

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang inspeksi keselamatan pada perlintasan sebidang ini sudah banyak diteliti oleh beberapa peneliti diantaranya:

1. Penelitian tentang studi kelayakan perlintasan sebidang pada jaringan jalan dalam kota dan antar kota (Aswad, 2010).
2. Analisis Pergerakan kereta rel listrik untuk desain sistem keselamatan kereta api otomatis (Kamar, 2015).
3. Faktor yang mempengaruhi perilaku pengemudi melanggar di perlintasan sebidang kereta api kontribusinya terhadap kecelakaan (Saptari, 2008).
4. Studi pengaruh perlintasan sebidang jalan rel dengan rel kereta api terhadap karakteristik lalu lintas studi kasus perlintasan kereta api Jalan Sisingamangaraja Medan (Sitorus dan Surbakti, 2016).

2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Inspeksi Keselamatan pada Perlintasan Sebidang

Aswad (2010) mengkaji tentang kelayakan perlintasan sebidang yang dilakukan di Sumatera Utara yaitu untuk memberikan evaluasi terhadap jalan raya dan jalan rel kereta layak atau tidak menurut peraturan KEPMENHUB No 53. Dengan melakukan observasi di lokasi penelitian berupa survei geometrik, survei lalu lintas, dan pendataan mengenai kecelakaan pada perlintasan sebidang. hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perlintasan tersebut masih layak karena masih memenuhi persyaratan yaitu kecepatan kereta melintas < 60 km/jam, jarak waktu antara kereta satu dengan yang lain saat melintas lebih dari 6 menit, kelas jalan III A dan tidak terletak pada tikungan jalan.

Kamar (2015) melakukan perhitungan tentang analisis pergerakan kereta rel listrik untuk desain sistem keselamatan sepanjang jaringan jalan *commuter line* di Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi (JABODETABEK) menggunakan prinsip kerja ATP (*automatic train protection*) sebagai suatu sistem otomatis yang dibutuhkan untuk pengembangan perangkat lunak (*software*) untuk mengatur

tampilan MMI (*man machine interface*) untuk mengatur dan mengendalikan kecepatan kereta secara otomatis. Hasil penelitian yang didapatkan hasil uji dinamis KRL masing-masing yaitu deselarasi pengereman dinamis, pneumatik, dan pengereman darurat yang berperan dalam pengendalian kereta untuk mengurangi kecelakaan yang disebabkan oleh kesalahan masinis.

Saptari (2008) melakukan studi karakteristik pelanggaran di perlintasan sebidang pada JPL 349 Jalan Ipda Tut Harsono Yogyakarta. Data yang diperoleh dari lapangan sebagai penunjang yaitu menggunakan *video recorder* agar mengetahui karakteristik pelanggaran tiap pengemudi, kuisisioner untuk mengetahui tanggapan para pengemudi terhadap pelanggaran yang dilakukan, survei volume lalu lintas, kedatangan kendaraan saat palang pintu mulai ditutup, kemudian perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode analisis regresi linier berganda yaitu mencari hubungan antara perilaku pengemudi saat melakukan pelanggaran di perlintasan sebidang (Y), pengaruhnya terhadap faktor manusia (X1), perlengkapan jalan (X2), lama penutupan pintu perlintasan (X3), dan penegakan hukum (X4) dengan pengambilan data variabel bebas dan variabel terikat secara bersamaan. Hasil perhitungan yaitu $Y = 2,554 + 0,263$ (faktor manusia) $+ 0,185$ (perlengkapan jalan) $+ 0,152$ (lama penutupan pintu perlintasan) $+ 0,174$ (penegakan hukum) dengan nilai (R²) $R^2 = 0,434$ dan nilai koefisien korelasi ganda (R) $= 0,659$ maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata 9,387 potensi kecelakaan yang berkontribusi terhadap perilaku pelanggaran.

Sitorus dan Surbakti (2016) melakukan studi karakteristik lalu lintas yang berpengaruh pada perlintasan sebidang di Jalan Sisingamangaraja Medan. Pada jalur tersebut juga berpotongan dengan perlintasan sebidang pada jalur utama kereta api menuju arah selatan dengan beberapa tujuan yaitu Medan-Tebing Tinggi, Medan-Siantar, Medan-Tanjung Balai, Medan-Rantau Prapat dan Medan-Bandara Kuala namu. Data survei lapangan yang diperoleh yaitu volume lalu lintas, kecepatan sebelum dan sesudah perlintasan, jadwal kedatangan kereta, durasi penutupan palang pintu, panjang antrian saat kendaraan benar-benar berhenti hingga palang pintu terbuka. Metode gelombang kejut dan analisis antrian (*Queueing Analysis*) digunakan untuk menghitung tundaan dan panjang antrian sedangkan pemodelan karakteristik menggunakan metode *greenshield*.

Maka hasil yang diperoleh adalah dari jalur Jalan Pandu dan Jalan Cirebon ke Jalan Sisingamangaraja volume lalu lintas rata-rata per jam 1596,6 smp/jam, kemiringan naik adalah 5,05 % dan kemiringan turun adalah 4,14 %, nilai kerapatan sebelum perlintasan 80,18 smp/km sedangkan di perlintasan 227 smp/km, durasi antrian tertinggi 363,10 detik dari antrian pukul 15:00 – 18:00 dan dari jalur Jalan Sisingamangaraja ke Jalan Pandu volume lalu lintas rata-rata 626,4 smp/jam, kemiringan naik adalah 5,05 % dan kemiringan turun adalah 5,61 %, nilai kerapatan sebelum perlintasan 25,99 smp/km sedangkan di perlintasan 59,19 smp/km, durasi antrian tertinggi 124,53 detik.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Jalan

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 34 Tahun 2006 tentang Jalan bahwa jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, dibawah permukaan tanah dan/atau air, jalan lori dan jalan kabel.

1. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 34 tahun 2006 tentang jalan memuat bahwa fungsi jalan dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

1) Jalan arteri

Jalan arteri merupakan jalan yang memasuki kawasan perkotaan dan kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus dan juga tidak boleh terganggu dengan lalu lintas lain baik lalu lintas lokal maupun kegiatan lokal. Pada jalan arteri desain kecepatan rencana 60 km/jam dan lebar badan jalan minimal 11 meter.

2) Jalan kolektor

Jalan kolektor merupakan jalan yang memasuki kawasan perkotaan atau area pengembangan perkotaan yang tidak boleh terputus dan desain kecepatan rencana minimal 9 meter.

3) Jalan lokal

Jalan lokal merupakan jalan yang memasuki kawasan pedesaan yang tidak boleh terputus, didesain dengan kecepatan rendah minimum 20 km/jam

dan lebar badan jalan minimum 7,5 meter.

4) Jalan lingkungan

Jalan lingkungan merupakan fungsi jalan yang diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda tiga atau lebih dan didesain berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 15 (lima belas) kilometer per jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 6,5 (enam koma lima) meter.

2. Klasifikasi Jalan Berdasarkan Muatan Sumbu

Menurut Undang-Undang Nomor 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan memuat bahwa jalan dikelompokkan dalam beberapa kelas jalan yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikutini:

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut kelas jalan dan daya dukung beban

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Karakteristik Kendaraan			Muatan Sumbu Terberat (MST)
		Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	
I	Arteri/Kolektor	18	2,5	4,2	10 Ton
	Arteri/Kolektor				
II	/Lokal/Lingkungan	12	2,5	4,2	8 Ton
	Arteri/Kolektor				
III	/Lokal/Lingkungan	9	2,1	3,5	8 Ton
	Khusus Arteri				

Sumber: Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009

3. Rambu Lalu Lintas

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas bahwa rambu lalu lintas berfungsi sebagai larangan, perintah, peringatan, dan petunjuk bagi pengguna jalan dan juga merupakan bagian dari perlengkapan jalan berupa huruf, angka, kalimat, lambang, dan/atau perpaduan.

1) Rambu peringatan terdiri dari:

- a. Rambu peringatan keadaan alinemen vertikal dan horizontal yang mengalami perubahan
- b. Rambu peringatan daerah rawan bencana

- c. Rambu peringatan selain lalu lintas kendaraan bermotor
 - d. Rambu peringatan lalu lintas kendaraan bermotor
 - e. Rambu peringatan keadaan jalan berbahaya
 - f. Rambu peringatan berupa kata-kata
 - g. Rambu peringatan arahan gerakan lalu lintas
 - h. Rambu peringatan mengenai jarak lokasi kritis
 - i. Peringatan lainnya.
- 2) Rambu larangan
- a. Larangan berjalan terus
 - b. Larangan masuk
 - c. Larangan parkir dan berhenti
 - d. Larangan pergerakan lalu lintas tertentu
 - e. Larangan membunyikan isyarat suara
 - f. Larangan dengan kata-kata
 - g. Batas akhir larangan
- 3) Rambu perintah
- a. Warna dasar putih
 - b. Warna garis tepi putih
 - c. Warna lambang putih
 - d. Warna huruf dan/atau lambang putih
 - e. Warna kata-kata putih.

4. Marka Jalan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2014 tentang Jalan bahwa marka jalan adalah suatu tanda yang berada di permukaan jalan atau diatas permukaan jalan yang meliputi peralatan atau tanda yang membentuk garis membujur, garis melintang, garis serong, serta lambang yang berfungsi untuk mengarahkan arus lalu lintas dan membatasi daerah kepentingan lalu lintas.

Marka jalan berfungsi untuk mengatur lalu lintas, memperingatkan atau menuntun pengguna jalan dalam berlalu lintas. Marka tersebut berupa:

- a. Peralatan, atau
- b. Tanda.

2.2.2. Jalan Rel

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 tentang Persyaratan Tekhnis Jalur Kereta Api bahwa jalan rel merupakan satu kesatuan konstruksi yang terbuat dari baja dan beton ataupun konstruksi lain yang berada di permukaan, dibawah, dan bergantung beserta perangkatnya yang dapat mengarahkan kereta api tersebut.

Menurut Rosadi dan Kartika (2013) bahwa jalan rel merupakan jalan umum yang diperuntukkan untuk kereta api, baik kereta yang digunakan untuk mengangkut manusia maupun barang. Rel terdiri dari dua batang besi atau baja kaku yang sama panjang kemudian dipasang diatas bantalan sebagai dasar landasan kereta.

2.2.3. Perlintasan Sebidang

Menurut Aswad (2010) bahwa perlintasan sebidang merupakan pertemuan antara dua ruas jalan yaitu jalan rel kereta api dan jalan raya yang dilengkapi dengan marka, rambu, bundaran dan lampu lalu lintas. Pengaturan kendaraan pada perlintasan sebidang sangat sulit karena arus kendaraan bermotor pada satu sisi dan kereta api pada sisi lain. sedangkan berdasarkan jadwal kedatangan, pada perlintasan sebidang kendaraan bermotor yang melewati persimpangan tidak terjadwal sehingga kendaraan bisa datang kapan saja sedangkan kereta api mempunyai jadwal kedatangan yang sudah diatur meski kadang mengalami keterlambatan. Dalam hal akselerasi dan sistem pengereman antara kendaraan bermotor dan kereta api tidak sama. Kendaraan bermotor memiliki keunggulan dalam akselerasi yaitu waktu pengereman dan jarak pengereman yang pendek dibandingkan dengan kereta api. Oleh karena itu kereta api diprioritaskan dimana kendaraan bermotor harus berhenti saat kereta api melewati perlintasan.

1. Ketentuan Perlintasan Sebidang

Ketentuan perlintasan sebidang Menurut Peraturan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat No 770 Tahun 2005 tentang Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang antara Jalan dengan Jalur Kereta Api terdiri dari:

- a. Perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta, terdiri dari:
 - 1) Perlintasan sebidang yang dilengkapi dengan pintu;
 - a) Otomatis

- b) Tidak otomatis baik mekanik maupun elektrik
- 2) Perlintasan yang tidak dilengkapi pintu.
- Perlintasan sebidang apabila melebihi ketentuan mengenai:
- a) Jumlah kereta api yang melintas pada lokasi tersebut sekurang-kurangnya 25 kereta/hari dan sebanyak banyaknya 50 kereta/hari.
 - b) Volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) sebanyak 1000 sampai dengan 1500 kendaraan pada jalan dalam kota dan 300 sampai 500 kendaraan pada jalan luar kota.
 - c) Hasil perkalian antara volume harian rata-rata (LHR) dengan frekuensi kereta api antara 12.500 sampai dengan 35.00 smpk. Maka harus ditingkatkan menjadi perlintasan tidak sebidang.
- 3) Perlintasan sebidang yang dilengkapi dengan pintu tidak otomatis harus memenuhi ketentuan:
- a) Pintu dengan persyaratan kuat dan ringan anti karat serta mudah dilihat dan memenuhi kriteria failsafe.
 - b) Pada jalan dipasang pemisah jalur.
 - c) Pada kondisi pintu darurat petugas yang berwenang mengambil alih fungsi pintu.
- 4) Perlintasan sebidang yang tidak dilengkapi pintu apabila:
- a) Jumlah kereta api yang melintas pada lokasi tersebut sebanyak-banyaknya 25 kereta/hari
 - b) Volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) sebanyak-banyaknya 1000 kendaraan pada jalan dalam kota dan 300 kendaraan pada jalan luar kota.
 - c) Hasil perkalian antara volume lalu lintas harian rata-rata (LHR) dengan frekuensi kereta api sebanyak-banyaknya 12.500 smpk.
 - d) Perlintasan sebidang yang tidak dilengkapi pintu wajib dilengkapi dengan rambu, marka, isyarat suara dan lampu lalu lintas satu warna yang berwarna merah berkedip atau dua lampu satu warna merah menyala bergantian sesuai pedoman ini.

- 5) Isyarat lampu lalu lintas sebagai berikut:
- a) Terdiri dari satu lampu yang menyala berkedip atau dua lampu yang menyala bergantian.
 - b) Lampu berwarna kuning dipasang pada jalur lalu lintas, menysyaratkan pengemudi harus berhati-hati.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 36 tahun 2011 tentang Perpotongan dan/atau Persinggungan antara Jalur Kereta Api dengan Bangunan Lain bahwa:

- 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. Tidak terletak pada lengkungan jalur kereta api atau jalan.
- e. Jarak pandang bebas bagi masinis kereta api minimal 500 meter maupun pengendara kendaraan bermotor dengan jarak minimal 1150 meter.
- f. Jarak pandang bebas minimal 500 meter bagi masinis kereta api dan 150 meter bagi pengemudi kendaraan bermotor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf f dimaksudkan bagi masing-masing untuk memperhatikan tanda-tanda atau rambu-rambu, dan khusus untuk pengemudi kendaraan bermotor harus menghentikan kendaraanya.

2. Persyaratan Perlintasan Sebidang

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan No 36 tahun 2011 tentang Perpotongan dan/atau Persinggungan antara Jalur Kereta Api dengan Bangunan Lain bahwa persyaratan untuk memenuhi pembangunan perlintasan sebidang antara lain adalah:

- 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 gradien untuk dilewati kendaraan dihitung dari titik tertinggi dikepala 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.
 - 6) Pada perlintasan sebidang, kereta api mendapat prioritas berlalu lintas.
 - 7) Perlintasan sebidang harus dilengkapi dengan:
 - a) Rambu, marka dan alat pemberi isyarat lalu lintas, dan
 - b) Petugas penjaga pintu perlintasan.

3. Rambu dan Marka pada Perlintasan Sebidang Rel Kereta Api

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan maka para pengendara kendaraan lalu lintas harus memahami rambu dan marka pada perlintasan sebidang seperti tercantum dalam Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Darat Nomor 770 Tahun 2005 tentang Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang antara Jalan dengan Jalur Kereta Api antara lain:

a. Rambu

Rambu merupakan sarana perlengkapan diantaranya berupa huruf, lambang, angka kalimat dan atau gabungan antara keduanya yang diartikan sebagai petunjuk, peringatan, larangan dan perintah diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Rambu berupa peringatan dipasang pada perlintasan sebidang antara jalan dengan jalur kereta api, terdiri dari:
 - a) Rambu yang memberi peringatan bahwa adanya perlintasan sebidang yaitu antara jalan dan jalur kereta yang dilengkapi pintu perlintasan.
 - b) Rambu yang menunjukkan adanya perlintasan sebidang yaitu antara jalan dengan jalur kereta api dan tidak dilengkapi dengan pintu perlintasan.
 - c) Rambu yang menunjukkan jarak per 150 meter dengan rel kereta api terluar.
 - d) Rambu yang menyatakan hati-hati melewati perlintasan kereta api, rambu peringatan tersebut berupa kata-kata.

- 2) Rambu larangan dipasang pada perlintasan sebidang antara jalan dengan kereta api, terdiri dari:
 - a) Rambu larangan berjalan terus atau wajib berhenti sesaat setelah memastikan aman dari arah berlawanan.
 - b) Rambu larangan agar pengendara mendapatkan kepastian aman sebelum melintasi perlintasan sebidang maka diwajibkan bagi pengendara untuk berhenti sesaat.
 - c) Rambu larangan bagi kendaraan bermotor maupun tidak bermotor untuk berbalik arah.

b. Marka

Marka jalan merupakan kode yang berfungsi mengarahkan dan membatasi daerah kepentingan lalu lintas yang berada pada permukaan jalan dan diatas permukaan jalan berupa tanda atau peralatan yang membentuk garis melintang, garis membujur, dan lambang lainnya, terdiri dari:

- a) 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.
- b) Marka membujur menunjukkan larangan untuk melintasi garis berupa garis utuh dengan ukuran lebar 0,12 meter dan tinggi 0,03 meter.
- c) Marka lambang dengan tulisan “KA” sebagai kode adanya perlintasan dengan jalur kereta api. Ukuran lebar secara keseluruhan 2,4 meter, tinggi 6 meter dan tulisan yang bertuliskan “KA” tingginya 1,5 meter, lebar 0,60 meter.
- d) Terdapat pita pengaduh (*rumble strip*) sebelum memasuki persilangan sebidang.
- e) Terdapat median minimal 6 meter lebar 1 meter pada jalan 2 jalur 2 arah.

4. Inspeksi Keselamatan pada Perlintasan Sebidang

Proses evaluasi terhadap kekurangan infrastruktur pada jalur kereta api dan jalan raya meliputi kerusakan, kekurangan rambu dan marka serta bahaya lain merupakan upaya dalam peningkatan keselamatan pada perlintasan sebidang.

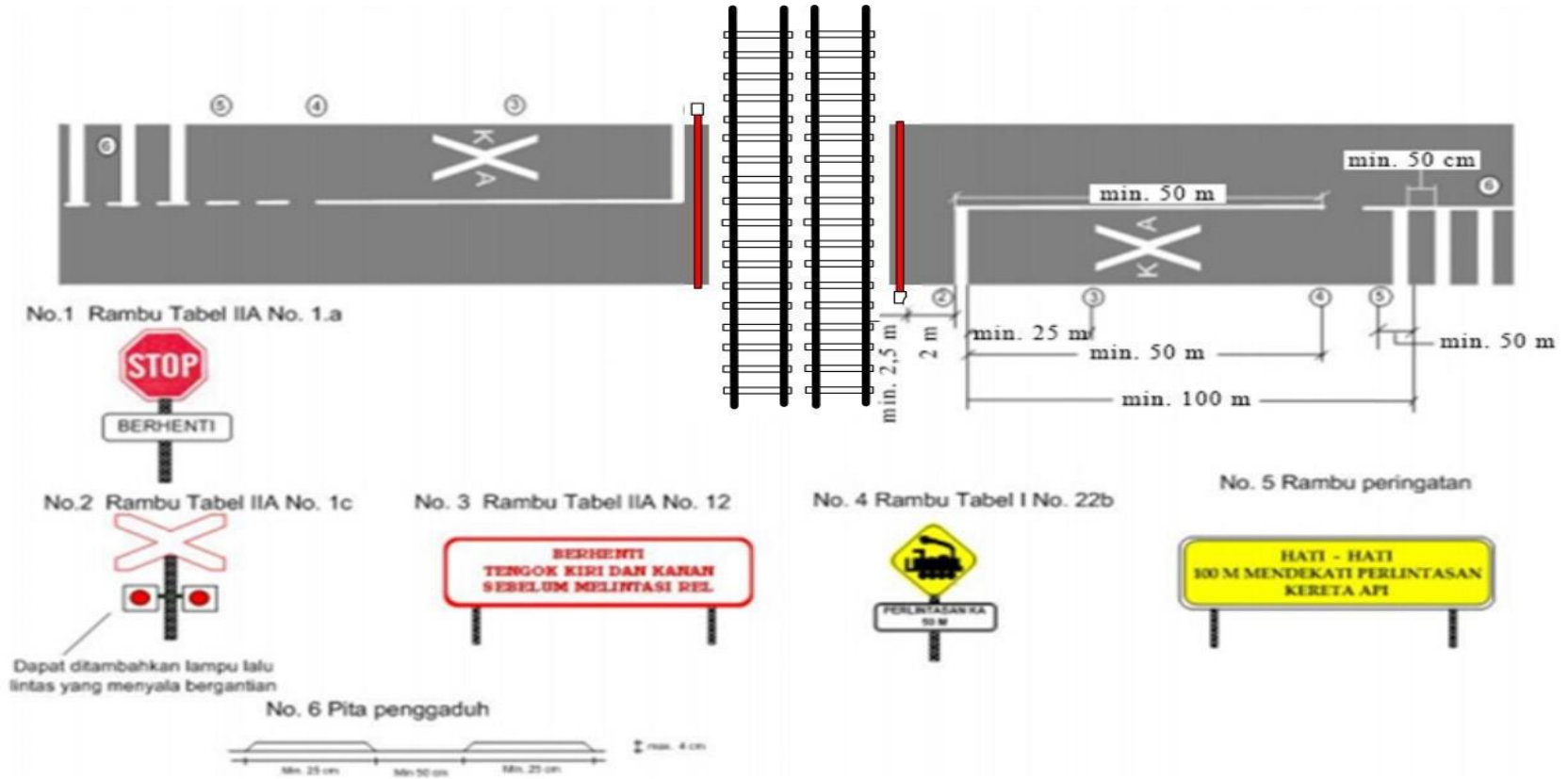
Menurut Hasan (2009) bahwa banyak faktor yang dapat menyebabkan kecelakaan pada perlintasan sebidang bukan hanya disebabkan oleh faktor kondisi kendaraan maupun pengemudi, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kondisi alam(cuaca).
2. Desain ruas perpotongan jalur kereta api dengan jalan (alinyemen vertikal dan horisontal).
3. Kondisi kerusakan struktur perkerasan struktur struktur perkerasanjalan.
4. Kelengkapan rambu ataumarka.

Menurut Sadeghi dkk (2018) bahwa pemeliharaan pada balas juga dapat berpengaruh terhadap tingkat keselamatan, karena balas dapat berperan penting dalam menjaga keseimbangan kereta pada jalurnya.

Menurut Ruvo dkk (2008) bahwa untuk mempertahankan standar pada rel kereta api perlu dilakukan evaluasi terhadap kerusakan pada rel kereta. Evaluasi tersebut dilakukan dua kali dalam seminggu dalam interval waktu tertentu guna untuk menjaga standar pada rel tersebut.

Menurut Bhushan dan Chitra (2017) bahwa pengamatan dilakukan secara langsung dengan teliti oleh tenaga ahli yang sudah berpengalaman. Proses pengamatan tersebut dilakukan dengan berjalan sepanjang rel kereta dan membutuhkan waktu yang lama.



Gambar 2.1 Contoh pemasangan rambu dan marka pada perlintasan empat lajur dua arah dengan jalur ganda kereta api

Sumber: Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Darat Nomor 770 Tahun 2005

2.2.4. Arus Lalu Lintas

Menurut Anusanto dan Tanggu (2016) bahwa arus lalu lintas ialah berkumpulnya beberapa kendaraan pada satu lokasi yang melewati ruas jalan tertentu dengan waktu tertentu. Sedangkan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 bahwa Arus lalu lintas merupakan sejumlah kendaraan bermotor atau disebut juga volume yang melewati titik tertentu pada jalan per satuan waktu, hal tersebut dinyatakan dalam satuan kend/jam (Q_{kend}) atau skr/jam (Q_{smp}) atau LHRT. Sedangkan menurut Alik dalam Winarsih (2017) bahwa arus lalu lintas merupakan hubungan yang singular antara pengemudi, jalan dan kendaraan

Menurut Kisty dan Lall (2005) bahwa ada tiga variabel yang digunakan untuk menjelaskan arus lalu lintas antara lain:

- a. *Speed* (Kecepatan) diartikan sebagai suatu pergerakan yang melaju dengan jarak per satuan waktu disebut juga mil/jam (mph) atau kilometer/jam. Karena kecepatan arus lalu lintas terjadi secara beragam maka digunakan kecepatan rata-rata.
- b. Volume dan tingkat arus merupakan dua hal yang berbeda. Volume adalah jumlah kendaraan sebenarnya yang diamati selama waktu tertentu. Sedangkan tingkat arus (*rate of flow*) adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik dalam rentang waktu kurang dari sejam dan di *equivalensi*-kan ke rata-rata per jam.
- c. *Density* (kepadatan) adalah jumlah kendaraan yang menempati suatu lajur jalan, dirata-ratakan terhadap waktu biasanya dinyatakan dalam kendaraan per mil (kend/mil).

Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014 menyatakan bahwa arus lalu lintas (Q) merupakan jumlah kendaraan bermotor, sering juga disebut volume yang melalui suatu titik pada jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam kenda/jam (Q_{kend}) atau smp/jam (Q_{smp}) atau LHRT. Kendaraan per jam dikonversikan menjadi smp/jam dengan menggunakan nilai ekivalen kendaraan penumpang (emp) untuk masing-masing jenis kendaraan yaitu kendaraan berat menengah (KBM), bus besar (BB), truk besar (TB, termasuk truk kombinasi), dan sepeda motor. Nilai ekr sepeda motor tergantung lebar jalan. Nilai ekr untuk kapasitas jalan luar kota tergantung tipe elinemen, tipe jalur, arus total (kend/jam).

Tabel 2.2 ekr pendekat untuk masing-masing kendaraan

Tipe alinemen	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	1	0,8	0,5
	1100	2	2	4	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	0,6	0,4	0,2
	450	3	3,2	5,5	0,9	0,7	0,4
	900	2,5	2,5	5	0,7	0,5	0,3
	≥ 1350	1,9	2,2	4	0,5	0,4	0,3

Sumber: Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia 2014

$$Q = (Q_{KR} \times ekr_{KR}) + (Q_{KBM} \times ekr_{KBM}) + (Q_{BB} \times ekr_{BB}) + (Q_{TB} \times ekr_{TB}). \quad (2.1)$$

Keterangan:

Q : Arus lalu lintas (skr/jam)

Q_{KR} : Arus lalu lintas jenis kendaraan ringan (kendaraan/jam)

Q_{BB} : Arus lalu lintas jenis kendaraan bis besar (kendaraan/jam)

Q_{KBM} : Arus lalu lintas jenis kendaraan berat menengah (kendaraan/jam)

Q_{SM} : Arus lalu lintas jenis sepeda motor (kendaraan/jam)

E_{kr} : Faktor pendekat

2.2.5. Tundaan

Tundaan merupakan waktu tambahan yang diperlukan oleh pengendara untuk menempuh suatu simpang jika dibandingkan dengan pengendara tanpa melalui simpang. Menurut Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia, 2014. Mengatakan bahwa tundaan terjadi karena dua hal yaitu pertama tundaan geometri (TG), terjadi karena kendaraan berhenti atau membelok pada suatu simpang sehingga menimbulkan perlambatan dan kecepatan terganggu. Kedua adalah tundaan lalu lintas (LL), terjadi karena interaksi antara kendaraan dalam arus lalu lintas yang

ditinjau dari tundaan lalu lintas seluruh simpang.

Beberapa definisi tentang tundaan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- a) *Stopped delay* merupakan situasi saat kendaraan dalam kondisi stasioner akibat adanya aktifitas pada persimpangan. *Stopped delay* disini sama pengertiannya dengan *stoppedtime*.
- b) *Time in queue delay* merupakan kondisi saat kendaraan pertama berhenti sampai kendaraan tersebut keluar dari antrian. Pada persimpangan, waktu kendaraan tersebut dari antrian dihitung saat kendaraan melewati *stop line*.

Tundaan Lalu Lintas (*Vehicles Interaction Delay*) dan Tundaan Geometrik (*Geometric Delay*). Secara sistematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$T = T_T + T_0 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

T_T = Tundaan lalu lintas rata-rata

T_G = Tundaan Geometrik rata-rata

T_0 = Waktu tempu saat arus bebas, merupakan waktu minimum yang diperlukan untuk menempuh suatu ruas jalan tertentu (detik)

Tundaan berhenti mengakibatkan selisih waktu antara kecepatan bergerak (*Running Speed*) dan kecepatan (*Journey Speed*)

$$T_s = t_2 - t_1 \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

T_s = Tundaan (detik)

t_1 = Waktu tempuh saat palang ditutup (detik)

t_2 = waktu tempuh saat palang dibuka (detik)

Menurut Amal (2002) bahwa rentan waktu penutupan palang pintu pada perlintasan sebidang dilakukan untuk mencari nilai variasi antara penutupan palang pintu dan kendaraan lalu lintas.

2.2.6. Panjang Antrian

Antrian kendaraan adalah fenomena transportasi yang tampak sehari-hari. Antrian dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997, didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang antri dalam suatu pendekat simpang dan dinyatakan dalam kendaraan atau satuan mobil penumpang. Sedangkan panjang antrian didefinisikan sebagai panjang antrian kendaraan dalam suatu pendekat dan dinyatakan dalam satuan meter. Gerakan kendaraan yang berada dalam antrian akan dikontrol oleh gerakan yang didepannya atau kendaraan tersebut dihentikan oleh komponen lain dari sistem lalu lintas. Sedangkan menurut Djaelani (2014) bahwa antrian berjalan dengan lancar tergantung pada kapasitas ruang jalan dan fasilitas yang tersedia dengan baik agar kendaraan beroperasi dengan lancar di jalan raya. Namun, apabila kapasitas kendaraan lebih besar dari fasilitas yang tersedia maka akan terjadi antrian dan kemacetan.

Terdapat dua aturan dalam antrian, yaitu *first in, first out* (FIFO) dan *last in, first out* (LIFO). Dalam analisa pengaruh penutupan pintu perlintasan kereta api ini digunakan aturan antrian yang pertama, yaitu *first in, first out* hal ini disebabkan penyesuaian dengan kenyataan di lapangan dan kondisi pendekat lintasan. Dalam melakukan pengukuran panjang antrian, didalamnya harus meliputi pencacahan dari jumlah kendaraan yang berada dalam sistem antrian pada suatu waktu tertentu. Hal tersebut dapat dilakukan dengan perhitungan fisik kendaraan atau dengan memberi tanda (*placing mark along the road lenght*) pada jalan, sehingga mengindikasikan bahwa jumlah kendaraan yang berada dalam antrian akan dinyatakan dalam satuan panjang.

2.2.7. Indeks Kondisi Perkerasan atau PCI (*Pavement Condition Index*)

Menurut Hardiyatmo (2015) bahwa PCI (*pavement condition index*) adalah tingkatan penilaian kondisi permukaan yang tertuju kepada kondisi dan kerusakan pada permukaan jalan. Pada penilaian kerusakan permukaan perkerasan jalan dengan metode PCI dapat menggunakan indeks penilaian yang berkisar antara 0 sampai 100. 0 menunjukkan kondisi perkerasan yang sangat parah sedangkan 100 menunjukkan kondisi perkerasan masih sempurna. Penilaian terhadap kondisi tersebut diperoleh dari hasil survei visual terdiri dari jenis kerusakan, tingkat

keparahan kerusakan, dan ukuran kerusakan yang dapat diidentifikasi saat survei.

Tiga faktor utama yang menjadi fungsi dari tingkat keparahan kerusakan perkerasan dengan menggunakan metode PCI diantaranya sebagai berikut:

- 1) Tipe kerusakan
- 2) Tingkat keparahan kerusakan
- 3) Jumlah atau kerapatan kerusakan.

Survei PCI yang dilakukan secara berkala dapat memberikan perkembangan kinerja, serta dilakukan perbaikan maupun pemeliharaan.

Menurut Wirnanda dkk. (2018) bahwa Kerusakan yang terjadi pada jalan dapat membuat kerugian bagi para pengguna jalan. Diantaranya kemacetan, kecelakaan lalu lintas, waktu yang di butuhkan pengendara ke tempat tujuan lebih lama.

1. Tipe Kerusakan *Pavement Condition Index* (PCI)

Menurut Hardiyatmo (2014) menyatakan bahwa tipe dan tingkat kerusakan dapat dibedakan antara lain:

1. Deformasi

Deformasi adalah kondisi permukaan jalan mengalami perubahan dari kondisi aslinya. Beberapa jenis kerusakan deformasi antara lain:

a. Bergelombang (*Corrugation*)

Bergelombang atau keriting adalah kerusakan akibat deformasi plastis yang menghasilkan gelombang-gelombang melintang atau tegak lurus. Penyebabnya campuran aspal yang kurang baik seperti kadar aspal yang berlebihan, banyaknya agregat halus, kadar air dalam pondasi terlalu tinggi.

b. Amblas (*Depression*)

Amblas merupakan penurunan perkerasan yang disebabkan oleh beban lalu lintas yang berlebihan dan lapisan bawah mengalami penurunan.

c. Sungkur (*Shoving*)

Perpindahan permanen secara lokal dan memanjang dari permukaan perkerasan penyebabnya adalah beban lalu lintas, banyaknya kadar air dalam lapisan pondasi, ikatan antara lapisan perkerasan tidak baik, dan kurangnya tebal perkerasan.

d. Alur (*Rutting*)

Alur adalah turunnya perkerasan pada arah memanjang penyebabnya adalah pemadatan lapisan permukaan kurang baik.

2. Retak (*Crack*)

Retak terjadi akibat tegangan Tarik berulang-ulang yang disebabkan dari beban lalu lintas. Retak dapat dibedakan menjadi beberapa bagian antara lain:

a. Retak memanjang (*longitudinal crack*)

Retak memanjang terjadi akibat labilnya lapisan pendukung dari struktur perkerasan.

b. Retak melintang (*transverse cracks*)

Retak melintang merupakan retak tunggal tidak bersambung satu sama lain. penyebabnya adalah kegagalan struktur lapis pondasi, kurangnya pemadatan, atau pengaruh tegangan termal akibat perubahan suhu.

c. Retak kulit buaya (*alligator crack*)

Retak kulit buaya adalah retak bidang persegi banyak dan kecil-kecil menyerupai kulit buaya penyebabnya adalah kegagalan lapisan permukaan, atau beban kendaraan, dan daya dukung tanah dasar yang rendah.

d. Retak pinggir (*edge cracking*)

Retak pinggir biasanya terjadi di pinggir perkerasan dengan jarak sekitar 0,3-0,6 m dari pinggir. Penyebabnya adalah drainase kurang baik, bahu jalan turun terhadap permukaan perkerasan.

3. Kegemukan (*bleeding/flushing*)

Kegemukan terjadi karena aspal pengikat yang berlebihan dan timbul diatas permukaan perkerasan. Penyebabnya kadar aspal yang tinggi pada campuran aspal, dan kadar udara dalam aspal terlalu rendah.

4. Lubang (*Potholes*)

Lubang adalah lubang di permukaan perkerasan akibat hilangnya lapisan aus dan material lapisan pondasi (*base*). Pada lubang kecil berdiameter kurang dari 0,9 meter. Penyebabnya adalah campuran lapisan permukaan yang kurang baik, air yang masuk kedalam lapisan pondasi, dan beban lalu lintas.

5. Persilangan Jalan Rel

Kerusakan yang terjadi pada persilangan jalan rel berupa amblas, benjolan disekitar jalan dan/atau antara lintasan rel. penyebabnya adalah pekerjaan perkerasan yang buruk yang berakibat pada ketidaknyamanan kendaraan.

2. Indeks Perhitungan *Pavement Condition Index* (PCI)

Indeks kondisi perkerasan atau PCI (*Pavement Condition Index*) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menilai tingkat kerusakan pada perkerasan yang dilakukan berdasarkan hasil survei secara visual. Penilaian perkerasan didasarkan tingkat keparahannya mulai dari kerusakan tidak parah (*Low*), sedang (*Medium*) dan kerusakan parah (*Haight*).

1. Nilai Pengurang (*Deduct value/DV*)

Nilai pengurang (*Deduct Value/DV*) merupakan suatu nilai pengurang yang didapatkan dari kurva hubungan kerapatan (*Density*) dan tingkat keparahan (*Severity Level*).

2. Kerapatan (*Density*)

Density merupakan hasil persentase luas atau panjang total dari suatu jenis kerusakan terhadap wilayah bagian jalan yang diukur dengan menggunakan satuan meter kuadrat (m²) atau feet kuadrat (ft²).

$$\text{Kerapatan (Density)} = \frac{Ad}{As} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Atau

$$\text{Kerapatan (Density)} = \frac{Ld}{As} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

Ad = Luas total dari suatu jenis perkerasan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan (ft² atau m²)

As = Luas total unit sampel (ft² atau m²)

Ld = Panjang total jenis kerusakan tiap tingkat keparahan kerusakan (ft atau m)

3. Nilai pengurangan total (*Total deduct value /TDV*)

Nilai pengurang total atau *TDV* adalah jumlah total dari nilai pengurang (*Deduct value*) pada tiap sampel.

4. Nilai pengurang terkoreksi (*Corrected Deduct Value/CDV*)

Untuk mendapatkan nilai CDV atau nilai pengurang, menggunakan kurva perbandingan antara nilai pengurang (DV) dan nilai total pengurang (TDV), apabila didapatkan nilai CDV lebih kecil dari (HDV) maka nilai CDV yang digunakan ialah nilai pengurang tunggal yang tertinggi.

5. Nilai *Pavement Condition Index*

Setelah CDV diperoleh maka PCI dari setiap segmen atau unit penelitian adalah sebagai berikut:

$$PCIs = 100 - CDV \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

PCIs = Nilai PCI tiap segmen penelitian

CDV = Nilai pengurang (*Corrected Deduct Value/CDV*)

$$PCI_f = \sum \frac{PCIs}{N} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

PCI_f = Nilai rata-rata PCI dari seluruh segmen

N = Jumlah unit sampel

3. Rating nilai terhadap kondisi perkerasan

Tabel 2.3 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