

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian Terdahulu

Putra (2009) melakukan penelitian di perlintasan kereta api Kaligawe, Kota Semarang dengan permasalahan tingginya angka kecelakaan dan jumlah korban meninggal dunia. Penelitian ini menggunakan metode pengamatan, pencatatan, dan *interview* langsung ke lapangan sehingga mendapatkan data primer. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa perlintasan kereta api Kaligawe merupakan perlintasan resmi yang dijaga dan dilengkapi pintu semi otomatis. Perlintasan kereta api Kaligawe sudah memenuhi standar teknis perlintasan kereta api berpintu, dibuktikan dengan adanya fasilitas pendukung diantaranya isyarat suara, daftar semboyan, semboyan bendera berwarna merah dan hijau, daftar perjalanan kereta api sesuai grafik perjalanan kereta api, daftar piket petugas, serta perlengkapan lainnya seperti *handly talkie*, telepon, toilet. Untuk perambuan yang harus dimiliki dan wajib di Jalan Kaligawe terinventarisasi jelas sesuai dengan Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang antara Jalan dengan Jalur Kereta Api yang dikeluarkan oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah kurang lengkap. Kondisi lingkungan terdapat banyak bangunan rumah dan tempat usaha yang berada di kanan dan kiri rel. Hal ini tidak sesuai dengan standar teknis peraturan sehingga menghalangi jarak pandang masinis dan pengguna jalan. Arus lalu lintas pada Jalan Kaligawe memiliki kepadatan yang tinggi, dibuktikan bahwa Jalan Kaligawe merupakan jalan arteri primer dengan LHR pagi hari 4.692 smp/jam, LHR siang hari 5.002 smp/jam, dan LHR sore hari 5.478 smp/jam.

Aswad (2010) melakukan penelitian di perlintasan sebidang pada jaringan jalan dalam kota dan antar kota di Sumatera Utara dengan permasalahan meningkatnya kuantitas kecelakaan yang terjadi pada jalan dan jalur kereta api. Dengan menggunakan metode survei untuk mendapatkan data geometrik dan data lalu lintas. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa Perlintasan Sebidang di Sumatera Utara memenuhi persyaratan sesuai peraturan yaitu kecepatan kereta api yang melintas kurang dari 60 km/jam, selang waktu (*headway*) pada lokasi minimal 6 (enam) menit, jalan yang melintas kelas III, dan tidak terletak di lengkungan jalan

kereta api dan jalan raya. Dibuktikan dengan didapatkannya hasil survei kecepatan kereta api dalam kota 25-40 km/jam dan antar kota 45-55 km/jam, selang waktu (*headway*) antara kereta dengan kereta lainnya lebih dari 6 menit, kelas jalan yang dilintasi kereta jalan kelas III, tidak terletak pada lengkungan jalan kereta api dan tikungan jalan. Sedangkan perlintasan di Sumatera Utara hanya terdapat 102 perlintasan yang di jaga dan sisanya 267 tidak dijaga.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Perlintasan Sebidang

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 36 tahun 2011 memuat perlintasan merupakan perpotongan antara jalur kereta api dengan jalan atau bangunan lain baik sebidang maupun tidak sebidang. Perlintasan sebidang harus memenuhi persyaratan:

- 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 jalur kereta api atau jalan.
- f. Jarak pandang bebas bagi masinis kereta api minimal 500 meter maupun pengendara kendaraan bermotor dengan jarak minimal 150 meter.
- g. Lebar perlintasan untuk satu jalur jalan maksimum 7 meter.
- h. Panjang jalan yang lurus minimal harus 150 meter dari as jalan rel.
- i. Maksimal 50 kereta/hari dan LHR 500 kendaraan/hari.

Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor 770 Tahun 2005 tentang Pedoman Teknis Perlintasan Sebidang Antara Jalan dengan Jalur Kereta Api memuat bahwa perlintasan sebidang dibagi menjadi dua yaitu perlintasan sebidang yang dilengkapi pintu baik otomatis, mekanik maupun elektrik dan perlintasan sebidang tanpa pintu.

Bhushan *et al.* (2017) menyatakan bahwa untuk alasan keamanan dan keselamatan di perlintasan sebidang maka harus dilakukan pemeriksaan terhadap kerusakan cacat fisik dengan cara visual dalam rentan waktu tertentu. Sadeghi *et al.*

(2018) menyatakan bahwa keselamatan pada infrastruktur perlintasan sebidang diartikan sebagai upaya dalam menanggulangi kecelakaan selain diakibatkan pengemudi dan kendaraan, kecelakaan juga diakibatkan ballas dalam mempengaruhi stabilitas jalur kereta api. Brough *et al.* (2003) menyatakan bahwa agar perawatan dan pemeliharaan jalan tidak mengeluarkan biaya yang tinggi, maka harus diketahui formasi dalam perkerasan permukaan jalan yang mengakibatkan kecelakaan.

2.2.2 Fasilitas dan Infrastruktur Perlintasan Sebidang

Pada perlintasan sebidang yang memiliki pintu maupun tidak berpintu wajib memiliki rambu dan marka untuk alasan keamanan. Rambu dan marka tersebut sesuai dengan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor 770 Tahun 2005 sebagai berikut :

- a. Genta/isyarat suara dengan kekuatan 115 db pada jarak 1 meter.
- b. Daftar semboyan.
- c. Petugas yang berwenang.
- d. Daftar dinas petugas.
- e. Gardu penjaga dan fasilitasnya.
- f. Daftar perjalanan kereta api sesuai grafik perjalanan kereta api (GAPEKA).
- g. Semboyan bendera berwarna merah dan hijau serta lampu semboyan.
- h. Perlengkapan lainnya seperti senter, kotak P3K, dan jam dinding.
- i. Pintu dengan persyaratan kuat dan ringan, anti karat serta mudah dilihat dan memenuhi kriteria *failsafe* untuk pintu elektrik.

Pemahaman terhadap rambu dan persyaratan sebagai perlengkapan yang harus ada di jalan seperti lambang, kalimat, huruf, angka atau gabungannya sebagai perintah, petunjuk, peringatan, maupun larangan untuk pengemudi dijelaskan sebagai berikut:

- a. Rambu perintah merupakan rambu yang memerintahkan pengguna jalan dan wajib untuk diikuti.
- b. Rambu petunjuk merupakan rambu yang memberikan petunjuk, informasi, dan keterangan bagi pengguna jalan.
- c. Rambu peringatan merupakan rambu yang memperingatkan pengemudi akan kondisi, potensi, serta tempat berbahaya.

- d. Rambu larangan merupakan rambu yang melarang pengemudi melakukan suatu hal.
- e. Papan tambahan merupakan rambu yang menerangkan lebih lanjut tentang suatu rambu yang di pasang.
- f. Marka merupakan tanda berbentuk garis vertikal atau horisontal maupun suatu peralatan yang terletak di tengah permukaan jalan sebagai tanda untuk lalu lintas.
- g. Lampu lalu lintas merupakan lampu mengisyaratkan pengemudi untuk mematuhi nya. Berwarna merah jika satu menyala berkedip dan jika dua akan menyala bergantian.
- h. Suara lalu lintas merupakan isyarat berupa suara tentang informasi, peringatan, serta keterangan bagi pengemudi.

2.2.3 Arus Lalu Lintas

Khisty dan Lall (2005) menyatakan bahwa arus lalu lintas merupakan jumlah kendaraan bermotor (sering juga disebut volume) yang melalui suatu titik pada jalan per satuan waktu, dinyatakan dalam kend/jam (Q_{Kend}) atau smp/jam (Q_{Smp}) atau (LHRT). Arus lalu lintas dari suatu jalan dipengaruhi oleh tiga faktor utama kecepatan, volume, dan kepadatan.

- a. Kecepatan (*speed*) merupakan kecepatan tempuh rata-rata dari kendaraan di sepanjang bagian jalan.
- b. Volume merupakan jumlah kendaraan arus lalu lintas yang dihitung menggunakan satuan. Volume lalu lintas diamati selama rentang waktu tertentu.
- c. Kepadatan (*density*) merupakan jumlah kendaraan yang menempati suatu titik jalan. Kepadatan dihitung menggunakan satuan kend/mil.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 memuat volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu penampang tertentu pada suatu ruas jalan tertentu dalam satuan waktu tertentu. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 19 Tahun 2011, volume lalu lintas rencana dibedakan menjadi dua :

- a. Volume lalu lintas rencana untuk perencanaan geometrik jalan.
- b. Volume lalu lintas rencana untuk perencanaan perkerasan jalan.

Morisca (2014) menyatakan lalu lintas diartikan ragam kendaraan yang melewati jalan raya dibedakan berdasarkan ukuran, berat total, dan konfigurasi

beban sumbunya. Untuk mendapatkan volume lalu lintas maka ditentukan nilai ekr dari masing-masing jenis kendaraan, dimana pada penelitian ini melakukan survei terhadap 5 jenis kendaraan yaitu sepeda motor (SM), kendaraan ringan (KR) meliputi mobil pribadi dan mobil penumpang, kendaraan berat menengah (KBM) meliputi truk dan mobil barang, bis besar (BB), truk besar (TB). Nilai ekr dari masing-masing jenis kendaraan dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Ekr kendaraan (Bina Marga, 2014)

| Jenis Kendaraan | Terlindung |
|--------------------------------|------------|
| Sepeda motor (SM) | 0,9 |
| Kendaraan ringan (KR) | 1 |
| Kendaraan berat menengah (KBM) | 1,5 |
| Bis besar (BB) | 1,6 |
| Truk besar (TB) | 2,5 |

Rumus untuk mendapatkan volume lalu lintas harian selama 24 jam dijelaskan dengan menggunakan Persamaan 2.1 (Bina Marga, 2014).

$$Q = (SM \times Ekr_{SM}) + (KR \times Ekr_{KR}) + (KBM \times Ekr_{KBM}) + (BB \times Ekr_{BB}) + (TB \times Ekr_{TB}) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

- Q = Arus lalu lintas 24 jam
- SM = Jumlah antrian sepeda motor
- KR = Jumlah antrian kendaraan ringan
- KBM = Jumlah antrian kendaraan berat menengah
- BB = Jumlah antrian bis berat
- TB = Jumlah antrian truk berat
- Ekr = Faktor pendekat

2.2.4 Panjang Antrian dan Waktu Tundaan

Panjang antrian merupakan panjang kendaraan yang mengantri di sepanjang pendekat yang dihitung dalam meter dengan menggunakan Persamaan 2.2.

$$N_Q = N_{Q1} + N_{Q2} \dots \dots \dots 2.2$$

Keterangan:

N_{Q1} = jumlah kendaraan sisa yang berhenti pada fase satu

N_{Q2} = jumlah kendaraan datang yang berhenti pada fase dua

Aturan dalam antrian dibedakan menjadi dua yaitu *first in, first out* (FIFO) dan *last in, first out* (LIFO). Dalam menganalisis penutupan pintu perlintasan kereta api digunakan aturan antrian yang pertama yaitu *first in, first out* (FIFO), Hal ini disesuaikan pada kenyataan yang terjadi dilapangan. Dalam melakukan pengukuran dan analisis panjang antrian dilakukan pencacahan jumlah kendaraan yang berada dalam satu waktu antrian.

Waktu Tundaan merupakan waktu tempuh tambahan yang digunakan pengemudi untuk melalui suatu simpang apabila dibandingkan dengan lintasan tanpa simpang. Tundaan terjadi karena dua faktor yang pertama tundaan lalu lintas dan kedua tundaan geometrik. Penelitian ini tundaan dihitung saat palang pintu perlintasan mulai menutup sampai palang pintu perlintasan membuka kembali sebagaimana Persamaan 2.3.

$$T = T_L + T_G \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan :

T_L = tundaan lalu lintas

T_G = tundaan geometrik

Beberapa pengertian tentang tundaan yang digunakan dalam penelian ini antara lain sebagai berikut:

- a. Tundaan berhenti (*stopped delay*) merupakan tundaan yang terjadi pada kendaraan dimana kondisi mesin masih hidup (*idling*) tetapi perjalanan terhambat sementara disebabkan adanya aktifitas pada persimpangan jalan.
- b. Tundaan kemacetan (*congestion delay*) merupakan tundaan akibat adanya kendaraan yang mengurangi kecepatan saat melaju karena adanya interaksi dengan kendaraan yang lain.

2.2.5 *Pavement Condition Index* (PCI)

Pavement condition index (PCI) merupakan penilaian terhadap perkerasan jalan untuk menilai kondisi, jenis, dan tingkat kerusakan jalan dan digunakan sebagai acuan dalam pemeliharaan. Penilaian perkerasan dinilai dari kinerja dan kemampuan perkerasan untuk melayani arus lalu lintas dalam satu waktu tertentu. Nilai yang digunakan dalam penilaian yaitu numerik nol (0) sampai seratus (100),

dimana 0 menunjukkan kondisi kerusakan perkerasan jalan dalam kondisi sangat rusak sedangkan 100 menunjukkan kondisi kerusakan perkerasan jalan dalam kondisi sangat baik (tidak memiliki kerusakan).

Pavement condition index (PCI) diidentifikasi secara visual terhadap tipe kerusakan, tingkat kerusakan, dan ukuran kerusakan. Informasi yang didapatkan dari survei akan memberikan informasi sebab-sebab dari kerusakan. Dengan melakukan survei secara periodik maka akan mendapatkan informasi struktur perkerasan jalan yang berguna dimasa yang akan datang sebagai masukan pengukuran yang lebih detail dan informasi apabila akan melakukan perbaikan atau pemeliharaan terhadap kerusakan perkerasan jalan.

Karakteristik jalan lentur dibedakan menjadi dua, pertama kondisi struktural dan kedua kondisi fungsional. Kondisi struktural yaitu kemampuan jalan menahan beban lalu lintas pada waktu akan datang, dan kondisi fungsional kemampuan dalam menyediakan permukaan jalan aman dan nyaman bagi masyarakat sehingga akan menghasilkan keselamatan (Mubaraki, 2016).

Untuk menilai *pavement condition index* (PCI) terhadap perkerasan lentur jalan (*flexible pavement*) dinilai dengan sempurna (*excellent*), sangat baik (*very good*), baik (*good*), sedang (*fair*), buruk (*poor*), sangat buruk (*very poor*), dan gagal (*failed*) sebagaimana dijelaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Besaran nilai PCI (Hardiyatmo, 2015)

| Nilai PCI | Kualitas Struktur Perkerasan Jalan |
|-----------|------------------------------------|
| 86-100 | Sempurna (<i>excellent</i>) |
| 71-85 | Sangat Baik (<i>very good</i>) |
| 56-70 | Baik (<i>good</i>) |
| 41-55 | Sedang (<i>fair</i>) |
| 26-40 | Buruk (<i>poor</i>) |
| 11-25 | Sangat Buruk (<i>very poor</i>) |
| 1-10 | Gagal (<i>failed</i>) |

Kerusakan-kerusakan dan faktor yang menyebabkan kerusakan pada skruktur perkerasan jalan lentur di jelaskan pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Jenis-jenis kerusakan lapis permukaan (Hardiyatmo, 2015)

| Jenis Kerusakan | Faktor Penyebab Kerusakan |
|--|---|
| Retak Buaya (<i>Alligator Cracks</i>) | Bahan perkerasan yang kurang baik, pelapukan permukaan, penggunaan aspal yang kurang, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil, atau bahan lapis pondasi dalam keadaan jenuh air |
| Retak Kotak-Kotak (<i>Block Cracks</i>) | Perambatan dari retak susut, retak yang tidak diperbaiki secara benar sebelum <i>overlay</i> dilakukan, atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar |
| Retak Pinggir (<i>Edge Cracks</i>) | Sokongan dari arah samping tidak baik, drainase yang kurang baik, adanya penyusutan tanah, dan tanaman yang tumbuh di tepi perkerasan |
| Retak Sambungan Jalan (<i>Lane Joint Cracks</i>) | Terjadinya gerakan pada tanah bagian fondasi, hilangnya kadar air tanah dasar, dan lepasnya butir pada bagian tepi retak sehingga bertambah lebar |

Tabel 2.3 Lanjutan

| Jenis Kerusakan | Faktor Penyebab Kerusakan |
|---|---|
| Retak Selip (<i>Slippage Cracks</i>) | Ikatan antara lapis permukaan dengan lapis dibawahnya kurang baik, lapis permukaan kurang padat, penggunaan lapis perekat yang kurang, agregat halus yang banyak |
| Retak Memanjang atau Melintang (<i>Longitudinal or Transverse Cracks</i>) | Sambungan struktur perkerasan kurang baik, pinggir struktur perkerasan kurang baik, dan sokongan samping perkerasan kurang baik |
| Pelepasan Butir (<i>Reveling</i>) | Pelapukan dari material pengikat (agregat), pemadatan perkerasan kurang, material yang digunakan kotor, aspal yang digunakan kurang memadai, dan suhu pemadatan tidak sesuai standar yang berlaku |
| Kearsan Agregat (<i>Polished Agregat</i>) | Agregat tidak tahan aus terhadap roda kendaraan atau agregat yang digunakan bentuknya bulat dan licin |
| Tambalan (<i>Patching</i>) | Perbaikan yang dilakukan karena kerusakan permukaan struktur perkerasan, serta penggalian saat pemasangan saluran pipa |
| Kegemukan (<i>Bleeding</i>) | Aspal yang digunakan pada lapis permukaan tidak sesuai, berlebihan, dan tidak merata |

Tabel 2.3 Lanjutan

| Jenis Kerusakan | Faktor Penyebab Kerusakan |
|---|--|
| Lubang (<i>Patholes</i>) | Kadar aspal rendah, agregat yang digunakan kotor sehingga ikatan antara aspal dan agregat tidak baik, drainase kurang baik, retak-retak yang tidak segera diperbaiki sehingga air meresap |
| Cekungan (<i>Bumb and Sags</i>) | Struktur perkerasan yang menonjol keatas atau lapisan aspal yang bergelombang pada material yang di akibatkan oleh beban lalu lintas |
| Pinggiran Jalan Turun (<i>Lane Drop Off</i>) | Struktur perkerasan kurang lebar, bahu jalan mengalami erosi atau penggerusan, tidak melakukan pelapisan pada bahu jalan sedangkan struktur perkerasan dilakukan pelapisan saat <i>overlay</i> |
| Rusak di Perpotongan Rel (<i>Railroad Crossing</i>) | Ambblasnya struktur perkerasan dan timbulnya beda elevasi antara struktur perkerasan dan permukaan kepala rel, pelaksanaan pekerjaan pemasangan rel yang tidak tepat |

Tabel 2.4 Jenis-jenis kerusakan lapis fondasi atas dan lapis fondasi bawah
(Hardiyatmo, 2015)

| Jenis Kerusakan | Faktor Penyebab Kerusakan |
|---------------------------------|---|
| Alur (<i>Rutting</i>) | Lapis struktur perkerasan kurang padat, stabilitas campuran aspal rendah sehingga menimbulkan deformasi plastis |
| Keriting (<i>Corrugation</i>) | Stabilitas lapis permukaan rendah, agregat halus yang berlebihan, material yang digunakan tidak tepat, struktur perkerasan belum sempurna tetapi lalu lintas sudah dibuka |
| Sungkur (<i>Shoving</i>) | Stabilitas tanah dan lapis struktur perkerasan rendah, daya dukung struktur perkerasan tidak sesuai, dan beban lalu lintas yang melebihi kapasitas |
| Jembul (<i>Swell</i>) | Pengembangan tanah dasar pada tanah <i>ekspansif</i> (lempung) |
| Amblas (<i>Depression</i>) | Beban kendaraan yang berlebihan, penurunan yang terjadi pada struktur perkerasan, pelaksanaan pemadatan tanah dasar kurang baik |