

Serial Rekayasa Keselamatan Jalan

Panduan Teknis 2

MANAJEMEN HAZARD SISI JALAN

*"Mewujudkan sisi jalan
yang lebih berkeselamatan"*



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

Prakata

Keselamatan Jalan merupakan isu yang cenderung mengemuka dari tahun ke tahun dan saat ini sudah menjadi permasalahan global dan bukan semata-mata masalah transportasi saja tetapi sudah menjadi permasalahan sosial kemasyarakatan. Hal ini dapat dilihat dengan dicanangkannya Decade of Action for Road Safety 2010-2020 oleh PBB. Sejalan dengan pesatnya pertumbuhan kepemilikan kendaraan bermotor di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir, dikombinasikan pula dengan bertambahnya penduduk dan beragamnya jenis kendaraan telah mengakibatkan masalah keselamatan jalan yang semakin memburuk. Oleh karena itu, keselamatan jalan menjadi pertimbangan pertama dalam menentukan kebijakan yang menyangkut jalan raya.

Di Indonesia, keselamatan jalan telah diatur dalam Peraturan Perundang-undangan seperti Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan, Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan, Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, serta RUNK (Rencana Umum Nasional Keselamatan) jalan yang baru-baru ini diluncurkan. Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, sebagai instansi yang memiliki tugas dalam mengelola jalan nasional di Indonesia telah melaksanakan berbagai upaya dalam peningkatan keselamatan jalan. Sejalan dengan Renstra Bina Marga 2010-2014 dalam mengakomodir program peningkatan keselamatan jalan, maka disusunlah buku Panduan Teknis-Serial Rekayasa Keselamatan Jalan ini.

Panduan Teknis ini disusun bekerja sama dengan IndII (*Indonesia Infrastructure Initiative*) / AusAID yang bertujuan untuk membantu para perencana, pengawas, dan pekerja untuk menetapkan dan memelihara sistem manajemen rambu serta lalu lintas yang berkeselamatan di lokasi pekerjaan jalan. Panduan Teknis ini juga dilengkapi dengan DVD untuk memberikan informasi yang diperlukan dalam mengembangkan pemahaman menyeluruh tentang manajemen lalu lintas (pengendalian lalu lintas dan prosedur keselamatan) yang diperlukan di lokasi pekerjaan.

Semoga dengan penerapan Panduan Teknis ini secara konsisten, akan mampu menurunkan tingkat kecelakaan lalu lintas jalan dan dapat membantu percepatan peningkatan pemahaman para perencana dan pelaksana serta berbagai pihak terkait tentang pentingnya upaya keselamatan jalan yang harus dilakukan oleh semua pihak.

Djoko Murjanto

Direktur Jenderal Bina Marga
Kementerian Pekerjaan Umum



INSTRUKSI DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA
NOMOR : 02/IN/Db/2012
TENTANG
PANDUAN TEKNIS REKAYASA KESELAMATAN JALAN
DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA

Menimbang:

- a. Deklarasi PBB pada Maret tahun 2010 tentang Decade of Action (DOA) for road safety 2011-2020 yang bertujuan untuk mengendalikan dan mengurangi tingkat fatalitas korban kecelakaan lalu lintas jalan secara global.
- b. Deklarasi Rencana Umum Nasional Keselamatan (RUNK) pada tanggal 20 Juni 2011 sejalan dengan amanat Undang-Undang No 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- c. Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum bertanggung jawab dalam menyediakan jalan yang berkeselamatan (safer road) sesuai dengan pilar ke 2 RUNK, dan sejalan dengan Renstra Bina Marga 2010-2014 dalam mengakomodir program peningkatan keselamatan jalan.
- d. Dalam rangka melaksanakan rencana aksi Pilar ke-2 jalan yang berkeselamatan: perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan jalan (termasuk perlengkapan jalan) yang berkeselamatan

Mengingat:

1. Undang-Undang No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan.
2. Undang-Undang No 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
3. Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang Jalan.
4. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 11 Tahun 2010 tentang Tata Cara dan Persyaratan Laik Fungsi Jalan.
5. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 13 Tahun 2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan

Kepada:

MENGINSTRUKSIKAN

1. Direktur Bina Pelaksanaan Wilayah I
2. Direktur Bina Pelaksanaan Wilayah II
3. Direktur Bina Pelaksanaan Wilayah III
4. Direktur Bina Program
5. Direktur Bina Teknik
6. Kepala Badan Pengatur Jalan Tol
7. Kepala Balai Besar/ Balai Pelaksanaan Jalan Nasional

di lingkungan Ditjen Bina Marga
8. Kepala SNVT di lingkungan Ditjen Bina Marga.

Untuk:

- KESATU:** Mewujudkan infrastruktur jalan yang lebih berkeselamatan bagi pengguna jalan melalui program Rencana Umum Nasional Keselamatan Jalan.
- KEDUA:** Melakukan rekayasa keselamatan jalan pada tahap perencanaan jalan, konstruksi jalan dan operasional jalan.
- KETIGA:** Dalam melakukan rekayasa keselamatan jalan sebagaimana yang dimaksud dalam Diktum KEDUA, berpedoman pada:
- Panduan Teknis-1: Rekayasa Keselamatan Jalan
 - Panduan Teknis-2: Manajemen Hazard Sisi Jalan
 - Panduan Teknis-3: Keselamatan di Zona Pekerjaan Jalan
- KEEMPAT:** Ketentuan mengenai Panduan Teknis-1 Rekayasa Keselamatan Jalan, Panduan Teknis-2 Manajemen Hazard Sisi Jalan, dan Panduan Teknis-3 Keselamatan di Zona Pekerjaan Jalan secara rinci tercantum dalam lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Instruksi Direktur Jenderal Bina Marga
- KELIMA:** Agar melaksanakan Instruksi ini dengan penuh tanggung jawab.
- KEENAM:** Instruksi Direktur Jenderal Bina Marga ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Tembusan disampaikan kepada Yth:

1. Menteri Pekerjaan Umum
2. Sekretaris Jenderal Kementerian Pekerjaan Umum
3. Kepala Balitbang Jalan dan Jembatan
4. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga

Ditetapkan di Jakarta
Pada tanggal, 24 April 2012
DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA,



Daftar Istilah

Abutmen/Kepala atau Pangkal Jembatan (*Abutment*): bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban pada ujung bentang dan gaya-gaya lainnya yang didistribusikan pada tanah pondasi.

Alat Pengendali Isyarat Lalu Lintas - APILL (*Traffic Control Signal*): perangkat peralatan teknis yang menggunakan isyarat lampu untuk mengatur lalu lintas orang dan/atau kendaraan di persimpangan atau pada ruas jalan.

APILL untuk pejalan kaki berupa:

- **APILL yang Dioperasikan oleh Pejalan Kaki (*Pedestrian Operated Signals - Pos*):** APILL yang memiliki tiga aspek dan ditempatkan di tengah blok antar simpang. APILL ini dilengkapi dengan tombol tekan yang dipasang di tiang utamanya untuk memberi tahu kehadiran pejalan kaki yang menunggu. Selain itu, ada tampilan isyarat pejalan kaki menghadap ke seberang. Tampilan merah, kuning, dan hijau untuk pengemudi/pengendara, sedangkan ikon manusia berdiri berwarna merah atau manusia berjalan berwarna hijau untuk pejalan kaki.
- **Penyeberangan PELICAN (*Pedestrian Light Controlled Crossing - Pelican Crossing*):** tipe penyeberangan yang dioperasikan oleh pejalan kaki, yang memiliki fase kuning berkedip yang ditampilkan sesaat sebelum fase hijau bagi pengemudi.
- **Penyeberangan PUFFIN (*Pedestrian User Friendly Intelligent Crossing - PUFFIN Crossing*):** penyeberangan ini beroperasi mirip APILL pejalan kaki lainnya, namun memiliki detektor untuk menengarai kehadiran pejalan kaki yang bergerak lambat (misal manula) sehingga mampu menambah waktu jalan dan/atau waktu bebas APILL untuk membantu mereka.

Alinyemen (*Alignment*): proyeksi garis sumbu jalan.

- **Alinyemen Horizontal (*Horizontal Alignment*):** proyeksi garis sumbu jalan pada bidang horizontal.
- **Alinyemen Vertikal (*Vertical Alignment*):** proyeksi garis sumbu jalan pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan.

Area Bebas (*Clear Zone*): daerah di dekat lajur lalu lintas yang harus dijaga terbebas dari hazard sisi jalan.

Audit Keselamatan Jalan (*Road Safety Audit*): suatu pemeriksaan formal jalan atau proyek lalu lintas oleh tim ahli independen yang melaporkan potensi kecelakaan dan kinerja keselamatan suatu ruas jalan (Austroads, 2009).

Bahu Jalan (*Shoulder*): bagian daerah manfaat jalan yang berdampingan dengan jalur lalu lintas untuk menampung kendaraan yang berhenti, keperluan darurat, dan untuk pendukung samping bagi lapis pondasi bawah, dan lapis permukaan.

Bundaran (*Roundabout*): persimpangan tempat kendaraan berjalan searah mengelilingi pulau lalu lintas.

Caping (*Crown*): bentuk mahkota pada potongan melintang di dua lajur jalan yang memiliki dua arah kemiringan melintang.

Efek Lapis Tipis Air (*Aqua Planing*): terjadi ketika ada lapis tipis air yang menyelimuti roda sehingga kendaraan tergelincir tidak terkendali di jalan yang basah.

Garis Pandang (*Line of Sight*): garis langsung pada pandangan tak terhalang antara pengemudi dan sebuah objek dengan tinggi tertentu di atas jalan.

Hazard Sisi Jalan: semua objek tetap yang terdapat di sisi jalan di dalam daerah bebas yang dapat memperbesar tingkat keparahan kecelakaan.

Jalan Terbagi (*Divided Road*): jalan dua arah yang dipisahkan dengan median, pagar, atau objek fisik lain.

Jalur Jalan (*Carriageway*): bagian jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan.

Jarak Berhenti yang Berkeselamatan (Safe Stopping Distance - SSD): jarak yang dibutuhkan oleh pengemudi kendaraan untuk menangkap hazard, bereaksi, dan mengerem untuk berhenti. Untuk keperluan perancangan, kondisi cuaca basah dan pengereman dengan roda terkunci diperhitungkan.

Jarak Mendahului (Overtaking Distance): jarak yang dibutuhkan sebuah kendaraan untuk mendahului kendaraan lain.

Jarak Mengerem (Braking Distance): jarak yang dibutuhkan oleh rem kendaraan untuk menghentikan kendaraan.

Jarak Pandang (Sight Distance): jarak di sepanjang tengah-tengah suatu jalur dari mata pengemudi ke suatu titik dimuka pada garis yang sama yang dapat dilihat oleh pengemudi [RSNI T-14-2004].

Jarak Pandang Berkeselamatan di Persimpangan (Safe Intersection Sight Distance - ISD): jarak pandang yang diperlukan pengendara pada jalan major untuk mengamati kendaraan pada jalan minor sehingga dapat mengurangi kecepatannya, atau berhenti bila diperlukan.

Jarak Pandang Henti (Stopping Sight Distance): jarak pandangan pengemudi ke depan untuk berhenti dengan aman dan waspada dalam keadaan biasa, didefinisikan sebagai jarak pandangan minimum yang diperlukan oleh seorang pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depannya. Jarak pandang henti diukur berdasarkan anggapan bahwa tinggi mata pengemudi adalah 108 cm dan tinggi halangan adalah 60 cm diukur dari permukaan jalan [RSNI T-14-2004].

Jarak Pandang Manuver (Maneuver Sight Distance): jarak pandang yang dibutuhkan oleh pengemudi kendaraan yang waspada untuk menyadari objek di atas jalan dan melakukan tindakan menghindar.

Jarak Pandang Masuk (Entering Sight Distance - ESD): jarak pandang yang diperlukan pengendara pada jalan minor untuk memotong/masuk ke jalan major, tanpa mengganggu arus di jalan major.

Jarak Pandang Mendahului (Overtaking Sight Distance): jarak pandang yang dibutuhkan oleh pengemudi untuk memulai dan menyelesaikan dengan selamat manuver mendahului.

Jarak Pandang Pendekat (Approach Sight Distance - ASD): jarak pandang henti pada suatu persimpangan.

Kanalisis: sistem pengendalian lalu lintas dengan menggunakan pulau lalu lintas atau marka jalan.

Kecepatan Operasional (Operating Speed): 85 persentil kecepatan kendaraan pada suatu waktu saat kondisi lalu lintas lancar yang memungkinkan kendaraan untuk bebas memilih kecepatan.

Kecepatan Operasional Truk (Operating Speed of Trucks): kecepatan 85 persentil truk yang diukur pada suatu waktu saat kondisi lalu lintas lancar yang memungkinkan kendaraan untuk bebas memilih kecepatan.

Kecepatan Rencana (Design Speed): kecepatan maksimum kendaraan yang aman yang dapat dipertahankan sepanjang bagian jalan tertentu bila kondisi sedemikian baik sehingga ketentuan desain jalan merupakan faktor yang menentukan.

Kelandaian (Grade): kelandaian memanjang jalan yang dinyatakan dalam persen.

Kemiringan Balik (Adverse Crossfall): kemiringan perkerasan yang terbalik di tikungan horizontal akan menimbulkan gaya sentrifugal pada kendaraan sehingga tidak mampu bertahan di jalur tikungan dan menimbulkan risiko "keluar jalan".

Kemiringan Galian atau Timbunan (Batter): kemiringan sisi jalan, rasionya 1 unit Vertikal (V) X lebih dari 1 unit Horizontal (H). Kemiringan ini dapat berupa kemiringan galian (memotong lahan berbukit) atau kemiringan timbunan (di jalan yang dibangun di atas lahan sekitarnya). Rasio kemiringan timbunan 4H : 1V atau kurang dianggap layak dilalui, namun dengan kemiringan 6H : 1V lebih baik untuk keselamatan sisi jalan.

Kemiringan Melintang (Crossfall): kemiringan melintang jalan untuk drainase permukaan.

Lajur Belok (Turning Lane): lajur khusus untuk lalu lintas berbelok.

Lajur Lalu Lintas (*Traffic Lane*): bagian dari jalur tempat lalu lintas bergerak, untuk satu kendaraan.

Lajur Mendahului (*Overtaking Lane*): lajur khusus yang memungkinkan kendaraan lebih lambat didahului. Lajur ini harus diberi marka garis agar semua lalu lintas diarahkan dahulu ke lajur sebelah kiri karena lajur tengah digunakan untuk mendahului.

Lajur Pendakian (*Climbing Lane*): lajur khusus yang disediakan pada bagian ruas jalan yang melampaui panjang kritis tanjakan untuk menampung kendaraan berat saat menanjak.

Lajur Penyelamat dengan Bantalan Penahan (*Arrester Bed*): fasilitas keselamatan yang digunakan untuk memperlambat dan menghentikan kendaraan dengan mengkonversi energi kinetiknya melalui pergeseran agregat dalam gundukan pasir atau tanah keras. Bantalan penahan merupakan perangkat keselamatan yang berguna di sisi jalan menurun yang sering menimbulkan tabrakan truk dengan rem blong.

Lajur Percepatan (*Acceleration Lane*): lajur khusus yang berfungsi untuk menyesuaikan kecepatan kendaraan pada saat bergabung dengan lajur cepat.

Lajur Tambahan (*Auxiliary Lane*): lajur yang disediakan khusus untuk belok kiri/kanan, perlambatan/percepatan, dan tanjakan.

Lalu Lintas (*Traffic*): gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan (prasarana yang diperuntukkan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang yang berupa jalan dan fasilitas pendukung).

Lengkung Peralihan (*Transition Curve*): lengkung yang disisipkan diantara bagian jalan yang lurus dan bagian jalan yang melengkung berjari-jari tetap R dimana bentuk lengkung peralihan merupakan clothoide.

Lengkung Vertikal (*Vertical Curve*): bagian jalan yang melengkung dalam arah vertikal yang menghubungkan dua segmen jalan dengan kelandaian berbeda.

Lokasi Rawan Kecelakaan (*Blackspot*): suatu lokasi dimana memiliki angka kecelakaan yang tinggi, serta terjadi secara berulang dalam suatu rentang waktu.

Manajemen Hazard Sisi Jalan (*Road Side Hazard Management*): manajemen sisi jalan yang bertujuan untuk menurunkan tingkat keparahan kecelakaan.

Median Jalan (*Median*): bagian dari jalan yang tidak dapat dilalui oleh kendaraan dengan bentuk memanjang sejajar jalan, terletak di sumbu/tengah jalan, dimaksudkan untuk memisahkan arus lalu lintas yang berlawanan.

Panjang Lengkung Peralihan (*Transition Length for Alignment*): panjang jalan yang dibutuhkan untuk mencapai perubahan dari bagian lurus ke bagian lingkaran dari tikungan.

Panjang Pencapaian Superelevasi (*Transition Length for Superelevation*): panjang jalan yang dibutuhkan untuk mencapai kemiringan melintang dari kemiringan normal sampai dengan kemiringan penuh superelevasi.

Pejalan Kaki (*Pedestrians*): pemakai jalan yang berjalan kaki, termasuk mereka yang menarik gerobak, bekerja di jalan, berjalan di sepanjang, atau menyeberangi jalan.

Persimpangan (*Intersection*): pertemuan jalan dari berbagai arah, yang dapat merupakan simpang sebidang yaitu simpang 3, simpang 4 atau lebih dan/atau berupa simpang tak sebidang.

Persimpangan dengan Kanalisasi (*Channelised Intersection*): persimpangan yang menggunakan sistem kanalisasi.

Persimpangan Normal: persimpangan di sebuah jalur jalan yang menunjukkan perincian dimensi, lokasi furnitur, dan fitur bangunan jalan yang normal.

Persimpangan Tak Sebidang (*Interchange*): separasi gradasi dua atau lebih jalan yang mempunyai setidaknya satu

jalur jalan yang menghubungkan. Artinya, paling tidak satu jalur jalan mengambil lalu lintas dari salah satu jalan ke yang lain. Banyak tipe persimpangan tak sebidang.

Potongan Melintang (*Cross Section*): elemen transversal di elemen memanjang jalan.

Potongan Memanjang (*Longitudinal Section*): potongan memanjang, biasanya dengan skala vertikal yang lebih besar dibandingkan skala horizontal, yang menunjukkan perubahan desain di sepanjang sebuah garis memanjang sebuah jalan, atau garis lain yang ditentukan.

Potongan Normal Melintang Jalan (*Normal Cross Section*): potongan melintang jalan yang tidak dipengaruhi oleh superelevasi ataupun pelebaran jalan di tikungan.

Pulau Lalu Lintas (*Traffic Island*): bagian dari persimpangan yang ditinggikan dengan kerib, yang dibangun sebagai pengarah arus lalu lintas serta merupakan tempat lapak tunggu untuk pejalan kaki pada saat menunggu kesempatan menyeberang.

Rambu Lalu Lintas (*Traffic Sign*): bagian dari perlengkapan jalan berupa lambang, huruf, angka, kalimat dasar atau perpaduannya, diantaranya berfungsi sebagai peringatan, larangan, perintah atau petunjuk bagi pemakai jalan.

Segitiga Pandang (*Sight Triangle*): area antara dua jalur jalan yang bersimpangan dimana kendaraan dari kedua jalur dapat terlihat oleh setiap pengemudi.

Segmen Jalan Rawan Kecelakaan (*Black Length*): segmen jalan—biasanya beberapa kilometer—yang memiliki catatan sering terjadi kecelakaan dan menimbulkan korban.

Simpang Tak Sebidang (*Grade Separation*): pemisahan pergerakan lalu lintas yang berkonflik dengan penggunaan lintas atas atau lintas bawah.

Tambahan Pemotongan Bukit (*Bench*): tambahan potongan bukit di sebuah sisi sempit jalan yang dibangun dalam kemiringan galian atau kemiringan alami untuk meningkatkan jarak pandang horizontal di tikungan. Tambahan ini juga dapat mengontrol erosi dengan lebih baik, menjadi drainase, dan perlindungan dari tanah longsor.

Tikungan Balik (*Reverse Curve*): sebuah potongan alinyemen jalan yang terdiri dari dua tikungan yang membelok ke arah berlawanan dan mempunyai titik tangen bersama atau dihubungkan oleh tangen pendek.

Tikungan Bertolak Belakang (*Broken Back Curve*): dua tikungan horizontal di arah yang sama, yang dipisahkan oleh potongan jalan lurus. Tikungan bertolak belakang merupakan tipe khas tikungan mejemuk dan umumnya dianggap lebih berisiko keselamatan daripada yang lain.

Tikungan Horizontal (*Horizontal Curve*): tikungan dalam tampak bidang sebuah jalur jalan.

Tikungan Majemuk (*Compound Curve*): tikungan yang terdiri dari dua atau lebih tikungan beradius berbeda di arah yang sama dan berbagi titik tangen yang sama.

Tikungan Substandar (*Sub-Standard Curve*): tikungan dengan radius horizontal di bawah radius minimal yang diperlukan untuk kecepatan operasional lalu lintas.

Titik Putar (*Hinge Point*): titik di potongan melintang sebuah jalan yang perkerasan di sekitarnya dirotasi untuk membentuk superelevasi.

Daftar Isi

BAGIAN A – Mengenal Manajemen Hazard Sisi Jalan

1.1	Latar Belakang	2
1.2	Manajemen Hazard Sisi Jalan	3
1.3	Perencana Dapat “Mengubah Keadaan”	12

BAGIAN B - Strategi Manajemen Hazard Sisi Jalan

2.1	Konsep “Ruang Bebas”	14
2.2	Menjaga Kendaraan Tetap di Jalan	18
2.3	Menghilangkan Hazard	24
2.4	Relokasi Hazard	25
2.5	Mengubah Hazard	25
2.6	Menutup Hazard	29

BAGIAN C - Pagar Keselamatan

3.1	Latar Belakang	31
3.2	Pagar Fleksibel	31
3.3	Pagar Semi Kaku	33
3.4	Pagar Kaku	34
3.5	Pertimbangan Perancangan dan Pemasangan	35
3.6	Terminal (Ujung Pagar) yang Berkeselamatan	41
3.7	Spesifikasi Untuk Penggunaan Pagar Keselamatan	45
3.8	Pagar Sementara	47

BAGIAN D - Permasalahan Manajemen Hazard Sisi Jalan

4.1	Pengantar	52
4.2	Hazard Sisi Jalan	53
4.3	Daerah Bercabang di Jalan Berkecepatan Tinggi	53
4.4	Permasalahan Pagar Keselamatan	54
4.5	Daerah Bercabang di Jalan Berkecepatan Tinggi	55
4.6	Terminal Pagar Keselamatan yang Berkeselamatan	56
4.7	Median Buka-Tutup	56
4.8	Hazard Pagar Jembatan (Parapet)	57
4.9	Keselamatan Sisi Jalan Untuk Pengendara Sepeda Motor	58
4.10	Tiang Pemandu (Guide Posts)	60
4.11	Kerb	61
4.12	Saluran	61

BAGIAN E - Gambar Standar

Daftar Gambar

No.Gambar	Nama Gambar	Halaman
Gambar 1.1	Proporsi jenis tabrakan di Jalan Tol maupun di Jalan Non-Tol di Indonesia	2
Gambar 1.2	Berbagai macam hazard sisi jalan	7
Gambar 1.3	Contoh hazard sisi jalan di ujung jembatan yang salah dan benar	8
Gambar 1.4	Contoh hazard sisi jalan di ujung pagar keselamatan yang salah dan benar	9
Gambar 1.5	Panduan langkah-langkah Manajemen Strategi Hazard pada Sisi Jalan	10
Gambar 1.6	Jenis-jenis pagar keselamatan	11
Gambar 2.1	Ruang bebas sisi jalan	14
Gambar 2.2	Grafik Jarak Ruang Bebas – untuk jalan lurus	15
Gambar 2.3	Penyesuaian Kemiringan Timbunan untuk Panjang Zona	16
Gambar 2.4	Lubang jalan dapat menyebabkan pengemudi/pengendara kehilangan kendali, khususnya pengendara motor	19
Gambar 2.5	Tanah di permukaan jalan dapat menyebabkan kendaraan tergelincir, meluncur, dan kehilangan kendali	20
Gambar 2.6	Jarak Pandang	20
Gambar 2.7	Contoh patok pengarah beton, kayu, dan plastik	21
Gambar 2.8	Patok pengarah di jalan, sebelum (kiri); dan sesudah (kanan).	21
Gambar 2.9	Marka tebal dan Marka Chevron	22
Gambar 2.10	Delineator (chevron) di tikungan	22
Gambar 2.11	Delineator (marka garis tepi dan chevron) yang jelas di tikungan	22
Gambar 2.12	Pita Penggaduh	23
Gambar 2.13	Pembatas yang baik dengan garis lajur dan garis tepi di jalan tol	23
Gambar 2.14	Grafik untuk pagar keselamatan pada lereng timbunan (volume lalu lintas > 2000 kend/hari, kecepatan lalu lintas > 60 km/jam)	29
Gambar 3.1	Contoh dari sistem kabel baja yang menggunakan empat tali yang saling mengait	32
Gambar 3.2	Contoh dari sistem kabel baja yang menggunakan empat tali yang satu tali berada di atas lainnya	32
Gambar 3.3	Pagar Keselamatan Fleksibel 'Wire Rope'	32
Gambar 3.4	Tipikal pagar keselamatan W-beam (batang W)	33
Gambar 3.5	Pagar Baja Profil-W	33
Gambar 3.6	Pagar Baja Profil Dobel-W (Thrie)	33
Gambar 3.7	Pagar Keselamatan Profil-F	34
Gambar 3.8	Pagar Keselamatan Lereng Konstan	34
Gambar 3.9	Penampang Pagar Keselamatan Kaku	35
Gambar 3.10	Lokasi pagar berdasarkan jenis kerb	36
Gambar 3.11	Pagar semikaku dengan tiang jembatan ini tidak memiliki cukup ruang untuk berdefleksi saat tabrakan. Membuat kaku pagar dekat tiang dapat meningkatkan kinerja pagar dalam menahan tabrakan	36
Gambar 3.12	Pagar keselamatan kaku lebih cocok diletakkan berdekatan dengan tiang jembatan untuk jalan tol/bebas hambatan dengan median yang sempit	36
Gambar 3.13	Defleksi dari pagar keselamatan besi profil-W setelah tabrakan	37
Gambar 3.14	Panjang Kebutuhan	39
Gambar 3.15	Panjang Kebutuhan pada Tikungan	40
Gambar 3.16	Pagar keselamatan untuk hazard tiang ini tidak efektif untuk kendaraan yang keluar jalan pada tipikal sudut (sampai dengan kira-kira 22 derajat). Panjang pagar juga tidak memadai. Tiang yang frangible (jatuh tidak membahayakan jika ditabrak) akan lebih memadai. Saluran yang dapat dilalui kendaraan akan lebih lunak dan berkeselamatan bagi kendaraan yang lepas kendali	40
Gambar 3.17	Penyederhanaan penentuan panjang yang dibutuhkan	40
Gambar 3.18	Terminal yang tidak aman dapat membunuh dan menghancurkan kendaraan	42

Gambar 3.19	Terminal pagar semikaku yang membengkok. Bahu jalan harus diperkeras ke pagar keselamatan - hal ini berlaku untuk sebagian besar panjang tapi terminal yang membengkok ke luar dari sisi jalan harus juga memiliki bahu jalan yang diperkeras.	42
Gambar 3.20	Terminal pagar yang tidak membengkok. Pagar keselamatan ini hampir berada di atas dari sisi depan kerb. dibutuhkan minimal 1 meter jarak ke pohon (untuk defleksi)	42
Gambar 3.21	Terminal non-bengkok untuk pagar profil – W	43
Gambar 3.22	Sebuah bantalan tabrakan digunakan untuk menutupi dinding beton di jalan bebas hambatan berkecepatan tinggi	43
Gambar 3.23	Pagar keselamatan kabel baja, dengan ujung terminal di kejauhan	44
Gambar 3.24	Ujung pagar beton ditutupi dengan Bantalan Tabrakan	44
Gambar 3.25	Dua bantalan tabrakan "punggung ke punggung" menutupi tiang rambu besar di median sempit.	45
Gambar 3.26	Sambungan pada sisi depan awal dari pagar baja profil-W ke parapet kaku jembatan	45
Gambar 3.27	Perbandingan kinerja dari pengaturan transisi dua jenis pagar keselamatan	46
Gambar 3.28	Pagar baja yang telah memenuhi persyaratan uji internasional dan dapat digeser dari lokasi ini dalam waktu sekejap untuk menciptakan bukaan pada median pagar kaku	47
Gambar 3.29	Bukaan median pada jalan bebas hambatan baru ini, memiliki ujung pagar menaik yang tidak aman. Median ini juga dapat digunakan sebagai putarn-U karena patok/bollard int mudah dipindahkan. Pagar baja (lihat gambar sebelumnya) pada bukaan tersebut direkomendasikan sebagai pilihan yang lebih aman.	47
Gambar 3.30	Balok beton ini tidak berkeselamatan. Balok beton ini TIDAK boleh digunakan di jalan	49
Gambar 3.31	Balok beton ini memberikan delineator yang baik tetapi merupakan bahaya apabila tertabrak. Balok ini tidak memiliki kapabilitas untuk mengembalikan arah kendaraan dan tidak disarankan digunakan sebagai pagar keselamatan.	48
Gambar 3.32	Kedua pagar kaku sementara terpasang dengan baik dan tersambung dengan kokoh. Setiap balok memiliki "kaki" didasarnya sehingga air hujan dapat mengalir di bawahnya.	49
Gambar 3.33	Setiap bagian pagar beton sementara tersambung dengan kokoh membentuk pagar menerus. Lubang kecil dibawahnya memungkinkan aliran air dapat melalui pagar sehingga mereduksi genangan air di jalan.	49
Gambar 3.34	Ujung dari pagar beton sementara yang tumpul ini digeser ke luar area bebas (area bebas kira kira 3 meter dari tepi lajur terdekat). Ini merupakan pilihan yang berkeselamatan untuk ujung pagar sementara.	49
Gambar 3.35	Pagar beton sementara telah tersambung dengan baik. Namun ujung dari pagar ini adalah hazard bagi penumpang kendaraan yang lepas kendali. Pagar permanen di belakangnya bahkan dapat mengarahkan kendaraan lepas kendali pada ujung tumpul ini.	49
Gambar 3.36	Bantalan tabrakan berbiaya murah merupakan salah satu opsi sebagai terminal berkeselamatan pagar kaku sementara.	49
Gambar 3.37	Pagar berisi air tersambung dengan benar sehingga melindungi pekerjaan di jalan. Batas kecepatan dikurangi untuk meminimalkan risiko .Ujung pagar dibengkokkan ke luar area bebas agar ujung pagar tidak menjadi hazard.	49
Gambar 3.38	Tumpukan dari pagar baja sementara disimpan di tempat yang berkeselamatan di luar area bebas	50
Gambar 3.39	Pagar baja sementara dipasang untuk melindungi pekerjaan di jalan. Setiap bagian tersambung dengan kokoh. Bila pekerjaan sudah selesai pagar dapat dipindahkan dengan Derek kecil atau "fork lift" untuk digunakan di lokasi lainnya.	50
Gambar 4.1	Contoh pagar batas yang berpotensi menjadi hazard sisi jalan	53
Gambar 4.2	Tiang rambu pada foto di atas berbahaya bagi kendaraan yang lepas kendali	53
Gambar 4.3	Penempatan pagar keselamatan yang tidak benar	54
Gambar 4.4	Contoh pagar yang tidak berkeselamatan	55

Gambar 4.5	Ujung pagar yang tidak ditutupi merupakan bahaya 'menusuk'. Ujung "fishtail" memang meningkatkan keselamatan, namun sekarang merupakan penanganan yang kuno karena juga dapat menusuk ke dalam kendaraan. Pemasangan pagar keselamatan ini dapat ditingkatkan dengan menyediakan pagar keselamatan yang tepat yang sudah diuji kinerjanya	56
Gambar 4.6	Pagar besi seperti pada contoh ini telah diuji TL-3 untuk menutup median di jalan berkecepatan tinggi. Ketika bukaan diperlukan dalam keadaan darurat atau untuk pemeliharaan, petugas jalan yang berwenang membuka kunci pagar dan meminggirkannya.	57
Gambar 4.7	Pagar jembatan kurang baik. Pagar jembatan ini berbahaya karena pagar dapat menusuk ke dalam kendaraan. Sambungan pagar ke parapet jembatan tidak menerus, dan pada kecelakaan pagar akan berdefleksi dan menyebabkan kendaraan masuk 'terjepit' ke ujung parapet jembatan	57
Gambar 4.8	Sambungan yang tidak baik.	58
Gambar 4.9	Sambungan yang baik.	58
Gambar 4.10	Pelat baja pelindung sepeda motor dipasang di bagian bawah pagar	59
Gambar 4.11	Plastik pelindung sepeda motor dipasang di bagian bawah pagar dan diikat pada setiap tiang untuk menyediakan bantalan tumbukan	59
Gambar 4.12	Bahu yang diperkeras/diaspal memberikan lingkungan jalan yang lebih aman untuk pengguna jalan-terutama pengendara sepeda motor	59
Gambar 4.13	Contoh patok pengarah	60
Gambar 4.14	Tipe kerb barikade	61
Gambar 4.16	Tipe Saluran U dan Trapesium	61
Gambar 5.1	Pagar Keselamatan Jalan dan Elemennya	63
Gambar 5.2	Panjang Pagar Keselamatan pada Sisi Luar Tikungan Yang Dibutuhkan	64
Gambar 5.3	Panjang Pagar Keselamatan di Sisi Dalam Tikungan Yang Dibutuhkan	65
Gambar 5.4	Sudut Lesat	65
Gambar 5.5	Detail Tipikal Pagar Keselamatan	66

Daftar Tabel

No.Tabel	Nama Tabel	Halaman
Tabel 1.1	Tipe kecelakaan terhadap Kecepatan yang menyebabkan luka serius	3
Tabel 2.1	Faktor Koreksi Tikungan pada Zona Bebas	17
Tabel 2.2	NCHRP 350 untuk pagar longitudinal, terminal dan crash cushion	30
Tabel 3.1	Tipikal Defleksi Pagar Keselamatan	38
Tabel 3.2	Jarak dari Tepi Lajur Lalu Lintas ke sisi muka Pagar Keselamatan	38
Tabel 3.3	Panjang Kebutuhan	39
Tabel 3.4	Panjang 'Lesat/Run-out' untuk Desain Barrier	41
Tabel 5.1.	Sudut Lesat	65

Bagian A

Mengenal Manajemen Hazard Sisi Jalan



“Sangatlah penting untuk menyediakan jalan yang forgiving (memaafkan), untuk meminimalkan tingkat keparahan kecelakaan akibat kesalahan pengemudi ”



1.1 Latar Belakang

Jalan yang baik seharusnya dirancang untuk menyediakan pergerakan yang berkeselamatan, nyaman, efektif, dan efisien bagi manusia dan barang. Akan tetapi, selama ini untuk perancangan jalan tidak hanya dipengaruhi oleh medan, volume lalu lintas, jenis kendaraan, dan kecepatan perjalanan, juga harus mempertimbangkan biaya yang harus ditanggung masyarakat. Beban masyarakat meliputi biaya konstruksi, biaya perawatan, biaya operasi pemakai dan biaya lain yang berhubungan dengan tabrakan di jalan. Biaya tabrakan di jalan yang signifikan berasal baik dari individual pemakai jalan maupun masyarakat secara keseluruhan.

Ketika pengemudi kehilangan kendali dan keluar dari jalan terdapat risiko cedera dan kerusakan akibat tabrakan dengan objek tetap (seperti pohon dan tiang) atau objek yang tidak dapat dilintasi (seperti saluran atau permukaan kasar) yang dapat menyebabkan kendaraan terlempar, terguling atau berhenti mendadak. Idealnya, sisi jalan harus bebas dari objek yang berpotensi hazard sehingga kendaraan yang lepas kendali dapat dikendalikan kembali dengan selamat. Tetapi, hal ini

tidak selalu dapat dipraktikkan akibat pertimbangan ekonomi, lingkungan, atau lainnya, sehingga sebaiknya mulai dipertimbangkan untuk memasang pagar keselamatan sisi jalan yang didefinisikan sebagai area di antara sisi luar bahu jalan (atau kerb) hingga batas tepi ruang milik jalan (rumija). Tetapi, terdapat pula kasus, ketika ancaman hazard di luar rumija harus dipertimbangkan. Seringkali para perancang lebih

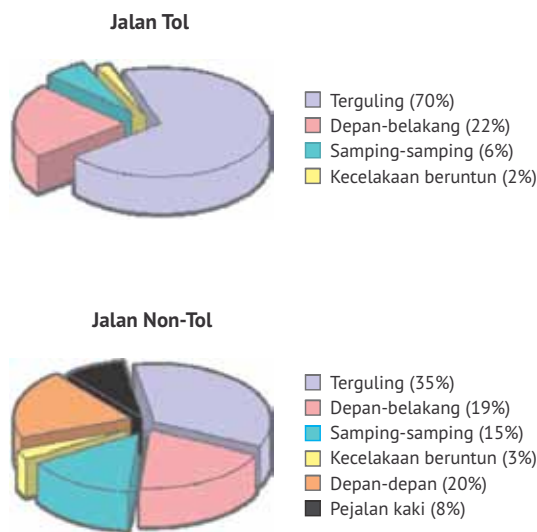
memikirkan geometri jalan dan perkerasannya. Mereka kurang memperhatikan peningkatan kondisi keselamatan sepanjang rumija dari hazard yang dapat meningkatkan risiko tabrakan kendaraan.

Sebagian besar dari masalah keselamatan jalan di Indonesia disebabkan oleh pengembangan lahan sepanjang jalan yang tidak terkendali.

Harus disadari pula bahwa banyak fasilitas jalan

(seperti tiang penerangan jalan, tiang listrik, papan iklan, tempat duduk dan halte bis) dan penghias jalan (taman, patung) yang merupakan potensi hazard sisi jalan. Perancang keselamatan jalan harus memutuskan untuk menghilangkan benda tersebut dari area bebas atau mengubah atau menutupinya dengan pembatas dalam rangka meminimalkan cedera pada saat tabrakan.

“Sisi Jalan untuk sebagian besar jalan di Indonesia tidak “pemaaf”. Sering kali terdapat fasilitas umum serta objek yang dipergunakan untuk mempercantik wilayah disekitar jalan yang justru menjadi hazard sisi jalan.”



Gambar 1.1 Proporsi jenis tabrakan di Jalan Tol maupun di Jalan Non-Tol di Indonesia

Gambaran singkat data tabrakan lepas kendali ke luar jalan di Indonesia

Tabrakan keluar-jalan adalah jenis tabrakan yang tertinggi di jalan Indonesia. Data menunjukkan bahwa kendaraan terguling mencapai 65% dari total tabrakan di jalan tol dan 35% tabrakan di jalan non-Tol (Ditlantas, 2009). Gambar 1.1 menunjukkan proporsi jenis tabrakan baik di jalan tol maupun non-tol di Indonesia

1.2 Manajemen Hazard Sisi Jalan

1.2.1 Prinsip desain berkeselamatan dan Konsep sisi "Forgiving Road"

Jalan yang terancang baik bertujuan menjaga kendaraan tetap selamat di jalan. Desain jalan yang berkeselamatan dan usaha pemeliharaan yang baik untuk menyediakan kondisi jalan yang berkeselamatan meliputi :

- Alinyemen horizontal dan vertikal yang baik;
- Lebar jalur dan lajur jalan yang memadai;
- Kemiringan normal dan superelevasi yang tepat;
- Jarak pandang yang baik;
- Tersedianya batas jalan dan delineator yang jelas;
- Tersedianya marka jalan dan rambu yang mencukupi;
- Permukaan jalan yang rata;
- Manajemen konflik lalu lintas pada persimpangan;
- Penetapan batas kecepatan kendaraan yang tepat.

“Tidak seorang pun pernah bisa tahu kapan dan dimana suatu kendaraan akan keluar dari jalan.”

Tabel 1.1 Tipe kecelakaan terhadap Kecepatan yang menyebabkan luka serius

Jenis Kecelakaan	Kecepatan yang Umumnya Menyebabkan Terjadinya Kecelakaan Serius
Kecelakaan depan-depan dengan jenis kendaraan yang serupa	70 km/jam
Tabrakan samping dengan kendaraan lain	50 km/jam
Tabrakan langsung dengan objek tetap seperti tiang lampu atau pohon	50 km/jam
Tabrakan samping dengan objek tetap	30-40 km/jam
Pejalan kaki, pengendara kendaraan bermotor dan tidak bermotor	30 km/jam

“Objek tetap adalah Hazard yang berpotensi meningkatkan keparahan jenis tabrakan yang keluar jalan.”

Prinsip fundamental dalam merancang sisi jalan yang berkeselamatan didasarkan pengetahuan bahwa pengemudi dapat berbuat kesalahan, adakalanya pengemudi kehilangan kendali dan kendaraan mereka keluar dari jalan. Tidak seorang pun yang pernah dapat memastikan kapan atau di mana kejadian itu akan terjadi. Ketika kendaraan keluar dari jalan, terdapat risiko nyata bahwa kendaraan terguling atau menabrak objek tetap. Kedua hal itu dapat menyebabkan cedera parah atau kematian pada pengemudi dan penumpang.

Untuk mengurangi konsekuensi kendaraan tidak terkendali keluar jalan, penting untuk menyediakan sisi *forgiving road* untuk meminimalkan keparahan akibat kesalahan pengemudi.

Kecepatan benturan berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat keparahan cedera seseorang yang mengalami tabrakan. Jenis tabrakan juga berhubungan dengan tingkat keparahannya. Tabel 1.1 menjelaskan mengenai berbagai jenis tabrakan pada beberapa jenis kendaraan dengan tipe kecepatannya yang berisiko menimbulkan cedera luka parah pada penumpang.

Sisi jalan harus dirancang untuk menghilangkan potensi tabrakan, selama memungkinkan terhadap kecepatan yang ditunjukkan pada Tabel 1.1. Perancangan yang seksama dapat membantu mengurangi benturan yang diterima manusia pada tabrakan. Dengan perhatian khusus pada desain berkeselamatan, memungkinkan untuk menjaga gaya benturan di dalam batas toleransi manusia sebelum cedera parah terjadi.

Jenis tabrakan lain yang umum pada tabrakan lepas kendali keluar jalan adalah kendaraan berputar atau terguling. Bahkan pada kecepatan relatif rendah, kendaraan dapat terguling pada turunan curam, jika menabrak objek di sisi jalan atau jika permukaan sisi jalan lunak atau tidak rata. Tabrakan tunggal dapat berakibat parah bagi penumpang kendaraan, bahkan pada kecepatan rendah atau pada kemiringan yang tidak terlalu tinggi.

Prinsip desain sisi jalan yang berkeselamatan meliputi tersedianya sisi *forgiving road* untuk mengantisipasi keluarnya kendaraan dari jalan. Hal ini dapat dicapai dengan menyediakan sisi jalan dengan area yang bebas dari objek tetap yang berpotensi bahaya.

Sisi jalan yang bebas dari tiang, saluran, struktur, dan tebing yang curam sangat dibutuhkan. Sisi jalan harus dapat dikendarai sehingga memungkinkan kendaraan yang lepas kendali untuk kembali ke jalan atau berhenti. Artinya, semua aspek sisi jalan harus dirancang untuk mengurangi terjadinya cedera parah atau kematian kendaraan yang lepas kendali.

1.2.2 Apa itu hazard sisi jalan ?

Hazard sisi jalan adalah fitur atau objek disamping jalan yang mungkin memengaruhi keselamatan di area sisi jalan. Hazard sisi jalan didefinisikan sebagai objek tetap apa pun yang berukuran 100 mm atau lebih. Hazard sisi jalan meliputi pula fitur lain (seperti bebatuan atau kemiringan curam) yang dapat berkontribusi terhadap keparahan tabrakan sehingga menyebabkan cedera parah bagi kendaraan yang keluar jalan.

Area sisi *forgiving road* meminimalkan hazard sisi jalan, mengurangi potensi tabrakan berat yang mengakibatkan cedera pada pengendara.

Hazard sisi jalan di Indonesia meliputi :

- a. Objek kaku, ujung pagar jembatan, tiang jembatan, pepohonan, tiang utilitas, bangunan, dinding tepi parit. Pagar keselamatan yang dipasang dengan buruk atau keliru dapat pula menjadi hazard jika tidak terpasang sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku. Khususnya ujung pagar jembatan atau pagar pembatas dapat "menusuk" kendaraan yang lepas kendali.
- b. Median pembatas pada jalan dengan kecepatan kendaraan tinggi dapat menyebabkan kendaraan melintasi median dan menabrak kendaraan dari arah yang berlawanan, umumnya mengakibatkan tabrakan yang parah. Kerb pembatas sejajar jalan raya bebas hambatan dapat pula berbahaya dan menyebabkan kendaraan terbalik.
- c. Kemiringan yang curam pada sisi jalan dapat menyebabkan kendaraan terguling. Saluran terbuka yang dalam dan kemiringan tebing permukaan yang tidak rata dapat pula berbahaya. Kemiringan berikut ini umumnya dianggap sebagai batas yang dapat diterima untuk kemiringan sisi jalan :
 - 6 : 1 dapat diterima oleh mobil (10 : 1 truk)
 - 4 : 1 dapat dilalui mobil (6 : 1 untuk truk)
 - 3 : 1 tidak berkeselamatan untuk mobil (4 : 1 untuk truk)
- d. Air dalam seperti sungai, danau, bendungan, atau saluran drainase dapat membahayakan lalu lintas. Saluran terbuka U yang biasa digunakan di Indonesia juga meningkatkan hazard bagi pengemudi di jalan.

Sangat berguna jika kita menganggap hazard sisi jalan sebagai hazard setempat atau hazard berkelanjutan.

Hazard Setempat (*Point hazards*)

Hazard setempat adalah instalasi permanen, dengan panjang terbatas, yang mungkin tertabrak kendaraan yang keluar-jalan. Benda-benda berikut ini, jika terletak di area bebas, adalah contoh hazard setempat :

- Pohon berdiameter lebih dari 100 mm
- Tiang dan kolom jembatan
- Pot besar
- Monumen atau fitur lansekap yang berbahaya
- Rambu tak-lepas
- Perletakan tiang atau rambu yang tidak tepat

“Untuk meminimalkan konsekuensi kendaraan lepas kendali keluar jalan, penting untuk menyediakan sisi *forgiving road*. Upaya ini dapat mengurangi risiko keparahan tabrakan akibat kekeliruan pengemudi.”

- Konstruksi yang menonjol
- Jalan akses yang membentuk seperti dinding
- Dinding parit yang membahayakan
- Objek kokoh di saluran drainase
- Tiang utilitas
- Dinding
- Titik hidran lebih tinggi dari 100 mm
- Tiang jalan layang atau tangga
- Jembatan penyeberangan orang (JPO).

Arena panjangnya terbatas, hazard setempat umumnya lebih baik dipindahkan dari area bebas, dibandingkan diberi pagar keselamatan.

Hal penting yang harus dicatat bahwa walaupun pepohonan yang berdiameter kurang dari 100 mm di dalam area bebas dianggap bukan hazard setempat, pepohonan tersebut tetap harus dipindahkan karena akan tumbuh menjadi potensi hazard di masa depan. Rumpun pepohonan berdiameter kurang dari 100 mm dapat berpotensi hazard jika berjarak antara kurang dari 2 m satu sama lain.

Hazard Berkelanjutan (*Continuous Hazards*)

Hazard berkelanjutan berbeda dari hazard setempat karena panjangnya yang signifikan. Oleh karena itu, umumnya sulit untuk memindahkan atau merelokasinya. Ketika terletak di dalam area bebas, mereka dianggap hazard. Namun, mereka juga dapat merupakan hazard yang signifikan walau terletak di luar area bebas. Panjang hazard meningkatkan kemungkinan tertabrak oleh kendaraan yang lepas kendali, dan beberapa hazard (misalnya tebing) memiliki tingkat keparahan tabrakan yang tinggi berapa pun kecepatan kendaraannya.

Berikut ini contoh hazard berkelanjutan :

- Hutan dan pepohonan lebat
- Deretan pohon besar
- Saluran drainase
- Tanggul terjal
- Tonjolan batu bercampur pepohonan
- Bongkahan batu
- Tebing
- Perairan (seperti sungai, danau, dan saluran dengan kedalaman lebih dari 0,6 m)
- Hazard tak berpembatas seperti tebing atau jalur air yang berada di luar area bebas minimal, tetapi masih tercapai oleh kendaraan jika lepas kendali
- Dinding penahan tanah
- Kerb dengan ketinggian lebih dari 100 mm di jalan dengan kecepatan operasional 80 km/jam atau lebih
- pagar dengan rusuk horizontal yang dapat menusuk kendaraan.

Lalu lintas dari arah berlawanan dapat pula dianggap sebagai hazard berkelanjutan sehingga harus dipisah dengan barikade median yang bergantung pada volume arus kendaraan dan lebar median.

Semua fitur sisi jalan yang berpotensi hazard harus dianggap sebagai prioritas utama jika fitur tersebut tercatat sering menyebabkan terjadinya tabrakan.

Hazard Sisi Jalan



▲ Jembatan beserta tiang-tiang dan dinding-dinding jembatan



▲ Kolom-kolom jembatan



▲ Bangunan dan pagar



▲ Monumen dan patung



▲ Pepohonan



▲ Tiang



▲ Median



▲ Kerb



▲ Lereng yang berdingding curam



▲ Drainase terbuka yang dalam



▲ Aliran air



▲ Saluran drainase besar

Gambar 1.2 Berbagai macam hazard sisi jalan



Contoh ujung pagar jembatan yang salah (kiri) dan Contoh ujung pagar jembatan yang baik (kanan)

Gambar 1.3 Contoh hazard sisi jalan di ujung jembatan yang salah dan benar

1.2.3 Strategi manajemen hazard sisi jalan

Pendahuluan

Tujuan dari manajemen hazard sisi jalan adalah untuk mengendalikan tingkat risiko jalan tertentu demi keselamatan pengemudi dan penumpang pada kendaraan yang lepas kendali. Oleh karena itu, lazimnya terdapat beraneka hazard sisi jalan yang memiliki risiko tertentu.

Strategi manajemen hazard sisi jalan bertujuan untuk mengenali risiko dan konsekuensi keselamatan sisi jalan. Strategi ini melibatkan sejumlah pendekatan bergantung pada aspek kelayakan, biaya, realitas dan kepraktisannya. Faktanya, kita akan melihat bahwa biaya menyediakan sisi jalan yang bebas dari hazard lazimnya sangat besar. Pada sejumlah kasus, biaya penanganan hazard dapat jauh lebih besar dibandingkan potensi penghematan pencegahan tabrakan. Oleh karena itu, tidak semua hazard sisi jalan membutuhkan penanganan karena kemungkinan terjadinya tabrakan di sejumlah hazard relatif lebih rendah. Misalnya :

- Ujung parapet permanen jembatan yang terletak dekat sisi jalan adalah hazard yang signifikan dan lebih mungkin tertabrak kendaraan yang lepas kendali dibandingkan tiang yang terletak 10 meter dari tepi jalan. Pada kasus parapet, kehilangan konsentrasi atau gangguan sesaat dapat menyebabkan pengemudi melenceng ke luar jalur dan menabrak parapet. Sedangkan untuk kasus tiang yang berjarak 10 meter dari tepi jalan, pengemudi memiliki lebih banyak waktu untuk kembali mengendalikan kendaraan.

- Pada jalan bervolume rendah, kemungkinan tabrakan lebih rendah dibandingkan jalan bervolume tinggi yang memiliki kemungkinan tinggi menciptakan risiko tabrakan dan keluar jalur.

Pada proyek baru atau peningkatan jalan, lazimnya semakin awal identifikasi potensi hazard dilakukan pada siklus proyek, hazard dapat lebih tertangani dan biayanya lebih diperhitungkan. Pada sejumlah kasus, perubahan dapat dilakukan pada saat perancangan berjalan tanpa biaya tambahan pada proyek, dan pada umumnya, lebih rendah biaya mengubah gambar desain dibandingkan mengubah jalan setelah dibangun. Audit keselamatan jalan memainkan peran penting pada proses itu. Audit keselamatan dalam banyak hal mencegah fitur desain yang tidak berkeselamatan tidak dilaksanakan.

Lima Langkah Strategi Manajemen Hazard Sisi Jalan

Manajemen hazard sisi jalan melibatkan strategi lima langkah untuk menciptakan sisi jalan yang lebih berkeselamatan bagi proyek jalan baru dan peningkatan jalan lama.

Strategi itu dapat pula diterapkan untuk meningkatkan keselamatan sisi jalan pada jalan yang ada :

1. Menjaga kendaraan tetap di jalan

Menjaga kendaraan di jalan dengan menyediakan delineator, rambu peringatan, geometrik yang sesuai standar, bahu yang diperkeras dan fitur desain jalan lainnya;

Ujung pagar keselamatan tak terlindungi yang berbahaya (kiri); Contoh ujung pagar keselamatan melebar yang lebih aman (kanan).



Gambar 1.4 Contoh hazard sisi jalan di ujung pagar keselamatan yang salah dan benar

2. Menghilangkan hazard

Menghilangkan objek apa pun dan menghindari peletakan objek yang berpotensi hazard pada area bebas sisi jalan;

3. Relokasi hazard

Memindahkan hazard yang sudah ada ke luar area bebas untuk mengurangi potensi tertabrak oleh kendaraan yang lepas kendali;

4. Modifikasi hazard

Memodifikasi atau mendesain ulang hazard sisi jalan untuk menghilangkan potensi risiko cedera karena tabrakan. Kegiatan ini meliputi modifikasi tiang yang kaku agar mudah terlepas pada saat tertabrak;

5. Menutup hazard

Menutup hazard sisi jalan dengan pagar keselamatan atau crash cushion (bantalan penahan tebrakan) yang dirancang untuk membelokkan kendaraan yang menabrak dan/atau mengendalikan gaya tabrakan. Lebih baik menghilangkan, memindahkan, atau memodifikasi hazard sisi jalan. Namun, pada situasi tertentu, memangari hazard mungkin satu-satunya pilihan praktis ketika tidak mungkin atau tidak ekonomis untuk menangani hazard dengan cara lain.

Terakhir, jika penerapan strategi di atas tidak memungkinkan atau tidak ekonomis, hazard itu sendiri mungkin dapat dideliniasi sehingga terlihat lebih jelas oleh pengemudi. Hal ini dapat dilakukan sebagai pilihan terakhir, mendeliniasi hazard akan mengurangi tabrakan aksidental tapi tak berguna membantu kendaraan yang lepas kendali.

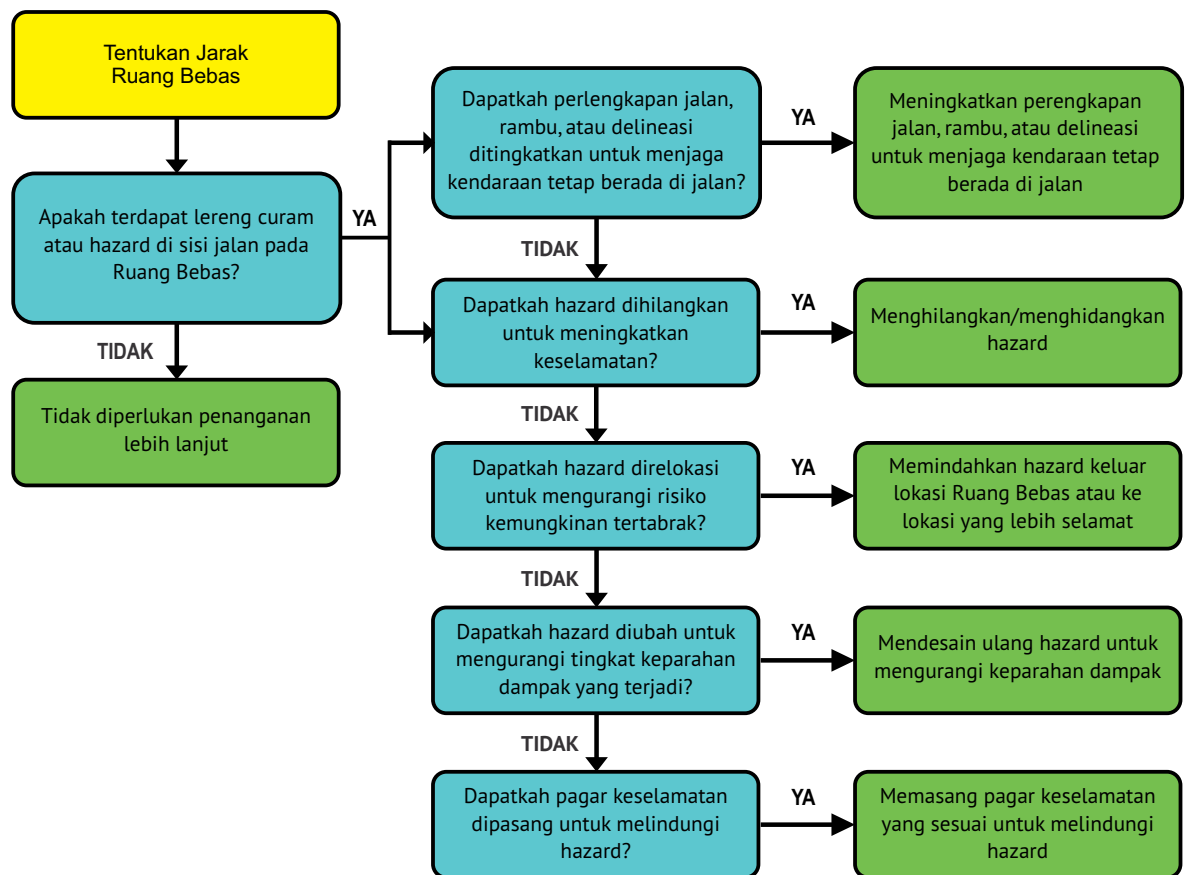
1.2.4 Konsep area bebas

Area bebas meliputi area fisik di sisi jalan dimana hazard dikelola untuk meminimalkan keparahan tabrakan. Sisi jalan yang *forgiving* (memafkan) dapat mengurangi konsekuensi kendaraan yang bertabrakan diluar jalan. Keselamatan daerah sisi jalan dapat dimaksimalkan dengan menyiapkan area bebas dimana kendaraan dapat memperlambat tanpa menabrak objek tetap ketika keluar jalan, sehingga memungkinkan pengemudi untuk mengontrol kembali kendaraan.

Standar area bebas dalam desain berkaitan dengan bagian dari sisi jalan, yang diukur dari tepi jalur lalu lintas, yang disediakan dengan kondisi yang cukup bebas dari hazard sehingga keselamatan dapat dimaksimalkan untuk kendaraan yang keluar jalan.

Area itu menyediakan ruang bagi kendaraan yang lepas kendali untuk bermanuver, atau paling tidak mengurangi kecepatan sampai relatif lebih selamat, ketika keluar jalur.

Area yang dibutuhkan kendaraan ketika lepas kendali untuk berhenti dengan selamat, atau melewatinya sebelum kembali ke jalan, sangat bergantung pada kecepatan lalu lintas. Penelitian awal di AS menunjukkan bahwa pada jalan raya berkecepatan tinggi dengan sisi jalan rata, 80-85% kendaraan mampu pulih pada jarak 9 meter dari sisi jalan. Jarak itu juga bergantung pada kemiringan area terdekat, alinyemen vertikal dan horizontal jalan pada titik itu. Sebagai contoh, area pemulihan yang dibutuhkan lebih besar pada sisi luar tikungan atau pada area dengan kemiringan turun menjauh dari jalan yang signifikan.



Gambar 1.5 Panduan langkah-langkah Manajemen Strategi Hazard pada Sisi Jalan

Karena “area pemulihan” dapat menjadi cukup besar, konsep “area bebas” telah dikembangkan untuk mendefinisikan suatu daerah yang mencerminkan kemungkinan tabrakan berat terjadi di tempat itu. Konsep dan prinsip ruang bebas merupakan pendekatan manajemen risiko yang memprioritaskan penanganan hazard sisi jalan pada lokasi berbeda.

Jarak area bebas merupakan keseimbangan antara area pemulihan untuk kendaraan lepas kendali, biaya pengadaan area, dan kemungkinan kendaraan lepas kendali menghadapi hazard. Informasi selanjutnya mengenai persyaratan area bebas dijelaskan pada bagian B manual ini.

1.2.5 Proses pengambilan keputusan

Proses pengambilan keputusan terhadap hazard sisi jalan membutuhkan pendekatan yang terstruktur untuk menentukan area bebas pada lokasi tertentu, dan kemudian meneliti desain dan/atau area sisi jalan untuk menentukan apakah terdapat hazard sisi jalan yang harus diperhitungkan. Aplikasi strategi lima-langkah disimpulkan pada panduan langkah demi langkah dalam Gambar 1.5.

Cara terbaik menangani objek atau kemiringan berbahaya di dalam area bebas akan bergantung pada sejumlah faktor termasuk jenis hazard, biaya, kemungkinan frekuensi tabrakan dan keparahan, dan pada sejumlah kasus, dampak lingkungan. Pendekatan yang akan dipertimbangkan. Pengaplikasian strategi lima langkah dijelaskan secara bertahap pada gambar 1.5 dalam menentukan perlakuan terhadap hazard yang berada di dalam area bebas, tergantung pada beberapa faktor termasuk jenis hazard, biaya, kemungkinan frekuensi dan keparahan kecelakaan.

Dalam beberapa kasus, juga harus mempertimbangkan implikasinya terhadap lingkungan. Pendekatan yang diambil harus sesuai apakah jalan baru, sedang dikembangkan, atau apakah defisiensi keselamatan pada jalan eksisting.

1.2.6 Pagar keselamatan

Pagar keselamatan digunakan untuk meningkatkan keselamatan di dalam area bebas ketika hazard sisi jalan tidak dapat dihilangkan, dipindahkan, atau dimodifikasi guna meningkatkan keselamatan.



▲ Pagar Keselamatan Kaku



▲ Pagar Keselamatan Semi Kaku



▲ Pagar Keselamatan Fleksibel

Gambar 1.6 Jenis-jenis pagar keselamatan

Terdapat tiga jenis utama pagar keselamatan sisi jalan:

- Pagar kaku umumnya terbuat dari beton;
- Pagar semi-kaku terbuat dari baja profil W;
- Pagar fleksibel yang terbuat dari kabel baja dan meliputi berbagai jenis pagar tali kabel.

Terdapat sejumlah faktor yang harus dipertimbangkan dalam melakukan pemilihan jenis pagar keselamatan, antara lain :

- Kemampuan performa dan tingkat kebutuhan pembatasan;
- Jarak yang dibutuhkan terhadap hazard dan karakter defleksi dinamis pagar;
- Kondisi tempat, alinyemen vertikal, horizontal dan kemiringan melintang;
- Kesesuaian dengan barikade terdekat;
- Biaya instalasi dan pemeliharaan
- Estetis dan dampaknya terhadap lingkungan.

Walaupun pagar keselamatan digunakan untuk melindungi hazard sisi jalan, penting bagi para perancang keselamatan jalan untuk menyadari bahwa pagar keselamatan itu sendiri adalah satu bentuk hazard sisi jalan. Akan tetapi tidak ada pilihan lain dari pada terjun bebas dari tebing

Ketika mempertimbangkan pemasangan pagar keselamatan penting untuk memahami bahwa barikade itu akan menjadi hazard bagi penumpang kendaraan yang lepas kendali, khususnya bagi pemakai jalan tak berpelindung, seperti pesepeda motor. Pagar pembatas sebaiknya hanya dipasang jika tabrakan ke pagar menghasilkan risiko cedera lebih ringan bagi pengemudi dibandingkan risiko tabrakan dengan hazard yang seharusnya dilindungi.

Pagar kaku cocok ketika ruang yang tersedia terbatas, (di median yang sempit) tetapi dapat berakibat cedera parah jika ditabrak pada sudut yang memberikan dampak keras (seperti 900). Pagar semi- kaku dan fleksibel umumnya menyebabkan lebih sedikit kerusakan pada kendaraan dan hazard bagi pengemudi saat tabrakan karena tingkat defleksi yang lebih tinggi. Beberapa defleksi pagar itu “baik” karena memungkinkan pengemudi kendaraan penabrak untuk mengurangi kecepatan dengan jarak hingga 2 m, dibandingkan berhenti seketika dengan pembatas kaku. Tubuh manusia tidak dapat menahan gaya perlambatan sebesar 20 kali gravitasi. Defleksi pagar keselamatan adalah fitur keselamatan yang penting. Hal itu juga perlu dipertimbangkan oleh perancang dalam perancangannya. Yang perlu diperhatikan adalah pagar dipasang dengan jarak yang cukup dari hazard. Jika tidak, kendaraan yang menabrak masih mungkin membentur bahaya.

Investasi pada pagar keselamatan itu unik dibandingkan infrastruktur jalan lain. Usia bahan pagar keselamatan dapat mencapai 50 tahun, sementara usia pemakaiannya mungkin hanya beberapa detik. Setelah digunakan harus diperbaiki. Sebaliknya, investasi pada jembatan lebih pasti. Jembatan memiliki usia bahan dan usia pemakaian yang relatif sama

(sampai 100 tahun) bergantung pada kualitas pemeliharaan dan beban lalu lintasnya.

1.3 Ahli Teknik Keselamatan jalan Dapat “Mengubah Keadaan”

Sisi jalan sering menjadi bagian dari jaringan jalan yang terlupakan. Sisi jalan menyediakan ruang untuk parkir, landscape, tiang lampu, dan drainase. Namun, di Indonesia, sisi jalan adalah ruang yang sering ditempati pengusaha kecil, warung, dan tumpukan bahan bangunan. Oleh karena itu, sisi jalan menjadi area yang meningkatkan keparahan korban tabrakan.

Tidak dapat dipastikan kapan dan di mana seorang pengemudi akan “keluar jalan”. Hal itu dapat disebabkan kelelahan, atau salah perhitungan. Para pengemudi mungkin menghindari objek di jalan, atau dikejutkan oleh anjing atau hewan lain. Namun, apa pun sebabnya, ketika pengemudi keluar dari jalan, mereka perlu area yang berkeselamatan untuk pulih dan berhenti dengan selamat. Sayangnya, mereka mungkin akan lebih sering berhadapan dengan tiang masif, pohon besar, saluran dalam, atau kemiringan curam pada banyak bagian jalan di Indonesia. Di mana pun, lokasi seperti itu dapat menyebabkan kematian atau cedera parah pada penumpang kendaraan yang menabraknya.

Hazard sisi jalan adalah salah satu pembunuh jalan terbesar di dunia. Di Indonesia, jalan terus bertambah dan jalan bebas hambatan makin banyak dibangun, maka kecepatan akan meningkat dan masalah tabrakan “keluar jalan” pasti akan semakin gawat. Sekarang adalah waktunya bagi perancang keselamatan jalan di Indonesia untuk mulai mengubah keadaan dengan manajemen hazard sisi jalan.

Banyak ahli teknik di negara berkembang seperti Indonesia menganggap remeh kepentingan karya mereka dalam mengurangi tabrakan di jalan. Sebagian berpikir bahwa tabrakan hanya terjadi akibat kealpaan atau kesalahan pengemudi. Mereka percaya bahwa satu-satunya cara untuk meningkatkan keselamatan di jalan adalah dengan peran polisi yang lebih ketat dan menegakkan peraturan lebih efektif.

Ahli teknik itu gagal menyadari bahwa banyak kesalahan manusia di jalan adalah akibat kekeliruan perancang-saluran yang terlalu dekat dengan jalan, jembatan yang tidak dibatasi dengan semestinya dengan memagari dinding pangkalnya, kemiringan curam tanpa rambu atau barikade.

Ahli teknik keselamatan jalan dapat meningkatkan keselamatan jalan sedikit demi sedikit. Mereka dapat membantu pengemudi untuk menghindari tabrakan “keluar jalan” dengan menyediakan patok pengarah tikungan yang jelas. Mereka juga dapat membantu meminimalkan keparahan tabrakan “ke luar dari jalan” dengan mengatur kecepatan dan memasang proteksi tabrakan di tempat yang membutuhkan.

Ahli teknik keselamatan jalan dapat mengubah keadaan. Mereka dapat menyelamatkan nyawa dan mencegah kecelakaan. Teknik dalam buku panduan teknis ini dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan desain, konstruksi, pemeliharaan, dan penggunaan jalan yang lebih berkeselamatan dengan biaya yang relatif rendah.

Satu pesan yang digarisbawahi dalam panduan ini adalah para perencana memainkan peran penting dalam menyiapkan jalan yang lebih berkeselamatan bagi semua rakyat Indonesia. Perencana memiliki peran vital dalam manajemen hazard sisi jalan.

Bagian B

Strategi Manajemen Hazard Sisi Jalan



“Area bebas dapat mengurangi keparahan kecelakaan secara signifikan karena memberikan pengendara peluang untuk kembali ke lajunya, mengurangi kecepatan atau berhenti ”



2.1 Konsep “Area Bebas”

2.1.1 Deskripsi Konsep

“Area bebas” adalah area sisi jalan yang dapat dikendarai dan dijaga bersih dari objek hazard dalam rangka meminimalkan risiko tabrakan saat kendaraan keluar dari jalan.

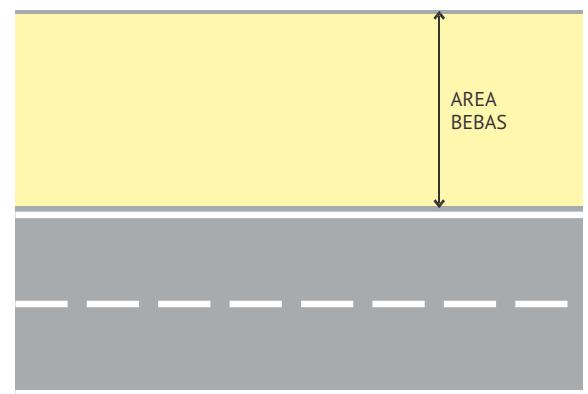
Jarak “area bebas” dari jalan menciptakan area sisi forgiving road yang konsekuensinya mengurangi tabrakan akibat kendaraan lepas kendali. Area semacam ini dibutuhkan saat perilaku pengendara atau karena kondisi geometrik jalan dan tikungan sehingga menyebabkan kendaraan keluar dari jalan. Jika sisi jalan berpotensi hazard, kendaraan yang lepas kendali dan keluar jalan berisiko mengalami kecelakaan parah. Keselamatan dimaksimalkan dengan menyediakan area bebas tempat kendaraan dapat melambat dan menghindari dari tabrakan dengan objek tetap, juga tempat bagi pengendara untuk dapat kendali mengontrol kendaraan.

Standar area bebas didasarkan pada studi tentang penelitian jarak yang dibutuhkan kendaraan yang lepas kendali untuk pulih atau berhenti setelah keluar dari jalan. Penelitian awal di AS menunjukkan bahwa sekitar 85% kendaraan yang keluar jalan pada

kecepatan 100 km/jam dapat pulih pada jarak 9 meter (diukur dari tepi garis lalu lintas). Lebar yang dibutuhkan kendaraan untuk pemulihan 100% jelas lebih lebar dan tidak praktis untuk diterapkan. Namun, jika hazard rawan (seperti tebing atau sungai) berada persis di tepi area bebas, harus diperhitungkan untuk melindungi semua kendaraan yang mungkin keluar dari jalan, yaitu dengan menyertakan juga 15% kendaraan yang mampu melewati batas jarak normal area bebas.

Apa itu area Bebas ?

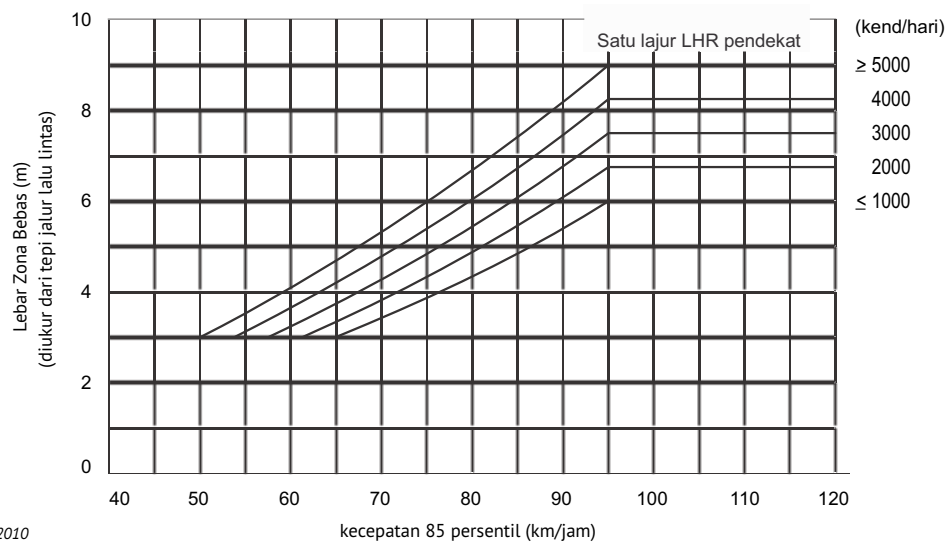
Area bebas adalah area di tepi jalan (diukur dengan sudut tertentu dari tepi garis atau tepi lajur terdekat) yang harus dibersihkan dari hazard permanen di sisi jalan sehingga 85% kendaraan yang lepas kendali dapat pulih sebelum menabrak hazard.



Gambar 2.1 Area bebas sisi jalan

Lebar area bebas harus diperhitungkan sejak awal saat mendesain jalan baru atau saat melakukan pekerjaan jalan. Lebar standar area bebas juga merupakan pertimbangan penting saat audit keselamatan jalan di jalan yang sudah ada. Perencana harus mengetahui bagaimana lebar area bebas seharusnya, sehingga dapat mengambil keputusan untuk membangun area bebas tersebut.

Lebar area bebas dalam perancangan bertujuan untuk menyediakan keseimbangan antara area pemulihan untuk kendaraan yang lepas kendali, biaya yang dibutuhkan, dan probabilitas kendaraan yang lepas kendali mengalami tabrakan.



Sumber : VicRoads, 2010

Contoh :

1. Jarak zona bebas minimal yang disarankan untuk semua kasus adalah 3 m.
2. Jika LHR satu arah 4000 kendaraan/hari dan kecepatan operasional 80 km/jam, jarak area bebas yang disarankan adalah 6 m.

Gambar 2.2 Grafik Jarak Area Bebas – untuk jalan lurus

“Menyediakan “area bebas” dapat meningkatkan keselamatan sisi jalan, sehingga pengemudi dapat kembali ke lajunya atau berhenti, atau setidaknya menurunkan kecepatan sehingga tingkat keparahan dapat dikurangi secara signifikan.”

Sejumlah literatur membuktikan bahwa pengurangan keparahan tabrakan dapat dicapai dengan menambah lebar area bebas. Karena itu, area bebas yang lebih lebar harus disediakan jika memungkinkan, khususnya di jalan bervolume tinggi dan kecepatan tinggi.

Area bebas harus dibersihkan dari objek hazard permanen (tidak mudah hancur). Jika tidak, kendaraan yang lepas kendali harus dilindungi agar tidak menabrak hazard dengan menggunakan pagar keselamatan. Untuk beberapa kondisi, hazard permanen tidak dapat dihindari di dalam area bebas (seperti parapet jembatan, pilar jembatan, atau pepohonan yang penting bagi lingkungan).

Dalam situasi seperti itu, hazard harus ditutupi dengan pagar keselamatan yang dirancang untuk mengarahkan kembali kendaraan lepas kendali atau menyerap gaya tabrakan dan memungkinkan kendaraan lepas kendali untuk berhenti dengan meminimalkan tingkat

keparahan bagi penumpang kendaraan. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa pagar yang dirancang dengan tepat dapat secara signifikan mengurangi kemungkinan cedera parah atau mematikan ketika terjadi tabrakan terhadap hazard permanen maupun tabrakan samping.

2.1. 2 Proses Penentuan Area Bebas

Lebar area bebas ditentukan oleh proses yang memperhitungkan sejumlah faktor di lokasi tertentu. Faktor itu adalah :

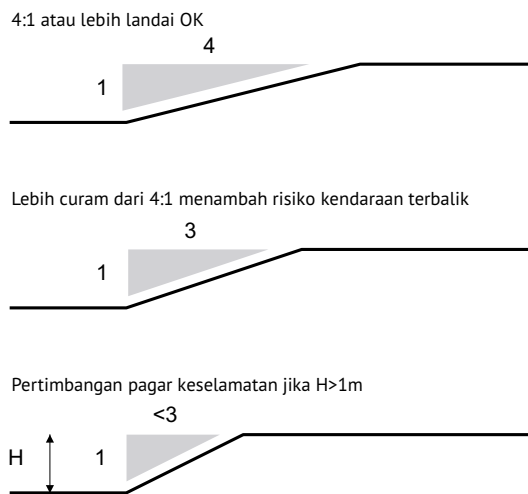
- Kecepatan kendaraan. Pada 60 Km/jam, 85% kendaraan dapat pulih dengan lebar 3 meter dari tepi lajur lalu lintas, tapi pada 100 Km/jam, 85% kendaraan butuh 9 meter.
- Volume lalu lintas. Untuk volume lalu lintas yang rendah, artinya kemungkinan kendaraan bermotor yang keluar sisi jalan sedikit, mungkin tidak ekonomis untuk menyediakan areaa bebas total. Lebar area bebas dapat dikurangi. Volume lalu lintas yang lebih tinggi lebih memungkinkan kendaraan keluar jalan dan menabrak hazard sisi jalan.
- Kemiringan kelandaian sisi jalan memengaruhi seberapa panjang perjalanan sebuah kendaraan yang lepas kendali. Jika amat curam, kemiringan sisi akan meningkatkan risiko kendaraan lepas kendali terbalik. Kecelakaan terbalik umumnya berakibat cedera cukup parah atau kematian. Karena itu, faktor penyesuaian diperlukan untuk menyesuaikan jarak area bebas untuk kemiringan sisi jalan. Sisi jalan yang miring membutuhkan area bebas yang lebih lebar.

- Radius tikungan. Area bebas sebaiknya lebih lebar di sisi luar tikungan karena di daerah ini kendaraan butuh jarak lebih untuk pulih. Faktor tikungan digunakan untuk memperbesar lebar ruang bebas saat dibutuhkan

Penyesuaian Kemiringan Jalan Untuk Jarak Area

Idealnya, sisi jalan berkeselamatan harus memiliki kemiringan sisi yang rata, khususnya yang dilalui motor, mobil, dan truk. Kemiringan sisi yang tidak rata dapat menyebabkan kendaraan yang lepas kendali melaju lebih jauh dari jalan sebelum dapat dikendalikan kembali. Untuk kemiringan sisi semacam itu, ruaang area bebas ditambah berdasarkan tingkat kemiringan.

Permukaan kemiringan juga faktor yang menentukan apakah kemiringan sisi dapat dilalui atau merupakan hazard bagi kendaraan yang lepas kendali. Permukaan kemiringan yang rata atau bahkan tidak rata dengan tonjolan rendah dapat mengungkit dan membuat kendaraan terbalik. Kemiringan dapat dibuat lebih mudah dilalui jika puncak dan dasarnya dilengkungkan guna membantu kendaraan lepas kendali tetap menyentuh tanah.



Gambar 2.3 Penyesuaian Kemiringan Timbunan untuk Panjang Zona

Kemiringan sisi bisa bersifat "memulihkan", "tidak memulihkan", atau "kritis" bagi kendaraan yang lepas kendali. Jenis kemiringan dapat memengaruhi jarak area bebas yang dijelaskan sebagai berikut :

- Kemiringan yang memulihkan dapat dilalui dan tidak membutuhkan penyesuaian lebar area bebas. Umumnya untuk kemiringan 4:1 atau lebih rata, kendaraan lebih mudah untuk pulih kembali.

- Kemiringan yang tidak memulihkan umumnya lebih curam dari 4:1. Kebanyakan kendaraan lepas kendali pada kemiringan ini akan terus melaju hingga dasar kemiringan. Dibutuhkan area pemulihan kendaraan lepas kendali di luar dasar kemiringan semacam ini. Dalam kasus ini jarak area bebas sebaiknya tidak memasukkan lebar kemiringan curam itu. Artinya, area pemulihan harus berlanjut setelah dasar kemiringan.
- Kemiringan yang kritis dan tidak memulihkan, dikatan ktiris jika kemiringannya melebihi 3:1. Karena kemiringan kritis dapat menyebabkan kendaraan lepas kendali dan terbalik. Untuk itu meratakan kemiringan harus dipertimbangkan atau memasang pagar keselamatan jika kemiringan berada di dalam jarak area bebas.

Penyesuaian tikungan untuk jarak area bebas

Sebuah tikungan dapat memengaruhi perilaku dan potensi kendaraan keluar dari jalan. Karena itu, jarak area bebas yang ditunjukkan Gambar 2.3 untuk jalan lurus harus disesuaikan di tikungan horizontal dengan mengalikan jarak area bebas dengan faktor koreksi tikungan yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 di atas. Koreksi ini hanya berlaku pada area bebas di luar tikungan, dan untuk tikungan dengan radius lebih dari 900 m tidak membutuhkan penyesuaian. Faktor koreksi tikungan penting terutama untuk lokasi yang sering terjadi kecelakaan dan/atau lokasi yang menunjukkan bahwa potensi kecelakaan dapat dikurangi dengan menambah lebar area bebas.

2.1.3 Persyaratan Penerapan Area Bebas

Jalan baru

Penyediaan area bebas umumnya lebih ekonomis di jalan yang baru dibangun atau di jalan lama yang sedang mengalami peningkatan. Karena itu, penyediaan ruang bebas harus selalu diperhitungkan sebagai bagian dari proses perencanaan jalan saat pekerjaan baru direncanakan. Prinsip-prinsip yang berhubungan dengan penyediaan ruang bebas harus dipahami baik oleh kontraktor maupun perencana.

Sebagai seorang perancang, sebaiknya tidak meletakkan pepohonan, tiang, struktur sistem drainase, atau fitur lain di ruang bebas sisi jalan yang baru. Terkadang ini tidak dapat dihindari sehingga desain jalan yang baru harus memperhitungkan fasilitas yang mudah lepas di dalam ruang bebas, seperti :

- *Impact absorbent* atau slip base poles untuk lampu;
- Tiang rambu mudah pecah;
- Gorong-gorong di persimpangan jalan;
- Dinding akhir pipa melintang untuk drainase longitudinal yang dapat dilalui kendaraan;

Tabel 2.1 Faktor Koreksi Tikungan pada Zona Bebas

Jari-jari Tikungan (m)	Kecepatan Rencana (km/jam)				
	60	70	80	90	100
900	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
700	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
600	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
500	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
450	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
400	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
350	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5
300	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5
250	1.3	1.3	1.4	1.5	-
200	1.3	1.4	1.5	-	-
150	1.4	1.5	-	-	-
100	1.5	-	-	-	-

- Jenis pohon yang diameter batangnya tidak lebih dari 100 mm.

Atau dapat juga melakukan penutupan di ruang bebas dengan pagar keselamatan sebagai bagian dari perancangan dan lingkup pekerjaan.

Jalan eksisting

Di jaringan jalan eksisting, sangat sulit memenuhi persyaratan ruang bebas karena infrastruktur yang umumnya telah tersedia di sisi jalan setelah jalan itu dibangun. Sebagian besar dipasang sebelum praktik jalan berkeselamatan terkini diterapkan.

Perencana diminta untuk selalu kembali ke 5 langkah strategi manajemen hazard sisi jalan (Lihat Bagian 1.2.3). Strategi itu akan memandu perencana di alur pengambilan keputusan yang jelas dan langsung.

Di area perkotaan, akan ditemukan bahwa tidak ekonomis untuk memindahkan atau memodifikasi fitur sisi jalan, seperti tiang listrik, pepohonan, rangka papan reklame besar, pagar, dan bangunan. Relokasi tiang di area perkotaan dapat pula terbatas akibat utilitas bawah tanah seperti pipa air, drainase, dan kabel. Relokasi hazard dapat menjadi tidak ekonomis di area perkotaan karena lebar jalan yang tersedia. Pagar membutuhkan ruang yang cukup dan hal ini tidak selalu dapat diperoleh di sejumlah area perkotaan yang padat.

Di jalan eksisting, mungkin lebih praktis untuk menutupi sisi jalan dengan pagar keselamatan, khususnya di area pinggir. Persyaratan mengenai desain pagar tersebut harus sesuai dengan yang akan dijelaskan di bagian C.

Masalah penting lain yang harus di pertimbangkan adalah pagar keselamatan di area perkotaan harus menyediakan bukaan di jalan masuk dan akses ke perumahan, kebutuhan akses pejalan kaki, dan kebutuhan parkir.

Karena itu, penanganan hazard sisi jalan di jalan eksisting sebaiknya diutamakan untuk lokasi berisiko tinggi dengan kecepatan kendaraan tinggi atau turunan curam yang mendorong kecepatan kendaraan menjadi tinggi. Area di sekitar tikungan juga rentan dan dapat menjadi sasaran penanganan sisi jalan yang berpotensi hazard.

2.2 Menjaga Kendaraan Tetap Di Jalan

Tujuan pertama dalam manajemen hazard sisi jalan adalah untuk menjaga pengguna jalan selamat di jalan dengan lebar jalan yang mencukupi, permukaan yang rata, alinyemen yang dapat diperkirakan, dan rambu serta delineator yang baik.

Namun, harus dipahami pula bahwa pengemudi hanya manusia yang terkadang membuat kesalahan dan kehilangan kendali kendaraannya.

Pengemudi dapat kehilangan kendali kendaraannya karena alasan sebagai berikut :

- Kecepatan berlebihan;
- Kelelahan atau mengantuk;
- Tidak memperhatikan atau perhatiannya teralihkan;
- Di bawah pengaruh alkohol atau narkoba;
- Kondisi jalan yang membingungkan;
- Hewan/anak kecil berlari ke tengah jalan.

Karena itu, tujuan yang kedua adalah menyediakan sisi *forgiving road* yang bebas dari hazard sisi jalan yang mungkin mencederai penumpang kendaraan yang keluar dari jalan.

Penelitian di banyak negara telah menunjukkan Pentingnya sisi *forgiving road* dimana satu dari tiga kematian akibat kecelakaan terjadi karena kendaraan keluar dari jalan. Sisi *forgiving road* menjadi penting khususnya di jalan dengan kecepatan lebih tinggi karena keparahan tabrakan hazard sisi jalan meningkat secara signifikan dengan kecepatan tinggi.

2.2.1 Fitur Desain Jalan

Desain geometri yang tepat dan fitur jalan lain harus disediakan guna memaksimalkan kendaraan tetap di jalan. Standar perencanaan harus didasarkan pada kecepatan kendaraan rencana berdasarkan fungsi jalan, kondisi tanah, dan lingkungan sekitar. Fitur jalan yang membantu menjaga kendaraan tetap berada di lajunya di jelaskan sebagai berikut :

a. Lebar Lajur

Lebar lajur memengaruhi kemudahan kendaraan beroperasi di lajur. Volume lalu lintas dan kecepatan yang lebih tinggi membutuhkan lajur lebih lebar yang mengakomodasi tingkat keselamatan lebih besar bagi kendaraan dari arah berlawanan. Meskipun demikian, lajur yang terlalu lebar dapat menimbulkan masalah jika kendaraan dapat berjejer dua lajur atau jika pengemudi berusaha melambungkan kendaraan lain (motor) ke sisi jalan.

Lebar lajur jalan dapat memengaruhi kemampuan pengemudi untuk bermanuver saat darurat. Lebar jalan dua arah juga penting dalam menyediakan jarak yang cukup terhadap kendaraan dari arah berlawanan. Lebar optimal lajur umumnya antara 3-5 m.

b. Bahu Jalan

Bahu jalan memiliki fungsi yang penting terhadap lalu lintas, antara lain sebagai :

- Area pemulihan untuk kendaraan yang lepas kendali;
- Area yang relatif aman untuk kendaraan berhenti;
- Jalur pejalan kaki, pesepeda, atau kendaraan lambat lain. Jalur ini memisahkan pengguna jalan yang rentan dari arus lalu lintas yang lebih cepat;
- Area khusus untuk kendaraan dalam keadaan darurat;
- Jarak bebas dari hazard sisi jalan.

Bahu jalan harus memiliki elevasi yang sama dengan jalan tanpa alur atau anjlokkan sehingga kendaraan yang masuk bahu jalan, baik sengaja atau tidak

Bahu jalan yang anjlok dapat menyebabkan kendaraan kehilangan kendali dan berpotensi hazard khususnya pengendara motor.

disengaja, dapat melakukan transisi dengan selamat. Menjaga perkerasan/bahu jalan dalam kondisi yang baik juga meningkatkan kemampuan bahu jalan untuk memenuhi fungsi struktural jalan dalam menyediakan dukungan lateral ke perkerasan jalan dan mengalirkan air dari tepi perkerasan agar tidak tergenang.

Bahu jalan yang diperkeras dapat mengurangi kecelakaan, khususnya kecelakaan keluar dari jalan karena membantu kendaraan untuk pulih. Penelitian menunjukkan bahwa bahu jalan yang diperkeras dapat mengurangi cedera kecelakaan sebesar 40%. Lebar perkerasan bahu jalan bergantung pada kecepatan, volume, dan jenis lalu lintasnya. Idealnya bahu jalan harus diperkeras selebar antara 1.5 dan 2.0 meter. Lebar ini harus ditambah hingga 2.5 sampai 3.0 m di jalan bervolume lebih tinggi, seperti jalan bebas hambatan dan jalan tol.

c. Alinyemen Horizontal Dan Pelebaran Tikungan

Perancangan tikungan horizontal yang cermat adalah salah satu pertimbangan utama untuk meminimalkan hazard sisi jalan. Agar kendaraan dapat melewati tikungan pada kecepatan tertentu, gaya gesek horizontal antara kendaraan dan perkerasan jalan harus cukup untuk melawan gaya inersia. Menyediakan radius tikungan yang mencukupi untuk kecepatan jalan di tikungan adalah langkah penting untuk mencapai jalan berkeselamatan. Diharapkan juga tersedianya alinyemen standar yang konsisten sepanjang satu bagian jalan dan transisi baik dari perubahan jalan yang beralinyemen lebar ke yang lebih kecil.

Melebarkan perkerasan jalan mungkin dibutuhkan di tikungan jalan, berdasarkan radius tikungan, lebar lajur, dan jenis kendaraannya. Melebarkan tikungan dibutuhkan dengan alasan berikut :

- Kendaraan yang melewati tikungan, khususnya truk dan bus, akan menepati lebih banyak lebar lajur dibandingkan kendaraan yang sama di jalan lurus. Akibat lebar kendaraan ini juga mengurangi jarak antar kendaraan yang datang dari arah berlawanan. Lebar lajur tambahan di tikungan dapat menjaga jarak pandang.

- Kendaraan umumnya tidak memiliki posisi lateral yang sama di tikungan sebagaimana di jalan lurus. Sebabnya, pengemudi harus masuk dan melingkari tikungan. Sejumlah deviasi dari tengah lajur harus diperhitungkan.

d. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah sesuatu yang penting untuk di pertimbangan dalam merancang jalan dan menjaga kendaraan tetap di jalan. Alinyemen vertikal jalan yang buruk dapat meningkatkan kecepatan kendaraan di jalan yang menurun, atau jarak penglihatan yang buruk saat mendekati puncak. Situasi ini berpotensi mengakibatkan pengemudi kehilangan kendali dan keluar dari jalan.

Umumnya tanjakan dibuat serata mungkin bergantung pada permukaan tanahnya. Tanjakan yang curam dapat menyebabkan kecepatan yang berlebihan atau menimbulkan perbedaan kecepatan antar kendaraan yang dapat meningkatkan risiko tabrak belakang.

Perbedaan kecepatan kendaraan juga dapat menyebabkan antrean di jalan berlajur tunggal yang dapat mengakibatkan frustrasi pengemudi dan manuver menyusul yang tidak pada tempatnya. Tanjakan yang landai memungkinkan semua kendaraan berbagi jalan untuk melintas dengan kecepatan yang sama.

Tanjakan curam merupakan masalah tersendiri bagi kendaraan berat. Penyediaan lajur mendaki tambahan atau area penampung kendaraan pelan (lajur menyusul) dalam situasi ini mungkin dianjurkan sehingga memungkinkan kendaraan ringan dapat mendahului kendaraan berat yang lebih pelahan dengan selamat. Di jalan yang amat curam, pemasangan lajur penyelamat dan *arrester bed* (lapis dan perkerasan yang didesain khusus di lajur penyelamat) harus dipertimbangkan untuk menghentikan kendaraan yang lepas kendali dengan selamat, khususnya untuk jalan yang banyak dilewati kendaraan berat.

Perancangan tikungan vertikal yang bersamaan dengan tikungan horizontal disuatu lokasi membutuhkan perhatian khusus dalam perancangan untuk menghindari kebingungan pengemudi yang dapat menyebabkan kendaraan keluar dari jalan.

e. Permukaan Jalan

Permukaan jalan harus dibangun dan dipelihara sesuai standar keselamatan guna memastikan kendaraan tidak kehilangan kendali di permukaan bergelombang atau berlubang.

Dibutuhkan pula ketahanan untuk menahan gaya gesek selip antara ban kendaraan dan perkerasan jalan saat kendaraan mengerem atau bermanuver menyudut. Inspeksi visual atau uji resistensi selip (diukur pada permukaan basah) dianjurkan untuk perkerasan jalan yang sudah lama, demikian pula dengan perbaikan terhadap tonjolan dan lubang. Adanya pasir atau air di permukaan jalan yang bagus juga dapat menyebabkan kendaraan selip dengan potensi keluar jalan.

Bahu jalan yang diperkeras baik untuk keselamatan karena mengurangi kecelakaan jalan secara substansial.

f. Jarak Pandang

Penyediaan pandangan yang cukup di jalan untuk memungkinkan pengguna jalan melihat kendaraan lain yang menggunakan atau menyeberang jalan dengan selamat. Jarak pandang berhubungan dengan kecepatan rencana dan dipengaruhi oleh geometri jalan (alinyemen horizontal dan vertikal), permukaan tanah, khususnya di bagian dalam tikungan horizontal, dan objek sisi jalan seperti pepohonan dan rambu.

Fitur sisi jalan seperti gundukan dan tanaman yang menghalangi jarak pandang harus dipindahkan atau dimodifikasi guna memastikan jarak pandang henti yang cukup di tikungan. Di tikungan yang substandard, dapat dilakukan dengan memotong gundukan/bukit yang tinggi untuk meningkatkan jarak pandang. Di sejumlah situasi dengan jarak pandang yang buruk, kecepatan sebaiknya dikurangi atau dipasang rambu peringatan.



Gambar 2.4 Lubang jalan dapat menyebabkan pengemudi/pengendara kehilangan kendali, khususnya pengendara motor.



Gambar 2.5 Tanah di permukaan jalan dapat menyebabkan kendaraan tergelincir, meluncur, dan kehilangan kendali.



Gambar 2.6 Jarak pandang

Penting pula dilakukan pemeliharaan sisi jalan guna memastikan bahwa kebutuhan jarak pandang tidak berkurang. Hal ini mencakup memotong rumput dan merapikan pepohonan.

g. Drainase

Drainase permukaan jalan dan area sekitarnya penting bagi keselamatan penggunaan jalan. Penting untuk memastikan bahwa air permukaan tidak tergenang di perkerasan jalan baik pada tanjakan, kemiringan, dan perubahan superelevasi. Selain itu, aspek drainase yang harus diperhitungkan adalah sebagai berikut :

- Umumnya adanya air dipermukaan jalan mengurangi resistansi terhadap selip secara signifikan yang dapat mengakibatkan meningkatnya jarak berhenti dan berkurangnya kemampuan manuver kendaraan;
- Kedalaman air yang berlebihan di permukaan perkerasan, baik yang mengalir maupun menggenang, dapat menimbulkan risiko *aquaplaning* yaitu lapisan air antara ban kendaraan dan permukaan jalan yang menyebabkan hilangnya kendali kendaraan. *Aquaplaning* adalah masalah yang dihadapi pada saat mengerem atau terjadinya perubahan arah kendaraan, seperti saat mendekati persimpangan atau di tikungan;
- Drainase air tidak baik dapat menyebabkan kerusakan perkerasan jalan dan mengakibatkan terbentuknya lubang. Lubang di permukaan jalan dapat memengaruhi keselamatan bagi para pengguna jalan yang menghindarinya.

2.2.2 Perambuan dan delineasi

Delineator dan rambu yang merupakan panduan visual pengendara adalah aspek keselamatan yang penting untuk mencegah kendaraan keluar jalan. Memperingatkan pengemudi mengenai kondisi jalan penting sehingga pengendara menyadari situasi dan dapat mengubah kecepatan atau perilaku mengemudi

mereka. Informasi dan panduan ini penting sekali pada malam hari. Perambuan dan delineasi digunakan untuk memberi pengguna jalan panduan, informasi, dan pemahaman mengenai jalan di depan, termasuk :

- Perubahan alinyemen jalan, termasuk tikungan dan ketajaman tikungan;
- Fitur yang memengaruhi visibilitas untuk lokasi yang tidak berkeselamatan seperti jembatan, tanjakan, atau tikungan;
- Pemberitahuan untuk melambat atau berhenti di persimpangan;
- Perubahan pada konfigurasi lajur atau lebar jalan; Perubahan sementara kondisi jalan, termasuk pekerjaan atau pemeliharaan jalan.

Seperti halnya perencanaan dan pemasangan rambu dan delineator yang baik, pemeliharaan prasarana yang teratur juga penting guna memastikan performa kondisi jalan. Sebagian rambu dan delineator penting karena membantu menjaga kendaraan tetap di jalan.

a. Perangkat Delineasi

i. Patok Pengarah

Patok pengarah digunakan sebagai delineator guna menandai batas jalan. Patok ini membantu pengguna jalan mengetahui alinyemen jalan di depan, khususnya di tikungan horizontal dan vertikal. Di jalan sempit atau bervolume rendah, tidak cukup hanya dengan memberi garis pemisah, pemasangan patok pengarah dapat membarikan delineasi yg baik. Umumnya patok pengarah terletak di sepanjang tepi luar bahu jalan.

Patok pengarah beton tidak terlalu baik karena merupakan hazard bagi kendaraan yang lepas kendali. Patok pengarah kecil, fleksibel, terbuat dari besi tipis, kayu (tebal maks. 50 mm) atau plastik memberikan risiko yang lebih kecil bagi kendaraan jika ditabrak,



Gambar 2.7 Contoh patok pengarah beton, kayu, dan plastik.

khususnya pengendara motor. Patok pengarah berguna untuk memandu pengendara pada malam hari sehingga harus dilengkapi dengan delineator retro-reflektif.

ii. Marka Hazard, lebar jalan, dan pemarka alinyemen chevron

Marka hazard digunakan untuk memperingatkan pengendara akan alinyemen jalan di depan, seperti kehadiran hazard di samping jalan atau di akhir pulau lalu lintas.

Lebar Marka dibuat hitam putih reflektif yang diletakkan di lokasi jalan yang tiba-tiba menyempit.

Lokasi tempat marka ini digunakan di jembatan sempit, tikungan, dan hazard terisolasi seperti struktur dekat atau di jalan

Chevron atau *Chevron Alinyemen Markers (CAMs)* sangat berguna di bagian luar tikungan mendadak atau *substandard*. Rambu ini membantu menjaga kendaraan tetap di jalan.

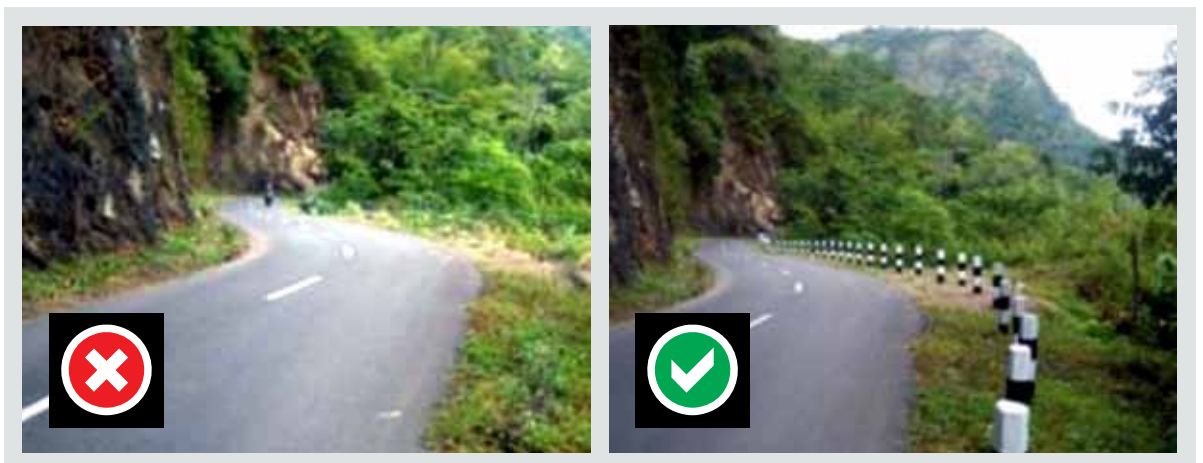
b. Marka Jalan

Marka jalan memberikan panduan bagi pengendara tentang alinyemen jalan dan posisi pengendara di dalam ruang jalan. Marka jalan berguna khususnya pada malam hari saat volume lalu lintas lebih rendah dan saat fitur jalan yang lain sulit terlihat.

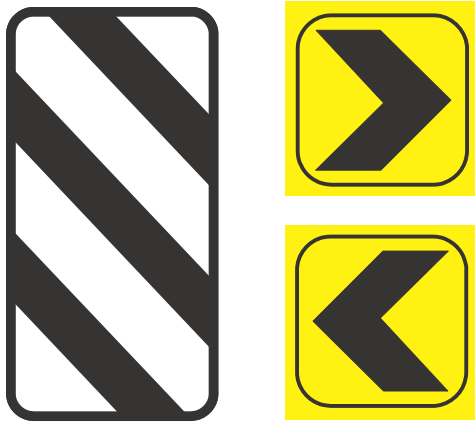
Marka jalan harus selalu dibuat reflektif menggunakan bahan seperti glass beads. Pemarka retro-reflektif ini memberikan panduan dan visibilitas jalan yang lebih. Fungsi marka jalan adalah menjaga kendaraan tetap di jalan, berbagai tipe marka antara lain sebagai berikut:

i. Garis Tengah

Garis tengah diberi marka untuk memisahkan lalu lintas dengan arah yang berlawanan di perkerasan jalan. Umumnya digunakan di jalan dengan lebar 5.5 m atau lebih. Tapi di Indonesia, mengingat sebagian besar lebar jalan masih dibawah standar, penggunaan marka garis tengah menjadi sesuatu yang penting. Jenis garis tengah dapat berupa sebagai berikut :



Gambar 2.8 Patok pengarah di jalan, sebelum (kiri) dan sesudah (kanan).



Gambar 2.9 Marka tebal dan Marka Chevron

- Garis pemisah. Di jalan dua arah dengan dua lajur umumnya dibuat garis putus seperti garis lajur. Garis pemisah dapat pula berupa garis tidak putus di jalan multi-lajur yang tidak terpisah, atau di jalan dua lajur dua arah saat menyusul tidak dianjurkan;
- Garis pagar. Dapat berupa garis ganda atau garis tunggal penuh dengan garis putus paralel. Garis ini digunakan saat menyusul dilarang. Garis pagar sebaiknya tidak digunakan di jalan dengan lebar yang tidak mencukupi karena tidak praktis bagi semua kendaraan untuk melintas di garis di sisinya.

ii. Garis batas

Garis batas digunakan di sisi luar jalan untuk menandai ujung kiri lajur lalu lintas. Garis batas memberikan panduan jalur kendaraan di dalam lajur lalu lintas dan mencegah kendaraan menggunakan bahu jalan. Garis batas sangat berguna di malam hari, saat cuaca buruk, dan untuk memandu pengendara melintasi tikungan.



Gambar 2.11 Delineator (marka garis tepi dan chevron) yang jelas di tikungan



Gambar 2.10 Delineator (chevron) di tikungan

iii. Garis Lajur

Garis lajur digunakan di jalan lebar untuk menandai pemisahan lajur lalu lintas yang digunakan kendaraan. Garis ini memandu pengendara dan membantu menandai jalur lalu lintas guna mencegah lalu lintas simpang siur dan mencegah tabrak samping-samping.

iv. Marka garis audio-taktil

Marka garis taktil umumnya disediakan untuk berfungsi sebagai garis batas. Garis ini berupa tonjolan material termoplastik yang diletakkan berdekatan. Garis tepi semacam ini memberikan peringatan audio-taktil (suara dan getaran) setiap kali kendaraan melintasi atau keluar jalan. Garis audio-taktil sering digunakan sebagai garis batas. Garis ini dapat pula digunakan sebagai garis tengah. Tujuan pemarka audio-taktil adalah untuk memperingatkan pengendara bahwa mereka bergeser ke luar lajurnya, baik melintasi bahu jalan atau melintas ke lajur lalu lintas yang berlawanan. Garis tepi audio-taktil berguna untuk mencegah tabrakan akibat kelelahan pengendara. Suara yang dihasilkan oleh pemarka garis audio-taktil umumnya terdengar oleh pengendara di dalam kendaraan, tapi mungkin tak terdengar di kendaraan besar terutama truk.

v. Marka lain

marka lain yang dapat memberikan panduan dan delineasi bagi pengendara meliputi :

- Marka chevron yang dibuat mendekati belokan ke kiri pulau jalan atau pintu keluar jalan bebas hambatan;
- Marka diagonal yang dibuat mendekati pulau lalu lintas atau di awal median;
- Pulau lalu lintas yang dicat;
- Garis melintang yang menandai garis stop, penyeberangan pejalan kaki atau pita penghaduh.

vi. Marka Jalan Reflektif

Marka jalan yang reflektif selain dapat digunakan sebagai penanda jalan juga sebagai panduan pada malam hari. Keduanya dapat digunakan bersamaan untuk garis lajur, garis tengah, termasuk garis tepi, pulau lalu lintas, dan marka median. Marka ini memberikan keuntungan yang signifikan saat hujan. Marka ini umumnya tidak tersamarkan oleh air karena bahan retro-reflektifnya berada di atas permukaan dan lebih terlihat dibandingkan marka yang dicat. Marka ini dapat pula memberikan petunjuk suara dan getaran kepada pengendara saat dilintasi oleh roda kendaraan. Penelitian di negara lain menunjukkan bahwa marka reflektif dapat mengurangi kecelakaan pada malam hari hingga 8%.

Marka ini tersedia dalam sejumlah warna untuk digunakan dalam situasi berikut :

- Marka putih digunakan untuk garis lajur, garis tengah, marka di pulau lalu lintas, dan area limpasan jalan tol/bebas hambatan;
- Marka kuning digunakan di garis tepi sisi kanan di jalur satu arah (seperti jalan tol);



Gambar 2.12 Pita Penggaduh



Gambar 2.13 Pembatas yang baik dengan garis lajur dan garis tepi di jalan tol.

- Marka merah digunakan jika diperlukan untuk menguatkan garis tepi sisi kiri dari jalan dua arah dan satu arah.

c. Rambu peringatan

Rambu peringatan digunakan untuk memberikan peringatan dini bagi pengendara adanya kondisi jalan di depan yang standarnya rendah atau geometrinya tak terduga. Hal ini meliputi tikungan tajam, potensi hazard lain di depan, seperti permukaan kasar, penyeberangan pejalan kaki, atau hazard sisi jalan. Rambu tambahan dapat pula disediakan bersama rambu peringatan untuk menunjukkan lebih banyak informasi bagi pengendara mengenai hazard. Misalnya rambu peringatan tikungan dapat disertai rambu kecepatan.

Namun, perlu dicatat bahwa rambu peringatan sebaiknya tidak menyertakan rambu peraturan batasan kecepatan sebagai pelat tambahan. Rambu peraturan sebaiknya dipisah dari rambu peringatan.

Penting pula untuk membuat rambu peringatan spesifik mengenai hazard. Rambu peringatan “hati-hati” membingungkan pengendara karena terlalu umum, sebaiknya menghindari penggunaan rambu peringatan yang umum seperti itu.

2.3 Menghilangkan hazard

Saat menyediakan sisi jalan berkeselamatan untuk kejadian kendaraan yang keluar jalan terdapat sejumlah strategi yang dapat dijadikan panduan untuk perencanaan dan pengatur jalan, terkait sisi jalan berkeselamatan. Untuk jalan baru, pendekatannya berbeda dengan jalan yang sementara dikembangkan, atau untuk jalan eksisting yang memiliki potensi hazard tertentu.

Penanganan hazard yang berada di dalam area bebas akan bergantung pada sejumlah faktor ini :

- Tipe hazard;
- Frekuensi tabrakan;
- Konsekuensi (keparahan) akibat tabrakan
- Lahan di dekat jalan termasuk lebar sisi jalan;
- Biaya;
- Masalah lain yang relevan, khususnya pertimbangan lingkungan.

Cara paling efektif untuk meningkatkan keselamatan area sisi jalan adalah memindahkan semua hazard di dalam area zona bebas. Di jalan eksisting, beberapa hal ini dapat dijadikan pertimbangan :

- Melakukan penilaian sistematis sebagai bagian dari program jalan berkeselamatan. Jika mungkin, perhitungan biaya dan keuntungan dapat dilakukan sebagai pertimbangan terhadap kerugian yg timbulkan akibat kecelakaan di sisi jalan.
- Peningkatan layanan utilitas dengan mempertimbangkan lokasi alternatif. Misalnya saat mengganti tiang listrik, tiang dapat dipindahkan ke lokasi baru di luar area bebas. Di sejumlah lokasi, utilitas dapat diletakkan di bawah tanah;
- Perawatan umum setiap ada kesempatan.
- Untuk mencegah masalah terciptanya objek berpotensi hazard di dalam area bebas, mungkin perlu dikembangkan kebijakan yang dapat menghilangkan perletakan objek baru yang berpotensi hazard di sisi jalan.

2.4 Relokasi hazard

Merelokasi hazard ke lokasi yang lebih tepat akan mengurangi risiko hazard tertabrak oleh kendaraan yang lepas kendali. Yang dimaksud relokasi yaitu memindahkan ke tempat yang lebih jauh dari tepi jalan atau dari sisi luar tikungan ke lokasi di bagian jalan yang lebih lurus.

Di jalan yang hazardnya tidak dapat dipindahkan sepenuhnya, sebaiknya hazard diundurkan dari jalan sejauh lebar area bebas (atau sejauh mungkin demi memaksimalkan area bebas dekat sisi jalan). Prinsip ini harus diadopsi untuk proyek jalan baru untuk penempatan fasilitasnya. Jika pekerjaan pemasangan utilitas baru telah dimulai, penyedia utilitas harus diminta untuk memaksimalkan jarak dari tepi jalan. (Lihat Studi Kasus 1 & 2)

2.5 Mengubah Hazard

Mengubah hazard mungkin merupakan pilihan yang harus kita pertimbangkan jika memindahkan atau merelokasi hazard sisi jalan di dalam ruang bebas tidak dimungkinkan. Memodifikasi atau merancang ulang hazard sisi jalan dapat dilakukan untuk mengurangi keparahan tabrakan dan potensi cedera parah. Mengubah hazard dapat meliputi :

i. Merubah kemiringan lereng sisi jalan sehingga dapat dilalui

Kemiringan yang lebih curam dari 3 : 1 berpotensi hazard dan sering menyebabkan kendaraan terbalik. Kemiringan ini sebaiknya diratakan atau ditutupi dengan pagar keselamatan yang sesuai. Kemiringan antara 3 : 1 dan 4 : 1 umumnya terlalu curam untuk memulihkan kendali kendaraan yang keluar dari jalan.

Di kemiringan ini kendaraan mungkin tidak terbalik, namun terus melintas hingga dasar kemiringan. Kemiringan ini harus dibersihkan dari hambatan tetap dan sebaiknya tidak dijadikan bagian dari aruang bebas.

Umumnya, daerah yang landai dengan kemiringan 4 : 1 atau lebih rata dapat dilintasi dan memberikan kesempatan bagi kendaraan yang lepas kendali untuk kembali pulih. Jika bebas dari hazard, kemiringan ini tidak berpotensi hazard. Perilaku kendaraan berat agak berbeda sehingga jalan untuk truk dengan volume yang berat baru dapat melalui jika kemiringan sisi jalan 6 : 1 atau paling tidak untuk mengurangi kemungkinan terguling.

Kemiringan yang dipotong longitudinal umumnya bukan merupakan hazard sisi jalan yang signifikan jika dijaga tetap rata dan bebas hambatan. Namun, timbunan ini dapat menyebabkan kendaraan terbalik atau “tersangkut” jika potongan timbunan mengandung tonjolan batuan. Di sejumlah kasus, tonjolan ini harus ditutupi dengan pagar keselamatan.

Prinsip dasarnya, timbunan dan galian tanah di sisi jalan harus rata dan bebas dari objek hazard.

ii. Memodifikasi drainase longitudinal yang terbuka dengan menutupnya atau menjadikan saluran tertutup (gorong-gorong).

(Lihat Studi Kasus 3)

iii. Memodifikasi dinding akhir gorong-gorong.

(Lihat Studi Kasus 4)

iv. Merancang ulang tiang rambu untuk menjadi tiang yang mudah terlepas/patah jika di tabrak.

(Lihat Studi Kasus 5 & 6)

v. Merancang ulang tiang kayu yang mudah pecah kalau ditabrak kendaraan.

(Lihat Studi Kasus 7)

vi. Merancang ulang tiang penerangan jalan untuk menjadi tiang yang mudah terlepas/patah jika di tabrak.

(Lihat Studi Kasus 8)

Studi Kasus Memindahkan Hazard

1



- 1 Tiang di sepanjang sisi jalan ini telah dimundurkan sejauh mungkin dari jalan. Pengunduran ini menyediakan area bebas terhadap hazard sisi jalan dan memaksimalkan ruang yang tersedia bagi kendaraan yang lepas kendali untuk pulih jika keluar dari jalan.
- 2 Parapet untuk boks culvert di seberang jalan ini dibuat sejauh mungkin dari tepi jalan. Pengunduran ini menyediakan area bebas di sisi jalan tanpa hazard agar pengemudi dapat pulih jika kendaraan keluar dari jalan. Mengundurkan parapet untuk *boks culvert* lebih disarankan daripada parapet dekat jalan yang ditutupi pagar keselamatan. Pagar keselamatan itu sendiri merupakan hazard dan tidak memberikan ruang bagi kendaraan untuk pulih.

Studi Kasus Modifikasi drainase longitudinal yang terbuka

2



1 Drainase terbuka berbahaya di area perkotaan

Drainase longitudinal sepanjang jalan ini berbahaya untuk kendaraan lepas kendali. Juga berbahaya bagi pejalan kaki. Walaupun kecepatan operasional di jalan ini rendah dan peluang terjadinya tabrakan parah kecil, hazard ini sebaiknya tidak ada.

2 Drainase ditutup dengan tutup beton

3 Pipa drainase longitudinal

Bagian lain drainase pada jalan yang sama telah ditangani dengan :

- Menutup dengan tutup beton;
- Memipakan drainase di bawah lajur pejalan kaki dan menyediakan lubang akses berpenutup.

Keduanya merupakan alternatif yang aman digunakan untuk saluran drainase terbuka yang dalam.

Studi Kasus 3 Mengubah dinding akhir boks culvert yang dapat dilintasi kendaraan

3



Drainase longitudinal terbuka dengan dinding akhir yang dimodifikasi

Bagian akhir *boks culvert* jalan masuk dengan dinding vertikal dapat berbahaya jika ditabrak kendaan yang keluar jalan. Dinding akhir bersudut dengan batang-batang baja yang dapat dilintasi kendaraan akan mengurangi keakutan hazard.

Studi Kasus 5 Merancang ulang tiang rambu permanen

5



- 1 Tiang rambu umumnya objek tetap. Tiang rambu besi lebih tebal dari 50 mm dapat berbahaya jika tertabrak kendaraan yang lepas kendali. Keselamatan dapat ditingkatkan dengan mengganti hazard itu dengan sesuatu yang tidak berbahaya, seperti mengganti tiang besi yang tebal atau besar dengan tiang yang lebih tipis dan lebih mudah lepas jika ditabrak.
- 2 Rambu yang dipasang di tiang besi tipis mudah lepas (umumnya diameter 50 mm) dapat meningkatkan keselamatan sisi jalan. Tiang ini dengan mudah bengkok jika tertabrak kendaraan lepas kendali dan umumnya mengakibatkan kecelakaan dengan keparahan rendah yang tidak akan mencederaai penumpangnya.

Studi Kasus Merancang ulang tiang kayu yang mudah lepas

6



Contoh tiang kayu mudah lepas

Tiang kayu lebih tebal dari 100 mm berpotensi hazard jika tertabrak kendaraan yang lepas kendali. Keselamatan dapat ditingkatkan dengan mengganti hazard dengan sesuatu yang kurang berbahaya. Umumnya, tiang kayu yang mudah lepas dibuat dengan membuat dua lubang di tiang dan menyambung tiangnya menggunakan pasak seperti terlihat di gambar.

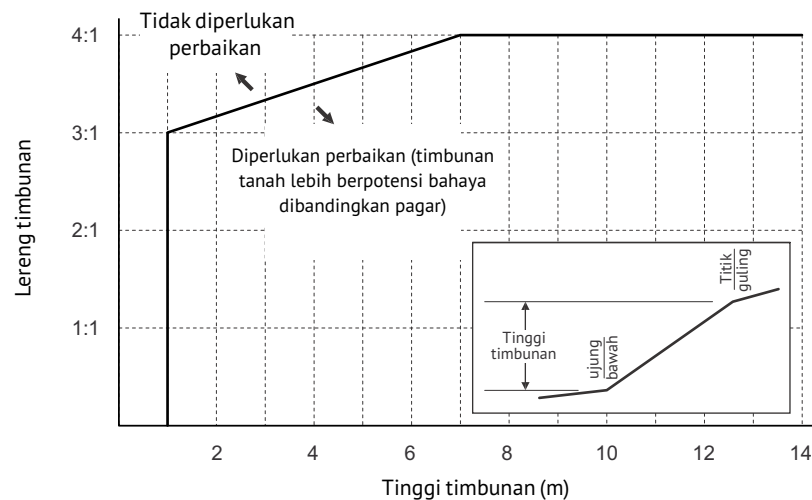
Cara ini melemahkan tiang kayu sehingga mudah lepas ketika tertabrak kendaraan yang lepas kendali. Tabrakan dengan tiang kayu jenis ini umumnya berakibat kecelakaan dengan keparahan rendah yang tidak akan mencederai penumpangnya.

Studi Kasus Merancang ulang tiang lampu yang mudah lepas

7



Tiang berdasar licin dengan piringan yang memungkinkan tiang lepas dari dasarnya ketika tertabrak kendaraan.



Gambar 2.14 Grafik untuk pagar keselamatan pada lereng timbunan (volume lalu lintas > 2000 kend/hari, kecepatan lalu lintas > 60 km/jam)

2.6 Menutup Hazard

2.6.1 Menggunakan bermacam pagar

Saat pemindahan, relokasi atau mengubah hazard tidak memungkinkan, keselamatan sisi jalan dapat ditingkatkan dengan menutup hazard dengan pagar keselamatan longitudinal atau *crash cushion*.

Perangkat ini dirancang untuk mengarahkan kendaraan yang menabrak dan mengurangi gaya tabrakan. Walau disarankan untuk memindahkan, merelokasi atau memodifikasi hazard sisi jalan, untuk beberapa situasi, menutupi mungkin satu-satunya pilihan saat tidak ada pilihan lain yang praktis dan ekonomis.

Terdapat tiga kategori utama pagar keselamatan :

- Pagar Fleksibel;
- Pagar semikaku;
- Pagar kaku.

Informasi lebih lengkap mengenai pagar keselamatan disediakan di bagian C manual ini.

2.6.2 Kebutuhan pemasangan pagar dekat kemiringan sisi jalan

“timbunan” adalah kemiringan sisi di sepanjang tepi jalan yang elevasinya lebih tinggi dari tanah sekelilingnya.

Kemiringan tidak dapat memulihkan kendaraan yang keluar jalur jika lebih curam dari 4 : 1 dan jika kemiringan kritis lebih curam dari 3 : 1, maka berpotensi hazard bagi kendaraan yang lepas kendali

dengan tinggi timbunan lebih dari 1 m. Kemiringan kritis di dalam area bebas dapat menyebabkan kendaraan lepas kendali terbalik.

Karena itu, harus dipertimbangkan untuk memasang pagar keselamatan jika kemiringan itu tidak dapat di ratakan.

Gambar 2.12 memberikan panduan penanganan kemiringan jalan dengan volume lalu lintas lebih besar dari 2.000 kendaraan per hari dan kecepatan operasional lebih besar dari 60 km/jam. Kebutuhan akan penanganan kemiringan di jalan dengan kecepatan operasional lebih dari 80 km/jam amatlah penting. Untuk jalan dengan volume lalu lintas dan kecepatan yang lebih rendah, harus dinilai dari risiko di lokasi dengan memperhitungkan sejarah data kecelakaannya.

Grafik ini dibuat berdasarkan perbandingan keparahan relatif antara kecelakaan karena kemiringan dengan kecelakaan yang melibatkan pagar W-beam. Saat menilai hazard kemiringan jalan, perhitungkan pula kondisi permukaan timbunan. Kemiringan yang padat dan rata memberi peluang pemulihan yang lebih baik dibanding kemiringan yang gembur, dan tidak rata.

2.6.3 Uji tabrak pagar keselamatan

Pagar hanya dapat berfungsi maksimal jika memenuhi standar yang berlaku. Karena itu, pagar hanya dapat dipasang jika pabrikan telah menguji produk mereka melalui uji tabrak untuk menegaskan bahwa produknya berfungsi dengan baik. Pemasangan harus selalu mengikuti standar yang berlaku setelah uji tabrak dilakukan.

Performa keselamatan berbagai pagar keselamatan di definisikan dalam Laporan NCHRP 350, Program Penelitian Jalan Raya Kooperatif Nasional (*National Cooperative Highway Research Program*) AS. Yang terbaru, Panduan Penilaian Keselamatan Jalan Raya (*Manual for Assessing Highway Safety Features- 'MASH'*) menggantikan NCHRP 350.

Karena itu referensi dalam NCHRAP 350, meliputi pula MASH.

Laporan NCHRP menjelaskan faktor performa dinamis berikut ini untuk membantu kita mengevaluasi performa pagar keselamatan :

1. Kecukupan Struktural

- a. Pagar untuk menahan dan mengarahkan kembali kendaraan :
 - Kendaraan tidak menembus, lewat di bawah atau lewat di atas pagar;
 - Memberikan defleksi lateral yang terkendali.
- b. Pagar berfungsi dengan cara:
 - Tidak patah;
 - Tidak retak atau roboh.

- c. Mengarahkan kembali kendaraan:
 - Penetrasi terkendali;
 - Berhenti secara terkendali.

2. Risiko penumpang

- a. Bagian pagar yang rusak sebaiknya tidak:
 - Menembus bagian dalam kendaraan;
 - Menjadi hazard bagi pejalan kaki atau pekerja jalan;
 - Menghalangi pandangan pengemudi.

- b. Kendaraan tetap berdiri saat dan sesudah tabrakan.

3. Dampak Paska Tabrakan terhadap lintasan

- a. Jalur kendaraan tidak mengganggu lajur lalu lintas di dekatnya dengan mengendalikan sudut keluar;
- b. Perlambatan tidak melebihi nilai maksimal tertentu.

Penggunaan pagar keselamatan didasarkan pada evaluasi performanya dalam uji tabrak ideal untuk berat dan tipe kendaraan tertentu dengan kecepatan dan sudut benturan tertentu. Tingkat Uji NCHRP 350 untuk pagar longitudinal, terminal dan *crash cushion* ditunjukkan dalam tabel di bawah :

Tabel 2.2 NCHRP 350 untuk pagar longitudinal, terminal dan *crash cushion*

Tingkat Uji	Kecepatan rencana (km/jam)		
		80	80
TL-0	820 kg - kendaraan kecil	50	20
	1,600 kg - mobil	50	25
TL-1	820 kg - kendaraan kecil	50	20
	2,000 kg - kendaraan roda 4 atau truk	50	25
TL-2	820 kg - kendaraan kecil	70	20
	2,000 kg - kendaraan roda 4 atau truk	70	25
TL-3 (tingkat dasar)	820 kg - kendaraan kecil	100	20
	2,000 kg - kendaraan roda 4 atau truk	100	25
TL-4	820 kg - kendaraan kecil	100	20
	8,000 kg - truk single	80	15
TL-5	820 kg - kendaraan kecil	100	20
	36,000 kg - truk tanker	80	15
TL-6	820 kg - kendaraan kecil	100	20
	36,000 kg - semi-trailer	80	15

Tingkat uji minimal untuk pemakaian umum pagar dan terminal longitudinal di jalan arteri adalah uji tingkat TL3. Uji ini dilakukan dengan mobil 4 roda/truk yang menabrak pagar dengan kecepatan 100 km/jam. Kemiringan permukaan 1 : 10 atau lebih rata, beraspal dan bebas dari hazard seperti kerb.

Tingkat performa yang lebih rendah hanya dapat digunakan untuk tempat parkir dan jalan dengan kecepatan rendah. Tingkat uji yang lebih tinggi dapat digunakan untuk pagar yang mampu menahan truk berat dan menutupi kemiringan kritis (seperti perbedaan elevasi dari atas sungai), atau saat hazard yang signifikan harus ditutupi dari tabrakan truk (misal tiang jembatan di lokasi rentan yang tabrakan dapat berakibat parah).

Kemudian harus dipastikan bahwa semua pagar keselamatan, terminal pagar, dan bantalan tumbukan yang digunakan di jalan raya di Indonesia harus sesuai dengan persyaratan uji Laporan NCHRP 350. Dan juga harus dipastikan bahwa semua pagar yang digunakan dipasang dengan benar guna memastikan pagar berfungsi maksimal saat ditabrak oleh kendaraan yang lepas kendali.

Bagian C

Pagar Keselamatan



“Pagar keselamatan hanya digunakan untuk melindungi hazard yang lebih berbahaya dari pada pagar keselamatan tersebut, jika tidak, pagar keselamatan itu sendiri bisa menjadi hazard”



3.1 Latar Belakang

Pagar keselamatan harus memenuhi standar yang berlaku agar pagar berfungsi dengan maksimal. Pagar keselamatan harus mampu mengarahkan kendaraan yang lepas kendali dan menyerap gaya akibat tabrakan sehingga mengurangi keparahan tabrakan dan meminimalkan cedera penumpang kendaraan.

Perlu diingat bahwa penggunaan pagar keselamatan adalah untuk menutupi hazard, bukan melindungi hazard. Tugas ahli teknik keselamatan jalan adalah memperhatikan keselamatan manusia dan bekerja untuk mengurangi cedera dan kematian. Bukan untuk melindungi pepohonan, drainase, tiang, atau jurang. Pagar keselamatan dibuat untuk melindungi manusia dan ini merupakan tujuan utama dari para ahli teknik keselamatan jalan.

Ada tiga tipe pagar keselamatan :

- Fleksibel
- Semikaku
- Kaku

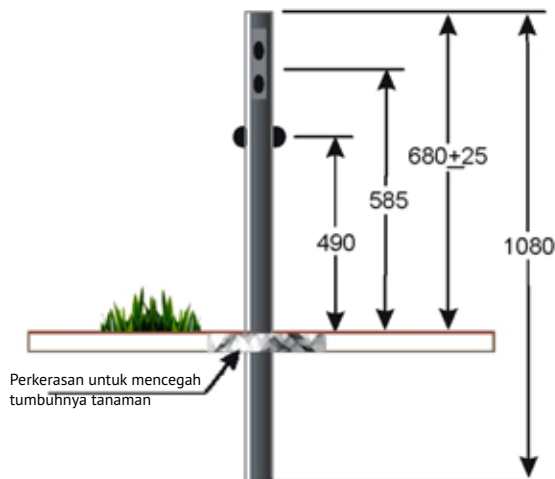
Lokasi penempatan menentukan tipe pagar keselamatan tersebut. Setiap pagar mempunyai manfaat dan kendala sehingga tipe tertentu cocok untuk suatu lokasi, tapi tidak cocok di lokasi lain.

3.2 Pagar Fleksibel

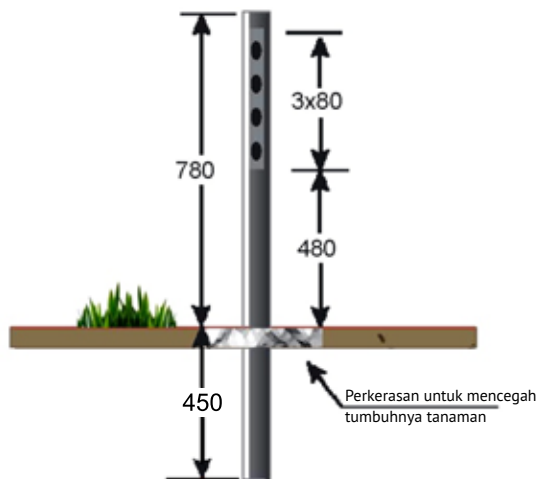
Pagar keselamatan fleksibel sistem 'wire rope', menggunakan kabel baja yang direntang untuk menahan dan mengarahkan kembali kendaraan yang lepas kendali. Pagar fleksibel ini terdiri dari sejumlah kabel baja pra tegang yang direntang, biasanya terdiri dari tiga atau empat kabel baja, setiap ujungnya diikat ke anker yang ditopang oleh patok baja dengan jarak antar patok 2 -3,5 meter.

Kabel baja akan melendut ketika ditabrak oleh kendaraan yang lepas kendali dan menyerap gaya akibat tabrakan sehingga kendaraan akan melambat. Kabel baja akan menahan kendaraan saat bergerak di sepanjang pagar sementara patok-patoknya akan roboh. Kendaraan yang lepas kendali tersebut diarahkan kembali ke jalan atau diperlambat sampai berhenti setelah menyusuri kabel.

Pagar fleksibel 'wire rope' paling "memaafkan" dibanding pagar keselamatan tipe lainnya. Pagar fleksibel melindungi penumpang kendaraan dari risiko cedera lebih kecil dibandingkan dengan pagar kaku dan semikaku karena perlambatan kendaraan relatif rendah. Dibandingkan tipe pagar lainnya, pagar fleksibel ini juga paling sedikit menyebabkan kerusakan pada kendaraan yang menabrak.



Gambar 3.1 Contoh dari sistem kabel baja yang menggunakan empat tali yang saling mengait



Gambar 3.2 Contoh dari sistem kabel baja yang menggunakan empat tali yang satu tali berada di atas lainnya

Namun, pagar ini perlu ruang yang lebih luas di belakangnya untuk melendut saat ditabrak oleh kendaraan bila dibandingkan dengan pagar semikaku dan pagar kaku.

Pada saat terjadi tabrakan, pagar kabel baja 'wire rope' bisa melendut hingga 2 meter (dengan jarak patok normal). Besar lendutan/defleksi bergantung pada jarak antar patok, kecepatan kendaraan, sudut tabrakan, dan massa kendaraan yang menabrak. Mengingat defleksi pagar fleksibel relatif lebih besar daripada pagar lain, penting untuk mempertimbangkan jarak pagar fleksibel dengan hazard yang ditutupinya, di belakang pagar fleksibel.



Gambar 3.3 Pagar Keselamatan *Fleksibel 'Wire rope'*

Hal-hal lain yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan pagar fleksibel, yaitu :

- Pagar fleksibel 'wire rope' dapat dipasang di tanah datar atau di kemiringan 1 banding 10. Kemiringan lateral maksimal berlaku juga di area yang berada langsung di belakang pagar, tempat defleksi kabel saat ditabrak oleh kendaraan.
- Umumnya, pagar fleksibel tidak cocok dipasang pada tikungan horizontal yang radiusnya kurang dari 200 m karena tegangan dan ketinggian kabel baja tidak dapat dipertahankan selama dan setelah terjadi tabrakan. Untuk radius tikungan lebih kecil dari 200 m, patoknya lepas ketika kabel baja dipra-tegang; 200 m adalah radius minimal tikungan yang dibutuhkan berdasarkan hasil uji tabrakan.
- Pagar fleksibel, umumnya tidak boleh dipasang pada lengkung vertikal cekungan dimana nilai K lebih kecil dari 30. Dengan lengkung vertikal seukuran itu, tegangan tali baja akan mengangkat patok dari dasarnya sehingga ke luar dari tanah. Masalah lain yang mungkin akan timbul yaitu kendaraan lepas kendali menerobos masuk di bawah kabel baja dan keluar, bukan tersangkut, atau berhenti pada bagian bawah kabel baja yang terentang.
- Pagar fleksibel tidak boleh disambungkan langsung ke pagar semikaku atau pagar kaku, termasuk parapet/tembok sayap jembatan. Karena saat menabrak pagar fleksibel, kendaraan tidak bisa menghindar untuk menabrak pagar yang lebih kaku. Meskipun demikian, saat ada transisi ke tipe pagar yang lain, pagar fleksibel boleh dipasang sangat dekat dengan pagar yang lain asalkan saling bertumpuk membelakangi untuk menjamin kontinuitas ke sistem pagar lain.

- Panjang minimal pagar fleksibel adalah 24 m atau sesuai dengan spesifikasi pabrik (belum termasuk panjang transisi ke anker terminal ujung).

3.3 Pagar Semikaku

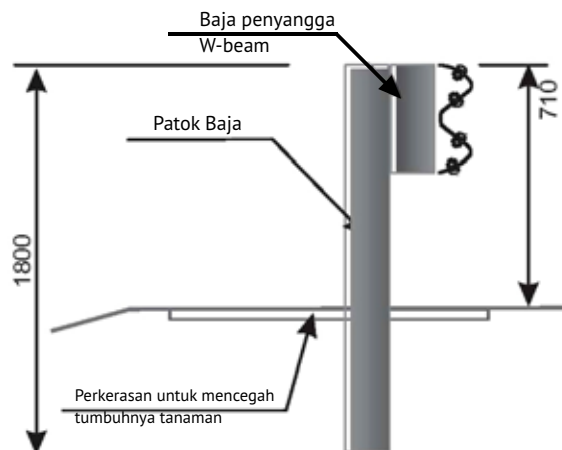
Istilah semikaku mengacu pada kemampuan pagar menyerap gaya akibat tabrakan dengan berdefleksi saat tertabrak. Besar defleksi maksimal adalah 1 meter atau separuh dari defleksi pagar fleksibel.

Pagar semikaku terdiri dari batang baja yang dipasang pada patok baja galvanis. Jenis patok lain (seperti kayu atau beton) hanya dipilih jika uji tabrakan membuktikan bahwa performanya memuaskan. Pagar keselamatan baja atau pagar keselamatan semikaku sering digunakan di area perkotaan maupun di area luar kota. Pagar semikaku menggunakan baja profil W, untuk wilayah yang membutuhkan pagar lebih kaku, dapat menggunakan Thrie Beam/dobel W (dengan 2 lekukan).

Pagar semikaku dirancang untuk dapat berdeformasi dan dapat menahan tarik saat ditabrak kendaraan. Deformasi, secara perlahan-lahan akan mengurangi gaya akibat tabrakan kendaraan serta mengarahkan dan menghentikan kendaraan.

Berikut ini adalah komponen yang perlu diperhatikan agar pagar semikaku dapat berfungsi maksimal pada saat tabrakan:

- Baja profil W harus dapat menahan tegangan tarik yang besar, serta lendutan, yang terjadi saat terjadi tabrakan. Batang bajanya juga harus tersambung dengan kuat ke patok baja dan batang baja sebelahnya.



Gambar 3.4 Tipikal paga keselamatan W-beam (batang W)

- Patok juga membuat kaku seluruh sistem dan mengikat baja profil W pada ketinggian yang tepat sebelum dan selama tabrakan. Patok harus diberi jarak dengan benar yaitu setiap 2 m atau 2,5 m dari titik tengah tiang.
- Panjang yang tepat di bagian yang tertanam untuk menopang pagar lebih kuat saat pagar ditabrak, tiang harus ditanam, setidaknya sedalam 1,0 m.
- Baja penyangga yang menghubungkan batang baja ke patok akan mencegah kendaraan tersangkut di tiang/patok saat tabrakan dan membantu mencegah kendaraan terguling dengan menahan gaya berat kendaraan.
- Anker penting sekali untuk pagar semifleksibel dalam menahan gaya tarik dengan menyediakan gaya penahan di kedua ujungnya.
- Terminal menutupi ujung pagar semi kaku dan akan meminimalkan kemungkinan batang baja menusuk kendaraan. Terminal bisa melengkung atau lurus dan apakah terminal pintu/gating (dirancang untuk memungkinkan kendaraan melalui pagar dan berhenti di area lesatan di belakang terminal); atau terminal non-pintu/non gating (yang dirancang untuk menyerap tumbukan dan mengarahkan kembali kendaraan di sepanjang pagar).

Biasanya defleksi pagar semikaku sampai dengan 1 m. Dalam situasi berikut ini, pagar yang lebih kaku mungkin diperlukan saat perlu mengurangi defleksi :



Gambar 3.5 Pagar Baja Profil-W



Gambar 3.6 Pagar Baja Profil Double-W (thrie)

- Saat transisi ke pagar kaku, misalnya saat menghubungkan pagar semikaku dengan parapet jembatan;
- Di median yang sempit saat jarak 1 m ke hazard tidak tercapai, misalnya pada pilar jembatan;
- Saat diperlukan tahanan yang lebih tinggi, misalnya untuk truk.

Dalam situasi ini jarak antara tiang/patok dapat dikurangi dari 2,5 m menjadi 1,25 m atau bahkan sampai 1,0 m. Gabungan dua batang baja (tebalnya digandakan) dapat juga digunakan untuk meningkatkan kekakuan pagar.

Pilihan lain, namun kurang lazim, adalah dengan menggunakan pagar baja profil tiga balok (*Thrie beam*) dapat dipertimbangkan dalam situasi yang membutuhkan pagar lebih kaku.

Ujung pagar baja profil W membutuhkan terminal yang cocok untuk memenuhi standar tabrakan dan menjamin performa yang memuaskan dalam mengarahkan kembali kendaraan dan meminimalkan risiko bagi penumpang. Lihat rincian terminal yang berkeselamatan di sub bagian 3.6.

Fitur lain dalam perancangan pagar semikaku yang perlu dipertimbangkan adalah :

- Sebagai panduan umum, panjang minimal pagar semikaku adalah 30 m (ditambah terminal di setiap ujungnya jika menggunakan terminal pintu/gating).
- Pagar semikaku berfungsi dengan baik di sisi luar tikungan, termasuk tikungan beradius kecil. Meskipun demikian, performa pagar, mungkin tidak baik di sisi dalam tikungan beradius kecil (seperti sudut persimpangan) karena tikungan dapat menurunkan tegangan di pagar.
- Batang baja harus selalu menumpang-tindih sesuai arah lalu lintas berjalan sebagaimana diperlihatkan gambar 3.7. Hal ini akan meminimalkan risiko "tersangkut" pada ujung pagar atau "menusuk" kendaraan yang menabraknya. Di jalan dua arah, pagar tumpang-tindih sesuai arah lalu lintas yang terdekat dengan pagar.

3.4 Pagar Kaku

Istilah kaku mengacu pada keadaan pagar yang hampir tidak berdefleksi dalam tabrakan. Pagar kaku dirancang untuk tidak berubah bentuk dan tetap di tempatnya saat ditabrak oleh kendaraan lepas kendali. Pagar kaku dibuat dari beton dan paling tepat digunakan saat ruang untuk defleksi yang tersedia terlalu sempit.



Gambar 3.7 Pagar Keselamatan Profil-F

Pagar kaku dapat digunakan pada beberapa keadaan :

- Untuk median, pagar kaku perlu dipasang dekat dengan hazard yang akan ditutupinya;
- Pada struktur, untuk meminimalkan lebar;
- Di mana penampang melintang jalan terbatas, seperti di jalan bebas hambatan.

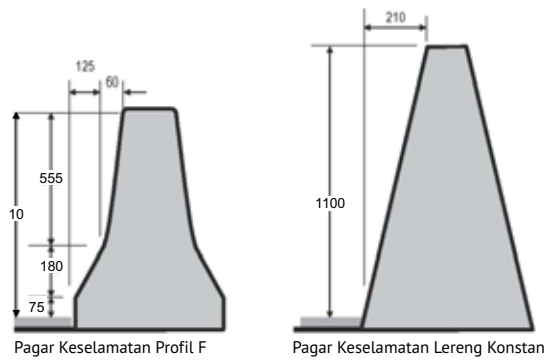
Pagar tersebut mengarahkan kembali kendaraan yang lepas kendali dan memperlambat dengan memaksanya berjalan di depan pagar. Meskipun defleksinya sangat kecil, tetap perlu ruang di belakang pagar untuk menjaga kemungkinan kendaraan lepas kendali akan "bersandar" ke pagar dalam tabrakan. Perlu diingat bahwa ini berpotensi terjadi jika yang menabrak adalah truk tinggi.

Bentuk pagar kaku yang paling lazim adalah :

- Pagar bentuk F. Ini mirip dengan pagar New Jersey, namun performanya ditingkatkan;
- Pagar kemiringan konstan. Kelebihan pagar ini adalah pelapisan aspal tidak mengubah banyak bagian bawah pagar.



Gambar 3.8 Pagar Keselamatan Lereng Konstan



Gambar 3.9 Penampang Pagar Keselamatan Kaku

Sistem pagar kaku digunakan di jalan sangat padat karena pagar masih berfungsi setelah tabrakan, pagar kaku hanya sedikit berdefleksi (karena itu dapat dipasang di dekat hazard) dan biayanya untuk seumur hidup. Pemeliharaan pagar kaku minimal setelah tabrakan. Sangat umum, pagar kaku digunakan di lokasi pekerjaan jalan karena memenuhi standar tinggi perlindungan pekerja. Namun, pagar kaku beton pra-cetak yang digunakan di lokasi pekerjaan, harus terhubung satu sama lain membentuk sistem berkelanjutan. Pagar kaku tidak boleh renggang karena bisa merobek kendaraan dan dapat menyebabkan perilaku kendaraan yang tak terkendali.

Fitur lain dalam perancangan yang perlu dipertimbangkan adalah :

- Pagar kaku tidak boleh digunakan di mana benturan kendaraan dapat terjadi pada sudut 15° atau lebih karena dapat menyebabkan penumpangnya luka parah.
- Pagar jangan digunakan di sisi luar tikungan horizontal beradius kecil karena penumpang kendaraan berisiko cedera serius saat tabrakan. Namun, perlu dicatat bahwa batasan ini tidak untuk semua kondisi, misalnya : sekitar ramp/akses di persimpangan jalan bebas hambatan dalam kota. Dalam kondisi seperti itu, kecepatan yang lebih rendah merupakan persyaratan mutlak “keselamatan”
- Tidak ada persyaratan panjang minimal bagi pagar kaku.
- Pagar beton harus bebas dari tonjolan yang terpapar pada lalu lintas yang dapat merobek kendaraan menabrak.

“Jangan pernah gunakan pagar beton yang tidak menerus sebagai pagar keselamatan karena berbahaya apabila tertabrak kendaraan.”

3.5 Pertimbangan perancangan dan pemasangan

Performa pagar keselamatan bergantung pada sejumlah faktor desain dan pemasangan. Faktor ini memengaruhi dinamika tabrakan dan perilaku pengemudi saat berkendara di dekat pagar. Aspek – aspek berikut perlu dipertimbangkan dengan cermat pada setiap pagar keselamatan :

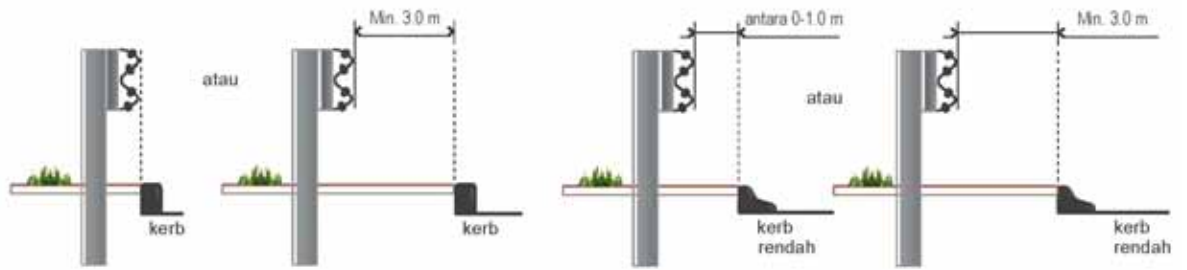
- Tipe pagar
- Letak terhadap kerb
- Jarak dari hazard yang ditutupinya
- Panjangnya
- Tingginya
- Jarak dari jalan
- Terminal yang digunakan

3.5.1 Lokasi pagar terhadap kerb

Sebaiknya tanah di depan pagar, rata dan datar. Penataan ini paling baik, karena menyerupai kondisi persyaratan uji pagar dan menghindarkan dampak potensial dari kendaraan menabrak sebuah kerb yang sangat dekat dengan pagar.

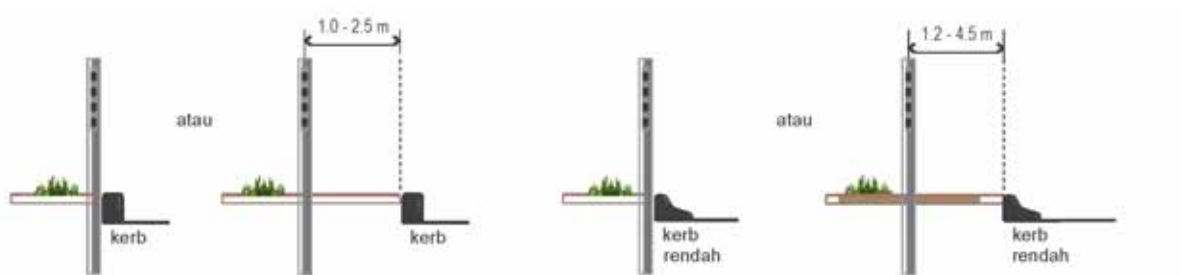
Lebih baik menghindari penggunaan kerb di sekitar pagar keselamatan. Dengan demikian, pagar dapat berfungsi sesuai dengan rancangan saat ditabrak kendaraan. Jika kerb harus digunakan di jalan kecepatan tinggi, lebih baik menggunakan kerb berpeninggi atau kerb dengan kemiringan daripada kerb penghalang. Kerb permukaan miring meminimalkan potensi kendaraan melambung.

Jika diperlukan kerb, untuk drainase, lokasi pagar keselamatan terhadap kerb harus dipertimbangkan dengan baik karena dapat memengaruhi performa pagar keselamatan saat tertabrak. Kerb yang berada di depan dan dekat dengan pagar dapat membuat kendaraan yang lepas kendali menabraknya dalam kecepatan tinggi sehingga dapat melompati pagar. Atau, menabrak pagar pada ketinggian yang berbeda dalam rancangan dan uji keselamatan. Dalam tabrakan seperti ini, cedera penumpang lebih parah.



Pagar Keselamatan Semikaku, pada jalan berkecepatan rendah

Pagar Keselamatan Semikaku, pada jalan berkecepatan tinggi



Pagar Keselamatan Fleksibel, pada jalan berkecepatan rendah

Pagar Keselamatan Fleksibel, pada jalan berkecepatan tinggi

Gambar 3.10 Lokasi pagar berdasarkan jenis kerb.



Gambar 3.11 Pagar semikaku dengan tiang jembatan ini tidak memiliki cukup ruang untuk berdefleksi saat tabrakan. Membuat kaku pagar dekat tiang dapat meningkatkan kinerja pagar dalam menahan tabrakan.



Gambar 3.12 Pagar keselamatan kaku lebih cocok diletakkan berdekatan dengan tiang jembatan untuk jalan tol/bebas hambatan dengan median yang sempit.

“Pagar keselamatan harus dirancang sesuai kaidah teknik karena pagar keselamatan merupakan solusi rekayasa teknik.”

Jika terdapat trotoar untuk drainase di sekitar pagar kaku atau pagar semikaku (baja profil W) di jalan kecepatan tinggi, kerb harus ditempatkan pada jarak yang tepat karena akan berdampak pada saat tabrakan. Atau, pagar harus ditempatkan pada jarak yang cukup di belakang kerb untuk menjamin bahwa kendaraan yang menabrak tidak melompati pagar sehingga menyebabkan cedera yang lebih parah.

Jika kerb digunakan didekat pagar kaku atau pagar semikaku pada jalan berkecepatan tinggi, kerb harus diletakkan sedemikian rupa sehingga pagar ditabrak sebelum kerb. Atau, pagar perlu diletakkan dengan jarak yang cukup di belakang kerb untuk memastikan agar kendaraan yang menabrak tidak melompati pagar—tipikalnya minimal 3 m dari belakang kerb agar saat kendaraan menabrak pagar keselamatan, kendaraan telah berada di tanah.

Tipe kerb juga memengaruhi perilaku kendaraan yang lepas kendali. Lokasi pagar yang tepat terhadap kerb adalah :

- a. Untuk kerb penghalang:
 - Bagian depan pagar semikaku di depan kerb, atau jika perlu sederet dengan kerb, atau
 - Bagian depan pagar semikaku setidaknya 3 m di belakang kerb.
- b. Untuk kerb semi-peninggi (dengan kemiringan):
 - Pagar semikaku di depan atau sederet dengan kerb, atau 1 m di belakang kerb, atau
 - Muka pagar semikaku setidaknya 3 m di belakang kerb.

Di wilayah kecepatan rendah, dengan kecepatan operasional yang lazim kurang dari 60 km/jam, rendah kemungkinan kendaraan penabrak melompati pagar, jarak pagar tidak begitu penting. Di wilayah kecepatan sangat rendah (seperti tempat parkir), jarak pagar lebih dari 300 mm di belakang kerb dapat diterima untuk meminimalkan risiko kendaraan rusak karena terlalu dekat dengan kerb.

Jika digunakan di sekitar pagar fleksibel, kerb harus ditempatkan :

- a. Di wilayah berkecepatan tinggi (lebih dari 60 km/jam) :
 - Di depan atau sederet dengan kerb, atau
 - Lebih baik 4 sampai 4,5 m di belakang kerb, minimal 1,2 m di belakang kerb.
- b. Di wilayah berkecepatan rendah (60 km/jam atau lebih rendah) :
 - Di depan atau sederet dengan kerb, atau
 - Lebih baik 2,5 m di belakang kerb, minimal 1,0 m di belakang kerb.

3.5.2 Defleksi pagar dan jarak bebas dari hazard

Saat ditabrak oleh kendaraan lepas kendali, pagar keselamatan akan berdefleksi untuk menyerap tabrakan dan mengarahkan kembali kendaraan itu. Defleksi dinamis pada pagar kaku sangat kecil (biasanya 0.1 m atau kurang). Namun, defleksi pagar semikaku bisa mencapai 1 meter, dan defleksi pagar fleksibel lebih dari 2 meter. Defleksi pagar seperti itu perlu dipertimbangkan saat merancang lokasi pagar.

Jarak bebas dari hazard harus cukup disediakan untuk defleksi agar menjamin kendaraan penabrak tidak menyentuh hazard yang ditutupi. Jika pagar berdefleksi sejauh hazard sehingga kendaraan menghantam hazard, ada risiko penumpang kendaraan cedera parah.

Defleksi dinamis maksimal yang lazim untuk berbagai pagar yang disebutkan di atas adalah untuk kendaraan berkecepatan 100km/jam. Nilai defleksi itu merupakan dasar perancangan dan pemasangan pagar dan dapat menentukan tipe pagar yang akan digunakan di lokasi tertentu.

Misal, jika ruang terbatas dan pagar perlu ditempatkan berdampingan dengan hazard, pagar kaku kiranya menjadi satu-satunya pilihan. Jika pagar semikaku harus digunakan (karena alasan biaya, atau agar cocok



Gambar 3.13 Defleksi dari pagar keselamatan besi profil-W setelah tabrakan.

Tabel 3.1 Tipikal Defleksi Pagar Keselamatan

Jenis Pagar Keselamatan	Defleksi (m)	Jarak Antar Tiang (m)
Pagar beton	0.1	n.a.
Pagar Baja Profil-W	1.0	2.5
	0.75	1.25
	0.5	1.0
Pagar Keselamatan Kawat Baja	3.0	3.5
	2.0	2.0

dengan pagar yang sudah ada), dan jika ruang terbatas, mungkin perlu dipertimbangkan cara meminimalkan defleksi. Caranya adalah dengan memperkuat pagar. Dua cara yang lazim untuk memperkuat pagar baja profil W adalah mengurangi jarak antar tiang atau memperkuat baja profil dengan menggabungkan dua baja profil. Kalau dikakukan, defleksi pagar berkurang pada saat tabrakan.

Defleksi pagar fleksibel juga dapat dikurangi dengan memperkecil jarak antar tiang. Dianjurkan untuk mempelajari petunjuk fabrikasi mengenai defleksi pagar fleksibel karena defleksi dapat sangat beragam bergantung pada produk yang dipilih dan jarak antar tiang.

3.5.3 Jarak pagar dari tepi jalur jalan

Jarak minimal muka pagar keselamatan dari tepi lajur lalu lintas akan diuraikan di bawah ini. Jarak di sisi kiri jalan harus cukup lebar dan bebas sebagai tempat kendaraan berhenti di bahu jalan. Juga tersedia ruang yang digunakan oleh pengemudi untuk kembali ke jalan setelah meninggalkan jalan sebelum menabrak pagar. Biasanya pengemudi tidak melaju di dekat pagar, jadi standar minimal yang umum harus disediakan bila tidak diperlukan bahu jalan. Misal di sisi kanan jalan satu arah, atau jika jarak tambahan tidak dapat disediakan. Pagar yang ditempatkan di sisi dalam tikungan dapat membatasi jarak pandang, khususnya ketika digunakan pagar beton. Karena itu, mungkin dibutuhkan jarak lebih besar di sisi dalam tikungan untuk memperbaiki garis pandang.

Persyaratan pagar kaku sedikit berbeda. Lokasinya harus kurang dari 4 m dari lajur terdekat untuk meminimalkan risiko kendaraan lepas kendali menabrak pada sudut besar. Pagar kaku sangat berbahaya jika ditabrak pada sudut besar karena tidak

Tabel 3.2 Jarak dari Tepi Lajur Lalu Lintas ke sisi muka Pagar Keselamatan

Standar	Jarak (m)
Minimum yang diperlukan	3.0 to 4.0
Minimum	1.0
Minimum mutlak	0.6

mampu berdefleksi sehingga dapat mengakibatkan cedera parah pada penumpang kendaraan. Sebagai panduan pagar kaku harus diletakkan sedekat mungkin ke jalan selama keadaan memungkinkan, sedangkan pagar fleksibel dan semikaku sejauh mungkin.

Selama keadaan memungkinkan, jalan dan bahu jalan menuju pagar harus diaspal. Hal ini meminimalkan biaya pemeliharaan—tidak perlu mencabuti rumput yang tumbuh di depan pagar tapi yang lebih penting meningkatkan performa pagar saat ditabrak. Kendaraan lepas kendali perlu menabrak pagar pada ketinggian yang benar. Jika area di depan pagar merupakan area lembek dan berlumpur, kendaraan berisiko menabrak pagar terlalu rendah dan berakibat cedera lebih parah.

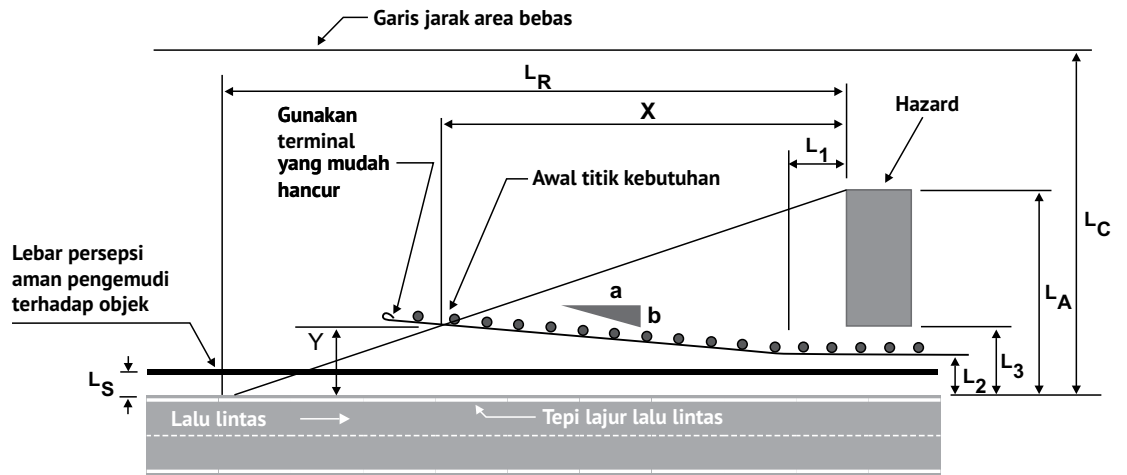
3.5.4 Panjang pagar untuk menutupi hazard

Ketika merancang pagar keselamatan untuk menutupi hazard ditepi jalan, panjang kebutuhan (length of need/ LoN) adalah salah satu faktor yang penting. LoN adalah panjang minimal dari pagar keselamatan yang dibutuhkan untuk menjamin hazard tertutupi untuk kendaraan lepas kendali yang melaju keluar jalan.

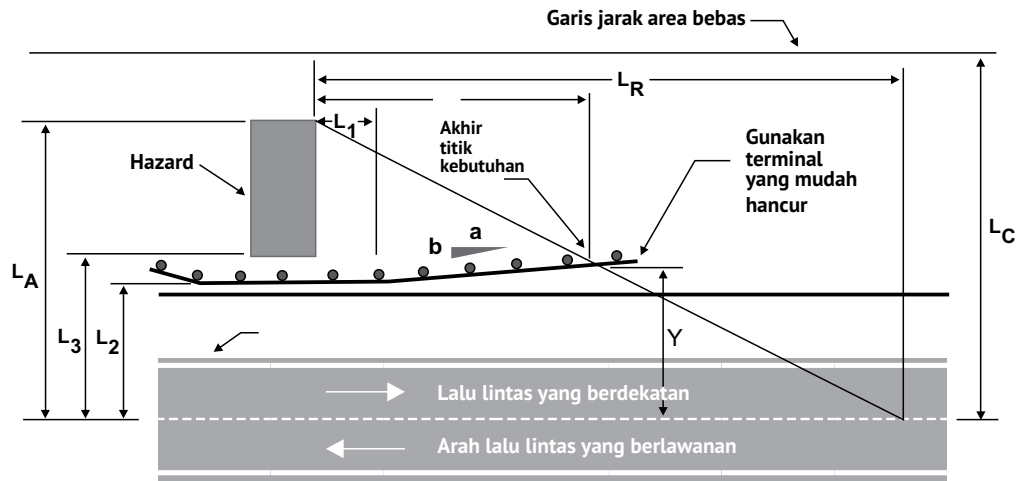
Gambar 3.5 memperlihatkan panjang kebutuhan yang diukur dari ujung akhir halangan ke titik tertentu dimana kendaraan diasumsikan akan meninggalkan lajunya dan umumnya tidak termasuk terminal pagar.

Jarak antara tepi lajur dan pagar keselamatan memengaruhi oleh panjang kebutuhan. Semakin jauh jarak pagar dari jalan akan memperpendek pagar keselamatan serta biaya pemasangan dan perawatan lebih murah.

Diperlukan suatu perhitungan untuk menentukan panjang pagar yang langsung berdekatan dengan lajur lalu lintas. Untuk lalu lintas yang berlawanan pada jalan dua arah, panjang kebutuhan longitudinal pagar keselamatan juga harus dihitung dengan cara yang sama. Semua jarak lateral diukur dari tepi lajur lalu lintas yang paling dekat ke hazard.



(a) Menentukan awal titik kebutuhan



(b) Menentukan akhir titik kebutuhan

- Catatan :
- X : panjang yang dibutuhkan
 - L1 : panjang tangen pagar sebelum hazard
 - L2 : jarak lateral pagar dari tepi jalur lalu lintas
 - L3 : jarak dari tepi jalur lalu lintas menuju titik hazard terdekat
 - Lc : jarak area bebas
 - LR : panjang terjauh di mana pengemudi masih bisa menabrak hazard (run out) untuk rancangan barrier
 - Ls : garis persepsi aman
 - LA : panjang lateral hazard (tepi lajur lalu lintas ke ujung akhir hazard)

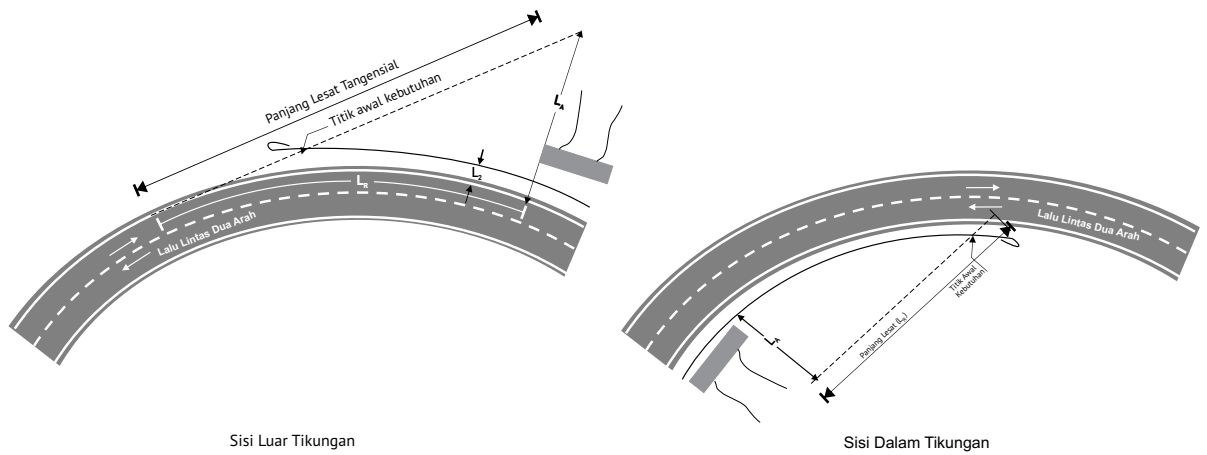
Gambar 3.14 Panjang Kebutuhan

Tabel 3.3 Panjang Kebutuhan

Kecepatan Rencana (km/jam)	Panjang Lesat L_A (m)	Jarak tepi lajur II ke Garis Persepsi Aman* (L_S) (m)	L_1 (m)	L_2 (m)	L_3 (m)	L_c (lihat Gambar 2.1) (m)	X^{**} Panjang Kebutuhan (m)
100	100	3.00	7.50	3.25	4.25	6.00	42.50
80	75	2.00	7.50	2.25	3.25	4.25	37.50
60	50	1.50	7.50	1.75	2.75	3.00	32.50

Catatan :
 * Garis Persepsi Aman adalah jarak dari garis tepi lalu lintas menuju objek pada jalan yang mana objek tersebut dianggap tidak mengganggu lalu lintas. Pagar keselamatan harus diletakkan di luar dari garis persepsi aman.

**X ditetapkan dengan asumsi lebar obyek (L_A-L_3) sebesar 1 meter.
 X harus dibulatkan ke atas pada jumlah genap dari jarak tiang, untuk pagar keselamatan semi kaku, contohnya 2.5 m.

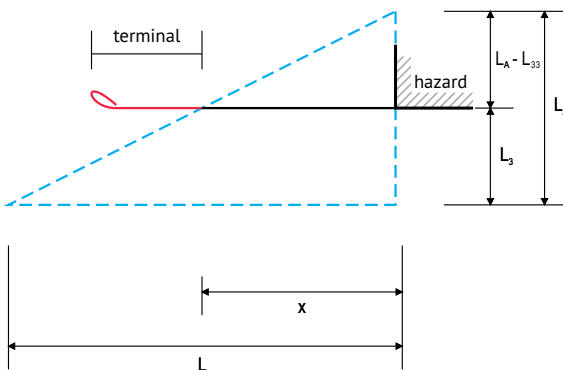


Gambar 3.15 Panjang Kebutuhan pada Tikungan

Panjang kebutuhan untuk beberapa contoh pada jalan lurus dengan berbagai kecepatan rencana dan volume lalu lintas diperlihatkan pada table 3.3.

Untuk sisi luar lengkung horizontal diasumsikan bahwa kendaraan yang lepas kendali akan mengikuti lintasan tangent 'run out' jika area di luar jalan adalah datar dan dapat dilalui. Jarak dari tepi luar hazard (atau area bebas jika sesuai) terhadap titik tangen pada lengkung digunakan untuk menentukan panjang kebutuhan yang memadai dari pagar keselamatan seperti ditunjukkan dalam gambar 3.3. Bergantung dari jari-jari kurva, pembengkokan ke belakang dari pagar keselamatan tidak diperlukan tetapi perlu terminal yang memadai.

Untuk sisi dalam lengkung horizontal, panjang kebutuhan pagar keselamatan didasarkan dari perkiraan kendaraan yang keluar dari tepi lajur lalu lintas ke belakang hazard dengan asumsi kendaraan keluar jalan sebelum atau di titik mulai, diharapkan mampu berhenti sebelum menabrak hazard atau melewati di belakang hazard. Lintasan kendaraan setelah 'titik mulai' ini, akan ditutupi terhadap hazard.



Gambar 3.17 Penyederhanaan penentuan panjang yang dibutuhkan

3.5.5 Panjang Minimal Pagar Keselamatan

a. Pagar keselamatan semi-kaku dan fleksibel

Pagar keselamatan semi kaku dan fleksibel sangat bergantung pada kuat tarik untuk menahan kendaraan yang menabrak dan mendistribusi gaya ke sejumlah tiang sepanjang pagar keselamatan. Terkait persyaratan panjang kebutuhan pada lokasi tertentu, panjang minimal untuk kedua tipe pagar keselamatan tersebut adalah 20 meter ditambah terminal ujung yang memadai (total panjang tipikal minimal 30 m). Panjang minimal dapat bervariasi tergantung desain dan tipe terminal, maka perlu mencari informasi dari produsennya jika pertimbangan desain akan menggunakan sangat pendek.



Gambar 3.16 Pagar keselamatan untuk hazard tiang ini tidak efektif untuk kendaraan yang keluar jalan pada tipikal sudut (sampai dengan kira-kira 22 derajat). Panjang pagar juga tidak memadai. Tiang yang frangible (jatuh tidak membahayakan jika ditabrak) akan lebih memadai. Saluran yang dapat dilalui kendaraan akan lebih lunak dan berkeselamatan bagi kendaraan yang lepas kendali.

Tabel 3.4 Panjang Lesat/Run-out untuk Desain Barrier

Kecepatan Rencana (km/jam)	Panjang Lesat L_R (m) untuk kisaran LHR			
	>6000	2000 - 6000	800 - 2000	<800
100	130	120	105	100
90	110	105	95	85
80	100	90	80	75
70	80	75	65	60
60	70	60	55	50
50	50	50	45	40

b. Pagar Keselamatan Kaku/Beton

Terkait dengan persyaratan panjang kebutuhan pada lokasi tertentu untuk menutupi hazard, tidak ada panjang minimal untuk pagar keselamatan kaku. Panjangnya ditentukan berdasarkan perlunya menutupi hazard ditambah dengan terminal ujung yang memadai.

“Ujung terminal berbentuk ‘ekor ikan’ atau berujung datar, dapat melukai dan membunuh penumpang mobil dan pengendara sepeda motor, oleh karena itu jangan gunakan.”

3.6 Terminal ujung yang berkeselamatan

3.6.1 Pentingnya Terminal yang berkeselamatan

Ujung dari pagar keselamatan merupakan obyek yang sangat berbahaya bila tertabrak kendaraan yang lepas kendali. Pada beberapa kejadian kecelakaan, ujung pagar dapat menusuk masuk ke dalam kendaraan.

Dalam upaya peningkatan keselamatan dengan memasang pagar, kadang-kadang dapat membuat situasi menjadi lebih buruk jika tidak memperhatikan penggunaan terminal yang benar dan berkeselamatan.

Misalnya, dengan pagar beton, ada defleksi minimal. Pagar beton tidak akan bergerak/berpindah, dan tes tabrakan telah menunjukkan bahwa kendaraan yang menabrak akan berhenti tiba-tiba pada saat menabrak ujung pagar. Pagar juga dapat menembus ke dalam kendaraan – kadang-kadang sampai ke bagian penumpang. Sifat pagar yang kaku dan tidak adanya kemampuan untuk menyerap energi dan untuk melambat dengan cara aman menandakan bahwa ujung pagar ini harus ditutupi dengan terminal yang aman. Oleh karena itu penanganan ujung yang memadai perlu dilakukan untuk memperkecil potensi cedera serius bagi penumpang kendaraan.

Jenis terminal yang digunakan bergantung pada jenis pagar dan lokasinya. Apakah ada ruang untuk pembengkokan pagar, apakah ada ruang di belakang terminal untuk area keluar jalan ‘lesat/run out’? Apakah bantalan tabrakan merupakan pilihan terbaik?

Terminal yang dirancang dengan baik memberikan perlambatan terkendali pada kendaraan yang menabrak sampai di bawah nilai rekomendasi yang menyebabkan cedera pada penumpang kendaraan. Terminal tersebut juga mampu memastikan bahwa kendaraan tidak tertusuk, tidak loncat, tersangkut atau berguling pada saat kecelakaan. Sebaiknya terminal harus dibengkokkan keluar dari arah arus lalu lintas yang mendekat dan berakhir di luar batas area bebas. Namun, terminal yang tersedia tidak mewajibkan adanya pembengkokan.

Berbagai jenis terminal tersedia secara komersial yang memberikan fitur keselamatan jalan yang diperlukan untuk ujung pagar. Sedangkan biaya terminal yang dirancang dengan baik akan menambah biaya pagar, manfaatnya secara signifikan akan lebih besar



Gambar 3.18 Terminal yang tidak aman dapat membunuh dan menghancurkan kendaraan.

daripada biaya yang dikeluarkan jika ujung pagar dapat mencegah cedera serius atau kematian pada penumpang kendaraan. Spesifikasi pabrik untuk setiap terminal yang akan digunakan, harus diikuti untuk memenuhi standar kinerja yang tepat.

Terminal yang baik juga harus dipasang di akhir/ujung pagar jika ujungnya berada dalam area bebas untuk lalu lintas yang berlawanan pada jalan dua arah.

3.6.2 Terminal untuk pagar semi-kaku

Terminal untuk pagar keselamatan semikaku berguna sebagai angker untuk ujung pagar dan menutupi ujung batang baja profil yang dapat menjadi obyek berbahaya jika ditabrak oleh kendaraan.

Berbagai jenis terminal dirancang untuk fungsi yang berbeda-beda terhadap kendaraan yang lepas kendali :



Gambar 3.19 Terminal pagar semikaku yang membengkok. Bahu jalan harus diperkeras ke pagar keselamatan - hal ini berlaku untuk sebagian besar panjang tapi terminal yang membengkok ke luar dari sisi jalan harus juga memiliki bahu jalan yang diperkeras.

- Terminal Gerbang (*gating terminal*). Terminal ini dirancang agar memungkinkan kendaraan lepas kendali, menabrak dan melewati terminal dan berhenti di area lari-luar jalur, sebelah luar terminal, sehingga perlu disediakan area lintasan bebas bahaya,. Berdasarkan uji-tabrak untuk kecepatan 100 km/jam, area lintasan ini, panjang minimal harus 20 m sejajar pagar dan lebar 6 m di belakang pagar dengan kemiringan maksimal 10:1.
- Terminal non-Gerbang (*Non-gating*). Terminal jenis ini tidak memungkinkan kendaraan melewati terminal, serta dirancang untuk menahan benturan dan menghentikan kendaraan, atau mengarahkannya kembali sepanjang pagar. Jenis terminal ini cocok untuk kondisi adanya hazard di belakang terminal, di mana kendaraan tidak boleh nasuk atau di mana tidak mungkin memperpanjang pagar untuk menyediakan terminal gerbang/gating.
- Terminal kembali-arah. Terminal jenis ini memiliki kemampuan untuk mengubah lintasan kendaraan secara terkendali setelah tabrakan.
- Terminal non-kembali arah. Terminal jenis ini menahan energi dari sebuah kendaraan yang menabrak dan bekerja efektif bila ditabrak ujungnya. Tipikal terminal ini bantalan tabrakan, termasuk yang terbuat dari wadah yang diisi pasir. Bila tabrakan terjadi pada sisi bantalan atau wadah pasir, kendaraan akan berhenti atau melambat tanpa pengalihan/ kembali arah dari lintasannya.

Terminal dapat dirancang membengkok (*flared*) atau tidak (terhadap jalan) di titik awal/pendekat. Pengemudi tidak akan menganggap pagar sisi jalan sebagai suatu bahaya jika melihat pagar secara bertahap melalui penggunaan bagian pagar yang membengkok.



Gambar 3.20 Terminal pagar yang tidak membengkok. Pagar keselamatan ini hampir berada di atas dari sisi depan kerb. Dibutuhkan minimal 1 meter jarak ke pohon (untuk defleksi)

Terminal yang membengkok tersebut diperlukan apabila pagar berada dekat dengan jalan atau berfungsi sebagai transisi terhadap hazard besar yang dekat dengan jalan.

Contoh tipikal adalah tembok sayap jembatan, atau pilar beton pada median panjang. Namun, terminal membengkok membutuhkan ruang yang lebih besar dan mungkin tidak mudah dilakukan pada badan jalan sempit. Pengaruh adanya kerb pada pergerakan kendaraan, terminal membengkok umumnya tidak digunakan di belakang kerb pagar. Tipe-tipe terminal yang biasanya digunakan untuk pagar keselamatan baja adalah termasuk *breakaway cable terminal* (BCT), *modified eccentric loader terminal* (MELT), dan *breakaway cable terminal* (SBCT). Ini masih hal yang cukup baru. Karena itu, informasi tentang cara yang benar untuk memasangnya harus diperoleh dari produsen/pabriknya.

3.6.3 Terminal untuk pagar kaku (pagar beton)

Pilihan yang tersedia dalam mempertimbangkan perlindungan terhadap ujung pagar beton, meliputi :

- Pagar semi kaku baja profil-W dengan sambungan terminal untuk menutupi ujung pagar keselamatan beton. Pagar baja perlu direkatkan ke beton supaya pagar berkesinambungan dengan baik untuk mencegah 'tersangkut'. Pilihan ini dapat digunakan pada awal/pendekat pagar beton yang panjang atau untuk awal/masuknya ke tembok sayap jembatan, terutama ketika lereng timbunan juga memerlukan pagar keselamatan;
- Pembengkokkan pagar keluar dari arah lalu lintas sampai setelah area bebas;
- Pembengkokkan pagar keluar dari lalu lintas dan menanam ujung pagar dekat lereng galian;
- Menutupi ujung pagar dengan bantalan tabrakan (attenuator)



Gambar 3.21 Terminal non-bengkok untuk pagar profil - W.

- Drum/wadah yang diisi pasir mungkin pilihan berbiaya yang lebih rendah dibandingkan attenuator. Jika produk ini akan dipakai, kinerja benturannya perlu diketahui dari pemasok/ produsen;
- Menutupi ujung pagar dengan sistem pagar plastik berisi air, terutama ketika digunakan sebagai pagar sementara untuk pekerjaan jalan.

Ujung yang landai atau miring (masuk ke dalam tanah) tidak bisa diterima sebagai terminal pagar kaku. Sedangkan terminal yang sering dipakai, dengan ujung yang tumpul, terminal dengan ujung yang miring sangat berpotensi melemparkan kendaraan yang menabrak dan meningkatkan risiko kendaraan 'terbang' atau terguling.

3.6.4 Terminal untuk pagar fleksibel

Terminal pagar dengan kabel baja disesuaikan dengan spesifikasi pagar kabel baja dari produsen. Terminal pagar kabel baja perlu dipertimbangkan sebagai bagian integral dari sistem pagar untuk menjaga kabel tetap kencang.

Angker ujung sebaiknya mudah patah dan mudah lepas dari blok angker bila ditabrak oleh kendaraan.

Kabel pendek keselamatan dipasang untuk memastikan kawat baja yang tidak disatukan, tidak berbahaya untuk lalu lintas. Kendaraan yang menabrak ujung pagar kawat baja akan ke atas kabel dan ditahan bersamaan dengan robohnya tiang penyokong kawat baja. Kabel baja akhir akan terlepas secara vertikal jika sistem ditabrak dari arah yang berlawanan oleh lalu lintas pada jalan dua arah.



Gambar 3.22 Sebuah bantalan tabrakan digunakan untuk menutupi dinding beton di jalan bebas hambatan berkecepatan tinggi.



Gambar 3.23 Pagar keselamatan kabel baja, dengan ujung terminal di kejauhan

3.6.5 Terminal dengan bantalan tabrakan

Bantalan tabrakan dirancang untuk menyerap energi dari kendaraan yang menabrak dan bertahap akan melambat secara terkendali untuk berhenti. Tipe ini sesuai untuk digunakan dalam situasi di mana kemungkinan akan ditabrak pada bagian depan oleh kendaraan, yaitu di lokasi mana obyek tetap tidak dapat ditangani dengan jenis terminal lain atau dengan transisi ke jenis pagar lain.

Lokasi tipikal meliputi :

- Ujung pagar median beton;
- Pilar jembatan;
- Hazard di simpang bercabang pada jalan bebas hambatan/tol;

Bantalan tabrakan harus dipasang sesuai dengan spesifikasi produsen. Bantalan tabrakan yang lolos uji yang harus dipilih dan saran ahli diperlukan untuk

penggunaan khusus. Meskipun bantalan tabrakan relatif mahal, tetapi biaya sepadan dengan dapat dicegahnya korban cedera serius. Hal ini adalah pertimbangan penting. Meskipun pemasangan bantalan tabrakan mengeluarkan biaya, tapi masyarakat mendapat manfaat dari pekerjaan ini. Ini adalah salah satu hal yang nyata dalam rekayasa keselamatan jalan.

3.7 Penggunaan khusus pagar keselamatan

3.7.1 Penyambungan pagar keselamatan dengan Jembatan

Parapet jembatan berupa tembok beton dapat mengakibatkan kecelakaan fatal bila ditabrak kendaraan lepas kendali. Oleh karena itu, pagar keselamatan perlu disediakan. Transisi dari pagar keselamatan ke parapet jembatan harus memberikan :



Gambar 3.24 Ujung pagar beton ditutupi dengan Bantalan Tabrakan.

Terminal yang ditanam masuk tanah dikembangkan dan diperkenalkan pada tahun 1970an untuk mencegah penumpang kendaraan tertusuk oleh "profil baja/rail". Bentuk "*ekor-ikan/fish tail*" atau "*sendok*" merupakan perbaikan dari terminal yang ditanam. Tetapi pengalaman lapangan dan pengujian menunjukkan bahwa dengan menggunakan terminal yang ditanam ini, kendaraan dapat terguling atau terlontar pada kondisi benturan berkecepatan tinggi.

Berdasarkan hasil uji tabrakan dan dari pengalaman lapangan, untuk saat ini direkomendasikan melarang penggunaan model terminal "*fish tail*" atau "*sendok*" juga terminal yang ditanam, pada ujung awal untuk pagar beton atau profil baja pada jalan dengan kecepatan operasi lebih dari 80 km/jam.

Untuk instalasi baru, hanya akan ditentukan kriterianya, terminal yang tidak berbahaya jika tertabrak, yang memenuhi persyaratan pengujian yang sesuai, seperti NCHRP 350, MASH atau EN 1317 (atau terkini).

Terminal yang ditanam dan "*fish tail*" masih bisa dipakai untuk ujung akhir pagar lalu lintas di jalan raya terbagi dan di lokasi di mana benturan berkecepatan tinggi pada ujung akhir tidak akan terjadi.



Gambar 3.25 Dua bantalan tabrakan "punggung ke punggung" menutupi tiang rambu besar di median sempit



Gambar 3.26 Sambungan pada sisi depan awal dari pagar baja profil-W ke parapet kaku jembatan.

- Permukaan menerus agar kendaraan dapat dikendalikan tanpa terjepit. Oleh karena itu, ujung pagar, tiang, dan benda tajam pada komponen bentuk pagar atau kerb harus dihindari.
- Kekuatan dan kekakuan dari pagar keselamatan pendekat membutuhkan transisi yang mulus dari pagar keselamatan yang lebih fleksibel ke pagar keselamatan kaku untuk menghindari efek terjepit pagar keselamatan fleksibel (*pocketing*);
- Kontinuitas gaya tarik, pagar semi kaku harus menempel tersambung pada beton.

Perbandingan kinerja pengaturan transisi pagar keselamatan yang memadai dan tidak, dapat dilihat pada gambar dibawah.

Sambungan dari pagar keselamatan semi kaku ke pagar keselamatan kaku membutuhkan transisi yang cukup kaku untuk memastikan bahwa kendaraan dapat meluncur sepanjang pagar keselamatan dan tidak menabrak ujung parapet di sambungan atau tiba-tiba 'dibrok' oleh ujung parapet (pagar kaku).

Pengaturan transisinya adalah membuat kaku secara progresif pada pagar baja profil-W dengan jarak pendek yang menuju pagar kaku. Tambahan kekakuan tersebut diwujudkan dengan jarak antar tiang pagar yang lebih dekat (1,0 atau 1,25 m) dan dapat pula dengan membuat dua lapis pagar baja profil-W. Contoh dan detail dari pagar baja profil-W yang tersambung dengan parapet jembatan dapat dilihat berikut ini dan pada bagian E.

3.7.2 Transisi antara jenis pagar keselamatan yang berbeda

Ketika ada penyambungan antara dua jenis pagar keselamatan yang berbeda, perlu dilakukan transisi untuk memastikan kontinuitas pagar dan kinerjanya saat terjadi tabrakan. Transisi diwujudkan dengan

menumpuk ujung awal dan akhir masing-masing jenis pagar, tidak termasuk panjang terminal jika menggunakan terminal gerbang/gating.

Pagar keselamatan dengan defleksi paling besar ditumpukkan pada bagian depan pagar dengan defleksi yang lebih kecil. Transisi antara pagar fleksibel dengan pagar semi kaku dapat dilakukan dengan menumpukkan pagar fleksibel di depan pagar baja profil-W. Kendaraan lepas kendali yang meluncur sepanjang pagar keselamatan fleksibel akan beralih ke pagar semi-kaku dan terus meluncur sepanjang pagar hingga kecepatannya berkurang. Transisi dari pagar keselamatan semi kaku ke pagar keselamatan kaku dilakukan dengan membuat kaku pagar semi kaku pada daerah transisi.

Transisi dari pagar keselamatan fleksibel ke pagar beton dilakukan dengan cara yang serupa, yaitu dengan menumpuk akhir dari pagar keselamatan fleksibel dengan awal dari pagar keselamatan kaku. Tiang dari pagar keselamatan fleksibel dipasang semakin berdekatan ketika mulai mendekati pagar keselamatan kaku untuk mengurangi defleksi dan mengantisipasi kendaraan yang melaju menabrak akhir dari pagar keselamatan kaku.

3.7.3 Area 'tanduk/gore' pada jalan bebas hambatan

Area tanduk/gore pada ramp keluar jalan bebas hambatan adalah lokasi berbahaya di mana kendaraan memisah untuk keluar dari jalan bebas hambatan, sementara kendaraan yang lain masih melanjutkan perjalanan pada jalan bebas hambatan tersebut. Kebingungan pengemudi dapat menyebabkan pengambilan keputusan pada 'detik terakhir' yang dapat mengakibatkan kendaraan keluar dari jalur.

Infrastruktur pada daerah tanduk/gore antara lain tiang tiang yang berpotensi bahaya atau ujung terminal pagar yang berada dekat dengan jalur lalu lintas dan akan menimbulkan bahaya jika tertabrak oleh kendaraan yang lepas kendali. Kecepatan lalu lintas pada jalan bebas hambatan menambah tingginya risiko keselamatan. Desain yang paling cocok untuk daerah 'tanduk/gore' adalah area bebas hazard. Area tersebut antara lain harus datar tanpa struktur tiang rambu atau ujung pagar yang berbahaya. Perambuan tanda keluar jalan harus disediakan dengan tiang rambu petunjuk arah keluar pada kedua sisi jalan atau pada tiang gantri sebelum ramp keluar. Hal ini untuk mencegah pemasangan struktur rambu pada daerah 'tanduk'.

Bantalan tabrakan dapat pula digunakan untuk menutupi ujung pagar beton atau hazard kaku lainnya.

3.7.4 Median bukaan pagar keselamatan pada jalan kecepatan tinggi volume tinggi

Ada saat ketika diperlukan untuk menyediakan bukaan yang berkeselamatan pada pagar median di jalan berkecepatan tinggi, yaitu memfasilitasi kendaraan darurat untuk melintasi median. Perlu dipertimbangkan masak-masak, bahwa bukaan seperti ini hanya diperbolehkan sebagai usaha alternatif terakhir. Pilihan yang lebih baik adalah jalan layang/terowongan/persimpangan besar sehingga kendaraan darurat dapat masuk pada kedua jalur dalam waktu singkat.

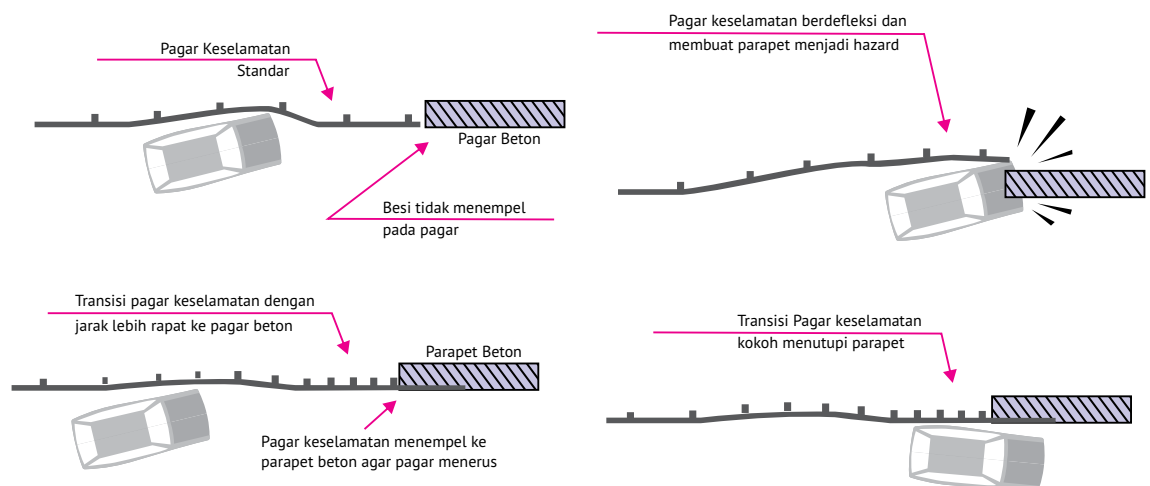
Namun, jika sangat diperlukan penyeberangan median, perlu dirancang dengan sangat hati-hati. Juga harus dibatasi hanya untuk kendaraan darurat saja. Sangat tidak aman jika kendaraan lain menggunakan bukaan tersebut sebagai fasilitas putaran-U. Ketika akses antar kedua jalur diperlukan untuk keadaan darurat, akan menciptakan lokasi di mana ujung pagar dapat menjadi hazard.

Pada median lebar- 6 meter atau lebih – bukaan median dan terminal pada satu sisi median ditutupi dengan menumpuk pagar di sisi lain (overlap). Hal ini akan meminimalkan kemungkinan kendaraan yang lepas kendali melintas pada jalur yang salah atau menabrak ujung pagar. Untuk median dengan pagar baja profil-W, pagar harus menumpuk (overlap) sehingga tidak ada kemungkinan kendaraan yang lepas kendali menabrak sisi belakang dari pagar dekat jalur yang berlawanan.

Di lokasi median yang sempit dengan pagar keselamatan semi kaku, perlu memasang 'pintu bukaan' pada lokasi di mana perlintasan/penyeberangan darurat dibutuhkan. Transisi yang cocok antara tipe pagar yang berbeda sangatlah penting. Pada beberapa kasus, dapat pula disediakan jeda pada pagar jika ujung pagar dilengkapi dengan terminal dan patok/bollard yang mudah 'patah', dipasang untuk menghalangi kendaraan lain melintasinya.

Pada median dengan pagar beton, pelintasan antar jalur dapat disediakan dengan balok pagar baja yang diperkuat yang menggantikan sebagian pagar beton. Jika dibutuhkan, balok pagar baja dapat dibuka/digeser untuk menyediakan 'bukaan' pada median. Fasilitas pelintasan median darurat untuk pagar beton umumnya produk hak cipta dan perlu dirancang dan dipasang sesuai dengan spesifikasi pabrik. Pagar harus diuji-tabrak untuk memastikan kinerjanya.

Bukaan median yang disediakan dengan menciptakan celah pada pagar beton hanya boleh digunakan jika terminal pagar yang memadai atau bantalan tabrakan, dipasang untuk menutupi ujung pagar dan jika risiko kendaraan yang lepas kendali melintasi antar jalur melalui celah ini, rendah. Penggunaan terminal beton berlereng dapat mengakibatkan kendaraan berkecepatan tinggi terguling atau meluncur di udara.



Gambar 3.27 Perbandingan kinerja dari pengaturan transisi dua jenis pagar keselamatan.



Gambar 3.28 Pagar baja yang telah memenuhi persyaratan uji internasional dan dapat digeser dari lokasi ini dalam waktu sekejap untuk menciptakan bukaan pada median pagar kaku.



Gambar 3.29 Bukaan median pada jalan bebas hambatan baru ini, memiliki ujung pagar menaik yang tidak aman. Median ini juga dapat digunakan sebagai putarn-U karena patok/bollard int mudah dipindahkan. Pagar baja (lihat gambar sebelumnya) pada bukaan tersebut direkomendasikan sebagai pilihan yang lebih aman.

Patok/bollard yang dipasang pada bukaan untuk menghalangi kendaraan lain melintas, harus mudah patah. Kendaraan operasional pemeliharaan tidak boleh menggunakan lintasan ini kecuali pada keadaan darurat.

3.8 Pagar Sementara

Ada saat bila mana perlu menggunakan pagar sementara atau keperluan jangka pendek seperti saat ada perbaikan jalan atau penutupan sebagian jalan karena alasan tertentu. Hal pertama yang harus dilakukan bila menggunakan pagar ini adalah harus memastikan berkeselamatan. Pagar jangan menimbulkan hazard bagi pengguna jalan.

Hampir semua pagar sementara dibuat dari beton karena dapat diangkat dan dipasang secara cepat dan efisien. Sekarang juga tersedia pagar sementara dari

baja. Pagar baja menawarkan alternatif yang baik dibandingkan pagar beton untuk penggunaan sementara, khususnya pada lokasi pekerjaan jalan. Juga tersedia pagar plastik berisikan air untuk pagar sementara. Beberapa dari jenis ini berfungsi hanya sebagai delineator – dan tidak memenuhi standar uji tabrakan. Jadi berhati-hatilah dalam memilihnya. Gunakan hanya pagar plastik yang memenuhi uji tabrakan (TL-2 atau yang lebih tinggi) sebagai pilihan.

Apapun jenis pagar sementara yang akan dipilih, kunci utama dalam memastikan bahwa pagar tidak menjadi masalah keselamatan adalah sebagai berikut :

- Pastikan bahwa pagar sementara terpasang dengan benar dan tersambung dengan kokoh.
- Jangan menggunakan blok beton satu-satu sebagai pagar. Blok-blok ini yang dipasang berdekatan dapat menjadi hazard dan biasanya tidak bersambungan atau tidak tersambung dengan kokoh. Blok-blok beton satu-satu ini BUKAN pagar keselamatan tetapi merupakan hazard sisi jalan, jadi sebaiknya tidak digunakan.
- Pastikan panjang minimal pagar sementara sesuai dengan kecepatan operasional lalu lintas. Panjang minimal umumnya 30 meter (ditambah terminal)– terkadang lebih panjang sesuai dengan alasan penggunaan pagar.
- Jika menggunakan pagar plastik berisi air, pastikan air diisi sesuai petunjuk dari pabrik pembuatnya. Setiap bagian harus terhubung dengan bagian sebelahnya (sama dengan pagar sementara beton atau baja).
- Pastikan bahwa pagar sementara memiliki terminal yang berkeselamatan. Hal ini merupakan tantangan yang tersulit pada pagar sementara. Ada beberapa pilihan – jadi jangan menempatkan pagar sementara tanpa memasang terminal secara berkeselamatan setidaknya pada awal pagar. Pilihan yang ada termasuk :
 - Membengkokkan ujung pagar menjauhi jalan hingga di luar area bebas
 - Menempatkan terminal berisikan air di kedua ujung sesuai dengan petunjuk pabrik pembuat.
 - Memasang peredam tabrakan sementara (bantalan tabrakan). Perlengkapan ini mahal, tetapi dapat digunakan berulang kali. Alat ini memberikan tingkat keselamatan yang sangat baik. Terdapat berbagai jenis bantalan tabrakan yang dapat digunakan.

Perhatikan apakah terdapat masalah dengan drainase akibat pemasangan pagar. Tidak diharapkan terjadi genangan air dipinggir pagar. Salah satu pilihan adalah menggunakan pagar sementara yang kalau diletakkan memiliki lubang kecil didasarnya sehingga air hujan dapat mengalir di permukaan jalan dan melewati lubang kecil dibagian bagian bawah pagar.



Gambar 3.30 Balok beton ini tidak berkeselamatan. Balok beton ini TIDAK boleh digunakan di jalan.



Gambar 3.31 Balok beton ini memberikan delineator yang baik tetapi merupakan bahaya apabila tertabrak. Balok ini tidak memiliki kapabilitas untuk mengembalikan arah kenderaan dan tidak disarankan digunakan sebagai pagar keselamatan.



Gambar 3.32 Kedua pagar kaku sementara terpasang dengan baik dan tersambung dengan kokoh. Setiap balok memiliki "kaki" didasarnya sehingga air hujan dapat mengalir di bawahnya.



Gambar 3.33 Setiap bagian pagar beton sementara tersambung dengan kokoh membentuk pagar menerus. Lubang kecil dibawahnya memungkinkan aliran air dapat melalui pagar sehingga mereduksi genangan air di jalan.



Gambar 3.34 Ujung dari pagar beton sementara yang tumpul ini digeser ke luar area bebas (area bebas kira kira 3 meter dari tepi lajur terdekat). Ini merupakan pilihan yang berkeselamatan untuk ujung pagar sementara.



Gambar 3.35 Pagar beton sementara telah tersambung dengan baik. Namun ujung dari pagar ini adalah hazard bagi penumpang kenderaan yang lepas kendali. Pagar permanen di belakangnya bahkan dapat mengarahkan kenderaan lepas kendali pada ujung tumpul ini.



Gambar 3.36 Bantalan tabrakan berbiaya murah merupakan salah satu opsi sebagai terminal berkeselamatan pagar kaku sementara.



Gambar 3.37 Pagar berisi air tersambung dengan benar sehingga melindungi pekerjaan di jalan. Batas kecepatan dikurangi untuk meminimalkan risiko. Ujung pagar dibengkokkan ke luar area bebas agar ujung pagar tidak menjadi hazard.



Gambar 3.32 Kedua pagar kaku sementara terpasang dengan baik dan tersambung dengan kokoh. Setiap balok memiliki "kaki" dasarnya sehingga air hujan dapat mengalir di bawahnya.



Gambar 3.33 Setiap bagian pagar beton sementara tersambung dengan kokoh membentuk pagar menerus. Lubang kecil di bawahnya memungkinkan aliran air dapat melalui pagar sehingga mereduksi genangan air di jalan.

Bagian D

Manajemen Hazard Sisi Jalan



“Konsep 'area bebas' bermanfaat bagi semua pengguna jalan, termasuk pengendara motor. Area Bebas menyediakan daerah yang bebas dari gangguan sisi jalan”.



4.1 Pengantar

Manajemen Hazard sisi jalan harus dipertimbangkan untuk jalan eksisting ataupun jalan baru. Permasalahan keselamatan pemakai jalan yang keluar dari jalan adalah satu dari sekian banyak tanggung jawab perencana jalan dan mungkin salah satu dari yang paling sering dilupakan.

Pengemudi/pengendara dapat keluar dari jalan karena alasan berikut :

- Kelelahan berkendara
- Kesalahan atau kelalaian pengemudi
- Kecepatan terlalu tinggi
- Pengaruh alkohol atau obat
- Kondisi jalan
- Kerusakan kendaraan
- Kondisi cuaca
- Hal tidak terduga, seperti binatang yang sedang melintasi jalan

Tidak pernah bisa diyakini di mana, kapan atau mengapa kendaraan keluar dari jalan, dengan demikian, harus sangat diperhatikan dalam rekayasa keselamatan jalan. Beberapa lokasi memiliki risiko kendaraan keluar jalan lebih tinggi daripada yang lain (misalnya sisi luar tikungan setelah tanjakan panjang). Namun, pengemudi/pengendara dapat keluar dari jalan di mana saja, jadi perlu diupayakan sistem jalan yang dapat memaklumi kesalahan pengguna jalan.

Semua orang tua memahami bahwa anak kecil membuat banyak kesalahan saat bertumbuh. Orang tua tahu bahwa anak umur 3 tahun senang bermain ayunan. Namun, orang tua juga tahu bahwa adakalanya anak umur 3 tahun jatuh dari ayunan. Jadi, orang tua yang bijak tidak akan pernah membiarkan anaknya bermain di ayunan yang berada di atas permukaan beton atau permukaan berbahaya lain.

Permukaan seperti itu dapat menimbulkan cedera parah pada anak-anak. Dengan cara yang sama, ahli rekayasa keselamatan jalan berusaha menyediakan lingkungan sisi jalan yang memaafkan (*forgiving road*), menyadari bahwa siapa pun, karena alasan apa pun, tiba-tiba bisa saja keluar dari jalan.

Bagian ini menunjukkan banyak contoh hazard sisi jalan. Beragam contoh ini bertujuan untuk membantu pekerjaan keselamatan jalan. dan masalah keselamatan perlu selalu diperhatikan dengan serius di lokasi mana pun dan menggunakan penilaian berdasarkan pengalaman perencana dalam keselamatan jalan.

4.2 Hazard Sisi Jalan

Penyelidikan lokasi yang sering terjadi tabrakan karena “keluar-jalan,” selalu mulailah dengan mengikuti strategi lima langkah (lihat halaman 61).

Permasalahan - apakah jalan itu memiliki delineasi yang baik dan bahu jalan diperkeras untuk membantu kendaraan tetap di jalan?

Berapa besar area bebas tersedia untuk kecepatan operasional dan kepadatan lalu lintas? Apakah ada hazard di dalam area bebas? Dapatkah hazard itu disingkirkan?

Kalau tidak dapat disingkirkan, dapatkah hazard dipindahkan beberapa meter lebih jauh dari jalan untuk mengurangi risiko yang menyebabkan kematian atau cedera?

Kalau tidak dapat dipindahkan, apakah dapat diubah (diperlemah) supaya risikonya terhadap pemakai jalan yang lepas kendali jadi lebih kecil? Misalnya, dapatkah tiang rambu petunjuk arah dibuat lebih lemah supaya roboh bila tertabrak?

Terakhir, jika tidak ada dari pilihan tersebut yang memungkinkan, tipe sistem pagar keselamatan seperti apa yang paling cocok? Bagaimana supaya tepat? Siapa yang akan merancanginya?



Saluran ini merupakan hazard di sisi jalan yang harus ditutupi untuk meningkatkan keselamatan.



Tiang lampu dalam pagar beton ini membuat celah yang dapat menjadi bahaya lekukan jika ditabrak oleh kendaraan berkecepatan tinggi.



Tiang lampu ini dipasang pada bagian atas pagar. Hal ini untuk tetap mempertahankan pagar yang berkesinambungan.

Gambar 4.1 Contoh pagar batas yang berpotensi menjadi hazard sisi jalan

4.3 Area di percabangan (area tanduk) di jalan berkecepatan tinggi

Area tanduk (gore area) di percabangan pada jalur keluar dari jalan berkecepatan tinggi harus tersedia sebagai daerah pemulihan bagi kendaraan yang tidak berhasil memasuki jalur keluar dengan selamat. Pada jalur keluar berkecepatan tinggi sering terlihat pengendara melaju dengan kecepatan tinggi sehingga berpotensi terjadi kecelakaan yang keluar jalan. Karena itu, penting untuk menjaga agar 'area tanduk' bebas dari hazard.

Dimulai dari tahap perencanaan dengan memastikan bahwa 'area tanduk' disediakan seluas mungkin, agar dapat memberi ruang untuk merancang jalur keluar yang berkeselamatan dan membuat area bebas yang lebar. Jangan tempatkan tiang besar penyangga rambu dalam area ini. Jadi, tempatkan rambu di sisi jalan atau jauh ke belakang dalam area tanduk, di luar area bebas. Sebagai alternatif, gunakan rambu yang diletakkan pada tiang yang mudah patah atau dapat bergeser. Pastikan bahwa tidak ada perencanaan untuk saluran terbuka di area ini. Gunakan pipa atau saluran tertutup. Kurangi semua kemiringan jadi maksimal 1:4 atau kurang dari itu. Lakukan semua upaya dalam desain untuk menghindari penggunaan pagar keselamatan.



Apabila terpaksa harus menggunakan pagar, pastikan bahwa pemasangannya benar. Jangan gunakan 'ujung ekor ikan' (fish tail) atau pagar bentuk V dengan ujung yang tajam pada area tanduk. Pertimbangkan menggunakan pagar yang cocok ditempelkan pada bantalan tabrakan dalam area tanduk untuk menutupi hazard, sebagai opsi akhir.

Gambar 4.2 Tiang rambu pada foto di atas berbahaya bagi kendaraan yang lepas kendali.

4.4 Permasalahan pagar keselamatan

Supaya efektif dan berkeselamatan, maka pagar keselamatan harus dipasang dan dipelihara dengan benar. Sejumlah masalah keselamatan dari pagar di sisi jalan, yang umum terlihat adalah :

Ujung pagar keselamatan (terminal) yang tidak berkeselamatan atau tidak adanya terminal – ujung ekor ikan (*fish tail*) dapat menusuk kendaraan. Seperti ini tidak boleh digunakan lagi untuk pembangunan baru dan yang sudah ada harus diganti secara bertahap.

Tinggi/panjang/lebar pagar keselamatan yang dapat menimbulkan masalah keselamatan yaitu :

- Pagar terlalu rendah atau terlalu tinggi - tinggi pagar harus 7160 mm terhadap permukaan lajur terdekat jalan. Jika terlalu rendah, kendaraan dapat melompatinya. Jika terlalu tinggi, kendaraan dapat lewat di bawahnya atau mengalami benturan yang lebih parah.
- Pagar terlalu pendek - panjang kebutuhan tidak cukup untuk menutupi hazard seluruhnya dari kemungkinan kendaraan yang akan menabraknya.
- Pagar terlalu dekat dengan hazard – tidak menyediakan ruang yang cukup untuk defleksi antara pagar dan hazard. Kendaraan lepas kendali akan terjepit keras saat menabrak hazard.

Celah pada pagar keselamatan - berbahaya karena memberi kemungkinan kendaraan “terjepit’ jika menabrak, Celah ini juga membentuk dua ujung - keduanya biasanya tidak memiliki ujung yang berkeselamatan.

Salah arah tumpukan pada sambungan pagar keselamatan - yang akan meningkatkan risiko menusuk kendaraan yang menabrak. Pastikan semua sambungan pagar bertumpuk dengan benar, yaitu setiap bagian diletakkan di belakang bagian sebelumnya searah lintasan lalu lintas.

Hazard sisi jalan yang berada di depan pagar keselamatan – pagar harus menutupi semua hazard - tidak boleh ada obyek tetap di luar pagar keselamatan.



*Terlalu rendah
Terputus-putus*



*Ujung pagar “fishtail”
Terlalu rendah
Terputus-putus*



*Tumpukan sambungan yang salah
Terlalu rendah
Tidak cukupnya jarak ke hazard pohon*



Terlalu rendah



Terlalu rendah

Gambar 4.3 Penempatan pagar keselamatan yang tidak benar

4.5 Kegiatan pemeliharaan

Memasang pagar keselamatan hanya langkah awal dalam mengurangi risiko di sebuah lokasi. Semua pagar keselamatan juga perlu dijaga dalam kondisi baik supaya berfungsi dengan benar jika tertabrak kendaraan yang lepas kendali. Pagar keselamatan memerlukan pemeliharaan rutin agar selalu siap berfungsi dengan baik. Pagar keselamatan juga memerlukan pemeliharaan khusus atau perbaikan secepat mungkin setelah tertabrak. Aktivitas pemeliharaan perlu difokuskan untuk memastikan bahwa pagar diperbaiki secepatnya dan tepat jika harus. Juga saat sebagian pagar keselamatan dicuri atau dipindahkan selama pekerjaan konstruksi berlangsung, karena hal ini dapat membahayakan di lokasi tersebut serta membuka ujung pagar yang berbahaya.

Beberapa contoh berikut menunjukkan sejumlah lokasi yang memerlukan perbaikan keselamatan sisi jalan.



(a) *Baut yang hilang dari pagar akan mempengaruhi kinerja terhadap kecelakaan.*



Bagian pagar yang hilang membuka hazard yang tidak tertutupi.



Pagar keselamatan yang tidak terikat tiang-tiang dan bagian-bagian yang hilang dari pagar keselamatan akan berakibat pagar tidak bekerja seperti yang diharapkan apabila terjadi kecelakaan.



(b) *Tiang-tiang yang hilang mempengaruhi kinerja pagar pembatas karena berpengaruh pada kekuatan dan tinggi pagar.*



Balok yang berfungsi sebagai penyokong pagar jika hilang maka akan memengaruhi kinerja terhadap kecelakaan.



Pagar yang rusak tersebut tidak akan berfungsi dengan baik jika ditabrak lagi oleh kendaraan yang lepas kendali.



(c) *Bagian pagar keselamatan dengan tiang-tiang yang sudah rapuh dan ketinggalan jaman tidak bisa diharapkan berfungsi secara memadai dalam kecelakaan.*



Pagar pada jembatan perlu dipelihara sehingga dapat terus-menerus berfungsi dengan baik. Ujung pagar juga berpotensi menciptakan bahaya 'tertusuk' jika terjadi benturan/tumbukan.



Melindungi aset dengan tiang atau beton akan meningkatkan jumlah bahaya sisi jalan. Hal ini meningkatkan kemungkinan kecelakaan, dan dalam beberapa kasus, meningkatkan keparahan tabrakan.

Gambar 4.4 Contoh pagar yang tidak berkeselamatan

4.6 Terminal pagar yang berkeselamatan

Semua pagar keselamatan memiliki ujung awal dan ujung akhir. Setiap ujung harus memiliki terminal berkeselamatan yang merupakan bagian pagar keselamatan yang dirancang khusus untuk memiliki dua fungsi yaitu sebagai bagian yang berkeselamatan jika ditabrak dan pada saat yang bersamaan membantu menambah kekuatan pagar agar – pada awal panjang kebutuhan (lihat Gambar 3.3) - pagar cukup kuat untuk bisa menahan beban yang diterimanya saat tumbukan.

Penyediaan terminal berkeselamatan pada setiap unit pagar keselamatan adalah tugas penting ahli rekayasa keselamatan jalan, maka :

- Gunakan terminal yang telah disetujui, dan telah teruji kinerja keselamatan
- Untuk terminal 'gerbang' (gating terminal), pastikan di belakangnya terdapat area bebas luncuran yang memadai.

Dan jangan pernah :

- Menggunakan ujung "ekor ikan/fish tail" (kecuali ujungnya dapat dibelokkan menjauh dari jalan 1 m atau lebih).
- Menggunakan terminal yang berlereng (kecuali pada jalan berkecepatan rendah dan kepadatan rendah)
- Pagar diakhiri tanpa menggunakan terminal berkeselamatan.



Gambar 4.5 Ujung pagar yang tidak ditutupi merupakan bahaya 'menusuk'. Ujung "fish-tail" memang meningkatkan keselamatan, namun sekarang merupakan penanganan yang kuno karena juga dapat menusuk ke dalam kendaraan. Pemasangan pagar keselamatan ini dapat ditingkatkan dengan menyediakan pagar keselamatan yang tepat yang sudah diuji kinerjanya.

4.7 Bukaannya Median

Bukaan median pada jalan bebas hambatan dibuat untuk memberi ijin bagi kendaraan yang berwenang berbalik arah dalam situasi darurat. Bukaan ini juga untuk mengalihkan lalu lintas ke jalur lainnya pada saat ada pemeliharaan.

Sayangnya, bukaan ini juga memberi kesempatan kendaraan lain berbalik arah semau. Ini sangat berbahaya karena berlangsung dalam kecepatan tinggi. Karena itu, saat merencanakan jalan berkecepatan tinggi dua jalur terbagi dengan median, penting untuk menyediakan fasilitas berbalik arah dengan cara lain (yang lebih berkeselamatan).

- Persimpangan tak sebidang adalah pilihan paling berkeselamatan. Penyediaan persimpangan tak sebidang yang benar pada interval yang memadai harus dijadikan pertimbangan utama saat merencanakan jalan bebas hambatan.
- Namun, jika harus ada bukaan di median, pilihan berikutnya adalah menyiapkan bukaan dengan pagar yang telah teruji dan disetujui untuk mengisi bukaan serta mensyaratkan hanya dapat dioperasikan oleh petugas jalan yang berwenang. Ada beberapa alternatif - dua di antaranya ditunjukkan pada Gambar 4.6
- Sebagai gantinya, jika bukaan tidak dapat ditutup sepenuhnya dengan pagar yang memadai, kedua ujung pagar beton harus diberi bantalan tabrakan. Ini mengurangi keparahan tabrakan pada ujung pagar, tetapi tidak mencegah tabrakan akibat menyeberang atau memutar.



Ujung pagar keselamatan yang berlereng sudah ketinggalan jaman, dan dapat menyebabkan kendaraan berkecepatan tinggi yang lepas kendali 'terbang' atau terguling.

Ujung pagar yang telah diuji-tabrak akan meningkatkan keselamatan sisi jalan.



Gambar 4.6 Pagar besi seperti pada contoh ini telah diuji TL-3 untuk menutup median di jalan berkecepatan tinggi. Ketika bukaan diperlukan dalam keadaan darurat atau untuk pemeliharaan, petugas jalan yang berwenang membuka kunci pagar dan meminggirkannya.

4.8 Hazard pagar jembatan (parapet)

Ada ribuan jembatan di Indonesia, kebanyakan jembatan memiliki pagar besi horisontal yang dapat menusuk kendaraan yang menabraknya. Pagar tersebut seharusnya tidak dipasang dekat dengan jalan. Risiko lebih tinggi lagi bila ditempatkan di lokasi sempit seperti jembatan.

Permasalahan keselamatan yang umum terjadi pada pagar keselamatan adalah kegagalan penyambungan pagar semikaku ke parapet jembatan. Dengan mengakhiri pagar semikaku sebelum ujung parapet jembatan, menyebabkan risiko kendaraan terselip/terjepit, menjadi lebih tinggi. Artinya, jika ada kendaraan yang lepas kendali ke luar jalan dan menabrak pagar semikaku pada titik ini, pagar akan melengkung dan mengarahkan kendaraan tersebut ke parapet jembatan. hal ini dapat menjadi hazard sisi jalan yang sangat berbahaya.

Kendaraan tersebut akan “menyusup” ke tiang ujung jembatan dan penumpangnya akan mengalami tumbukan parah. Tabrakan seperti ini sering mengakibatkan cedera parah atau fatal. Adanya ‘efek terjepit’ ini harus dihindari, untuk menghindarinya perlu membuat kaku pagar keselamatan semi kaku, yaitu dengan melakukan penyambungan pagar dengan kuat ke tembok ujung jembatan, dan dengan mengurangi jarak tiang saat mendekati jembatan – dari 2,5 m antara sumbunya menjadi 1,0 m dan kemudian 0,5 m.



Gambar 4.7 Pagar jembatan kurang baik. Pagar jembatan ini berbahaya karena pagar dapat menusuk ke dalam kendaraan. Sambungan pagar ke parapet jembatan tidak menerus, dan pada kecelakaan pagar akan berdefleksi dan menyebabkan kendaraan masuk 'terjepit' ke ujung parapet jembatan.



Gambar 4.8 Sambungan yang tidak baik.



Gambar 4.9 Sambungan yang baik.

4.9 Keselamatan sisi jalan untuk pengendara sepeda motor

Pengendara motor lebih rentan terhadap lingkungan sisi jalan yang berbahaya. Rintangan apa pun dalam lintasan sepeda motor yang lepas kendali dapat menyebabkan cedera parah. Karena itulah, konsep area bebas bermanfaat bagi sepeda motor. Area bebas memberi ruang yang bebas dari rintangan jika ada pengendara atau penumpang yang jatuh, atau terlempar, dari sepeda motor.

Hazard sisi jalan untuk pengendara sepeda motor

Semua perlengkapan di sisi jalan, termasuk kerb tinggi, berbahaya bagi sepeda motor. Saat mempertimbangkan keselamatan pengendara sepeda motor di jalan, perlu memperhatikan bahwa :

- Permukaan jalan yang rata membantu pengendara motor mengendalikan sepeda motornya. Tutup semua lubang jalan, bersihkan jika ada tanah, pasir dan lumpur. Pastikan permukaan tidak licin (cukup tahanan gelincir), serta garis marka dan delineasi dipelihara dengan baik;
- Bahu jalan harus diperkeras, terutama di daerah luar kota. Hal tersebut bermanfaat bagi pesepeda motor karena menghindarkan terpeleset dibanding bahu kerikil. Bahu jalan yang diperkeras juga menyediakan lintasan pesepeda motor untuk menghindar saat berhadapan dengan kendaraan yang sedang mendahului dari arah berlawanan;
- Sisi jalan bebas dari rintangan dan cukup rata;
- Jumlah perlengkapan di sisi jalan minimal; gunakan tiang 'mudah patah' untuk rambu dan patok pengarah yang berbahan plastik daripada beton bertulang.

Pagar Keselamatan dan pengendara sepeda motor

Jika diputuskan bahwa pagar keselamatan diperlukan di sebuah lokasi, maka yang harus diperhatikan adalah desain pagar untuk meminimalkan risiko bagi pengendara motor.

Tiang penyangga pagar adalah penyebab utama cedera pengendara motor yang menabrak pagar. Keparahan tabrakan dapat dikurangi dengan menutupi tiang, yaitu dengan penyediaan balok/profil yang lebih rendah di depan tiang untuk mencegah pesepeda motor menabrak tiang (perhatikan Gambar 4.11), bahan plastik dan baja pun bisa menjadi pilihan.

Komponen pagar keselamatan lainnya yang dapat membahayakan adalah ujung/pinggiran pagar dan tonjolan reflektor. Untuk meminimalkan keparahan tabrakan sepeda motor, pagar harus rata dan bebas dari pinggiran tajam. Penggunaan reflektor plastik untuk pagar juga sudah tersedia di pasaran. Reflektor ini akan patah dan lepas bila tertabrak, bukan mengiris, atau melukai pengendara motor.



Gambar 4.10 Pelat baja pelindung sepeda motor dipasang di bagian bawah pagar.



Gambar 4.11 Plastik pelindung sepeda motor dipasang di bagian bawah pagar dan diikat pada setiap tiang untuk menyediakan bantalan tumbukan.



Gambar 4.12 Bahu yang diperkeras/diaspal memberikan lingkungan jalan yang lebih aman untuk pengguna jalan-terutama pengendara sepeda motor.

4.10 Patok pengarah

Tujuan utama patok pengarah adalah untuk mendelineasi alinyemen jalan dan batas tepi berkendara. Patok pengarah membantu pengendara memberikan delineasi “jarak-panjang”, tingginya 1 m dan membantu memperjelas lintasan setelah tanjakan ringan atau sekitar tikungan horizontal.

Sebagai ahli rekayasa keselamatan jalan, harus mempertimbangkan dengan cermat sebelum memasang obyek apapun di sisi jalan karena dapat menjadi hazard bagi pemakai jalan. Patok pengarah yang umumnya terbuat dari beton di dalam area bebas, tidak berkeselamatan karena bisa menjadi hazard. Risikonya tinggi terutama jika tertabrak pengendara motor.

Patok pengarah itu penting dan perlu karena bagus untuk delineasi. Namun, patok pengarah dari beton dapat membuat kaki patah dan mengakibatkan cedera parah. Sudah saatnya menggunakan patok pengarah yang mudah hancur jika tertabrak (dan biasanya lebih murah). Patok pengarah yang kecil dan/atau fleksibel terbuat dari baja, kayu (tebal maksimal 50 mm) atau plastik tipis, memberi risiko yang jauh lebih rendah bagi kendaraan lepas kendali yang keluar jalan, terutama pengendara motor. Bila patok pengarah digunakan untuk mendelineasi alinyemen jalan, patok harus mudah patah (jika ditabrak) dan selalu diberi delineator reflektif yaitu merah di sisi kiri jalan dan putih di sisi kanan. (hal ini seperti warna merah lampu belakang mobil di depan kiri, dan lampu putih depan mobil dari arah berlawanan di kanan jalan).

Beberapa kasus, kadang patok pengarah juga digunakan untuk “menutupi” tebing curam. Namun, patok pengarah kurang efektif dalam menahan kendaraan lepas kendali yang keluar jalan dan mencegah jatuh ke tebing. Untuk mengurangi hazard tebing curam, sebaiknya kurangi kemiringan tebing supaya “dapat dilalui” atau pasang pagar keselamatan yang benar.



Patok pengarah beton bertulang memberi delineasi yang baik, tetapi merupakan hazard yang tidak perlu di sepanjang sisi jalan.



Patok pengarah plastik yang dibuat dengan memotong pipa PVC menjadi dua dan menempelkan reflektor di atasnya.



Patok-patok pengarah kaku yang menutupi keberadaan lereng/tebing. Keselamatan akan meningkat dengan mengurangi kemiringan lereng atau memasang pagar keselamatan.



Contoh patok pengarah dari kayu yang mudah patah (kurang lebih 100 mm x 50 mm).



Contoh patok pengarah dari baja tipis.

Gambar 4.13 Contoh patok pengarah

4.11 Kerb

Kerb harus digunakan untuk membantu sistem drainase, memperjelas jalan, dan juga mendelineasi jalan. Sayangnya, masih banyak perencana yang menggunakan kerb tinggi sebagai salah satu bentuk manajemen lalu lintas untuk menutup akses dalam mengendalikan pergerakan kendaraan. Namun, ini bukan rekayasa teknik yang baik.

Kerb tinggi di sisi jalan berbahaya bagi kendaraan yang lepas kendali. Penggunaan kerb barikade harus dihindari di daerah berkecepatan tinggi. Jika kerb barikade digunakan di jalan berkecepatan tinggi, dapat menyebabkan kendaraan yang tergelincir, tersandung dan terguling. Kerb barikade juga merupakan hazard bagi sepeda motor, jika motor tergelincir ke kerb barikade (bisa setinggi 300 mm) dapat mencederai pengendara. Kerb seperti ini sedikit berbeda dengan dinding penahan tanah atau hazard lain di lintasan jalan.

Karena itu, penggunaan kerb berlereng (tinggi maksimum 130 mm) di jalan berkecepatan tinggi lebih disarankan. Kerb berlereng ini dapat mengalirkan air di jalan dan membari delineasi yang memadai tanpa risiko kendaraan terguling.

Penggunaan kerb barikade harus dihindari kecuali pada jalan berkecepatan rendah di dalam kota.



Gambar 4.14 Tipe kerb barikade

4.12 Saluran

Saluran terbuka biasanya terbuat dari beton atau batu dan terletak dekat jalan, saluran ini bisa menjadi hazard menerus. Saluran terbuka dapat membuat kendaraan terperosok, melukai dan terkadang membunuh pemakai jalan yang terperosok ke dalamnya.

Strategi Lima Langkah Manajemen hazard sisi jalan dapat digunakan sebagai panduan untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan oleh saluran, sebagai berikut :

- **Jaga** - Semua kendaraan dijaga tetap di jalan. Pasang marka garis, patok pengarah dan petunjuk tambahan di tikungan,
- **Singkirkan** - Jika mungkin gunakan saluran bawah tanah. (khususnya di daerah perkotaan yang memiliki ruang terbatas).
- **Pindahkan** - Saluran dipindahkan agar jauh dari jalan, di luar area bebas. Pertimbangkan untuk mengganti saluran curam dengan saluran potongan trapesium yang lebih landai.
- **Ganti** - Modifikasi saluran dengan penutup yang dapat dilalui kendaraan.
- **Tutupi** - Tutupi dengan pagar keselamatan, hal ini dilakukan sebagai upaya terakhir.



Saluran yang lebih aman dan efisien

Gambar 4.16 Tipe Saluran U dan Trapesium

Bagian E

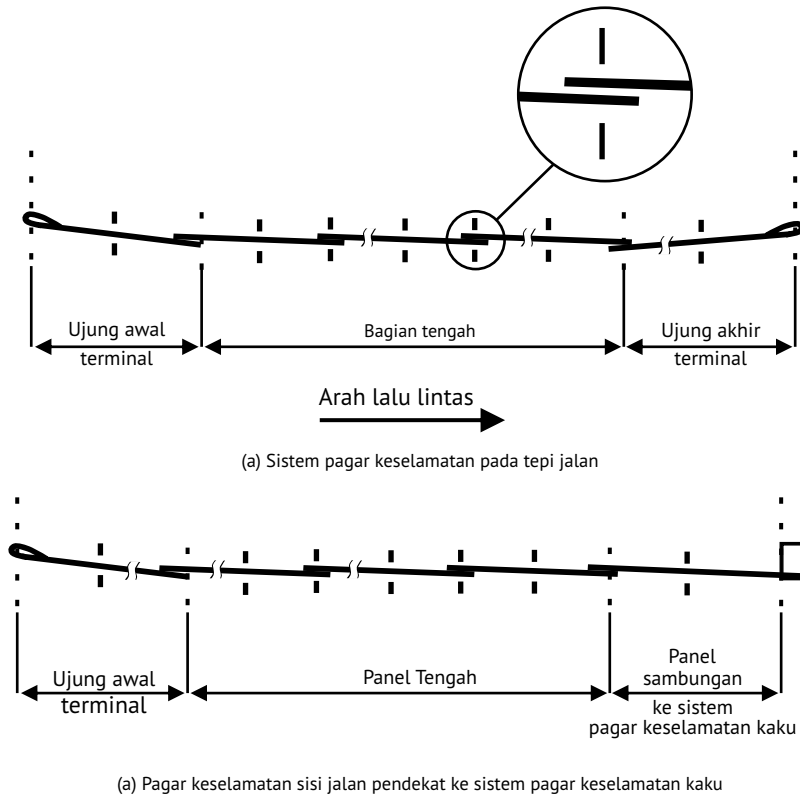
Gambar Standar



KONFIGURASI SISTEM PAGAR KESELAMATAN JALAN

(Sumber: AS/NZS 3845:1999)

Pagar keselamatan pada Garis Lurus (tangen)



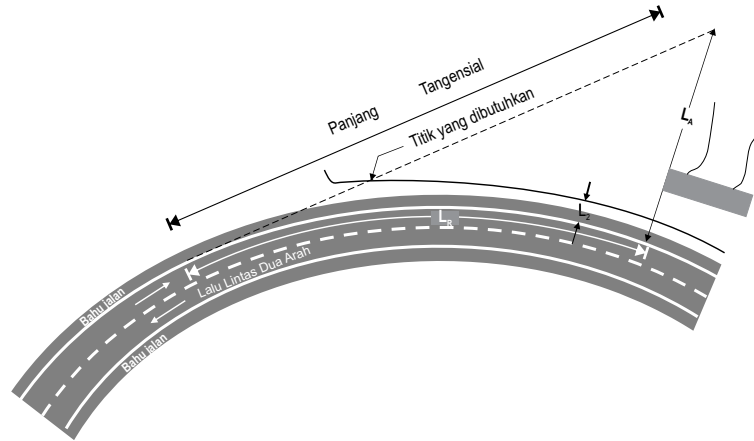
Gambar 5.1 Pagar Keselamatan Jalan dan Elemennya

Gambar 5.1 menunjukkan konfigurasi pagar keselamatan semi-kaku. Secara umum sistem itu terdiri dari bagian pangkal pagar keselamatan (disebut terminal), panel longitudinal, dan sambungan dengan tipe pagar lain, seperti pagar keselamatan kaku atau parapet jembatan melalui panel koneksi (disebut transisi).

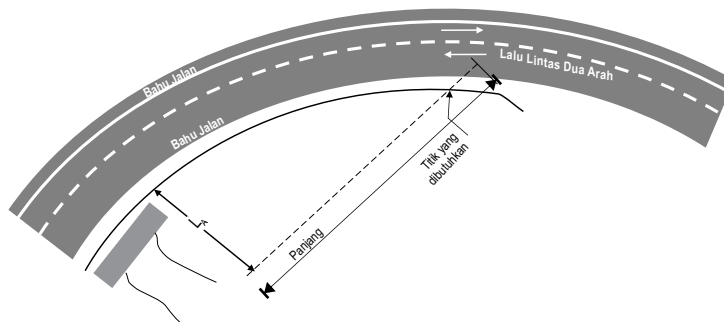
Proses desain meliputi pemilihan sistem pagar keselamatan yang dapat digunakan dan pembuatan detail sistem, seperti :

- Detail lokasi melintang pagar dan modifikasi lokasi untuk memastikan kriteria tinggi benturan terpenuhi;
- Titik awal dan akhir;
- Ruang defleksi dinamis;
- Bentuk terminal awal dan akhir;
- Detail sambungan antara dua jenis pagar keselamatan yang berbeda (misal, sambungan pagar keselamatan semi-kaku dengan pagar kaku); dan
- Modifikasi pagar keselamatan pada persimpangan atau akses persil.

Pagar keselamatan pada Tikungan



Gambar 5.2 Panjang Pagar Keselamatan pada Sisi Luar Tikungan Yang Dibutuhkan

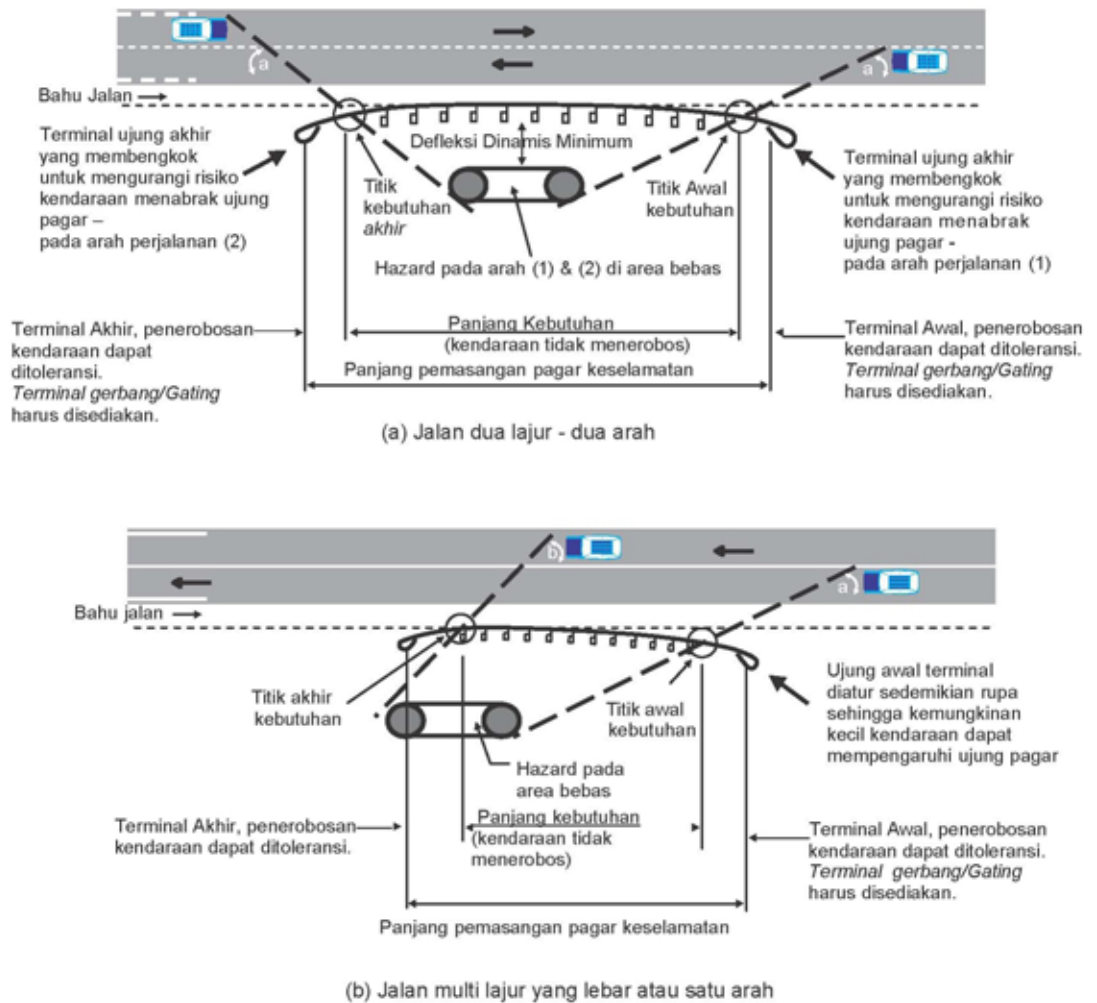


Gambar 5.3 Panjang Pagar Keselamatan di Sisi Dalam Tikungan Yang Dibutuhkan

Untuk desain pagar di sisi luar tikungan, diasumsikan bahwa pergerakan keluar kendaraan dari jalan akan mengikuti lintasan lesat tangensial. Umumnya hal ini terjadi jika area di luar jalan datar dan dapat dilalui kendaraan. Oleh karena itu, garis dari tepi sisi luar hazard (atau area bebas untuk daerah menerus yang tidak dapat dilalui kendaraan) ke titik tangen lengkung harus digunakan untuk menentukan kebutuhan panjang pagar, yang ditunjukkan pada Gambar 5.2.

Untuk desain pagar di sisi dalam lengkung, kebutuhan panjang ditentukan terhadap panjang lesat (LR) yang diproyeksikan dari tepi lajur lalu lintas ke titik akhir hazard (lihat Gambar 5.3). Hal ini berdasarkan asumsi, kendaraan yang keluar dari jalan sebelumnya atau pada titik awal, akan mampu berhenti sebelum mencapai hazard atau melewati titik akhirnya.

Sudut Keberangkatan

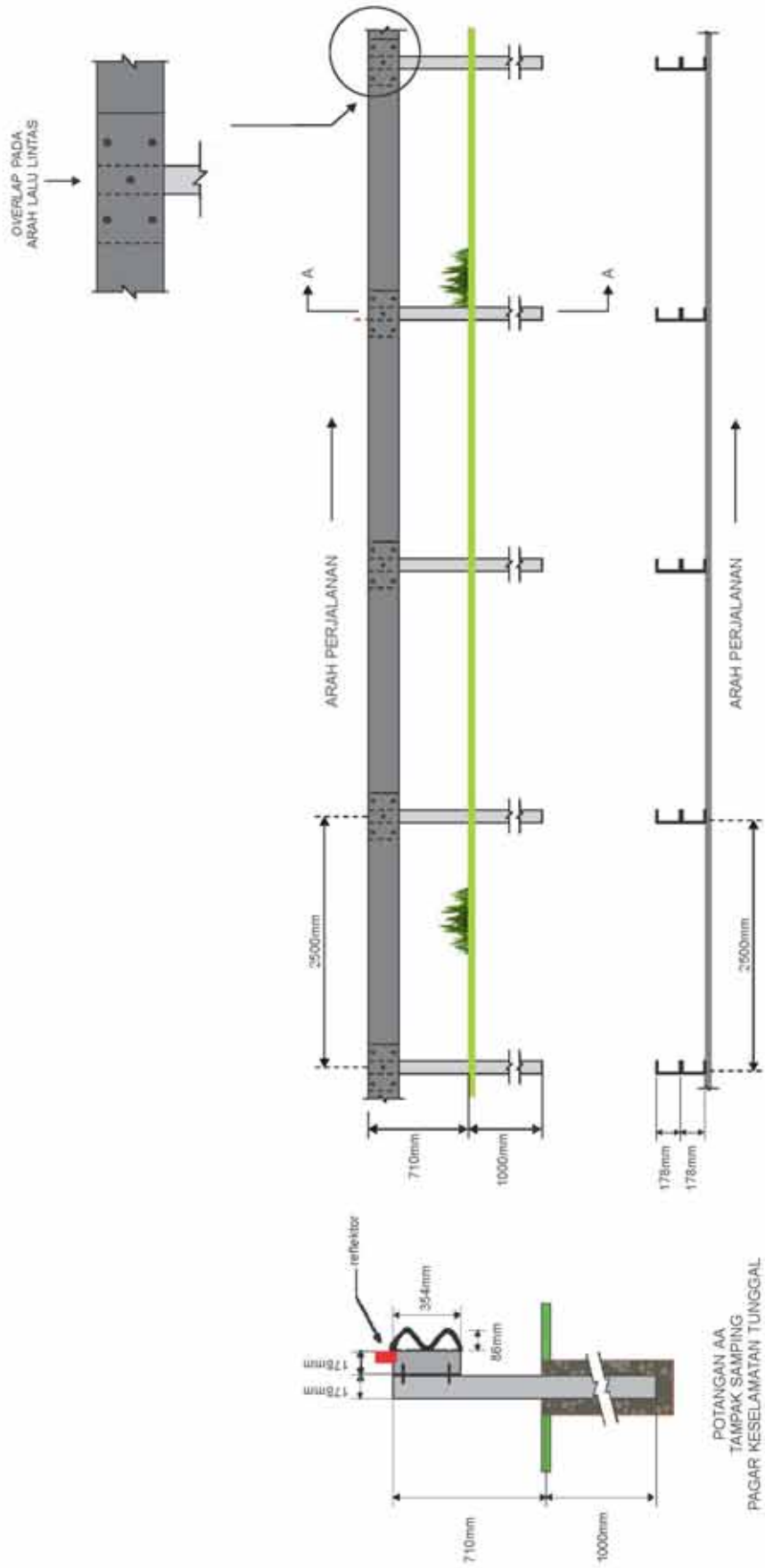


Gambar 5.4 Sudut Lesat

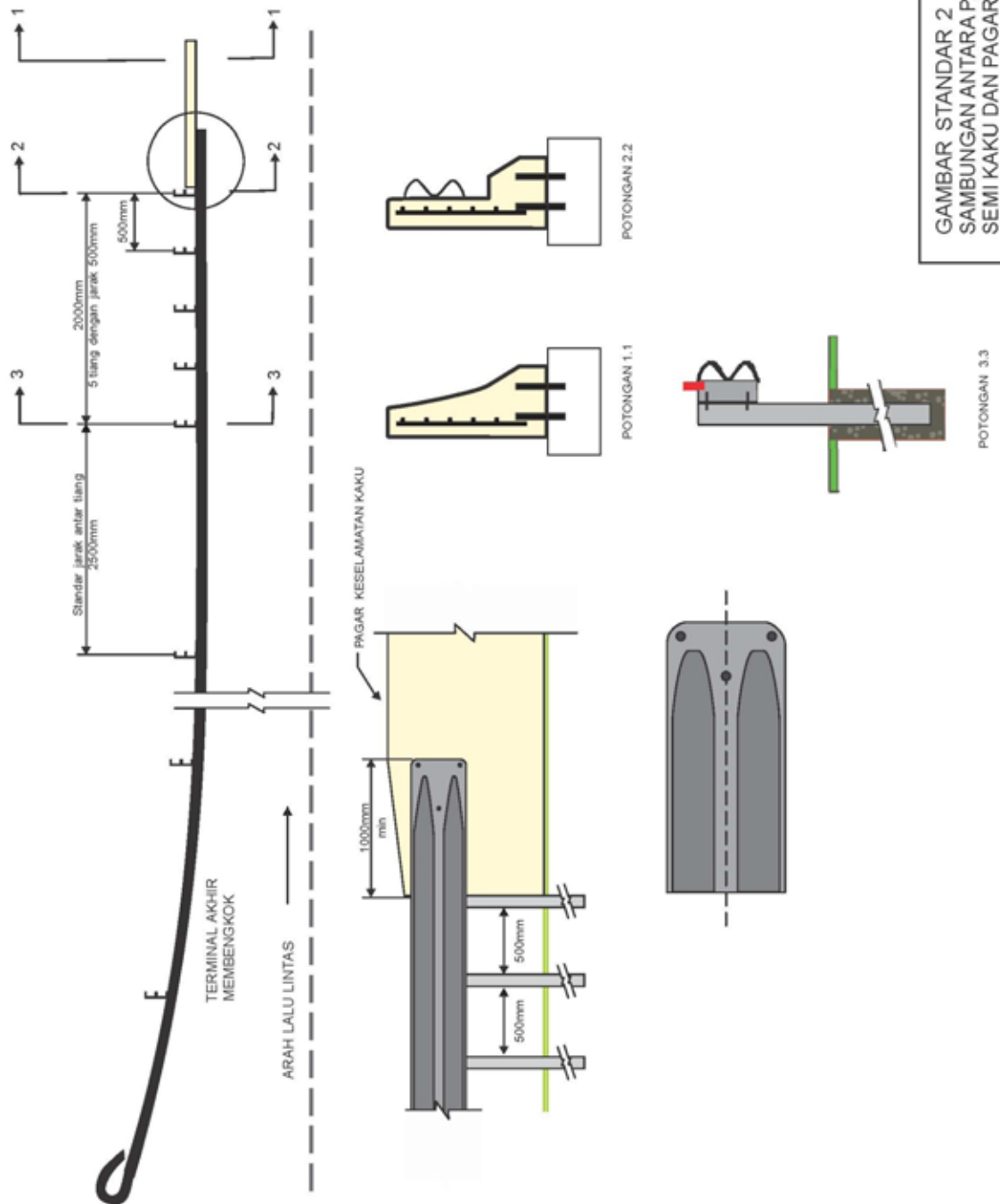
Sudut lesat kendaraan yang keluar jalan bervariasi bergantung pada manuver kendaraan. Pada metode ini, lintasan lurus kendaraan ditentukan berdasarkan sudut mana, kebanyakan kendaraan keluar jalur, dalam rangka menentukan titik awal kebutuhan dan panjang pagar yang diperlukan. Metode itu diterangkan pada Gambar 5.4 dan hubungan antara sudut lesat dengan nilai dan batas kecepatan (pada rambu) ditunjukkan pada Tabel 5.1

Tabel 5.1. Sudut Lesat

Rambu Batas Kecepatan (km/jam)	15 th persentil (1:X) Digunakan sebagai sudut awal ("a")	85 th sudut persentil (1:X) Digunakan sebagai sudut akhir ("b")
60/70	5.7°(1:10)	22°(1:2.5)
80/90	3.8°(1:15)	22°(1:2.5)
100/110	2.9°(1:20)	22°(1:2.5)



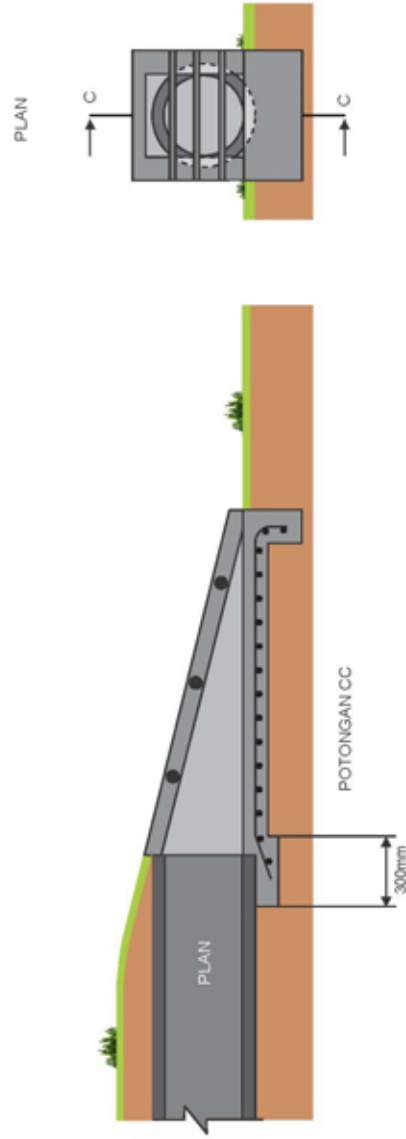
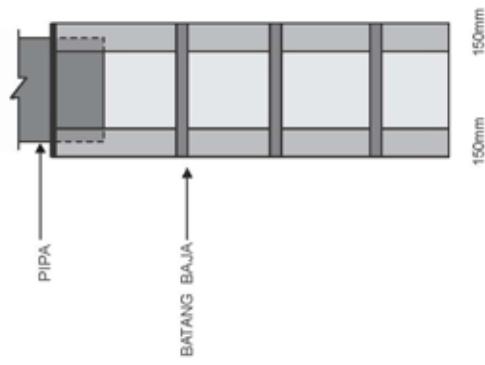
Gambar 5.5 Detail Tipikal Pagar Keselamatan



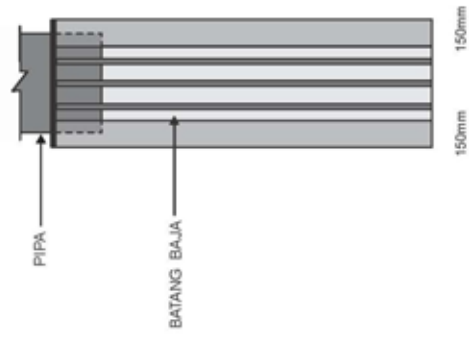
GAMBAR STANDAR 2
SAMBUNGAN ANTARA PAGAR KESELAMATAN SEMI KAKU DAN PAGAR KESELATAN KAKU

Catatan :

1. Dinding sayap ini dirancang untuk digunakan pada daerah rawan tabrakan depan-depan.
2. Batang baja berjarak 120 mm antar sumbu.
3. Dinding sayap mempunyai kenirangan maksimal 5:1

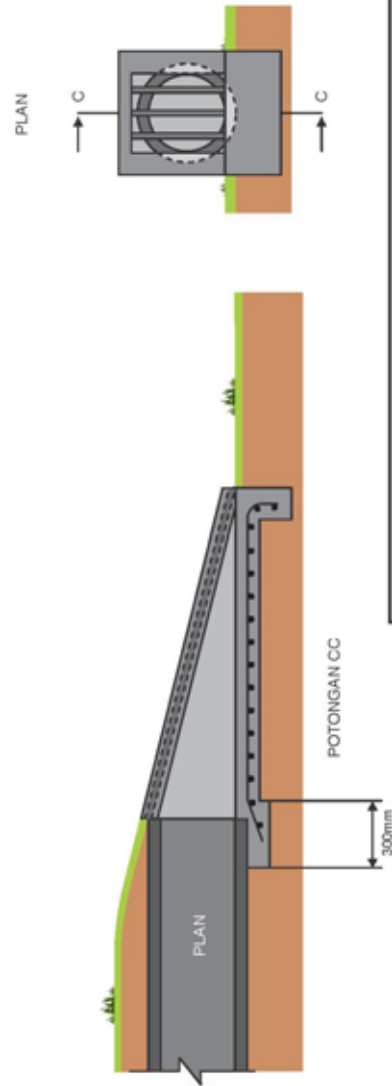


GAMBAR STANDAR 3
DINDING SAYAP YG DAPAT DILALUI KENDARAAN
(TIPE 1) DIGUNAKAN PADA PIPA/GORONG-
GORONG MELINTANG JALAN



Catatan :

1. Dinding sayap ini dirancang untuk digunakan pada daerah rawan tabrakan depan-depan.
2. Batang baja berjarak 120 mm antar sumbu
3. Dinding sayap mempunyai kemiringan maksimal 5:1



GAMBAR STANDAR 4
DINDING SAYAP YG DAPAT DILALUI
KENDARAAN (TIPE 2) DIGUNAKAN PADA PIPA/
GORONG-GORONG MELINTANG JALAN

