masih kurang rambu-rambu di perlintasan. Jalan Kaligawe memiliki kepadatan arus lalu lintas yang tinggi dengan beragam jenis kendaraan yang melintas, sehingga tidak memenuhi syarat sebagai perlintasan jalur kereta api sebidang dan dikarenakan banyak bangunan yang berada di kanan dan kiri jalan rel menutupi jarak pandang masinis dan pengguna jalan yang melintasi rel.

Hasil penelitian menurut Aswad (2010) tentang studi kelayakan perlintasan sebidang pada jaringan jalan antar kota dan dalam kota di Sumatera Selatan. Dengan melakukan peninjauan berupa pendataan kecelakaan lalu lintas di perlintasan sebidang, survei lalu lintas, dan survei geometri. Hasil penelitian yang diperoleh adalah perlintasan sebidang yang ditinjau dinyatakan layak karena memenuhi persyaratan. Kecepatan kereta api yang melintasi pada perlintasan < 60 km/jam, jarak waktu antara kereta api satu dengan kereta lainnya (*headway*) yang melintas dilokasi tersebut minimal 6 menit, jalan yang dilalui adalah jalan kelas III, dan tidak terletak pada lengkungan jalan.

Hasil penelitian menurut Setiawan dan Mahmudah (2017) tentang inspeksi keselamatan jalan pada Jalan Wates km 5 – km 10 Yogyakarta. Dengan melakukan observasi berupa tinjauan pustaka mengenai peraturan yang berlaku di Indonesia dan penelitian terdahulu, pengumpulan data kecelakaan, survei kondisi fasilitas jalan raya yang ada pada Jalan Wates km 5 sampai km 10. Hasil

penelitian menunjukkan pada ruas Jalan Wates-Yogyakarta km 5 sampai dengan km 10 menunjukkan bahwa terdapat tiga daerah rawan kecelakaan yang bias dilihat dari data kecelakaan dalam kurun waktu tiga tahun yaitu tahun 2014 sampai dengan tahun 2016. Daerah tersebut diantaranya Jalan Wates-Yogyakarta km 5,5 yaitu ruas jalan depan RS PKU Muhammadiyah Gamping, Jalan Wates-Yogyakarta km 7 yaitu ruas jalan depan Agen Bus Efisiensi Ambarketawang Gamping, dan Jalan Wates-Yogyakarta km 9 yaitu ruas jalan depan SPBU Perengdawe Gamping. Jumlah korban terbanyak yaitu luka ringan sebanyak 30 orang dan berdasarkan data karakteristik kecelakaan yang terjadi pada ruas Jalan Wates km 5 sampai dengan km 10, faktor penyebab utama kecelakaan adalah manusia (*human error*).

Hasil penelitian menurut Putra (2017) tentang inspeksi keselamatan pada perlintasan sebidang pada JPL  $163 \pm 220$ , Jalan Sorowajan Baru, Kota Yogyakarta, yaitu dengan menganalisis kelengkapan infrastruktur, geometrik, tundaan kendaraan, antrian kendaraan, volume kendaraan, dan kondisi struktur permukaan perkerasan jalan. Hasil penelitian yang didapat cukup layak dalam aspek keselamatan bagi pengendara dan pengguna jalan yang melintas pada perlintasan tersebut, kelengkapan infrastruktur belum memenuhi standar teknis karena tidak dilengkapi dengan rambu larangan putar balik, tidak adanya rambu berupa kata-kata pada tiap sisi perlintasan, tidak adanya pita penggaduh, dan tidak adanya marka jalan seperti marka melintang dan marka lambang KA, terdapat rambu yang memiliki kondisi tidak baik, letak rambu sulit terlihat oleh pengguna jalan, nilai indeks kondisi struktur perkerasan jalan (PCI) rata-rata sebesar 69,28% yang termasuk dalam kategori baik (*good*), dan kondisi geometrik jalan raya memiliki sudut perpotongan  $83^\circ$ , jari-jari tikungan pertama 9,78 meter dengan kecepatan eksisting rata-rata 17,5 km/jam dan tikungan kedua 20,44 meter dengan kecepatan eksisting rata-rata 25 km/jam yang memenuhi persyaratan.

## **2.2. Dasar Teori**

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13 Tahun 2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan, yang dimaksud dengan jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas,

yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kerta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 36 Tahun 2011 tentang Perpotongan dan/atau Persinggungan antara Jalur Kereta Api dengan Bangunan Lain perpotongan adalah suatu persilangan jalan kereta api dengan bangunan lain maupun tidak sebidang, sedangkan persinggungan adalah keberadaan bangunan lain di jalur kereta api, baik seluruhnya maupun sebagian yang tidak berpotongan. Perpotongan antara jalur kereta api dengan bangunan lain dapat berupa perpotongan sebidang atau perpotongan tidak sebidang.

### **2.2.1. Inspeksi Keselamatan pada Perlintasan Sebidang**

Dalam usaha peningkatan keselamatan pada jalan, pemerintah harus menyediakan fasilitas jalan yang layak dan berkualitas. Perlu dilakukan audit terhadap elemen-elemen jalan seperti hambatan samping yang berpotensi terhadap kecelakaan, geometrik jalan, dan fasilitas perlengkapan jalan, karena faktor prasarana merupakan faktor yang secara langsung dapat dipengaruhi oleh pemerintah dalam usaha meningkatkan keselamatan jalan (Indriastuti dkk., 2011).

Inspeksi keselamatan pada perlintasan sebidang merupakan evaluasi layak atau tidaknya terhadap kelengkapan infrastruktur pada perlintasan sebidang baik di jalan rel maupun jalan raya dengan mengidentifikasi bahaya, kesalahan, dan kekurangan yang bertujuan meningkatkan keselamatan bagi para pengguna jalan maupun perlintasan sebidang, sedangkan audit keselamatan pada perlintasan sebidang bertujuan untuk mengevaluasi kesalahan yang ada pada perlintasan sebidang dengan memberikan rekomendasi kepada pemerintah untuk tindakan selanjutnya yang akan dilakukan.

Keselamatan lalu lintas dan angkutan umum jalan menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan adalah suatu keadaan terhindarnya setiap orang dari risiko kecelakaan selama berlalu lintas yang disebabkan oleh manusia, kendaraan, jalan, dan/atau lingkungan. Sedangkan menurut Aswardi dkk. (2017) penilaian terhadap keselamatan jalan terbagi menjadi 3 (tiga) poin, yaitu nilai peluang dari kejadian kecelakaan sebelumnya pada jalan yang diinspeksi, nilai dampak berdasarkan

riwayat kecelakaan yang pernah terjadi, dan nilai resiko pada tiap kekurangan yang ditemukan sehingga dapat diketahui penanganan selanjutnya.

Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan kecelakaan pada perlintasan sebidang kereta api selain dengan faktor kendaraan maupun pengemudi, antara lain sebagai berikut ini:

- a. Kondisi alam (cuaca).
- b. Kondisi kerusakan struktur perkerasan jalan.
- c. Kelengkapan rambu dan marka jalan.
- d. Desain ruas perpotongan jalur kereta api dengan jalan (alinyemen vertikal dan alinyemen horizontal).

Menurut Sadeghi dkk. (2017) keselamatan jalur kereta api bergantung pada tingkat keamanan dan pemeliharaan *ballast* dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Dengan perencanaan pemeliharaan yang lebih akurat dan sumber daya yang lebih efektif dapat memperpanjang siklus hidup jalur kereta api. Menurut Muttram (2002) dengan menggunakan model risiko keselamatan pada kereta api akan lebih efektif untuk memungkinkan pemahaman tentang struktur risiko sehingga dalam upaya perbaikan dapat ditargetkan dan dicapai untuk efek yang terbaik. Sedangkan menurut Bhushan dkk. (2017) rel kereta api perlu diperiksa secara terus menerus untuk mengetahui kerusakan pada jalur kereta api. Dengan pengenalan alat manual dan otomatis untuk menghemat waktu manusia dan memberikan *output* yang lebih akurat, sehingga dapat mengurangi tingkat kecelakaan yang terjadi di rel kereta api. Namun, perlunya peningkatan kesadaran dan manajemen keselamatan kereta api dengan menggunakan pendekatan berbasis penalaran itu penting untuk menganalisis risiko keselamatan kereta api, operator, insinyur infrastruktur, dan manajer untuk meningkatkan keselamatan dan menetapkan standar keselamatan (Szkoda, 2014).

### **2.2.2. Perlintasan Sebidang**

Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor 770 Tahun 2005 tentang Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang Antara Jalan dengan Jalur Kereta Api, perlintasan sebidang adalah perpotongan sebidang antara jalur kereta api dengan jalan. Sedangkan menurut Aswad (2010) persimpangan sebidang adalah pertemuan dua ruas jalan atau lebih yang berbasis sama seperti jalan raya

dengan jalan raya atau bisa didefinisikan sebagai pertemuan jalan raya dan jalan kereta api.

a. Jalan Rel dan Kereta Api

Pengertian jalan rel menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 36 Tahun 2011 tentang Perpotongan dan/atau Persinggungan antara Jalur Kereta Api dengan Bangunan Lain adalah satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja, beton atau konstruksi lain yang terletak di permukaan, di bawah, dan di atas tanah atau bergantung beserta perangkatnya yang mengarahkan jalannya kereta api.

Sedangkan pengertian kereta api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api.

b. Persyaratan Perlintasan Sebidang

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 36 Tahun 2011 tentang Perpotongan dan/atau Persinggungan antara Jalur Kereta Api dengan Bangunan Lain menyebutkan bahwa persyaratan perlintasan sebidang adalah sebagai berikut ini:

- 1) Perpotongan antara jalur kereta api dengan bangunan lain dapat berupa perpotongan sebidang atau tidak sebidang.
- 2) Perpotongan antara jalur kereta api dengan jalan disebut perlintasan.
- 3) Perlintasan dibuat sebidang, jika:
  - a) Letak geografis yang tidak memungkinkan membangun perlintasan tidak sebidang.
  - b) Tidak membahayakan dan mengganggu kelancaran operasi kereta api dan lalu lintas di jalan.
  - c) Pada jalur tunggal dengan frekuensi dan kecepatan kereta api rendah.
- 4) Perlintasan sebidang sebagaimana dimaksud ditetapkan dengan ketentuan:
  - a) Kecepatan kereta api yang melintas pada perlintasan kurang dari 60 km/jam.

- b) Selang waktu antara kereta api satu dengan kereta api berikutnya (*headway*) yang melintas pada lokasi tersebut minimal 30 (tiga puluh) menit.
  - c) Jalan yang melintas adalah jalan kelas III.
  - d) Jarak perlintasan yang satu dengan yang lainnya pada satu jalur kereta api tidak kurang dari 800 meter.
  - e) Tidak terletak pada lengkungan jalan.
  - f) Jarak pandang bebas bagi masinis kereta api minimal 500 meter maupun pengendara kendaraan bermotor dengan jarak minimal 150 meter.
- 5) Pembangunan perlintasan sebidang yang dimaksud harus memenuhi persyaratan berikut ini:
- a) Permukaan jalan harus satu level dengan kepala rel dengan toleransi 0,5 cm.
  - b) Terdapat permukaan datar sepanjang 60 cm diukur dari sisi terluar jalan rel.
  - c) Maksimum gradient untuk dilewati kendaraan dihitung dari titik tertinggi di kepala rel adalah 2% diukur dari sisi terluar permukaan datar untuk jarak 9,4 meter dan 10% untuk 10 meter berikutnya dihitung dari titik terluar sebagai gradient peralihan.
  - d) Lebar perlintasan untuk satu jalur jalan maksimum 7 meter.
  - e) Sudut perpotongan antara jalan rel dengan jalan harus  $90^\circ$  dan panjang jalan yang lurus minimal harus 150 meter dari as jalan rel.
- 6) Pada perlintasan sebidang, kereta api mendapat prioritas berlalu lintas dan harus dilengkapi dengan:
- a) Rambu, marka, dan alat pemberi isyarat lalu lintas.
  - b) Petugas penjaga pintu perlintasan.
- c. Penentuan Perlintasan Sebidang
- 1) Perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api, terdiri dari:
    - a) Perlintasan sebidang yang dilengkapi dengan pintu otomatis dan tidak otomatis baik mekanik maupun elektrik.
    - b) Perlintasan sebidang yang tidak dilengkapi dengan pintu.

- 2) Perlintasan sebidang sebagaimana dimaksud apabila melebihi ketentuan mengenai:
  - a) Jumlah kereta api yang melintas pada lokasi tersebut sekurang-kurangnya 25 kereta per hari dan sebanyak-banyaknya 50 kereta per hari.
  - b) 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 untuk jalan luar kota, atau
  - c) 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.
- d. Rambu dan Marka pada Perlintasan Sebidang

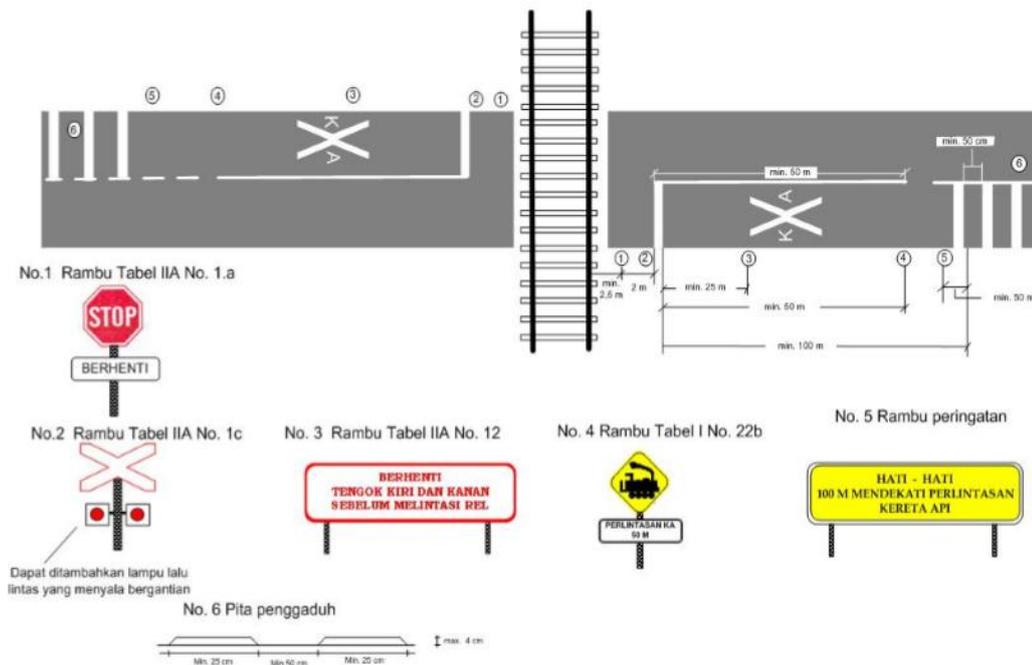
Keadaan yang membutuhkan suatu kewaspadaan dari pengguna jalan menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 13 Tahun 2014 tentang Rambu yaitu kondisi prasarana jalan, kondisi alam, kondisi cuaca, kondisi lingkungan atau lokasi rawan kecelakaan. Dengan demikian pada perlintasan sebidang perlu adanya rambu dan marka untuk menghindari kecelakaan bagi para pengendara dimana tercantum dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas, yaitu sebagai berikut ini.

- 1) Rambu lalu lintas adalah bagian perlengkapan jalan yang berupa lambang, huruf, angka, kalimat dan/atau perpaduan yang berfungsi sebagai peringatan, larangan, perintah, atau petunjuk bagi pengguna jalan.
- 2) Rambu peringatan adalah rambu yang digunakan untuk memberi peringatan ada bahaya di jalan atau tempat berbahaya pada jalan dan menginformasikan tentang sifat bahaya. Rambu peringatan terdiri dari:
  - a) Rambu yang menyatakan adanya perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api dimana jalur kereta api dilengkapi dengan pintu perlintasan.
  - b) Rambu yang menyatakan adanya perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api dimana jalur kereta api tidak dilengkapi dengan pintu perlintasan.

- c) Rambu tambahan yang menyatakan jarak per 150 meter dengan rel kereta api terluar.
  - d) Rambu berupa kata-kata yang menyatakan agar berhati-hati mendekati perlintasan kereta api.
- 3) Rambu larangan adalah rambu yang digunakan untuk menyatakan perbuatan yang dilarang dilakukan oleh pengguna jalan. Rambu larangan terdiri dari:
- a) Rambu larangan berjalan terus karena wajib berhenti sesaat dan/atau melanjutkan perjalanan setelah dipastikan selamat dari konflik lalu lintas dari arah lainnya.
  - b) Rambu larangan berjalan terus karena wajib memberi prioritas kepada arus lalu lintas dari arah yang diberi prioritas.
  - c) Rambu larangan berjalan terus sebelum melaksanakan kegiatan tertentu.
  - d) Rambu larangan berjalan terus pada bagian jalan tertentu dan sebelum mendahulukan arus lalu lintas yang datang dari arah berlawanan.
  - e) Rambu larangan berjalan terus pada perlintasan sebidang lintasan kereta api jalur tunggal sebelum mendapatkan kepastian selamat dari konflik.
  - f) Rambu larangan berjalan terus pada perlintasan sebidang lintasan kereta api jalur ganda sebelum mendapatkan kepastian selamat dari konflik.
- 4) Rambu perintah adalah rambu yang menyatakan perintah wajib dilakukan oleh pengguna jalan.
- 5) Rambu petunjuk adalah rambu yang digunakan untuk memandu pengguna jalan saat melakukan perjalanan atau untuk memberikan informasi lain kepada pengguna jalan.
- 6) Rambu lalu lintas sementara adalah rambu yang berupa rambu peringatan, rambu larangan, rambu perintah, dan rambu petunjuk.
- 7) Papan tambahan adalah papan yang terpasang di bawah daun rambu yang memberikan keterangan tambahan dari suatu rambu.

- 8) Marka Jalan adalah tanda yang berada di permukaan jalan atau di atas permukaan jalan yang meliputi peralatan atau tanda yang berbentuk garis membujur, garis melintang serta lambang lainnya yang berfungsi untuk mengarahkan arus lalu lintas dan membatasi daerah kepentingan lalu lintas. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2014 tentang Marka Jalan, marka jalan berfungsi untuk mengatur lalu lintas, memperingatkan, atau menuntun pengguna jalan dalam berlalu lintas. Marka jalan terdiri dari:
- a) Marka melintang berupa tanda garis melintang sebagai batas wajib berhenti kendaraan sebelum melintasi jalur kereta api.
  - b) Marka membujur berupa garis utuh sebagai larangan kendaraan untuk melintasi garis tersebut.
  - c) Marka lambang berupa tanda peringatan yang dilengkapi dengan tulisan “KA” sebagai tanda peringatan adanya perlintasan dengan jalur kereta api.
  - d) Pita penggaduh (*rumble strip*) sebelum memasuki persilangan sebidang.
  - e) Median.
- 9) Isyarat lampu lalu lintas adalah isyarat lampu lalu lintas satu warna terdiri dari satu lampu menyala berkedip atau dua lampu yang menyala bergantian untuk memberikan peringatan bahaya kepada pemakai jalan.
- 10) Isyarat suara adalah isyarat lalu lintas yang berupa suara yang menyertai isyarat lampu lalu lintas satu warna yang memberikan peringatan bahaya kepada pemakai jalan.
- 11) Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut secara aman.

Contoh pemasangan rambu, marka, dan perlengkapan lampu pada perlintasan sebidang kereta api ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan Lampiran 4.



Gambar 2.1 Contoh pemasangan rambu, marka, dan perlengkapan lampu pada perlintasan sebidang kereta api

(Sumber: Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat No. 770 Tahun 2005)

### 2.2.3. Tundaan

Tundaan merupakan waktu tambahan akibat adanya gangguan lalu lintas. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Luar Kota Tahun 2014, tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang diperlukan untuk melalui simpang apabila dibandingkan lintasan tanpa melalui simpang. Tundaan terbagi menjadi dua, yaitu tundaan lalu lintas dan tundaan geometrik. Tundaan lalu lintas (*vehicle interaction delay*) merupakan tundaan yang disebabkan oleh interaksi lalu lintas dengan gerakan lalu lintas yang bertentangan, sedangkan tundaan geometrik (*geometric delay*) merupakan tundaan yang disebabkan oleh perlambatan dan percepatan suatu kendaraan yang membelok simpang dan yang terhenti karena lampu merah.

Secara sistematis, tundaan lalu lintas (*vehicle interaction delay*) dan tundaan geometrik (*geometric delay*) dapat dinyatakan sebagai berikut ini:

$$T = T_L + T_G \quad (2.1)$$

Dengan:

$T_L$  = Tundaan lalu lintas rata-rata

$T_G$  = Tundaan geometrik rata-rata

Tundaan berhenti mengakibatkan selisih waktu antara kecepatan bergerak (*running speed*) dengan kecepatan perjalanan (*journey speed*).

$$T_S = t_2 - t_1 \quad (2.2)$$

Dengan:

$T_S$  = Tundaan (detik)

$t_1$  = Durasi tundaan kendaraan saat palang pintu terbuka (detik)

$t_2$  = Durasi penutupan palang pintu perlintasan hingga terbuka (detik)

Beberapa istilah tentang tundaan yang dipakai dalam penelitian adalah sebagai berikut ini:

- a. *Stopped delay* yaitu keadaan dimana kendaraan dalam kondisi stationer akibat adanya aktifitas di persimpangan. *Stopped delay* disini sama penjelasannya dengan *stopped time*.
- b. *Time in queue delay* yaitu keadaan dimana kendaraan pertama berhenti hingga kendaraan tersebut keluar dari antrian kendaraan. Pada persimpangan, waktu kendaraan tersebut dari antrian dihitung pada saat kendaraan tersebut melewati *stop line*.

#### 2.2.4. Panjang Antrian

Antrian kendaraan merupakan keadaan yang biasa terjadi sehari-hari dalam transportasi. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Luar Kota Tahun 2014, antrian merupakan jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat simpang, sedangkan panjang antrian diartikan sebagai panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat. Gerakan kendaraan yang berada di dalam antrian akan dikontrol oleh gerakan yang didepannya atau kendaraan tersebut dihentikan oleh komponen lain dari sistem lalu lintas.

Terdapat dua aturan dalam antrian, yaitu *first in, first out* (FIFO) dan *last in, first out* (LIFO). Dalam analisa pengaruh terhadap penutupan palang pintu perlintasan kereta api, digunakan aturan antrian yang pertama yaitu *first in, first out*. Hal ini dikarenakan penyesuaian dengan kenyataan di lapangan dan kondisi pendekat lintasan. Dalam melakukan kegiatan pengukuran panjang antrian, didalamnya harus meliputi pencacahan dari jumlah kendaraan yang berada dalam sistem antrian pada suatu waktu tertentu. Hal ini dapat dilakukan dengan cara

perhitungan fisik kendaraan atau dengan memberikan tanda pada jalan, sehingga dapat mengindikasikan bahwa jumlah kendaraan yang berada dalam antrian akan dinyatakan dalam satuan panjang.

### **2.2.5. Arus Lalu Lintas**

Menurut Khisty dan Lall (2005), terdapat tiga variabel yang digunakan dalam menjelaskan arus lalu lintas, yaitu sebagai berikut ini:

- a. Kecepatan (*speed*) yaitu suatu laju pergerakan yang dirumuskan jarak per satuan waktu. Umumnya dalam mil/jam (mph) atau kilometer/jam. Karena adanya keanekaragaman kecepatan di dalam aliran arus lalu lintas, maka digunakan kecepatan rata-rata.
- b. Volume dan tingkat arus merupakan dua hal yang berbeda. Volume merupakan jumlah kendaraan sebenarnya yang diamati selama waktu tertentu, sedangkan tingkat arus (*rate of flow*) merupakan jumlah atau banyaknya kendaraan yang melewati suatu titik dalam rentang waktu kurang dari satu jam dan diekivalensikan ke rata-rata per jam.
- c. Kepadatan (*density*) merupakan jumlah atau banyaknya kendaraan yang menempati suatu lajur pada jalan, dirata-ratakan terhadap waktu dan biasanya dinyatakan dalam kendaraan per mil (kend/mil).

Sedangkan menurut Pedoman Kapasitas Jalan Luar Kota Tahun 2014, arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan-kendaraan yang melalui satu garis tak terganggu di hulu pendekat per satuan waktu.

Menurut Djaelani (2014) salah satu penyebab utama terganggunya arus lalu lintas jalan raya adalah terdapat rambu lalu lintas pada persimpangan jalan, karena gerakan kendaraan akan berhenti secara periodik atau berkala pada persimpangan jalan. Pertemuan sebidang antara jalan kereta api dengan jalan raya merupakan salah satu jenis persimpangan antar moda yang secara periodik atau berkala akan mengganggu kelancaran lalu lintas di jalan raya tersebut. Sedangkan menurut Abramova (2016) arus lalu lintas yang menggunakan metode penelitian berupa manajemen lalu lintas dinamis untuk meningkatkan keselamatan jalan area penyebrangan kereta api dengan merekayasa rambu-rambu lalu lintas yang dapat dikendalikan untuk menampilkan mode kecepatan arus lalu lintas kendaraan

bersama dengan waktu penutupan palang pintu perlintasan kereta api. Sehingga arus lalu lintas tidak terganggu.

Tabel 2.1 Ekr pendekat untuk masing-masing kendaraan

Tipe alinyemen	Arus total (kend/jam)	Ekr					
		KBM	BB	TB	SM		
					Lebar jalur lalu lintas (m)		
< 6 m	6-8 m	> 8 m					
Datar	0	1,2	1,2	1,8	0,8	0,6	0,4
	800	1,8	1,8	2,7	1,2	0,9	0,6
	1350	1,5	1,6	2,5	0,9	0,7	0,5
	≥ 1900	1,3	1,5	2,5	0,6	0,5	0,4
Bukit	0	1,8	1,6	5,2	0,7	0,5	0,3
	650	2,4	2,5	5,0	1,0	0,8	0,5
	1100	2,0	2,0	4,0	0,8	0,6	0,4
	≥ 1600	1,7	1,7	3,2	0,5	0,4	0,3
Gunung	0	3,5	2,5	6,0	0,6	0,4	0,2
	450	3,0	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5,0	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4,0	0,5	0,4	0,3

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2014)

$$Q = Q_{KBM} \times emp_{KBM} + Q_{SM} \times emp_{SM} + Q_{BB} \times emp_{BB} + Q_{TB} \times emp_{TB} \quad (2.3)$$

Dengan:

$Q$  = Arus lalu lintas (skr/jam)

$Q_{KR}$  = Arus lalu lintas jenis kendaraan ringan (kend/jam)

$Q_{BB}$  = Arus lalu lintas jenis kendaraan bis besar (kend/jam)

$Q_{KBM}$  = Arus lalu lintas jenis kendaraan berat menengah (kend/jam)

$Q_{SM}$  = Arus lalu lintas jenis kendaraan sepeda motor (kend/jam)

$Q_{TB}$  = Arus lalu lintas jenis kendaraan truk besar (kend/jam)

Ekr = Faktor pendekat

### 2.2.6. Pavement Condition Index (PCI)

*Pavement Condition Index* (PCI) merupakan salah satu sistem penilaian kondisi struktur perkerasan jalan berdasarkan dari tingkat kerusakan dan jenis kerusakan, serta dapat digunakan sebagai acuan dalam usaha pemeliharaan jalan. Sedangkan menurut Hardiyatmo (2015) PCI merupakan tingkatan penilaian dari kondisi struktur permukaan perkerasan yang tertuju pada kondisi dan kerusakan pada permukaan perkerasan jalan yang terjadi.

Nilai *Pavement Condition Index* (PCI) memiliki rentang dari 0 (nol) sampai dengan 100 (seratus). Dengan nilai 0 (nol) menunjukkan kondisi perkerasan jalan dalam keadaan rusak parah atau sangat rusak, sedangkan nilai 100 (seratus) menunjukkan kondisi perkerasan jalan dalam keadaan sempurna atau tidak ada kerusakan yang terjadi. Penilaian terhadap kondisi struktur perkerasan jalan dilakukan dengan cara observasi secara visual yang terdiri dari jenis kerusakan jalan, tingkat keparahan kerusakan jalan, dan ukuran dari kerusakan jalan yang dapat diidentifikasi.

Dengan metode *Pavement Condition Index* (PCI) yang dilakukan secara berkala, dapat memberikan informasi mengenai kondisi perkerasan jalan yang dapat dijadikan acuan untuk kinerja dimasa yang akan datang, serta dalam usaha perbaikan dan pemeliharaan jalan.

Sedangkan menurut Mubaraki (2016) upaya dalam mengevaluasi kondisi kerusakan jalan terbagi menjadi dua, yaitu kondisi struktural dan kondisi fungsional. Kondisi struktural mengacu pada kemampuan suatu jalan dalam menahan beban lalu lintas saat ini dan masa yang akan datang, sedangkan kondisi fungsional merupakan kemampuan jalan dalam menyediakan struktur permukaan yang aman, mulus, dan nyaman bagi pengendara yang melewati dan menggunakan jalan tersebut.

#### a. Jenis-jenis Kerusakan

##### 1) Retak kulit buaya (*alligator cracking*)

Retak kulit buaya merupakan retak yang membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang mirip kulit buaya. Penyebabnya yaitu kegagalan lapisan permukaan, beban lalu lintas, dan daya dukung tanah yang rendah.

2) Kegemukan (*bleeding*)

Kegemukan disebabkan oleh kadar aspal pengikat yang berlebihan dan kadar udara yang rendah dalam campuran sehingga perkerasan menjadi timbul.

3) Retak kotak-kotak (*block cracking*)

Retak kotak-kotak merupakan retak yang saling berhubungan membentuk blok, menyerupai bentuk persegi empat.

4) Cekungan (*bump and sags*)

Cekungan dapat disebabkan oleh lapisan perkerasan yang tidak stabil.

5) Keriting (*corruguration*)

Bentuk kerusakan ini berupa gelombang pada lapis permukaan, pada umumnya terjadi di tempat berhentinya kendaraan, akibat pengereman kendaraan dan juga karena stabilitas lapis permukaan yang rendah, serta penggunaan agregat yang tidak tepat.

6) Amblas (*depression*)

Kerusakan ini berupa amblas atau turunnya permukaan pada lapisan permukaan dengan atau tanpa retak. Penyebabnya bias karena beban kendaraan yang berlebihan, turunnya bagian tanah dasar karena turunnya tanah dasar, dan pemadatan tanah yang kurang baik.

7) Retak pinggir (*edge cracking*)

Retak pinggir merupakan retak yang sejajar dengan jalur lalu lintas. Penyebab retak pinggir antara lain beban lalu lintas yang berlebih, tingkat kualitas tanah yang lunak, drainase kurang baik, dan kurangnya dukungan dari bahu jalan.

8) Retak sambung (*joint reflection cracking*)

Kerusakan ini terjadi pada perkerasan aspal yang sudah dihamparkan di atas perkerasan beton semen *Portland*. Retak terjadi pada lapis tambahan (*overlay*) aspal dengan pola retak memanjang, melintang, atau diagonal dalam perkerasan beton lama di bawahnya.

9) Pinggiran jalan turun (*lane/shoulder drop off*)

Terjadi karena beda ketinggian antara permukaan perkerasan dengan permukaan bahu jalan, ataupun karena lebar perkerasan yang kurang, dan material bahu yang mengalami erosi atau penggerusan.

10) Retak memanjang/melintang (*longitudinal/transverse cracking*)

Retak memanjang/melintang disebabkan oleh beberapa faktor antara lain perambatan dari retak penyusutan lapisan perkerasan di bawahnya, lemahnya sambungan perkerasan, material bahu kurang baik, dan terjadi perubahan volume akibat pemuaian lempung pada tanah dasar.

11) Tambalan (*patching and utility cut patching*)

Tambalan merupakan bidang pada suatu perkerasan untuk mengembalikan perkerasan yang rusak dengan material baru guna memperbaiki perkerasan yang ada.

12) Pengausan agregat (*polished aggregate*)

Disebabkan oleh lalu lintas yang terus menerus dimana agregat pada perkerasan menjadi licin dan perekatan dengan permukaan roda pada tekstur perkerasan yang mendistribusikannya tidak sempurna.

13) Lubang (*pothole*)

Kerusakan ini terjadi di dekat retakan, atau yang drainasenya kurang baik sehingga aspal tergenang oleh air. Penyebabnya yaitu karena kadar aspal rendah, pelapukan aspal, dan penggunaan agregat yang kotor.

14) Rusak perpotongan rel (*railroad crossing*)

Kerusakan pada perpotongan rel merupakan penurunan sekeliling atau diantara rel yang disebabkan perbedaan karakteristik bahan, ambblasnya struktur perkerasan sehingga terjadi perbedaan elevasi antara permukaan perkerasan dengan permukaan rel, dan pemasangan rel yang buruk.

15) Alur (*rutting*)

Kerusakan ini terjadi pada lintasan roda sejajar dengan as jalan yang berbentuk alur. Disebabkan oleh ketebalan lapisan permukaan yang tidak sanggup menahan beban lalu lintas, lapisan pondasi yang kurang padat, dan stabilitas rendah sehingga terjadi deformasi plastis.

16) Sungkur (*shoving*)

Sungkur merupakan perpindahan lapisan perkerasan pada bagian tertentu yang disebabkan beban lalu lintas, stabilitas tanah dan lapisan perkerasan yang rendah, serta daya dukung lapis permukaan yang tidak memadai.

17) Patah slip (*slippage cracking*)

Patah slip merupakan retak seperti setengan bulan yang disebabkan oleh lapisan perkerasan yang terdorong merusak bentuk lapisan perkerasan.

18) Mengembang/jembul (*swell*)

Mengembang/jembul memiliki ciri menonjol keluar sepanjang lapisan perkerasan yang berangsur-angsur mengombak, dapat disertai dengan retak lapisan pada perkerasan yang disebabkan oleh perubahan cuaca atau tanah yang menjembul ke atas.

19) Pelepasan butiran (*weathering/raveling*)

Penyebab dari pelepasan butiran ini karena hilangnya aspal atau tar pengikat, tercabutnya partikel-partikel agregat, pemadatan yang kurang, dan penggunaan material yang kotor.

Tabel 2.2 Satuan pada masing-masing jenis kerusakan

NO	Jenis Kerusakan	Satuan
1	Retak kulit buaya ( <i>alligator cracks</i> )	m <sup>2</sup>
2	Retak kotak-kotak ( <i>block cracks</i> )	m <sup>2</sup>
3	Retak pinggir ( <i>edge cracks</i> )	m
4	Retak sambung ( <i>lane joint cracks</i> )	m
5	Retak slip ( <i>slippage cracks</i> )	m <sup>2</sup>
6	Retak memanjang/melintang ( <i>longitudinal or transverse cracks</i> )	m <sup>2</sup>
7	Pelepasan butiran ( <i>ravelling</i> )	m <sup>2</sup>
8	Pengausan agregat ( <i>polished aggregate</i> )	m
9	Lubang ( <i>patholes</i> )	count
10	Tambalan ( <i>patching</i> )	m <sup>2</sup>
11	Kegemukan ( <i>bleeding</i> )	m <sup>2</sup>
12	Cekungan ( <i>bump and sags</i> )	m

Tabel 2.2 Satuan pada masing-masing jenis kerusakan (lanjutan)

NO	Jenis Kerusakan	Satuan
13	Pinggiran jalan turun ( <i>lane drop off</i> )	m
14	Perpotongan rel ( <i>railroad crossing</i> )	m <sup>2</sup>
15	Alur ( <i>rutting</i> )	m <sup>2</sup>
16	Keriting ( <i>corruguration</i> )	m <sup>2</sup>
17	Sungkur ( <i>shoving</i> )	m <sup>2</sup>
18	Amblas ( <i>depression</i> )	m <sup>2</sup>
19	Jembul ( <i>swell</i> )	m <sup>2</sup>

(Sumber: Hardiyatmo, 2015)

b. Parameter penilaian dalam kondisi perkerasan

Parameter penilaian didasarkan pada tingkat parah atau tidaknya, di mulai dari tidak parah (*low*), sedang (*medium*), dan kerusakan parah (*high*).

1) Kerapatan (*density*)

*Density* adalah persentase luas atau panjang total dari suatu jenis kerusakan terhadap luasan suatu segmen yang diukur meter persegi atau meter panjang. Nilai *density* suatu jenis kerusakan juga dibedakan berdasarkan tingkat kerusakannya. Dengan rumus sebagai berikut ini:

$$Density = \frac{Ad}{As} \times 100\% \quad (2.4)$$

atau

$$Density = \frac{Ld}{As} \times 100\% \quad (2.5)$$

Dengan:

$Ad$  = Luas total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m<sup>2</sup>)

$Ld$  = Panjang total jenis kerusakan untuk tiap tingkat kerusakan (m)

$As$  = Luas total unit tiap segmen (m<sup>2</sup>)

Persamaan (2.4) dan (2.5) digunakan untuk menghitung kerusakan yang bisa diukur, seperti retak pinggir, tambalan, cekungan dan lain-lain. Sedangkan untuk menghitung kerusakan seperti lubang, digunakan rumus sebagai berikut ini.

$$Density = \frac{\text{jumlah lubang}}{As} \times 100\% \quad (2.6)$$

2) Nilai pengurang (*deduct value/DV*)

*Deduct value* adalah nilai pengurang untuk tiap jenis kerusakan yang didapatkan dari kurva hubungan antara *density* dengan tingkat keparahan kerusakan.

3) Nilai pengurang total (*total deduct value/TDV*)

*Total deduct value* adalah jumlah total dari nilai pengurang (*deduct value*) dari tiap masing-masing segmen.

4) Nilai pengurang terkoreksi (*corrected deduct value/CDV*)

Nilai CDV diperoleh dari kurva hubungan antara nilai TDV dengan nilai DV dengan memilih kurva yang sesuai. Jika nilai CDV yang diperoleh lebih kecil dari nilai DV yang tertinggi, maka nilai CDV yang digunakan adalah nilai dari *Individual Deduct Value* yang tertinggi.

## 5) Klasifikasi kualitas perkerasan

Jika nilai CDV sudah didapat, maka nilai PCI untuk tiap segmen dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut ini:

$$PCI_{(S)} = 100 - CDV \quad (2.7)$$

Dengan:

$PCI_{(S)}$  = *Pavement Condition Index* untuk tiap segmen

$CDV$  = *Corrected Deduct Value* untuk tiap segmen

Untuk mencari nilai PCI secara keseluruhan:

$$PCI = \frac{\sum PCI_{(S)}}{N} \quad (2.8)$$

Dengan:

$PCI$  = Nilai PCI keseluruhan

$PCI_{(S)}$  = *Pavement Condition Index* untuk tiap segmen

$N$  = Jumlah unit/segmen

## c. Rating nilai PCI

Tabel 2.3 Rating untuk 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> )

Tabel 2.3 Rating untuk nilai PCI (lanjutan)

No	Nilai PCI	Kualitas Struktur Perkerasan Jalan
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, 2015)