

GEOMETRIK JALAN RAYA



Penulis :

Wahyu Satyaning Budhi, Wahyu Naris Wari, Christy Gery Buyang, Haikal Fajri,
Anton Kaharu, Tjut Rizqi Maysyarah Hadi, Ady Purnama, Irwansyah,
Ahmad Utanaka

GEOMETRIK JALAN RAYA

**Wahyu Satyaning Budhi
Wahyu Naris Wari
Christy Gery Buyang
Haikal Fajri
Anton Kaharu
Tjut Rizqi Maysyarah Hadi
Ady Purnama
Irwansyah
Ahmad Utanaka**



GET PRESS INDONESIA

GEOMETRIK JALAN RAYA

Penulis :

Wahyu Satyaning Budhi

Wahyu Naris Wari

Christy Gery Buyang

Haikal Fajri

Anton Kaharu

Tjut Rizqi Maysyarah Hadi

Ady Purnama

Irwansyah

Ahmad Utanaka

ISBN : 978-623-125-715-4

Editor : Ari Yanto., M.Pd

Penyunting : Tri Putri Wahyuni., S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah

Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, April 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Geometrik Jalan Raya ini.

Buku Ini Membahas Konsep dan Sejarah Jalan Raya, Klasifikasi Jalan Raya, Jarak Pandang, Kelandaian Jalan Raya, Desain tikungan sesuai kondisi medan, Mendesain pelebaran tikungan, Perencanaan lengkung vertical, Peraturan Transportasi Jalan Raya, Manfaat Jalan Raya dan Transportasi.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Maret 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB 1 KONSEP DAN SEJARAH JALAN RAYA.....	1
1.1 Konsep Jalan	1
1.2 Sejarah Jalan Raya di Dunia	5
1.3 Sejarah Jalan Raya di Indonesia.....	12
DAFTAR PUSTAKA	15
BAB 2 KLASIFIKASI JALAN RAYA	17
2.1 Pendahuluan.....	17
2.2 Klasifikasi Jalan Pada Perencanaan Geometrik Jalan Raya	18
2.3 Klasifikasi Jalan	19
2.3.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsinya	19
2.3.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan	20
2.3.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Status dan Wewenang Pengawasan.....	23
2.3.4 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Jalan	24
DAFTAR PUSTAKA	27
BAB 3 JARAK PANDANG.....	29
3.1 Jarak Pandang.....	29
3.2 Jarak Pandang Geometrik.....	29
3.3 Pengukuran Jarak Pandang dalam Desain Geometrik Jalan	30
3.4 Jarak Pandangan Henti Minimum	31
3.5 Jarak Pandangan Menyiap	32
3.6 Jarak Pandang Aman.....	35
3.7 Meningkatkan Jarak Pandang Geometrik.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
BAB 4 KELANDAIAAN JALAN RAYA.....	39
4.1 Pendahuluan.....	39
4.1.1 Definisi Kelandaiaan Jalan Raya.....	39
4.1.2 Pentingnya Memahami Kelandaiaan Jalan Raya.....	40

4.2 Konsep Dasar Kelandaian Jalan Raya	41
4.2.1 Jenis Kelandaian.....	41
4.2.2 Hubungan Kelandaian dengan Kecepatan Kendaraan dan Kapasitas Jalan	41
4.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kelandaian Jalan Raya.....	42
4.3.1 Material Tanah dan Stabilitas Lereng.....	42
4.3.2 Standar Desain Berdasarkan Regulasi Nasional dan Internasional	43
4.3.3 Dampak Perubahan Iklim terhadap Stabilitas Kelandaian.....	44
4.4 Perencanaan dan Desain Kelandaian Jalan	44
4.4.1 Prinsip Dasar dalam Perencanaan Geometri Jalan.....	44
4.4.2 Standar Kemiringan Maksimum dan Desain Lengkung.....	44
4.4.3 Teknik Mitigasi Kelandaian Ekstrem untuk Mencegah Erosi dan Longsor	45
4.5 Dampak Kelandaian terhadap Transportasi dan Keselamatan.....	45
4.5.1 Hubungan kelandaian dengan kecelakaan lalu lintas	45
4.5.2 Pengaruh kelandaian terhadap efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang.....	45
4.5.3 Teknik keselamatan dan implementasi monitoring kelandaian.....	46
4.6 Metode Analisis dan Perhitungan Kelandaian	47
4.6.1 Rumus dan model perhitungan kemiringan jalan	47
4.6.2 Simulasi pergerakan kendaraan dan penggunaan software dalam analisis kelandaian	48
4.6.4 Studi lapangan dan pengukuran kelandaian.....	48
4.6 Kesimpulan dan Rekomendasi.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
BAB 5 DESAIN TIKUNGAN SESUAI KONDISI MEDAN	51
5.1 Pendahuluan	51

5.2 Pengertian dan Pentingnya Desain Tikungan	
dalam Perencanaan Geometrik Jalan	51
5.2.1 Pengertian Desain Tikungan	51
5.2.2 Tujuan Desain Tikungan	52
5.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Desain Tikungan	52
5.2.3 Superelevasi pada Tikungan	53
5.3 Desain Tikungan Berdasarkan Kondisi Medan	54
5.3.1 Desain Tikungan pada Medan Datar	54
5.3.2 Desain Tikungan pada Medan Berbukit	55
5.3.3 Desain Tikungan pada Medan Pegunungan	55
5.4 Pengaruh Geologi dan Cuaca pada Desain Tikungan...	56
5.5 Metode Perhitungan dan Standar yang Digunakan	
dalam Desain Tikungan	57
5.5.1 Tujuan dan Prinsip Metode Perhitungan	
Desain Tikungan	57
5.5.2 Perhitungan Radius Tikungan	57
5.5.2 Superelevasi	58
5.5.3 Standar Desain	59
5.5.4 Jarak Pandang dan Kebutuhan Minimum	59
5.5.5 Tantangan dan Solusi dalam Desain Tikungan	
pada Kondisi Medan yang Beragam	60
5.6 Pengaruh Kondisi Medan terhadap Desain Tikungan.	61
5.6.1 Pengenalan Kondisi Medan dalam Desain	
Tikungan	61
5.6.2 Pengaruh Kemiringan (Gradien) terhadap	
Desain Tikungan	61
5.6.3 Pengaruh Curah Hujan dan Drainase terhadap	
Desain Tikungan	62
5.6.4 Pengaruh Keberadaan Tanaman dan Objek	
di Sekitar Tikungan	63
5.6.5 Pengaruh Ketinggian dan Tekanan Udara	
terhadap Desain Tikungan	63
5.6.6 Pengaruh Ketinggian terhadap Performa	
Kendaraan	64
5.7 Perencanaan dan Desain Tikungan Berdasarkan	
Kriteria Keamanan dan Kenyamanan	64

5.7.1 Pengenalan Kriteria Keamanan dan Kenyamanan	64
5.7.2 Kriteria Keamanan dalam Desain Tikungan.....	64
5.7.3 Kriteria Kenyamanan dalam Desain Tikungan.....	66
5.7.4 Desain Tikungan Jalan Daerah Perbukitan.....	67
5.8 Evaluasi dan Pemeliharaan Tikungan Jalan.....	67
5.8.1 Pengenalan Evaluasi Tikungan Jalan	67
5.8.2 Prosedur Evaluasi Tikungan Jalan.....	68
5.8.3 Pemeliharaan Tikungan Jalan	69
5.8.4 Teknologi dalam Pemeliharaan dan Evaluasi Tikungan Jalan	71
DAFTAR PUSTAKA.....	72
BAB 6 MENDESAIN PELEBARAN TIKUNGAN	73
6.1 Pendahuluan	73
6.2 Konsep Dasar Pelebaran Tikungan.....	73
6.3 Landasan Teori Pelebaran Tikungan.....	74
6.3.1 Prinsip Fundamental.....	74
6.3.2 Fenomena <i>Off-Tracking</i>	74
6.4 Unsur-unsur Pelebaran Tikungan	75
6.4.1 Pelebaran Akibat <i>Off-Tracking</i> (WOT)	75
6.4.2 Pelebaran Akibat Faktor Psikologi (Wp).....	75
6.4.3 Pelebaran Akibat Kesulitan Mengemudi (Wk)	75
6.4.4 Total Pelebaran Tikungan	76
6.5 Metodologi Perhitungan Pelebaran Tikungan	76
6.5.1 Metodologi AASHTO	76
6.5.2 Metodologi Bina Marga.....	77
6.6 Kendaraan Rencana dan Implikasinya Terhadap Pelebaran Tikungan.....	78
6.6.1 Kendaraan Ringan (KR).....	78
6.6.2 Kendaraan Sedang (KS).....	78
6.6.3 Kendaraan Berat (KB)	78
6.6.4 Kendaraan Semi-Trailer (KST).....	78
6.7 Perancangan Pelebaran Tikungan pada Berbagai Tipe Tikungan.....	79
6.7.1 Pelebaran pada Tikungan <i>Full Circle</i> (FC).....	79
6.7.2 Pelebaran pada Tikungan <i>Spiral-Circle-Spiral</i> (SCS)	79
6.7.3 Pelebaran pada Tikungan <i>Spiral- Spiral</i> (SS).....	79

6.8 Teknik Penempatan Pelebaran Tikungan	80
6.8.1 Pelebaran Satu Sisi (<i>One-Sided Widening</i>).....	80
6.8.2 Pelebaran Dua Sisi (<i>Two-Sided Widening</i>)	80
6.8.3 Pelebaran Asimetris (<i>Asymmetrical Widening</i>)	80
6.9 Implementasi Pelebaran Tikungan dalam	
Perancangan Jalan.....	81
6.9.1 Integrasi dengan Elemen Geometrik Lainnya.....	81
6.9.2 Transisi Pelebaran	81
6.9.3 Pelebaran pada Tikungan Gabungan	81
6.10 Analisis Kasus: Perancangan Pelebaran Tikungan	
pada Jalan Arteri	82
6.10.1 Kalkulasi Komponen Pelebaran.....	82
6.10.2 Perancangan Penempatan Pelebaran.....	83
6.10.3 Perancangan Transisi Pelebaran	83
6.11 Pemantauan dan Evaluasi Performa	
PelebaranTikungan	83
6.11.1 Tingkat Keselamatan	83
6.11.2 Kenyamanan Pengemudi.....	83
6.11.3 Efektivitas Biaya	84
6.12 Kesimpulan dan Rekomendasi	84
DAFTAR PUSTAKA	86
BAB 7 PERENCANAAN LENGKUNG VERTIKAL	87
7.1 Pengertian Lengkung Vertikal.....	87
7.2 Jenis-jenis Lengkung Vertikal	88
7.2.1 Lengkung Vertikal Cembung (<i>Crest Curve</i>).....	88
7.2.2 Lengkung Vertikal Cekung (<i>Sag Curve</i>)	89
7.3 Desain Lengkung Vertikal.....	91
7.4 Faktor yang Mempengaruhi Perencanaan	
Lengkung Vertikal	93
7.4.1 Kecepatan Rencana (<i>Design Speed</i>).....	93
7.4.2 Jenis Lengkung Vertikal	94
7.4.3 Jarak Pandang (<i>Sight Distance</i>).....	94
7.4.4 Kenyamanan Pengemudi	96
7.4.5 Drainase dan Aliran Air	97
7.4.6 Elevasi dan Kemiringan Jalan	98
7.4.7 Faktor Keselamatan	99
7.5 Perhitungan untuk Lengkung Vertikal.....	99

7.5.1 Perhitungan Panjang Lengkung Vertikal.....	100
7.5.2 Perhitungan Tinggi Lengkung Vertikal.....	102
7.5.3 Visibilitas pada Lengkung Vertikal.....	104
7.5.4 Kecepatan Desain pada Lengkung Vertikal.....	105
7.6 Standar dan Pedoman Desain	106
7.7 Pengaruh Lengkung Vertikal Terhadap Kenyamanan dan Keamanan	107
DAFTAR PUSTAKA.....	109
BAB 8 PERATURAN TRANSPORTASI JALAN RAYA.....	113
8.1 Pendahuluan	113
8.1.1 Aspek Penting Peraturan Transportasi Jalan Raya.....	113
8.1.2 Tujuan Peraturan Transportasi Jalan Raya.....	114
8.1.3 Manfaat Peraturan Transportasi Jalan Raya	115
8.1.4 Undang-Undang mengenai Peraturan Transportasi Jalan Raya.....	116
8.2 Aturan Umum Lalu Lintas	118
8.2.1 Hak Prioritas	119
8.2.2 Marka Jalan	119
8.2.3 Tanda Peringatan dan Larangan	120
8.3 Batas Kecepatan.....	120
8.3.1 Penetapan Batas Kecepatan.....	121
8.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Penetapan Batas Kecepatan.....	121
8.3.3 Penerapan Batas Kecepatan	122
8.4 Pengendalian Lalu Lintas.....	123
8.4.1 Jenis Pengendalian Lalu Lintas	124
8.4.2 Pentingnya Pengendalian Lalu Lintas	125
8.4.3 Penerapan Pengendalian Lalu Lintas	126
8.5 Penggunaan Sabuk Pengaman Dan Sistem Keamanan Kendaraan	127
8.5.1 Penggunaan Sabuk Pengaman	127
8.5.2 Sistem Keamanan Kendaraan.....	128
8.6 Penegakan Hukum Dan Sanksi.....	129
8.6.1 Penegakan Hukum dalam Transportasi Jalan Raya.....	129
8.6.2 Penerapan Penegakan Hukum dan Sanksi.....	130

8.7 Peraturan Transportasi Jalan Raya Di Wilayah Asean.....	131
8.7.1 Undang-Undang Transportasi Jalan Raya	132
8.7.2 Keselamatan Jalan Raya	133
DAFTAR PUSTAKA	135
BAB 9 MANFAAT JALAN RAYA DAN TRANSPORTASI	139
9.1 Manfaat Ekonomi.....	139
9.1.1 Peningkatan Aksesibilitas Pasar dan Distribusi.....	139
9.1.2 Pengurangan Biaya Transportasi dan Dampak pada Harga.....	140
9.1.4 Peningkatan Investasi dan Pembangunan Daerah	142
9.2 Manfaat Sosial.....	142
9.2.1 Peningkatan Akses ke Layanan Publik dan Kualitas Hidup	143
9.2.2 Peningkatan Interaksi Sosial dan Budaya	143
9.2.3 Peningkatan Keamanan dan Keselamatan Jalan ...	144
9.3 Manfaat Lingkungan dan Strategis.....	146
9.3.1 Pengurangan Emisi dan Dampak Lingkungan	146
9.3.2 Integrasi Nasional.....	148
DAFTAR PUSTAKA	150
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hubungan Hirarki Kota dengan Peranan Ruas Jalan dalam SJJ Primer	22
Tabel 2.2. Hubungan Hirarki Kota dengan Peranan Ruas Jalan dalam SJJ Primer	23
Tabel 2.3. Kriteria Penetapan Kelas Jalan.....	26
Tabel 3.1. Jarak Pandangan Henti Minimum.....	32
Tabel 3.2. Tipe Manuver Kendaraan	36
Tabel 4.1. Hubungan antara Topografi dan Kelandaian Jalan	42
Tabel 4.2. Standar Kelandaian Maksimum Berdasarkan Regulasi.....	43
Tabel 4.3. Standar Kelandaian Maksimum Berdasarkan Regulasi.....	45
Tabel 4.4. Kemiringan maksimum berdasarkan jenis jalan.....	48
Tabel 4.5. Akutasi meode pengukuran kelandaian.....	49
Tabel 6.1. Rekomendasi pelebaran tikungan berdasarkan radius dan jenis kendaraan.....	77
Tabel 6.2. Dimensi kendaraan rencana dan kebutuhan pelebaran tikungan minimum untu berbagai radius tikungan	79
Tabel 7.1. Standar Kemiringan Jalan berdasarkan Regulasi.....	99
Tabel 7.2. Kecepatan Standar	106
Tabel 9.1. Contoh Biaya Angkutan Jalan.....	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Hirarki fungsional jalan raya secara konseptual	2
Gambar 1.2. Indikator Evaluasi Sosial untuk Jalan Perkotaan	4
Gambar 1.3. Ilustrasi <i>The Sweet Track</i>	6
Gambar 1.4. Potongan melintang dan tampak permukaan atas Jalan di Pulau Kreta	7
Gambar 1.5. Potongan melintang <i>Roman Road</i>	8
Gambar 1.6. Perbandingan Struktur Jalan Metcalf, Telford dan McAdam	11
Gambar 1.7. Rute Jalan Raya Pos Anyer-Panarukan	13
Gambar 1.8. Fase Pertama Jalan Tol Jagorawi	14
Gambar 1.9. Peninjauan Simpang Susun Pada Jalan Tol Jagorawi	14
Gambar 3.1. Jarak Pandangan Menyiap	33
Gambar 3.2. Korelasi Nilai t_1 dan t_2 terhadap kecepatan Rencana, V_r	34
Gambar 3.3. Korelasi nilai a terhadap Kecepatan Rencana, V_r	35
Gambar 4.1. Penggunaan Geotextile dalam stabilitas lereng	43
Gambar 4.2. Ilustrasi Teknologi jalan pintar	47
Gambar 7.1. Model Lengkung Vertikal pada Jalan Raya	87
Gambar 7.2. Lengkung Vertikal Cembung (<i>Crest Curve</i>)	88
Gambar 7.3. Lengkung Vertikal Cekung (<i>Sag Curve</i>)	90
Gambar 7.4. Desain Lengkung Vertikal pada Jalan	91
Gambar 9.1. Volume barang diangkut melalui transportasi darat di Indonesia	140
Gambar 9.2. Perangkat pengamanan jalan (a) Guardrail dan (b) Delineator	145
Gambar 9.3. Rambu peringatan dan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas	145
Gambar 9.4. Prediksi peningkatan aktivitas transportasi darat di Indonesia	146

Gambar 9.5. Konsumsi Bahan Bakar pada Kategori Transportasi	147
Gambar 9.6. Penggunaan Aspal Daur Ulang Pada Ruas Jalan Pantura Karawang - Cikampek Daerah Purwasari	148
Gambar 9.7. Penggunaan Aspal Daur Ulang Pada Ruas Jalan Pantura Cikampek - Ciasem Daerah Jatisari	148
Gambar 9.8. Peta Kondisi Jaringan Jalan Nasional	149

BAB 1

KONSEP DAN SEJARAH JALAN RAYA

Oleh Wahyu Satyaning Budhi

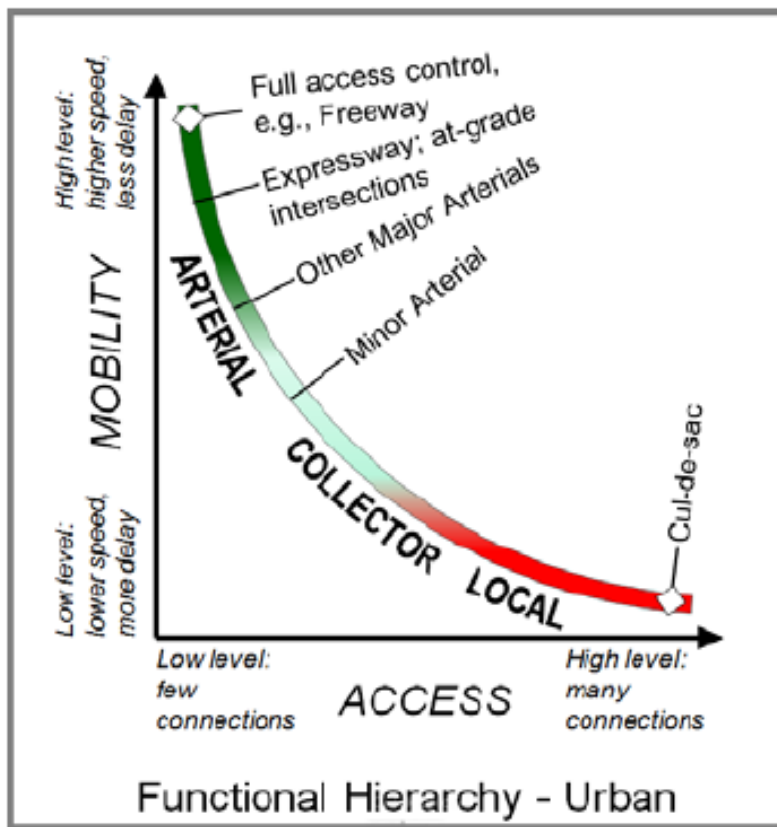
1.1 Konsep Jalan

Jalan merupakan salah satu sarana transportasi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, terutama di zaman sekarang, karena membantu berbagai fungsi ekonomi, sosial, budaya, dan pertahanan. Jalan sangat penting untuk sistem pelayanan masyarakat karena merupakan infrastruktur utama yang menghubungkan wilayah. Permen PU No. 19/PRT/M/2011 tentang persyaratan teknis jalan (PTJ) dan kriteria desain teknis jalan (KPTJ) menetapkan bahwa desain jalan harus menggunakan konsep yang efektif, efisien, ekonomis, berkeselamatan, dan berwawasan lingkungan (Direktorat Jendral Bina Marga, 2021). Perencanaan yang didasarkan pada konsep-konsep ini diharapkan dapat menurunkan angka kecelakaan dan biaya yang timbul dari kecelakaan sehingga jalan tidak hanya berfungsi sebagai penghubung antar wilayah tetapi juga aman bagi masyarakat (Budhi *et al.*, 2024).

Secara umum, jalan adalah area yang diizinkan untuk dilalui oleh kendaraan dan lalu lintas lainnya. Jalan tidak hanya terdiri dari jalur setapak, tetapi juga bangunan terkait seperti gorong-gorong, jembatan, dan lahan yang diperlukan untuk pelebaran yang akan datang. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004, jalan didefinisikan sebagai sarana transportasi darat yang diperuntukkan bagi lalu lintas, termasuk segala bagian jalan, serta bangunan pelengkap dan perlengkapannya, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel, jalan dapat berada di atas tanah, di atas tanah, di bawah tanah, di dalam air, atau di atas air (Pemerintah Republik Indonesia, 2004).

Menurut Oglesby (1999), jalan raya adalah jalur tanah yang sengaja dibangun oleh manusia dengan bentuk, ukuran, dan jenis konstruksi yang disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan

transportasi (Sukamto, Erwan and Mayuni, 2017). Jalan raya tidak hanya berfungsi sebagai penghubung antar tempat, tetapi juga memainkan peran penting dalam mendukung aktivitas ekonomi, sosial, dan budaya masyarakat. Fungsi utama jalan raya adalah untuk menyalurkan lalu lintas yang beragam, mulai dari orang hingga kendaraan yang membawa barang, sehingga memungkinkan pergerakan antar wilayah berlangsung dengan mudah dan cepat. Untuk meningkatkan aksesibilitas dan kemudahan mobilitas, pembangunan jalan raya adalah menjadi tujuan utama. Hal ini akan memungkinkan distribusi barang yang lebih cepat, konektivitas antar wilayah, dan interaksi sosial yang lebih mudah.



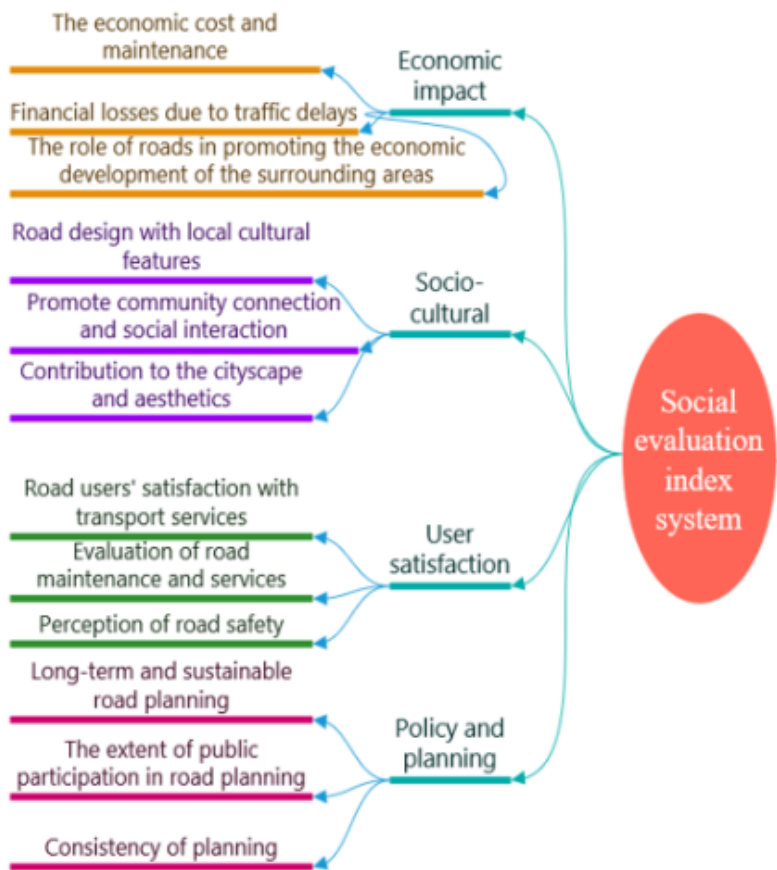
Gambar 1.1. Hirarki fungsional jalan raya secara konseptual
(Sumber : Sokolow, Williams and Levinson, 2014)

Aksesibilitas jalan dan mobilitas erat terkait dengan efisiensi sistem transportasi dan kelancaran lalu lintas. Ide bahwa sistem jalan yang melayani berbagai fungsi harus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat adalah dasar dari gagasan hierarki jalan. Di puncak hierarki terdapat jalan bebas hambatan, yang mengutamakan kecepatan dan perjalanan jarak jauh. Jalan bebas hambatan ini harus terhubung dengan jalan arteri yang berlevel setara, sehingga lalu lintas dapat didistribusikan ke jalan-jalan yang lebih kecil. Jalan-jalan yang lebih kecil ini melayani lalu lintas yang masuk dan keluar dari daerah pemukiman dan distrik bisnis, yang biasanya memiliki kecepatan lebih rendah dan akses yang lebih mudah ke rumah dan bisnis. Jenis jalan ini memiliki kecepatan dan aksesibilitas yang paling menentukan (Sokolow, Williams and Levinson, 2014).

Mobilitas dapat terpengaruh oleh kemudahan aksesibilitas ini, terutama jika tidak dikelola dengan baik. Manuver kendaraan yang terkait dengan akses dan volume lalu lintas dapat berdampak signifikan pada kinerja operasi lalu lintas dan keselamatan jalan. Oleh karena itu, manajemen akses harus dilakukan dengan mempertimbangkan manfaat antara akses lahan dan mobilitas lalu lintas. Panduan manajemen akses dibuat untuk mengatur arus lalu lintas yang lancar di jaringan jalan sehingga setiap jalan dapat melakukan fungsinya dengan baik sambil memberikan akses yang cukup bagi properti pribadi ke jaringan transportasi (Siddiqui, 2015).

Konsep jalan yang berfungsi sebagai alat transportasi utama untuk menghubungkan wilayah, sangat terkait dengan sistem indeks evaluasi sosial. Selain memfasilitasi lalu lintas, jalan memainkan peran penting dalam pertumbuhan ekonomi, sosial, dan budaya sebuah wilayah. Dalam situasi seperti ini, jalan yang dirancang dengan baik tidak hanya harus mempertimbangkan fitur fungsional seperti kapasitas dan kecepatan, tetapi juga harus menguntungkan secara ekonomi dengan mengurangi biaya karena keterlambatan lalu lintas dan mendorong pertumbuhan wilayah sekitar. Jika dilihat dari perspektif sosial-budaya, desain jalan yang mencerminkan karakter lokal dapat meningkatkan ikatan sosial, meningkatkan kenyamanan, dan meningkatkan kualitas hidup.

Untuk memastikan perjalanan yang aman dan efisien, manajemen jalan harus memenuhi standar operasional yang tinggi untuk memastikan kepuasan pengguna jalan, termasuk keselamatan dan kemudahan transportasi. Untuk mencapai tujuan pengelolaan sumber daya dan tujuan jangka panjang, perencanaan jalan yang berkelanjutan memerlukan partisipasi publik. Oleh karena itu, jalan tidak hanya berfungsi sebagai penghubung fisik antara tempat, tetapi juga merupakan bagian penting dari pembangunan sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat seperti halnya dapat dilakukan pada jalan perkotaan (Wang and Huang, 2024).



Gambar 1.2. Indikator Evaluasi Sosial untuk Jalan Perkotaan
(Sumber : Wang and Huang, 2024)

1.2 Sejarah Jalan Raya di Dunia

Sejarah pembangunan jalan menunjukkan perubahan dalam teknik konstruksi dan perubahan sosial, ekonomi, dan budaya di berbagai masyarakat di seluruh dunia. Jalan pertama kali dibangun untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia, seperti pergerakan barang dan orang. Seiring perkembangan zaman, kebutuhan akan mobilitas yang lebih cepat dan efisien mendorong inovasi baru dalam pembangunan jalan, yang pada akhirnya menyebabkan kemajuan ekonomi di seluruh dunia. Pembangunan jalan telah menjadi komponen penting dalam menghubungkan wilayah yang berbeda dan mempercepat pertumbuhan perdagangan antarbangsa di seluruh dunia, dari zaman kuno hingga modern.

1. Zaman Prasejarah (*Prehistoric Era*)

Sekitar 10.000 SM, pelancong manusia mulai menggunakan jalan jejak (*pathway*) atau jalur yang dibangun dari jalur alami yang sering dilalui oleh hewan atau manusia itu sendiri (Lay, 1992). Pada awalnya, jalur-jalur ini biasanya mengikuti jejak binatang atau rute alam yang sudah ada, seperti sungai atau lereng gunung, yang memudahkan pergerakan manusia dan hewan. Untuk mempermudah perjalanan, manusia kemudian membuat jalan-jalan ini lebih lebar dengan membersihkan batu besar, ranting, dan halangan lainnya. Pada sekitar 5000 SM, dengan adanya penggunaan hewan pembawa beban seperti sapi dan kuda, jalan-jalan mulai dibuat lebih lebar.

2. Zaman Kuno (*Ancient Times*)

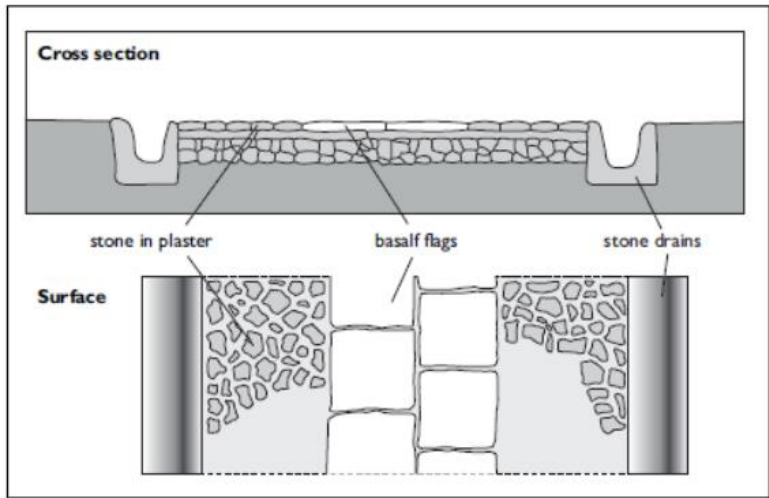
Zaman Kuno, yang berlangsung dari sekitar 4000 SM hingga 500 M, adalah periode penting dalam perkembangan jalan. Pada masa ini, peradaban mulai membangun jalan untuk memudahkan mobilitas manusia, perdagangan, dan kebutuhan militer. Salah satu contoh paling awal adalah The Sweet Track, sebuah jalan kayu yang ditemukan di Inggris yang dibangun sekitar 3807 SM atau 3806 SM (O'Flaherty, 2002; Hirst, 2009). Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 1.3. Masih pada sekitar 4000 SM juga ditemukan paving jalan telah ditemukan di kota-

kota peradaban Lembah Indus di India, seperti Harappan dan Mohenjo-daro.



Gambar 1.3. Ilustrasi *The Sweet Track*

Selanjutnya, ditemukan sebuah jalan yang diperkirakan berasal dari sekitar 2600 SM, menghubungkan tambang batu basal di Wadi Hammamat dengan lokasi pembangunan piramida di Giza dan Saqqara, Mesir. Penemuan ini memberikan wawasan penting tentang metode dan infrastruktur transportasi yang digunakan oleh masyarakat Mesir kuno (Maugh, 1994). Sekitar tahun 1000 SM, Bangsa Minoa di Pulau Kreta, Yunani, membangun jalan batu sepanjang 50 km yang melewati pegunungan dengan ketinggian sekitar 1.300 meter yang menghubungkan Gortyna di pesisir selatan dengan Knossos di pesisir utara (Mouratidis and Kehagia, 2014). Adapun potongan melintang dan tampilan permukaan jalan dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4. Potongan melintang dan tampak permukaan atas Jalan di Pulau Kreta
(Sumber : Mouratidis and Kehagia, 2014)

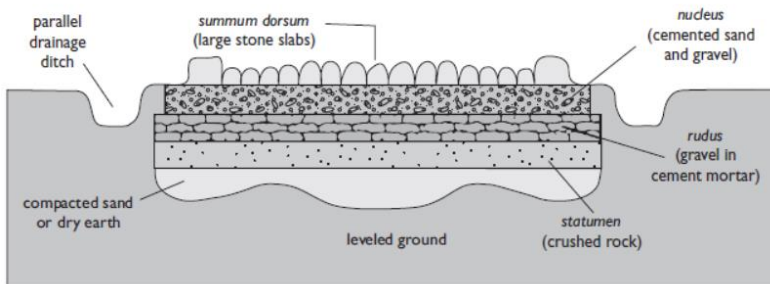
Sekitar tahun 500 SM, Raja Darius I di Persia membangun Royal Road, sebuah jalur jalan sepanjang 2.700 km yang menghubungkan Susa dengan Sardes. Ini dibangun untuk memudahkan pasukan kerajaan berkomunikasi dan bergerak. Setelah itu, jalan-jalan mulai dibangun dengan lebih teratur, menggunakan batu dan kerikil untuk meningkatkan kekuatan dan kemudahan perjalanan. Jalan-jalan ini kemudian membantu perdagangan dan komunikasi antar daerah (Mouratidis and Kehagia, 2014). Karena kualitasnya yang unggul, jalan ini masih digunakan bahkan setelah zaman Romawi.

3. Zaman 500 SM–500 M

Pada Zaman Romawi (sekitar 500 SM–500 M), pembangunan jalan berkembang pesat sebagai bagian dari strategi ekspansi dan pengelolaan Kekaisaran Romawi. Dengan munculnya kekaisaran, kebutuhan akan jaringan jalan yang dapat mempercepat pergerakan pasukan dan komunikasi meningkat. Bangsa Romawi membangun jalan berbatu dengan lapisan dasar batu pecah yang disebut "Roman Roads". Hal ini

untuk menjaga air mengalir dengan baik dan permukaan tetap kering dalam mengatasi masalah jalan berlumpur yang menghalangi tentara bergerak.

Teknologi jalan Romawi memiliki inovasi yang signifikan. Mereka menggunakan struktur berlapis, dengan lapisan bawah sebagai fondasi batu besar, lapisan tengah dari pasir dan kerikil sebagai perata, serta lapisan atas dari batu besar (*summum dorsum*) yang memberikan daya tahan tinggi. Selain itu, jalan-jalan ini dibangun dengan sistem drainase canggih yang menaikkan bagian tengahnya untuk mengalirkan air ke sisi jalan sehingga mencegah genangan air seperti pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5. Potongan melintang *Roman Road*
(Sumber : Mouratidis and Kehagia, 2014)

Sejak sekitar 312 SM, Kekaisaran Romawi mulai membangun jalan-jalan lurus dan kokoh di seluruh Eropa dan Afrika Utara untuk mendukung kampanye militer mereka. Pada titik tertingginya, jaringan jalan Romawi terdiri dari 29 jalan utama yang keluar dari Roma dan membentuk jaringan transportasi dengan panjang total 78.000 km (52.964 mil) jalan beraspal. Selain mempercepat transportasi pasukan, jalan-jalan ini meningkatkan perdagangan dan komunikasi di seluruh kekaisaran (O'Flaherty, 2002).

Via Egnatia yang dibangun oleh Gaius Egnatius adalah salah satu jalan paling terkenal yang dibangun oleh bangsa Romawi. Ini memiliki panjang 860 km dan menghubungkan Laut Adriatik hingga Bosphorus, melewati Illyria, Makedonia,

dan Thrace. Via Egnatia memiliki *milestones*, tempat peristirahatan, dan pos logistik untuk tentara dan pengunjung.

Selain itu, terdapat Diolkos yang dibangun oleh Bangsa Yunani di Korintus sekitar abad ke-8 SM, dan kemudian diperbarui oleh Periander pada abad ke-6 SM. Jalur batu sepanjang 6 km ini memungkinkan kapal dan kargo melintasi Tanah Genting Korintus dan menghindari perjalanan laut yang berbahaya di sekitar Semenanjung Peloponnesos. Memiliki dua alur paralel dengan jarak 1,6 meter, jalur ini adalah salah satu contoh infrastruktur transportasi yang lebih canggih di masa lalu. Selain itu, jalur ini memudahkan pergerakan gerobak beroda (Mouratidis and Kehagia, 2014).

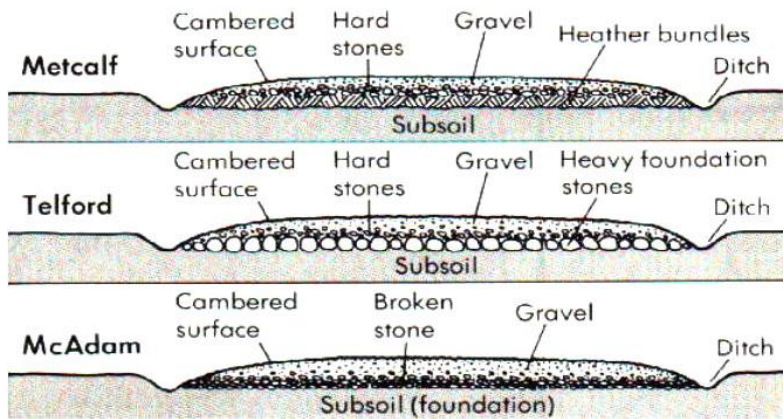
Selanjutnya, banyak jalan yang juga dibangun di seluruh Kekaisaran Arab pada abad ke-8 M. Jalan-jalan di Baghdad yang dipaving dengan tar adalah yang paling canggih di masa itu. Minyak bumi yang diperoleh dari ladang minyak di daerah tersebut diproses melalui proses kimia yang dikenal sebagai distilasi destruktif. Proses ini memecah minyak mentah menjadi berbagai produk, termasuk tar yang digunakan untuk memperkuat dan meratakan jalan yang membuatnya lebih tahan lama untuk lalu lintas (Ajram, 1992).

4. Zaman Modern (*Modern Era*)

Pada abad ke-18 dan ke-19, terjadi kemajuan besar dalam teknologi konstruksi jalan, yang memulai perkembangan jalan modern. Saat itu, dua insinyur terkemuka dari Inggris, John Metcalf dan Thomas Telford, berkontribusi besar pada peningkatan infrastruktur jalan. Pada tahun 1765, John Metcalf, yang juga disebut sebagai *Blind Jack of Knaresborough*, memulai pembangunan jalan turnpike yang didanai oleh sistem tol di bagian utara Inggris. Untuk memastikan air hujan mengalir dengan cepat ke saluran di sisi jalan, Metcalf memperkenalkan prinsip-prinsip penting untuk pembangunan jalan yang baik, seperti fondasi yang kuat, drainase yang baik, dan permukaan jalan yang melengkung. Salah satu pencapaiannya yang terkenal adalah membangun jalan di daerah rawa dengan menggunakan rakit dari tanaman ling dan furze sebagai fondasi.

Selain itu, Thomas Telford, yang dikenal sebagai "*Colossus of the Roads*", melakukan kemajuan besar dalam desain jalan dan jembatan di Inggris pada abad ke-19. Telford mengembangkan teknik konstruksi jalan yang lebih canggih, seperti menggali parit besar untuk membangun fondasi batu berat, yang kemudian ditutup dengan lapisan batu pecah sebagai permukaan jalan. Holyhead Road, salah satu jalan terkenal yang menghubungkan London ke Wales. Selain itu, Telford merancang jalan dengan kemiringan untuk meningkatkan drainase, dan mereka memilih batu dengan ketebalan yang sesuai untuk mempertimbangkan lalu lintas dan lingkungan.

Pada akhir abad ke-19, John Loudon McAdam membuat teknik perkerasan jalan baru yang lebih murah dan efisien yang menggunakan campuran tanah dan batu kerikil. Metode ini menghindari penggunaan lapisan batu besar yang sebelumnya diperlukan. Metode ini melindungi tanah dari kerusakan akibat air dan erosi, membuatnya lebih hemat biaya dan lebih efisien dalam pemeliharaan. Seiring berjalannya waktu, tar digunakan untuk memperkuat jalan Macadam yang sekarang dikenal sebagai tarmac. Pada tahun 1901, Edgar Purnell Hooley mematenkan tarmac yang membuat jalan lebih halus dan lebih tahan lama, dan membuatnya ideal untuk kendaraan bermotor yang mulai berkembang pada saat itu.



Gambar 1.6. Perbandingan Struktur Jalan Metcalf, Telford dan McAdam

Konsep jalan juga dikenal sebagai jalan bebas hambatan mulai dikembangkan pada awal abad ke-20 seiring dengan meningkatnya permintaan untuk kendaraan bermotor. Dengan memisahkan jalur kendaraan untuk mengurangi kecelakaan dan mempercepat arus lalu lintas, jalan-jalan ini dibangun untuk mempercepat perjalanan.

Autostrada dei Laghi, juga dikenal sebagai *Lakes Motorway*, adalah jalan tol pertama di dunia yang dibangun untuk mengatasi kendala akses. Jalan tol ini menghubungkan Milan ke Danau Como dan Danau Maggiore dan dibuka untuk umum pada tahun 1924. Autostrada ini hanya memiliki satu jalur di setiap arah dan tidak memiliki *interchanges* (persimpangan jalan). Autostrada dei Laghi adalah jalan tol pertama di dunia yang menerapkan konsep akses terbatas. Selain itu di Jerman, proyek jalan bebas hambatan pertama kali dimulai pada tahun 1932. Pada tahun 1940, Pennsylvania Turnpike menjadi jalan raya pertama di Amerika Serikat yang selesai, menghubungkan Philadelphia dan Ohio dengan dua jalur per arah dan tanpa perlintasan sebidang.

1.3 Sejarah Jalan Raya di Indonesia

Sejak zaman prasejarah hingga zaman modern, perkembangan jalan di Indonesia mengalami perkembangan yang signifikan. Jalan pertama kali dikenal pada masa prasejarah sebagai jalan setapak yang digunakan oleh orang-orang untuk berburu dan mengumpulkan makanan. Menurut temuan fosil manusia, jalan prasejarah di Indonesia dibangun seiring dengan penyebaran kehidupan manusia prasejarah. Jalan setapak pasca-Pleistosen dapat ditemukan di Aceh (di wilayah Langsa dan Tamiang), Jawa Timur (di sekitar Goa Lowo dan Ponorogo), Sulawesi Selatan (di wilayah Lamoncong dan gua seperti Gua Cakondo dan Gua Leang Karassa), dan Nusa Tenggara (di Flores dan Pulau Komodo). Jalan ini digunakan untuk berburu, mengumpulkan makanan, dan berbagai aktivitas sosial lainnya (Kementrian PUPR, 2020).

Tidak ada informasi pasti tentang kapan teknologi jalan digunakan di Nusantara. Mengingat kondisi geografis kepulauan yang lebih mendukung pelayaran sebagai sarana utama perdagangan dan ekspansi wilayah, kerajaan besar seperti Kutai, Sriwijaya, dan Majapahit lebih cenderung menggunakan transportasi laut daripada jalan darat. Namun, seiring perkembangan peradaban, jalan mulai memiliki fungsi yang lebih luas. Ini terlihat terutama selama kerajaan Hindu-Buddha dan Islam, di mana jalan digunakan untuk mobilitas kendaraan beroda yang ditarik hewan serta untuk tujuan sosial dan ekonomi. Seperti halnya pada awal abad ke-17, jalan semakin penting dalam strategi militer dan politik. Sultan Agung dari Mataram, yang membangun jalur darat dari Mataram ke Batavia pada tahun 1629 untuk menggerakkan pasukan. Sultan Agung membangun tiga jalur utama ke berbagai arah. Jalur pertama menuju utara yang menghubungkan Mataram dengan Semarang, jalur kedua menuju barat laut dan menuju Tegal, dan jalur ketiga menuju timur dan menuju Gresik dan Blambangan (Kementrian PUPR, 2020).

Selama pendudukan Belanda di Nusantara, pembangunan jalan mulai mengalami modernisasi. Pada Abad-19 pemerintah Hindia Belanda membuat jalan sebagai jalur perlintasan bagi orang dan kendaraan serta sebagai pertahanan dari ancaman dari kekuatan asing, terutama Inggris. Upaya tersebut melibatkan

pembangunan Jalan Raya Pos (*De Grote Postweg*) oleh Gubernur Jenderal Herman Willem Daendels. Jalan ini membentang dari Anyer di ujung barat Pulau Jawa hingga Panarukan di ujung timur Pulau. Pada 5 Mei 1808, instruksi untuk membangun jalan raya ini dengan panjang 1.000 km dan lebar 7,5 meter dikeluarkan. Meskipun sebagian besar jalur ini merupakan perbaikan dari jalan yang sudah ada sebelumnya, jalan tersebut lebih kokoh dengan lapisan batu dan pasir yang membuatnya lebih baik untuk mobilitas dan kepentingan militer Belanda. Sejarah pembangunan jalan ini sangat melegenda dan merupakan bagian penting dari kemajuan bangsa Indonesia. Hingga saat ini, jalan ini masih merupakan salah satu rute transportasi utama di Pulau Jawa (Kementrian PUPR, 2020; Aldy, Pathuddin and Bosra, 2021).



Gambar 1.7. Rute Jalan Raya Pos Anyer-Panarukan
(Sumber :Daniswari, 2022)

Peran jalan semakin penting selama era kemerdekaan seiring dengan kemajuan budaya dan masyarakat Indonesia. Dari Era Presiden Soeharto hingga Presiden Joko Widodo, jalan desa, kabupaten, kota, provinsi, dan jalan nasional telah dibangun sebagai bagian dari infrastruktur jalan yang terus berkembang. Setelah merdeka, Departemen Pekerjaan Umum bertanggung jawab dalam sektor pembangunan jalan. Salah satu proyek pertama yang berhasil adalah jaringan jalan yang menghubungkan Kebayoran Baru ke Jakarta pada tahun 1955, yang sekarang dikenal sebagai Jalan Jenderal Sudirman-M.H. Thamrin. Pada tahun 1960-an, Jakarta Bypass dibangun yang menghubungkan Cililitan ke Tanjung Priok

dengan spesifikasi yang lebih modern. Jalan Tol Jagorawi merupakan Jalan tol pertama di Indonesia yang dibangun dan dibuka pada 9 Maret 1978, menandai tonggak penting dalam era Orde Baru. Kesuksesan Pembangunan Tol Jagorawi menjadi pemicu pembangunan jaringan jalan raya yang lebih besar. Termasuk proyek Trans Jawa sepanjang 1.150 km, serta pembangunan jaringan tol di Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua untuk meningkatkan konektivitas dan pemerataan.



Gambar 1.8. Fase Pertama Jalan Tol Jagorawi
(Sumber :Fathoni, 2024)



Gambar 1.9. Peninjauan Simpang Susun Pada Jalan Tol Jagorawi
(Sumber :Fathoni, 2024)

DAFTAR PUSTAKA

- Ajram, K. (1992) *The Miracle Of Islam Science (2nd Ed.)*. Knowledge House Publishers.
- Aldy, Pathuddin And Bosra, M. (2021) 'Pembangunan Jalan Raya Di Kerajaan Soppeng, 1923-1930', *Attoriolog Jurnal Pemikiran Kesejarahan Dan Pendidikan Sejarah*, 19(1), Pp. 11–21.
- Budhi, W.S. *Et Al.* (2024) 'Identifying Traffic Accident Trends And Black Spot Locations On National Road (A Case Study: Rogojampi-Kabat, Banyuwangi) BT - Advances In Civil Engineering Materials', In Nia, E.M. And Awang, M. (Eds). Singapore: Springer Nature Singapore, Pp. 683–695.
- Daniswari, D. (2022) *Sejarah Jalan Anyer - Panarukan: Lokasi, Tujuan, Dan Orang Yang Memerintahkan Pembangunan*, *Kompas.Com*. Available At: <https://Regional.Kompas.Com/Read/2022/02/06/204329778/Sejarah-Jalan-Anyer-Panarukan-Lokasi-Tujuan-Dan-Orang-Yang-Memerintahkan?Page=All>.
- Direktorat Jendral Bina Marga (2021) 'Pedoman Desain Geometrik Jalan'.
- Fathoni, R. (2024) *Arsip Foto "Kompas": Jagorawi, Jalan Tol Pertama Di Indonesia*, *Kompas.Com*. Available At: <https://Www.Kompas.Id/Baca/Arsip/2024/02/27/Arsip-Foto-Kompas-Jagorawi-Jalan-Tol-Pertama-Di-Indonesia>.
- Hirst, K.K. (2009) *Oldest Trackway Found In Plumstead*, *Archaeology.About.Com*. Available At: <https://Web.Archive.Org/Web/20130512030630/Http://Archaeology.About.Com/B/2009/08/15/Oldest-Trackway-Found-In-Plumstea.Htm> (Accessed: 9 March 2025).
- Kementrian PUPR (2020) *Jalan Di Indonesia Dari Sabang Sampai Merauke*.
- Lay, M.G. (1992) *Ways Of The World: A History Of The World's Roads And Of The Vehicles That Used Them*. Rutgers University Press.
- Maugh, T.H. (1994) *Archeologists Find World's Oldest Paved Road In Egypt: History: Eight-Mile Stretch Of Flagstones Was Used To Move Basalt Blocks From A Quarry To The Nile For*

Transportation To Monuments At Giza And Saqqara, Los Angeles Times. Available At: <https://www.latimes.com/archives/LA-Xpm-1994-05-07-Mn-54915-Story.html>.

- Mouratidis, A. And Kehagia, F. (2014) 'On The Track Of Road Evolution', *Journal Of Infrastructure Development*, 6(1), Pp. 1–15. Doi:10.1177/0974930614543047.
- O'Flaherty, C.A. (2002) *Highways: The Location, Design, Construction & Maintenance Of Road Pavements*. Elsevier.
- Pemerintah Republik Indonesia (2004) 'Undang-Undang (UU) Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan'.
- Siddiqui, S. (2015) *Synthesis Of Safety Aspects Of Highway Design Features - Alignment And Access Management*. Doi:10.13140/RG.2.1.3697.3603.
- Sokolow, G., Williams, K. And Levinson, H. (2014) 'The Changing Focus Of Access Management', In *Access Management Theories And Practices - Proceedings Of The 2nd International Conference On Access Management, AM 2014*, Pp. 54–65. Doi:10.1061/9780784413869.006.
- Sukanto, Erwan, K. And Mayuni, S. (2017) 'Evaluasi Faktor Pengaruh Tingkat Pelayanan Jalan Sungai Raya Dalam Kota Pontianak', *Jelast:Jurnal Teknik Kelautan , PWK , Sipil, Dan Tambang*, 4(4), Pp. 1–8.
- Wang, Y. And Huang, L. (2024) 'Research On The Evaluation Indicator System For Sustainable Development Of Urban Roads Based On The Triple Bottom Line Theory', *E3S Web Of Conferences*, 512, P. 3031. Doi:10.1051/E3sconf/202451203031.

BAB 2

KLASIFIKASI JALAN RAYA

Oleh Wahyu Naris Wari

2.1 Pendahuluan

Kecuali jalan kereta api, jalan truk, dan jalan kabel, semua bagian jalan-termasuk bangunan penghubung, bangunan pelengkap, dan perlengkapan lalu lintas-baik di darat, di atas tanah, di bawah tanah, di dalam air, atau di atas air dianggap sebagai bagian dari jalan. (Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2024)

Sebagai bagian penting dari infrastruktur negara, jalan raya diatur dalam UU No. 38/2004 tentang jalan raya di Indonesia. Undang-undang ini mengklasifikasikan jalan raya ke dalam beberapa jenis. (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan Dengan Rahmat Tuhan Yang Maha Esa Presiden Republik Indonesia, 2004)

Selain UU No. 38/2004, Peraturan Pemerintah No. 34/2006 tentang Jalan memberikan petunjuk yang lebih komprehensif untuk penyelenggaraan jalan di Indonesia. Jenis jalan yang diatur oleh peraturan ini adalah sebagai berikut: (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 34, 2006)

1. Jalan Umum dan Jalan Khusus:
 - a. Jalan raya yang digunakan oleh masyarakat umum meliputi jalan negara, regional, lokal, dan bahkan jalan desa.
 - b. Jalan dengan tujuan khusus: Jalan ini memiliki fungsi khusus, misalnya jalan di daerah pertanian atau komersial.
2. Sistem Jaringan Jalan:

Dalam struktur hirarkis, sistem jaringan jalan menghubungkan pusat-pusat pembangunan dengan wilayah sekitarnya melalui hubungan antar ruas jalan.

3. **Penyelenggaraan Jalan:**

Hal ini mencakup semua aspek yang terkait dengan jalan raya, termasuk desain, pembangunan, regulasi, dan pengawasannya.

4. **Fungsi Jalan:**

Jalan dikategorikan berdasarkan fungsinya, seperti arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan, untuk memenuhi berbagai kebutuhan transportasi.

2.2 Klasifikasi Jalan Pada Perencanaan Geometrik Jalan Raya

Jalan dikategorikan menurut peran, status, dan kelasnya. Beberapa contoh kelas jalan adalah jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan. Kelas jalan lainnya adalah jalan nasional, provinsi, kabupaten/kota, dan jalan desa. Perencanaan geometrik jalan sangat bergantung pada kategorisasi jalan. Beberapa peran utama dari pengkategorian jalan dalam hal ini adalah sebagai berikut:

1. **Menentukan Kriteria Desain:** Klasifikasi jalan berfungsi untuk menetapkan kriteria desain yang sesuai untuk setiap kategori jalan. Misalnya, jalan arteri memiliki kriteria desain yang berbeda dibandingkan dengan jalan lokal.
2. Tujuan kedua dari kategorisasi jalan adalah untuk mengatur arus lalu lintas sesuai dengan fungsi jalan. Untuk perjalanan berkecepatan sedang dan jarak jauh, jalan arteri lebih cocok daripada jalan kolektor, yang lebih cocok untuk angkutan utama berkecepatan tinggi.
3. **Menentukan Ukuran dan Bentuk Jalan:** Berdasarkan klasifikasi jalan, perencana mampu menentukan ukuran dan bentuk jalan yang tepat. Hal ini mencakup lebar jalan, jumlah lajur, serta elemen geometrik lainnya.
4. **Meningkatkan Efisiensi dan Keamanan:** Dengan penerapan klasifikasi jalan yang tepat, perencanaan geometrik dapat meningkatkan efisiensi serta keamanan lalu lintas. Sebagai contoh, jalan arteri dirancang untuk meminimalkan jumlah akses masuk dan keluar demi mengurangi potensi terjadinya kecelakaan.

5. Menyesuaikan dengan Karakteristik Lalu Lintas: Klasifikasi jalan memungkinkan para perencana untuk menyesuaikan desain jalan dengan karakteristik lalu lintas yang ada, seperti jenis kendaraan yang dominan dan volume lalu lintas harian.

2.3 Klasifikasi Jalan

Istilah "klasifikasi jalan" digunakan untuk menjelaskan proses pembagian jalan dalam jaringan jalan menurut status, tujuan, atau hirarkinya. Pemerintah Indonesia dan Menteri Pekerjaan Umum mengawasi kategorisasi jalan.

Ketika merancang jaringan jalan, penting untuk memperhatikan interkoneksi antara dan di dalam wilayah perkotaan dan pedesaan, serta rencana tata ruang wilayah. Fungsi jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan diklasifikasikan menurut jenis dan arus lalu lintas dan angkutan jalan. Ada banyak tingkatan klasifikasi jalan menurut statusnya, antara lain jalan nasional, provinsi, kabupaten, kota, dan desa. Klasifikasi jalan didasarkan pada tujuan yang dimaksudkan, kemudahan lalu lintas dan transportasi di jalan tersebut, dan persyaratan untuk pembangunannya. Jalan kelas I, II, IIIA, dan IIIB diklasifikasikan berdasarkan jumlah lalu lintas dan jenis rute yang digunakan (Rajarjo Dhaniarti, 2022-a).

2.3.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsinya

Pada dasarnya, ada beberapa cara di mana jalan raya diklasifikasikan menurut fungsinya:

1. Jalan Arteri

Peran: Memfasilitasi pergerakan lalu lintas dengan kecepatan tinggi, kapasitas besar, dan jangkauan jauh.

Karakteristik:

- a. Tidak menyediakan akses langsung ke properti.
- b. Memiliki batasan terhadap hambatan sisi untuk mempertahankan kelancaran lalu lintas.

2. Jalan Kolektor

Peran: Menghubungkan pusat kegiatan lokal ke jaringan jalan arteri.

Karakteristik:

- a. Memfasilitasi perjalanan dengan jarak menengah.
- b. Memiliki kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan jalan arteri.

3. Jalan Lokal

Peran: Memfasilitasi lalu lintas di dalam wilayah tertentu dengan kecepatan rendah.

Karakteristik:

- a. Membantu distribusi lalu lintas dari jalan kolektor ke jalan lingkungan.
- b. Sesuai untuk jarak perjalanan yang pendek.

4. Jalan Lingkungan

Peran: Memfasilitasi lalu lintas di daerah perumahan, kawasan industri, atau area khusus lainnya.

Karakteristik:

- a. Memiliki kecepatan rendah dan lebih menekankan pada aksesibilitas.
- b. Tidak dirancang untuk menampung volume lalu lintas yang besar.

2.3.2 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Sistem Jaringan Jalan

Jaringan jalan merupakan sistem yang terintegrasi dengan dua bagian yang saling berhubungan dan bersifat hirarkis, yaitu jaringan jalan utama dan jaringan jalan minor (Rajarjo Dhaniarti, 2022-a).

Berikut ini adalah beberapa cara sistem jaringan jalan diklasifikasikan:

1. Sistem Jaringan Jalan Primer (SJJ Primer)

Sistem jaringan jalan utama adalah sistem jalan yang menghubungkan wilayah geografis yang luas, seperti negara, provinsi, atau bahkan kota. Perpindahan lalu lintas jarak jauh yang efisien dan cepat adalah tujuan utamanya.

Jaringan jalan primer sering kali meningkatkan mobilitas, menghubungkan pusat-pusat kegiatan nasional dan internasional, dan mematuhi persyaratan teknis yang ketat. Termasuk dalam kategori jalan ini adalah jalan raya dan jalan

tol nasional yang penting. Perhatikan jalan raya nasional Indonesia sebagai contoh.

Pada dasarnya, terdapat tiga jenis jalan dalam sistem jaringan jalan utama, masing-masing dengan fitur dan tujuan yang unik. Setiap kategori didefinisikan sebagai berikut:

a. Jalan Arteri Primer

Jalan yang menghubungkan kota tingkat pertama dengan kota tingkat pertama di dekatnya atau menghubungkan kota tingkat pertama dengan kota tingkat kedua. Menghubungkan pusat-pusat penting nasional, lokasi-lokasi utama, dan kota-kota besar. Sebagai contoh, zona ekonomi yang penting dapat dihubungkan oleh jalan raya antar pulau atau jalan arteri.

b. Jalan Kolektor Primer

Jalan yang menghubungkan kota lapis kedua dengan kota lapis kedua atau menghubungkan kota lapis kedua dengan kota lapis ketiga.

Contoh: Jalan provinsi yang menghubungkan kota-kota kecil dengan jalan nasional.

c. Jalan Lokal Primer

Rute yang menghubungkan kota tingkat pertama ke paket, kota tingkat kedua ke paket, kota tingkat ketiga ke kota tingkat yang lebih rendah, kota tingkat yang lebih rendah ke paket, atau kota tingkat yang lebih rendah ke paket. Sering menyediakan layanan ke tempat-tempat di mana ekonomi lokal berkembang pesat.

Contoh: Jalan penghubung antara kecamatan atau desa dengan jalan kolektor primer.

Sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.1 di bawah ini, peran ruas jalan SJJ utama terkait dengan hirarki kota: (Dhaniarti Raharjo, 2022)

Tabel 2.1. Hubungan Hirarki Kota dengan Peranan Ruas Jalan dalam SJJ Primer

kota	Jenjang I	Jenjang II	Jenjang III	Persil
Jenjang I	Arteri	Arteri	-	Lokal
Jenjang II	Arteri	Kolektor	Kolektor	Lokal
Jenjang III	-	Kolektor	Lokal	Lokal
Persil	Lokal	Lokal	Lokal	Lokal

Sumber: Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006

2. Sistem Jaringan Jalan Sekunder (SJJ Sekunder)

Sistem jaringan jalan sekunder menghubungkan tempat-tempat dengan fungsi utama ke perumahan, fungsi sekunder ke satu, fungsi sekunder ke dua, fungsi sekunder ke tiga, dan seterusnya, dalam rangka memenuhi kebutuhan mobilitas di tingkat lokal atau di dalam suatu wilayah.

Baik di daerah perkotaan maupun pedesaan, jaringan ini terutama berfungsi untuk memudahkan kehidupan sehari-hari penggunaanya.

Menurut Dhaniarti Raharjo (2022), ada tiga kategori berbeda untuk mengklasifikasikan ruas jalan dalam SJJ sekunder ini:

a. Jalan Arteri Sekunder

Jalan-jalan yang menghubungkan tingkat utama dan sekunder kota, atau menghubungkan tingkat pertama dan kedua kota, dll.

b. Jalan Kolektor Sekunder

Jalan raya yang menghubungkan daerah-daerah sekunder di tingkat pendidikan menengah kedua dan ketiga.

c. Jalan Lokal Sekunder

Rute yang menghubungkan sekolah menengah ke area perumahan, baik itu kelas satu, dua, atau tiga, atau bahkan ke sekolah menengah lain yang terhubung ke perumahan.

Pada tabel 2.2 di bawah ini, kita dapat melihat hubungan antara hirarki kota dan fungsi ruas jalan di SJJ Sekunder:

Tabel 2.2. Hubungan Hirarki Kota dengan Peranan Ruas Jalan dalam SJJ Primer

kota	Primer	Sekunder 1	Sekunder 2	Sekunder 3	Perumahan
Primer	-	Arteri	-	-	-
Sekunder 1	Arteri	Arteri	Arteri	-	Lokal
Sekunder 2	-	Arteri	Kolektor	Kolektor	Lokal
Sekunder 3	-	-	Kolektor	-	Lokal
Perumahan	-	Lokal	Lokal	Kolektor	-

Sumber: Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006

2.3.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Status dan Wewenang Pengawasan

Jalan Umum dan Jalan Khusus adalah dua kategori utama jalan menurut badan yang menaunginya, sebagaimana diuraikan dalam Undang-Undang Nomor 2 tahun 2022. Ketika badan usaha milik negara, badan usaha milik daerah, perorangan, kelompok masyarakat, badan hukum dan badan non-hukum, instansi pemerintah pusat, dan pemerintah daerah (selain operator jalan) membangun dan memelihara jalan untuk kepentingan mereka sendiri, maka jalan ini disebut sebagai jalan umum. Apabila Jalan Khusus memenuhi standar geometrik dan perkerasan jalan, serta fungsi jalan, maka jalan tersebut dapat diubah menjadi Jalan Umum. (Undang-Undang Kedua Republik Indonesia, 2022)

Menurut perubahan kedua atas UU No. 38 tahun 2004 tentang Jalan, UU No. 2 tahun 2022, jalan dikategorikan menurut status dan kewenangan pengawasannya, dan ini mencakup:

1. Jalan Nasional
 - a. Status: Dikelola oleh pemerintah pusat.
 - b. Wewenang Pengawasan: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR).

- c. Fungsi: Menghubungkan pusat-pusat kegiatan nasional, antarprovinsi, dan area strategis nasional.

Contoh: Jalan tol antar provinsi atau jalan arteri primer.

2. Jalan Provinsi

- a. Status: Dikelola oleh pemerintah provinsi.
- b. Wewenang Pengawasan: Dinas Pekerjaan Umum tingkat provinsi.
- c. Fungsi: Menghubungkan kabupaten/kota di dalam satu provinsi.

Contoh: Jalan kolektor primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dengan ibu kota kabupaten/kota.

3. Jalan Kabupaten/Kota

- a. Status: Dikelola oleh pemerintah kabupaten atau kota.
- b. Wewenang Pengawasan: Dinas Pekerjaan Umum tingkat kabupaten/kota.
- c. Fungsi: Menghubungkan antar kecamatan atau desa dalam wilayah kabupaten/kota.

Contoh: Jalan lokal primer atau jalan lingkungan.

4. Jalan Desa

- a. Status: Dikelola oleh pemerintah desa.
- b. Wewenang Pengawasan: Pemerintah desa setempat.
- c. Fungsi: Menyediakan aksesibilitas di dalam desa atau menghubungkan antar desa.

Contoh: Jalan lingkungan di area pedesaan.

5. Jalan Khusus

- a. Status: Dimiliki dan dikelola oleh lembaga atau badan usaha tertentu.
- b. Wewenang Pengawasan: Lembaga atau badan usaha yang bersangkutan.
- c. Fungsi: Melayani kepentingan spesifik seperti industri, pertambangan, atau perkebunan.

Contoh: Jalan menuju kawasan industri atau tambang.

2.3.4 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut tujuan penggunaannya dan jumlah lalu lintasnya menentukan jalan mana yang dapat mendukung beban sumbu maksimum dan kendaraan mana yang memenuhi

parameter tertentu. Muatan Sumbu Terberat yang Diperbolehkan (MSTL), juga disingkat MST, adalah batas tonase untuk kendaraan beroda dua dengan poros tunggal saat melaju di jalan (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 13, 2024).

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 13 Tahun 2024 disebutkan bahwa ada dua tahap dalam proses penentuan kelas jalan:

1. Kelas Jalan yang ditetapkan oleh Menteri, diantaranya :
 - a. Jalan Arteri Primer
 - b. Jalan Kolektor Primer 1
2. Kelas Jalan yang ditetapkan oleh Gubernur, diantaranya :
 - a. Jalan kolektor primer 2;
 - b. Jalan kolektor primer 3;
 - c. Jalan kolektor primer 4;
 - d. Jalan lokal primer;
 - e. Jalan lingkungan primer;
 - f. Jalan arteri sekunder;
 - g. Jalan kolektor sekunder;
 - h. Jalan lokal sekunder; dan
 - i. Jalan lingkungan sekunder.

Kriteria Kelas Jalan dapat dilihat pada Tabel 2.3. di bawah ini :

Tabel 2.3. Kriteria Penetapan Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Sistem Jaringan Jalan	Status Jalan	LHRT		Persentase Kendaraan Niaga (%)	Kelas Jalan
			Total	Keterangan		
Arteri	Primer	Nasional	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	≥ 15	I
Kolektor	Primer 1	Nasional	≥ 10.000	LHR Tinggi	≥ 15	
Kolektor	Primer 2	Provinsi	≥ 5.000	LHR Tinggi	≥ 15	
Kolektor	Primer 3	Provinsi	≥ 5.000	LHR Tinggi	≥ 15	
Kolektor	Primer 4	Kabupaten	≥ 5.000	LHR Tinggi	≥ 15	
Arteri	Primer	Nasional	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	≥ 5 - 15	II
Kolektor	Primer 1	Nasional	≥ 10.000	LHR Tinggi	< 15	
			≥ 2.000 - 10.000	LHR Sedang	≥ 15	
Kolektor	Primer 2	Provinsi	≥ 5.000	LHR Tinggi	< 15	
	Sistem Jaringan Jalan	Status Jalan	LHRT		Persentase Kendaraan Niaga (%)	Kelas Jalan
			Total	Keterangan		
Kolektor	Primer 3	Provinsi	≥ 5.000	LHR Tinggi	< 15	II
Kolektor	Primer 4	Kabupaten	≥ 5.000	LHR Tinggi	< 15	
Lokal	Primer	Kabupaten	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	≥ 15	
Arteri	Sekunder	Kota	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	
Arteri	Primer	Nasional	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	< 5	III
Kolektor	Primer 1	Nasional	≥ 2.000 - 10.000	LHR Sedang	< 15	
			< 2.000	LHR Rendah	tidak dipersyaratkan	
Kolektor	Primer 2	Provinsi	< 5.000	LHR Rendah	tidak dipersyaratkan	
Kolektor	Primer 3	Provinsi	< 5.000	LHR Rendah	tidak dipersyaratkan	
Lokal	Primer	Kabupaten	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	< 15	
Lingkungan	Primer	Kabupaten	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	
Kolektor	Sekunder	Kota	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	
Lokal	Sekunder	Kota	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	
Lingkungan	Sekunder	Kota	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	tidak dipersyaratkan	

Sumber :Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 13 Tahun 2024

DAFTAR PUSTAKA

- Dhaniarti Raharjo, N. (2022) *Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya*.
- Indonesia, R. (2006) *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 34 Tahun 2006*. Jakarta.
- Indonesia, R. (2022) *Undang Undang Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022*. Jakarta.
- Indonesia, R. (2024a) *Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2024*. Jakarta. Available At: [Https://jdih.Pu.Go.Id](https://jdih.pu.go.id).
- Indonesia, R. (2024b) *Nmenteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 13 Tahun 2024*. Kakarta. Available At: [Https://jdih.Pu.Go.Id](https://jdih.pu.go.id).
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan Dengan Rahmat Tuhan Yang Maha Esa Presiden Republik Indonesia* (no date).

BAB 3

JARAK PANDANG

Oleh Christy Gery Buyang

3.1 Jarak Pandang

Jarak pandang geometrik jalan merupakan salah satu aspek penting dalam perancangan jalan untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Jarak pandang ini mengacu pada seberapa jauh pengemudi dapat melihat hambatan atau objek di depan mereka di sepanjang jalan. Faktor-faktor seperti topografi, kecepatan kendaraan, serta keberadaan tikungan dan tanjakan sangat memengaruhi jarak pandang ini. Jarak di sepanjang tengah-tengah suatu jalur jalan dari mata pengemudi ke suatu titik muka pada garis yang sama yang dapat dilihat oleh pengemudi. Jarak pandang geometrik adalah jarak yang dapat dilihat pengemudi tanpa terhalang oleh hambatan fisik seperti vegetasi, bangunan, atau struktur jalan lainnya. Standar ini ditentukan berdasarkan karakteristik geometrik jalan, seperti kelandaian, tikungan, dan rambu lalu lintas untuk memastikan keamanan berkendara.

3.2 Jarak Pandang Geometrik

Terdapat beberapa jenis jarak pandang dalam desain geometrik jalan, yaitu:

1. **Jarak Pandang Henti (*Stopping Sight Distance, SSD*):** Jarak minimum yang dibutuhkan agar pengemudi dapat menghentikan kendaraannya dengan aman setelah melihat hambatan.
2. **Jarak Pandang Menyusul (*Passing Sight Distance, PSD*):** Jarak yang diperlukan untuk menyusul kendaraan lain dengan aman.
3. **Jarak Pandang Perpotongan (*Intersection Sight Distance, ISD*):** Jarak pandang yang diperlukan bagi kendaraan di persimpangan untuk melihat kendaraan lain sebelum melakukan manuver.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Jarak Pandang Geometrik

1. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi jarak pandang geometrik meliputi:
2. Kecepatan kendaraan
3. Ketinggian mata pengemudi
4. Ketinggian objek yang diamati
5. Kemiringan jalan
6. Kondisi pencahayaan dan cuaca

Semakin tinggi kecepatan kendaraan, semakin panjang jarak pandang yang diperlukan untuk memastikan keselamatan. Misalnya, pada jalan raya dengan kecepatan tinggi, jarak pandang henti harus lebih panjang dibandingkan dengan jalan lokal yang memiliki kecepatan lebih rendah.

Jarak pandang yang tidak mencukupi dapat meningkatkan risiko kecelakaan, terutama di area dengan tikungan tajam, turunan, dan tanjakan curam. Oleh karena itu, standar desain jalan menetapkan ukuran minimal jarak pandang berdasarkan karakteristik jalan dan lalu lintas.

Jarak pandang yang memadai sangat penting untuk keselamatan lalu lintas. Pengemudi perlu memiliki waktu yang cukup untuk melihat, mengenali, dan bereaksi terhadap kondisi jalan dan hambatan yang mungkin ada, seperti tikungan tajam, jalan yang menurun, atau kendaraan yang berhenti.

3.3 Pengukuran Jarak Pandang dalam Desain Geometrik Jalan

Pengukuran jarak pandang pada jalan dilakukan untuk memastikan bahwa pengemudi memiliki visibilitas yang cukup terhadap kondisi jalan di depan mereka. Metode yang umum digunakan dalam pengukuran ini melibatkan pendekatan matematis, simulasi komputer, serta pengamatan langsung di lapangan. Secara teknis, pengukuran mempertimbangkan tinggi mata pengemudi, tinggi objek yang harus terlihat, serta sudut dan radius tikungan yang mempengaruhi visibilitas.

Pengukuran jarak pandang harus mempertimbangkan beberapa faktor utama, antara lain:

1. **Ketinggian mata pengemudi**, yang biasanya diasumsikan sekitar 1,08 hingga 1,2 meter dari permukaan jalan.
2. **Ketinggian objek di jalan**, misalnya, untuk jarak pandang henti (SSD), objek dengan tinggi 0,15 meter digunakan sebagai acuan untuk menggambarkan rintangan kecil.
3. **Topografi jalan**, seperti tikungan, tanjakan, dan turunan, yang dapat mengurangi jarak pandang efektif.
4. **Hambatan visual**, seperti pepohonan, bangunan, atau pagar pembatas jalan, yang dapat membatasi jangkauan penglihatan pengemudi.

Di lapangan, pengukuran jarak pandang dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat seperti total station, laser range finder, atau alat ukur manual seperti meteran panjang. Pengamat akan berdiri di titik tertentu pada jalan dan mengukur jarak hingga objek yang ditentukan dengan memperhatikan batasan visibilitas yang ada. Pengujian juga sering dilakukan dalam berbagai kondisi cuaca untuk memahami dampak hujan atau kabut terhadap jarak pandang aktual di jalan.

3.4 Jarak Pandangan Henti Minimum

Jarak pandang henti minimum adalah jarak minimum yang diperlukan oleh pengemudi untuk melihat suatu hambatan di jalan, bereaksi, dan menghentikan kendaraannya dengan aman tanpa terjadi tabrakan. SSD merupakan aspek krusial dalam desain jalan untuk memastikan bahwa setiap kendaraan memiliki cukup ruang untuk berhenti dalam kondisi darurat.

Jarak Pandangan Henti Minimum dapat dihitung dengan rumus (Sukirman, 1994):

$$d = 0.278V.t + \frac{V^2}{254fm} \quad (3.1)$$

Jalan yang memiliki kelandaian, dipakai rumus berikut: (Sukirman, 1994)

$$d = 0.278V.t + \frac{V^2}{254(f \pm L)} \quad (3.2)$$

dimana:

f_m : koefisien gesekan

L : nilai desimal landai jalan

+/- : untuk pendakian/penurunan

Tabel 3.1. Jarak Pandangan Henti Minimum

Kecepatan Rencana, V_r (km/jam)	Kecepatan Jalan, V_j (km/jam)	Koefisien Gesek Jalan, f_m	d perhitungan untuk V_r (m)	d perhitungan untuk V_j (m)	d desain (m)
30	27	0.400	29.71	25.94	25-30
40	36	0.375	44.60	38.63	40-45
50	45	0.350	62.87	54.05	55-65
60	54	0.330	84.65	72.32	75-85
70	63	0.313	110.28	93.71	95-110
80	72	0.300	139.59	118.07	120-140
100	90	0.285	207.64	174.44	175-210
120	108	0.280	285.87	239.06	240-285

(Sumber: Sukiman 1994)

3.5 Jarak Pandangan Menyiap

Jarak pandang menyiap adalah jarak minimum yang dibutuhkan oleh pengemudi untuk mengenali suatu kondisi di jalan, memahami situasi, mengambil keputusan yang tepat, dan melakukan manuver yang aman. Jarak menyiap lebih panjang dibandingkan dengan jarak pandang henti karena melibatkan waktu tambahan bagi pengemudi untuk memproses informasi sebelum bereaksi.

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi pengukuran jarak pandang menyiap antara lain:

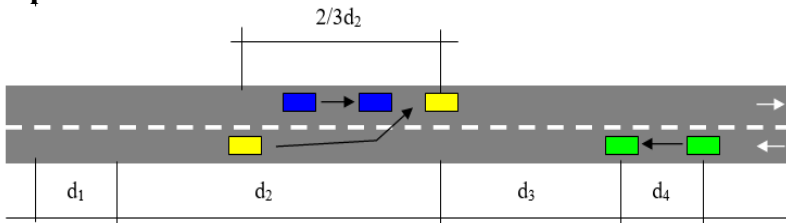
1. Kecepatan kendaraan, semakin tinggi kecepatan kendaraan, semakin panjang jarak pandang yang dibutuhkan.
2. Kompleksitas lingkungan jalan, misalnya, persimpangan yang ramai, tikungan tajam, atau jalur masuk ke jalan bebas hambatan memerlukan DSD yang lebih panjang.
3. Waktu reaksi pengemudi, yang dipengaruhi oleh faktor seperti kondisi pencahayaan, tingkat kelelahan, dan pengalaman berkendara.
4. Hambatan visual, seperti pepohonan, rambu lalu lintas, atau kendaraan besar yang menghalangi pandangan.

Pengukuran jarak pandang menyiap di lapangan dilakukan dengan menempatkan pengamat atau kamera pada posisi ketinggian mata pengemudi (sekitar 1,08–1,2 meter dari permukaan jalan) dan mengidentifikasi titik di mana objek penting seperti persimpangan atau rambu dapat terlihat. Alat seperti **total station**, **laser range finder**, atau **drone survei** sering digunakan untuk mengukur jarak ini dengan presisi tinggi.

Tahap Pertama



Tahap Kedua



Gambar 3.1. Jarak Pandangan Menyiap

Besarnya jarak menyiap standar adalah sebagai berikut:

$$d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad (3.3)$$

dimana:

$$d_1 = 0.278t_1 \left(V - m + \frac{at_1}{2} \right) \quad (3.4)$$

$$d_2 = 0.278Vt_2 \quad (3.5)$$

$$d_3 = 30 \text{ s.d}100\text{m} \quad (3.6)$$

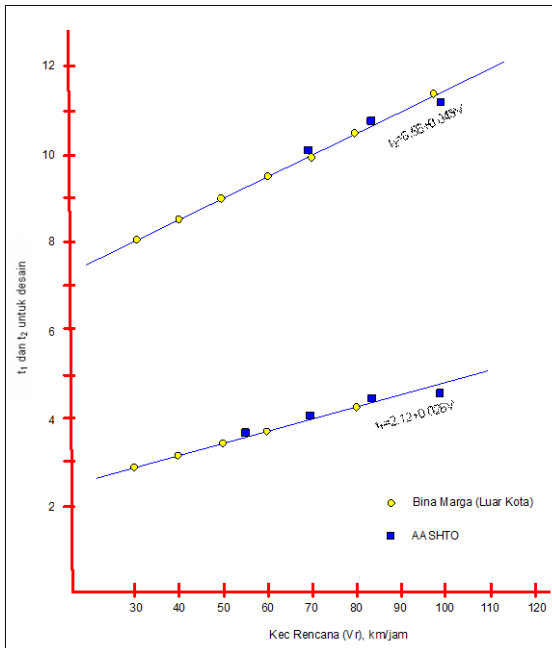
$$d_4 = 2/3 * d_2$$

(3.7)

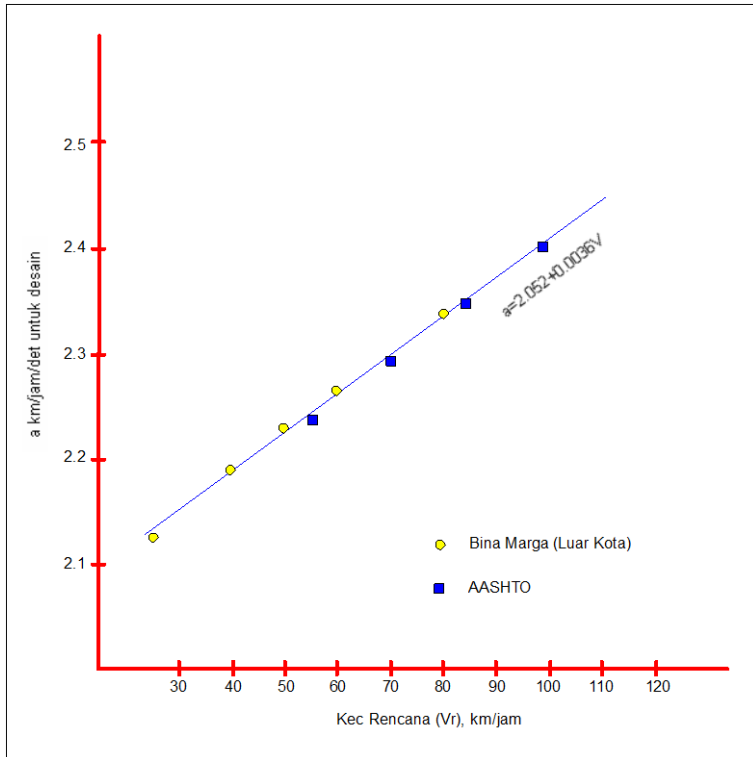
Jarak pandangan menyiap yang digunakan dapat memakai jarak pandangan menyiap minimum ($d_{\min}$)

$$d_{\min} = 2/3 d_2 + d_3 + d_4$$

(3.8)



Gambar 3.2. Korelasi Nilai t_1 dan t_2 terhadap kecepatan Rencana, V_r
(Sumber: Rekayasa Jalan Raya PS-1364)



Gambar 3.3. Korelasi nilai a terhadap Kecepatan Rencana, V_r
(Sumber: Rekayasa Jalan Raya PS-1364)

3.6 Jarak Pandang Aman

Jarak pandang aman adalah jarak minimum yang memungkinkan pengemudi melihat kondisi jalan di depan dengan cukup waktu untuk mengambil keputusan dan melakukan tindakan yang diperlukan guna menghindari kecelakaan. Konsep ini memastikan bahwa setiap kendaraan dapat bergerak dengan aman tanpa risiko tabrakan akibat keterbatasan visibilitas.

Tabel 3.2. Tipe Manuver Kendaraan

Manuver menghindar tipe A:	Berhenti di jalan Antarkota, dengan $t=3,0$ detik
Manuver menghindar tipe B:	Berhenti di jalan perkotaan, dengan $t=9,1$ detik
Manuver menghindar tipe C:	Pada perubahan kecepatan/lajur/arah di jalan Antarkota dengan $10,2 < t < 11,2$ detik
Manuver menghindar tipe D:	Pada perubahan kecepatan/lajur/arah di jalan pinggiran kota (<i>suburban</i>) dengan $12,1 < t < 12,9$ detik
Manuver menghindar tipe E:	Pada perubahan kecepatan/lajur/arah di jalan perkotaan dengan $14,0 < t < 14,5$ detik

(Sumber: Dasar Perencanaan Geometrik Jalan)

3.7 Meningkatkan Jarak Pandang Geometrik

Beberapa cara untuk meningkatkan jarak pandang geometrik jalan meliputi:

1. Pemangkasan vegetasi yang menghalangi pandangan
2. Pemasangan rambu dan cermin lalu lintas di tikungan tajam
3. Perbaikan desain jalan, seperti pelebaran jalur tikungan dan peningkatan pencahayaan di area dengan visibilitas rendah

Di Indonesia, standar jarak pandang geometrik jalan diatur dalam Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) serta standar internasional seperti AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Standar ini mencakup perhitungan jarak pandang berdasarkan kondisi jalan dan kecepatan kendaraan.

Jarak pandang geometrik merupakan faktor krusial dalam desain jalan yang memengaruhi keselamatan dan kenyamanan berkendara. Dengan menerapkan standar yang tepat dan melakukan perbaikan pada aspek visual jalan, risiko kecelakaan dapat diminimalkan, sehingga menciptakan sistem transportasi yang lebih aman dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 2011. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2013. Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan.
- Elis Ratnawulan. 2014. *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: Penerbit pustaka.
- Manual Kapasitas Jalan *Indonesia (MKJI) 1997*.
- Mulyono, A. T. 2009. Rekayasa Lalu Lintas. Erlangga.
- Nain Dhaniarti Raharjo 2022. *Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya*.
- Salter, R. J., & Hounsell, N. B. 1996. Highway Traffic Analysis and Design.
- Standar Nasional Indonesia 2004. Geometri Jalan Perkotaan.
- Sukirman, S, 1994, Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya, Nova, Bandung.
- Sukirman, S, 1995, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung.

BAB 4

KELANDAIAAN JALAN RAYA

Oleh Haikal Fajri

4.1 Pendahuluan

Kelandaian jalan raya merupakan salah satu aspek fundamental dalam perencanaan dan desain infrastruktur transportasi. Kondisi kelandaian yang tidak sesuai dengan standar dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti peningkatan konsumsi bahan bakar, penurunan efisiensi lalu lintas, dan risiko kecelakaan yang lebih tinggi (Mannering & Washburn, 2013). Di daerah dengan kondisi topografi bervariasi, seperti pegunungan dan perbukitan, kelandaian harus dirancang dengan memperhitungkan faktor keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

Dalam teknik transportasi, perencanaan kelandaian yang optimal bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pergerakan kendaraan, mengurangi beban struktural pada jalan, serta meminimalkan dampak lingkungan (AASHTO, 2011). Oleh karena itu, memahami prinsip perancangan dan dampak kelandaian jalan raya menjadi sangat penting bagi insinyur transportasi, perencana infrastruktur, dan pembuat kebijakan.

4.1.1 Definisi Kelandaian Jalan Raya

Kelandaian jalan raya didefinisikan sebagai perubahan elevasi jalan yang dinyatakan dalam persentase dari panjang horizontalnya (Garber & Hoel, 2014). Kelandaian ini dapat dibedakan menjadi beberapa jenis:

1. Kelandaian positif (tanjakan): Jalan mengalami peningkatan elevasi sepanjang jalur.
2. Kelandaian negatif (turunan): Jalan mengalami penurunan elevasi sepanjang jalur.
3. Kelandaian nol (datar): Jalan tidak mengalami perubahan elevasi yang signifikan.

Standar kelayakan yang diterapkan bergantung pada jenis jalan, kecepatan kendaraan yang dirancang, serta faktor keselamatan yang harus dipenuhi. Misalnya, AASHTO (2018) merekomendasikan batas kelayakan maksimum yang berbeda untuk jalan bebas hambatan, jalan perkotaan, dan jalan pedesaan.

4.1.2 Pentingnya Memahami Kelayakan Jalan Raya

Pemahaman terhadap kelayakan jalan raya memiliki dampak yang luas dalam teknik transportasi, baik dari aspek keselamatan, efisiensi, maupun keberlanjutan infrastruktur jalan. Berikut adalah beberapa alasan utama mengapa kelayakan jalan raya perlu diperhatikan:

1. Keselamatan Lalu Lintas

Kelayakan yang terlalu curam dapat meningkatkan risiko kecelakaan, terutama bagi kendaraan berat yang kesulitan dalam pengereman saat menuruni jalan atau kehilangan tenaga saat menaiki jalan (TRB, 2019). Penempatan rambu peringatan, jalur penyelamat, serta desain geometri yang tepat dapat membantu mengurangi risiko kecelakaan.

2. Efisiensi Bahan Bakar dan Biaya Operasional

Jalan dengan kelayakan yang tidak optimal meningkatkan konsumsi bahan bakar akibat beban kerja mesin yang lebih tinggi, terutama pada kendaraan berat (Smith et al., 2017). Desain yang memperhitungkan kelayakan yang ideal dapat mengurangi emisi gas buang serta biaya operasional kendaraan.

3. Desain Geometrik Jalan yang Efektif

Standar kelayakan harus mempertimbangkan aspek kenyamanan pengguna jalan, kapasitas lalu lintas, serta kondisi lingkungan sekitar (AASHTO, 2011). Perancangan yang baik dapat mengoptimalkan konektivitas antar wilayah dengan tetap mempertahankan aspek keselamatan dan daya tahan jalan.

4. Dampak terhadap Infrastruktur Jalan

Kelayakan yang tidak sesuai dapat mempercepat kerusakan jalan akibat gaya gesek yang tinggi serta erosi permukaan jalan (FHWA, 2020). Teknik mitigasi, seperti

pemasangan drainase yang baik dan perkuatan lereng, sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan jalan.

Dengan memahami faktor-faktor di atas, perencana transportasi dapat merancang sistem jalan yang lebih aman, efisien, dan berkelanjutan. Buku ini akan membahas konsep dasar kelandaian jalan raya, metode analisis dan perhitungan, serta penerapan terbaik di berbagai proyek infrastruktur jalan.

4.2 Konsep Dasar Kelandaian Jalan Raya

Definisi dan Terminologi dalam Teknik Sipil

Kelandaian dalam teknik sipil mengacu pada kemiringan jalan yang dinyatakan dalam bentuk persentase atau rasio. Kelandaian menjadi elemen utama dalam perancangan jalan untuk memastikan kelancaran lalu lintas serta keselamatan pengguna (Garber & Hoel, 2014).

4.2.1 Jenis Kelandaian

1. Kelandaian Positif (Tanjakan)

Kelandaian positif terjadi ketika permukaan jalan mengalami kenaikan elevasi sepanjang lintasan. Desain tanjakan harus mempertimbangkan daya mesin kendaraan, percepatan, serta pengaruhnya terhadap kapasitas lalu lintas (AASHTO, 2011).

2. Kelandaian Negatif (Turunan)

Kelandaian negatif terjadi ketika jalan mengalami penurunan elevasi. Turunan yang terlalu curam dapat meningkatkan risiko kecelakaan akibat pengereman yang tidak efektif, terutama bagi kendaraan berat (TRB, 2019).

3. Kelandaian Nol (Datar)

Jalan datar tidak memiliki perubahan elevasi yang signifikan. Biasanya ditemukan pada jalan perkotaan dan wilayah dengan topografi landai.

4.2.2 Hubungan Kelandaian dengan Kecepatan Kendaraan dan Kapasitas Jalan

Kecepatan kendaraan menurun pada tanjakan karena gaya gravitasi yang menghambat pergerakan, sedangkan pada turunan,

kendaraan cenderung mengalami percepatan yang lebih tinggi (Mannering & Washburn, 2013). Kapasitas jalan berkurang pada jalan dengan kelandaian curam karena kendaraan berat membutuhkan ruang lebih besar dan kecepatan yang lebih rendah dibandingkan di jalan datar (AASHTO, 2018). Desain kelandaian yang ideal harus mempertimbangkan keseimbangan antara kecepatan kendaraan, efisiensi operasional, dan keselamatan lalu lintas.

4.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kelandaian Jalan Raya

Topografi suatu wilayah sangat menentukan kelandaian jalan raya. Di daerah datar, kelandaian cenderung lebih rendah dibandingkan dengan daerah berbukit atau pegunungan, yang memerlukan perencanaan khusus untuk mengakomodasi perubahan elevasi yang signifikan (AASHTO, 2011). Jalan di daerah pegunungan sering kali memiliki tanjakan dan turunan yang lebih curam sehingga memerlukan desain geometri yang lebih kompleks untuk memastikan keselamatan pengendara.

Tabel 4.1. Hubungan antara Topografi dan Kelandaian Jalan

Jenis Wilayah	Kisaran Kelandaian (%)
Datar	0 - 2
Perbukitan	3 - 6
Pegunungan	7 - 12- 12

Sumber: AASHTO, 2011

4.3.1 Material Tanah dan Stabilitas Lereng

Material tanah sangat memengaruhi stabilitas jalan raya, terutama pada daerah dengan kelandaian tinggi. Tanah lempung dengan kandungan air tinggi lebih rentan terhadap longsor dibandingkan tanah berbatu atau pasir (Smith et al., 2017). Stabilitas lereng harus diperhitungkan dengan metode rekayasa seperti perkuatan lereng menggunakan geotextile, dinding penahan tanah, atau sistem drainase yang efektif.



Gambar 4.1. Penggunaan Geotextile dalam stabilitas lereng
(Sumber : petra nusa elshada)

4.3.2 Standar Desain Berdasarkan Regulasi Nasional dan Internasional

Standar desain kelandaian jalan telah ditetapkan oleh berbagai organisasi nasional dan internasional. Di Indonesia, standar kelandaian diatur dalam Peraturan Menteri PUPR No. 19 Tahun 2011 tentang Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan (Kementerian PUPR, 2011). Secara internasional, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) menetapkan batasan kelandaian berdasarkan jenis jalan dan kecepatan rencana.

Tabel 4.2. Standar Kelandaian Maksimum Berdasarkan Regulasi

Jenis Jalan	Standar Kelandaian Maksimum (%)
Jalan Bebas Hambatan	3 - 5
Jalan Perkotaan	5 - 7
Jalan Pedesaan	6 - 10

Sumber: Kementerian PUPR, 2011

4.3.3 Dampak Perubahan Iklim terhadap Stabilitas Kelandaian

Perubahan iklim dapat berdampak besar terhadap stabilitas jalan dengan kelandaian tinggi. Curah hujan yang tinggi meningkatkan risiko erosi dan longsor di daerah perbukitan dan pegunungan (FHWA, 2020). Selain itu, siklus beku-cair di daerah dengan musim dingin dapat merusak struktur jalan dan mempercepat degradasi permukaan jalan. Mitigasi dampak perubahan iklim dapat dilakukan dengan teknik rekayasa seperti penggunaan material tahan erosi, sistem drainase yang optimal, dan reforestasi di sekitar lereng jalan untuk meningkatkan stabilitas tanah.

4.4 Perencanaan dan Desain Kelandaian Jalan

4.4.1 Prinsip Dasar dalam Perencanaan Geometri Jalan

Prinsip dasar dalam perencanaan geometri jalan meliputi keseimbangan antara faktor keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi transportasi (AASHTO, 2018). Kelandaian jalan yang dirancang harus memungkinkan kendaraan untuk mempertahankan kecepatan yang aman tanpa menyebabkan tekanan berlebih pada mesin atau sistem pengereman (Garber & Hoel, 2014). Menurut penelitian Zhang et al. (2020), jalan dengan kelandaian lebih dari 6% cenderung meningkatkan risiko kecelakaan akibat penurunan stabilitas kendaraan pada turunan curam.

4.4.2 Standar Kemiringan Maksimum dan Desain Lengkung

Standar kemiringan maksimum ditentukan berdasarkan tipe kendaraan yang melintas di jalan tersebut. Misalnya, kendaraan berat seperti truk dan bus memerlukan kelandaian yang lebih landai dibandingkan kendaraan ringan untuk menghindari kehilangan daya dorong atau kesulitan dalam pengereman saat menurun. Desain lengkung vertikal dan horizontal harus mempertimbangkan kelandaian untuk memastikan transisi yang halus antara segmen jalan yang berbeda. Lengkung vertikal terdiri dari lengkung cembung (*crest curve*) dan lengkung cekung (*sag curve*), yang dirancang untuk memastikan jarak pandang pengemudi tetap optimal.

4.4.3 Teknik Mitigasi Kelandaian Ekstrem untuk Mencegah Erosi dan Longsor

Teknik mitigasi kelandaian ekstrem meliputi:

- 1. Perkuatan lereng dengan geotextile atau dinding penahan tanah.
- 2. Pembangunan sistem drainase yang baik untuk mengurangi erosi akibat aliran air permukaan.
- 3. Revegetasi dengan tanaman yang memiliki akar kuat untuk menstabilkan tanah.
- 4. Pembuatan terasering pada lereng curam untuk mengurangi tekanan tanah.

4.5 Dampak Kelandaian terhadap Transportasi dan Keselamatan

4.5.1 Hubungan kelandaian dengan kecelakaan lalu lintas

Menurut laporan FHWA (2021), jalan dengan kelandaian lebih dari 6% memiliki tingkat kecelakaan yang lebih tinggi, terutama pada kondisi hujan atau bersalju. Tabel 4.3 menunjukkan hubungan antara kelandaian dan tingkat kecelakaan lalu lintas :

Tabel 4.3. Standar Kelandaian Maksimum Berdasarkan Regulasi

Kelandaian (%)	Tingkat Kecelakaan (kejadian/100.000 kendaraan)
0 - 2	3.5
2 - 4	5.1
4 - 6	7.8
>6	12.3

Sumber: FHWA, 2021

4.5.2 Pengaruh kelandaian terhadap efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang

Kelandaian yang curam dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar karena kendaraan memerlukan tenaga lebih besar untuk mendaki tanjakan, sementara pengereman yang lebih sering

pada turunan juga berdampak pada efisiensi energi. Menurut studi oleh Lee et al. (2021) dan Wang et al. (2019), kendaraan yang sering melintasi jalan dengan kelandaian lebih dari 5% mengalami peningkatan konsumsi bahan bakar hingga 20% dibandingkan jalan datar. Penelitian lain oleh Smith et al. (2022) juga menunjukkan bahwa kemiringan jalan yang tinggi berdampak signifikan terhadap efisiensi bahan bakar, terutama pada kendaraan berat. Selain itu, emisi gas buang seperti CO₂ dan NO_x juga meningkat karena pembakaran bahan bakar yang lebih intensif.

4.5.3 Teknik keselamatan dan implementasi monitoring kelandaian

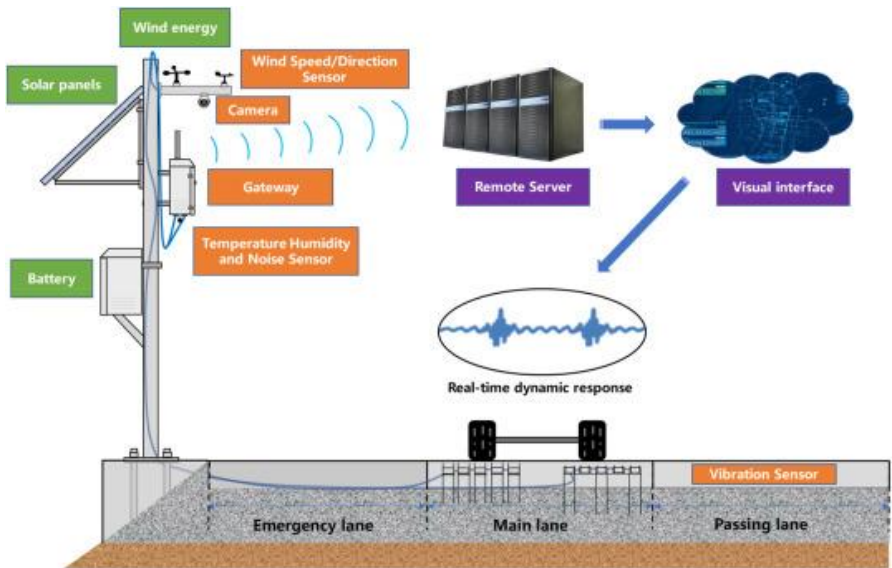
Untuk meningkatkan keselamatan di jalan dengan kelandaian curam, beberapa teknik berikut dapat diterapkan :

1. Penggunaan jalur penyelamat untuk kendaraan berat di turunan panjang.
2. Peningkatan koefisien gesek permukaan jalan melalui bahan khusus.
3. Pemasangan rambu peringatan dan marka jalan yang lebih jelas.
4. Penggunaan sistem pengereman adaptif untuk kendaraan berat (Smith & Brown, 2018).

Teknologi jalan pintar (*smart road*) memungkinkan pemantauan kondisi kelandaian secara *real-time* untuk meningkatkan keselamatan. Contoh teknologi ini meliputi :

1. Sensor tekanan dan akselerometer untuk mendeteksi perubahan stabilitas jalan.
2. Sistem pemantauan cuaca otomatis untuk memberikan peringatan dini.
3. Penerapan *Internet of Things* (IoT) untuk mengontrol sinyal lalu lintas di jalan curam (Kim et al., 2022).

Gambar berikut menunjukkan contoh penerapan teknologi smart road dalam pemantauan kelandaian :



Gambar 4.2. Ilustrasi Teknologi jalan pintar (smart road) (Li, 2023)

Sistem infrastruktur jalan pintar (smart road) mencakup material dan struktur perkerasan, jaringan sensor (terdiri dari sensor dan *gateway*), jaringan komunikasi, sistem daya, dan *platform cloud* (menampilkan server jarak jauh dan *visual interface*).

4.6 Metode Analisis dan Perhitungan Kelandaian

4.6.1 Rumus dan model perhitungan kemiringan jalan

Kelandaian jalan raya dapat dihitung menggunakan rumus dasar :

$$G = \frac{h}{L} \times 100\%$$

Di mana:

G = Kelandaian (%),

h = Perubahan elevasi (m),

L = Panjang horizontal jalan (m).

Tabel berikut menunjukkan nilai kemiringan maksimum yang direkomendasikan berdasarkan jenis jalan:

Tabel 4.4. Kemiringan maksimum berdasarkan jenis jalan

Jenis Jalan	Kelandaian Maksimum (%)
Jalan Tol	4% [(AASHTO, 2018)]
Jalan Arteri	6% [(FHWA, 2021)]
Jalan Kolektor	8% [(Garber & Hoel, 2014)]
Jalan Lokal	10% [(Mannering & Washburn, 2013)]

4.6.2 Simulasi pergerakan kendaraan dan penggunaan software dalam analisis kelandaian

Simulasi berbasis model kendaraan digunakan untuk memahami bagaimana kendaraan bereaksi terhadap berbagai kelandaian. Menurut penelitian Zhang et al. (2020), kendaraan berat menunjukkan penurunan kecepatan yang signifikan saat melewati kemiringan lebih dari 5%. Teknologi modern memungkinkan penggunaan perangkat lunak dalam analisis dan simulasi kelandaian, seperti:

- 1. AutoCAD Civil 3D: Untuk desain geometrik jalan.
- 2. HCS (*Highway Capacity Software*): Untuk analisis kapasitas dan kelandaian jalan.
- 3. OpenRoads Designer: Untuk perencanaan dan analisis kontur jalan.

Menurut Kim et al. (2022), penggunaan perangkat lunak ini mampu meningkatkan akurasi perhitungan dan mempercepat proses desain hingga 30% dibandingkan metode manual.

4.6.4 Studi lapangan dan pengukuran kelandaian

Metode pengukuran kelandaian di lapangan meliputi:

- 1. Survei Total Station: Untuk mendapatkan profil elevasi dengan akurasi tinggi.
- 2. Penggunaan GPS Diferensial: Untuk pemetaan geospasial kelandaian jalan.

3. LIDAR (*Light Detection and Ranging*): Untuk analisis topografi jalan dengan presisi tinggi.

Tabel berikut menunjukkan keakuratan berbagai metode pengukuran kelandaian:

Tabel 4.5. Akutasi meode pengukuran kelandaian

Metode Pengukuran	Akurasi
Total Station	± 1 cm
GPS Diferensial	± 5 cm
LIDAR	± 2 cm

4.6 Kesimpulan dan Rekomendasi

Kesimpulan

Kelandaian jalan yang tidak dirancang dengan baik dapat menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Simulasi dan perangkat lunak dapat membantu dalam analisis kecepatan kendaraan pada jalan berkontur. Penggunaan teknologi pengukuran yang tepat dapat meningkatkan akurasi desain kelandaian jalan. Faktor-faktor seperti topografi, material tanah, serta perubahan iklim harus diperhitungkan dalam perencanaan kelandaian jalan.

Rekomendasi

Perlu adanya regulasi yang lebih ketat dalam menentukan kelandaian maksimum untuk berbagai tipe jalan guna meningkatkan keselamatan dan efisiensi transportasi. Pemanfaatan teknologi berbasis AI dan IoT dalam sistem monitoring kelandaian untuk mendeteksi perubahan kondisi jalan secara real-time. Pengembangan lebih lanjut dalam perangkat lunak simulasi agar dapat memperhitungkan berbagai faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan kepadatan lalu lintas. Meningkatkan pelatihan bagi insinyur transportasi dalam penggunaan teknologi terbaru untuk perencanaan dan analisis kelandaian jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (2011). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
- AASHTO. (2018). Roadway Design Guidelines.
- FHWA. (2021). Highway Safety Manual.
- Garber, N. J., & Hoel, L. A. (2014). Traffic and Highway Engineering.
- Kim, H., Lee, S., & Park, J. (2022). "Smart Road Monitoring Systems for Highway Safety." *Journal of Transportation Engineering*, 148(3), 105-119.
- Lee, S., Kim, J., & Chen, R. (2021). "Fuel Consumption Analysis on Steep Road Slopes." *International Journal of Transportation Science and Technology*, 10(4), 234-248.
- Li, X., & Brown, P. (2023). "IoT-enhanced smart road infrastructure systems for comprehensive real-time monitoring." *Journal of Smart Transportation Systems*, 12(1), 89-102.
- Wang, L., & Zhao, P. (2019). "Effect of Road Gradient on Heavy Vehicle Performance." *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 7(2), 92-110.
- Smith, T., & Roberts, M. (2022). "Impact of Gradient Design on Road Safety." *Transportation Research Record*, 2673(6), 56-71.
- Zhang, Y., Wang, L., & Zhao, P. (2020). "Impact of Road Gradient on Fuel Consumption and Emission Levels." *International Journal of Automotive Engineering*, 11(2), 135-149.
- TRB. (2016). Highway Capacity Manual.

BAB 5

DESAIN TIKUNGAN SESUAI KONDISI MEDAN

Oleh Anton Kaharu

5.1 Pendahuluan

Perencanaan geometrik jalan adalah salah satu aspek penting dalam pembangunan infrastruktur transportasi, yang berfokus pada penataan elemen-elemen fisik jalan seperti kelengkungan, kemiringan, lebar jalan, dan desain tikungan. Desain tikungan yang tepat sangat mempengaruhi kenyamanan, keselamatan, dan efisiensi transportasi. Salah satu tantangan utama dalam perencanaan geometrik jalan adalah penyesuaian desain tikungan sesuai dengan kondisi medan yang ada, baik di daerah datar, berbukit, ataupun pegunungan. Penyesuaian ini penting untuk menjaga kestabilan kendaraan, meminimalkan kecelakaan, dan meningkatkan pengalaman berkendara bagi pengguna jalan.

5.2 Pengertian dan Pentingnya Desain Tikungan dalam Perencanaan Geometrik Jalan

5.2.1 Pengertian Desain Tikungan

Desain tikungan adalah pengaturan elemen jalan pada bagian yang melengkung untuk memastikan bahwa kendaraan dapat melewati tikungan tersebut dengan aman dan nyaman. Desain ini mencakup berbagai elemen seperti radius tikungan, superelevasi (kemiringan jalan pada tikungan), panjang transisi, dan visibilitas. Tikungan dalam konteks perencanaan geometrik jalan adalah bagian dari jalan yang mengalami perubahan arah (sudut) dari jalur lurus. Tikungan ini dibagi menjadi dua jenis utama (AASHTO, 2020), (Pedoman Nomor 13/P/BM/2021).

1. Tikungan horizontal: Perubahan arah jalan yang terjadi pada bidang horizontal (lateral), seperti tikungan melengkung. Tikungan horizontal terjadi pada bidang datar atau horizontal,

yang melibatkan perubahan arah jalur kendaraan dari kiri ke kanan atau sebaliknya. Tikungan ini sering kali berbentuk kurva dan memerlukan perencanaan radius yang tepat untuk menjaga agar kendaraan tidak tergelincir saat melalui tikungan tersebut.

2. Tikungan vertikal: Perubahan arah jalan yang terjadi pada bidang vertikal (elevasi), biasanya ditemukan pada jalan yang menaik atau menurun. Tikungan vertikal terjadi ketika jalan mengalami perubahan elevasi, baik menaik maupun menurun. Tikungan ini lebih kompleks, karena tidak hanya mempengaruhi arah kendaraan, tetapi juga kestabilan kendaraan saat berakselerasi atau melakukan pengereman.

Tikungan yang baik harus memperhatikan kenyamanan dan keselamatan pengemudi dengan mengoptimalkan faktor-faktor seperti radius, superelevasi, dan jarak pandang.

5.2.2 Tujuan Desain Tikungan

Tujuan utama dari desain tikungan adalah untuk:

1. Menjamin keselamatan pengendara dengan mengurangi risiko kecelakaan.
2. Meningkatkan kenyamanan pengendara dengan mengatur kelengkungan dan kemiringan tikungan agar kendaraan dapat melewatinya dengan stabil.
3. Meningkatkan efisiensi transportasi dengan meminimalkan pengurangan kecepatan yang tidak perlu.

5.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Desain Tikungan

Beberapa faktor yang mempengaruhi desain tikungan pada perencanaan geometrik jalan antara lain (AASHTO, 2020), (TRB, 2021):

1. Kecepatan Desain

Kecepatan desain adalah kecepatan kendaraan yang dianggap sebagai standar untuk merancang tikungan. Berdasarkan teori dasar perencanaan geometrik jalan, terdapat hubungan langsung antara kecepatan kendaraan dan radius tikungan. Semakin tinggi kecepatan yang direncanakan, semakin besar radius tikungan yang diperlukan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi gaya

sentrifugal yang diterima kendaraan saat melalui tikungan, yang dapat menyebabkan kendaraan tergelincir atau keluar jalur.

2. Jarak Pandang

Jarak pandang adalah jarak yang dapat dilihat oleh pengemudi sepanjang jalan sebelum memasuki tikungan. Jarak pandang yang memadai memungkinkan pengemudi untuk mengantisipasi tikungan dengan tepat, mengurangi risiko kecelakaan.

3. Kondisi Cuaca dan Pencahayaan

Cuaca buruk seperti hujan, kabut, atau salju dapat memengaruhi daya cengkeram ban dengan permukaan jalan. Oleh karena itu, desain tikungan harus mempertimbangkan faktor cuaca dan pencahayaan yang cukup, terutama pada tikungan-tikungan yang berada di daerah rawan cuaca ekstrem.

4. Kondisi Tanah dan Struktur Geologi Medan

Medan berbatu, berlereng curam, atau terletak di daerah rawan longsor dapat mempengaruhi kestabilan jalan dan desain tikungan. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan jenis tanah dan struktur geologi dalam merancang tikungan.

5.2.3 Superelevasi pada Tikungan

Superelevasi adalah pengaturan kemiringan atau kemiringan lateral dari permukaan jalan pada tikungan, di mana sisi luar tikungan lebih tinggi daripada sisi dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima oleh kendaraan saat berbelok (AASHTO, 2020), (TRB, 2021). Superelevasi diperlukan untuk meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pengemudi serta mengurangi risiko tergelincirnya kendaraan.

Perencanaan superelevasi pada tikungan dipengaruhi oleh beberapa faktor:

1. Kecepatan desain

Superelevasi harus disesuaikan dengan kecepatan kendaraan yang diharapkan.

2. Radius tikungan

Semakin kecil radius tikungan, semakin besar kemiringan yang diperlukan.

3. Kondisi cuaca

Di daerah dengan cuaca buruk atau curah hujan tinggi, tingkat superelevasi harus disesuaikan agar pengemudi tetap aman saat melalui tikungan.

5.3 Desain Tikungan Berdasarkan Kondisi Medan

Desain tikungan pada jalan tidak hanya bergantung pada parameter geometrik standar seperti radius, kecepatan desain, dan superelevasi, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi medan di sekitar jalan. Setiap kondisi medan, baik itu datar, menanjak, atau menurun, memerlukan pendekatan desain yang berbeda agar tikungan dapat berfungsi dengan baik, aman, dan nyaman bagi pengemudi. Oleh karena itu, penting untuk menyesuaikan desain tikungan dengan kondisi medan yang ada.

5.3.1 Desain Tikungan pada Medan Datar

Pada medan datar, desain tikungan lebih fokus pada faktor-faktor seperti kecepatan desain, radius tikungan, dan superelevasi (AASHTO, 2020), (TRB, 2021). Karena tidak ada elemen vertikal seperti tanjakan atau turunan, perhitungan akan lebih sederhana, meskipun faktor-faktor seperti visibilitas dan kondisi permukaan jalan tetap harus diperhatikan.

1. Radius Tikungan

Pada medan datar, radius tikungan harus dihitung berdasarkan kecepatan desain yang diinginkan. Semakin tinggi kecepatan yang direncanakan, semakin besar radius tikungan yang dibutuhkan.

2. Superelevasi

Superelevasi pada medan datar diperlukan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dihasilkan saat kendaraan melalui tikungan. Superelevasi harus dihitung berdasarkan kecepatan desain dan radius tikungan.

3. Keamanan: Pada medan datar, tikungan yang tajam atau terlalu sempit bisa meningkatkan risiko kecelakaan, terutama pada kecepatan tinggi. Oleh karena itu, desain tikungan harus memperhatikan faktor keamanan pengemudi dengan memastikan bahwa tikungan tersebut tidak terlalu tajam.

5.3.2 Desain Tikungan pada Medan Berbukit

Pada medan berbukit (menanjak), selain faktor geometrik horizontal (seperti radius dan superelevasi), perencanaan tikungan juga harus mempertimbangkan elemen vertikal. Medan menanjak dapat mempengaruhi daya cengkeram kendaraan dan kenyamanan berkendara, terutama pada kendaraan yang memiliki tenaga terbatas (AASHTO, 2020), (TRB, 2021).

1. Radius Tikungan

Pada medan menanjak, radius tikungan harus sedikit lebih besar dibandingkan pada medan datar untuk mengurangi gaya sentrifugal yang dihasilkan. Jika tidak, kendaraan akan lebih sulit untuk mempertahankan kendali.

2. Superelevasi

Superelevasi pada medan menanjak cenderung lebih kecil dibandingkan pada medan datar, karena pengaruh gravitasi pada kendaraan yang sedang naik. Namun, superelevasi tetap diperlukan untuk menjaga stabilitas kendaraan, terutama pada tikungan yang tajam.

3. Pengaruh Gravitasi

Pada medan menanjak, gaya gravitasi berlawanan dengan arah gerakan kendaraan, yang dapat mempengaruhi kecepatan kendaraan. Oleh karena itu, desain tikungan perlu mempertimbangkan perubahan kecepatan kendaraan yang mungkin terjadi saat kendaraan menaiki jalan yang menanjak.

4. Visibilitas

Visibilitas sangat penting pada medan menanjak, karena pengemudi sering kali tidak dapat melihat tikungan yang ada di depan, terutama jika ada penurunan atau belokan tajam. Oleh karena itu, jarak pandang harus lebih panjang untuk memberikan waktu yang cukup bagi pengemudi untuk mengantisipasi tikungan.

5.3.3 Desain Tikungan pada Medan Pegunungan

Desain tikungan pada medan menurun lebih kompleks karena pengemudi harus mengatasi gaya gravitasi yang mempengaruhi kendaraan secara vertikal, selain gaya sentrifugal dari tikungan horizontal (AASHTO, 2020), (FHWA, 2018), (TRB,

2021). Hal ini dapat menyebabkan kendaraan lebih sulit untuk melambat atau berhenti di tikungan, terutama pada jalan dengan kemiringan curam.

1. Radius Tikungan

Pada medan menurun, radius tikungan harus lebih besar dibandingkan pada medan datar atau menanjak. Hal ini bertujuan untuk mengurangi gaya sentrifugal yang lebih besar akibat penurunan elevasi yang membuat kendaraan lebih cepat.

2. Superelevasi

Pada medan menurun, superelevasi perlu diperhitungkan lebih teliti karena pengaruh gravitasi yang mempercepat kendaraan. Superelevasi yang lebih besar mungkin diperlukan untuk mengimbangi peningkatan kecepatan kendaraan saat menuruni tikungan.

3. Pengereman

Medan menurun mempengaruhi kemampuan kendaraan untuk melakukan pengereman secara efektif. Oleh karena itu, desain tikungan harus memperhitungkan jarak pengereman yang lebih panjang dan kemungkinan adanya hambatan lainnya seperti cuaca atau jalan licin.

4. Keamanan

Medan menurun memerlukan perhatian khusus terhadap faktor keselamatan, karena pengemudi mungkin kesulitan mengontrol kendaraan saat memasuki tikungan. Jalan harus dilengkapi dengan tanda peringatan yang jelas dan sistem pengendalian yang sesuai, seperti pengereman otomatis pada beberapa area.

5.4 Pengaruh Geologi dan Cuaca pada Desain Tikungan

Selain faktor-faktor utama seperti radius, kecepatan, dan superelevasi, kondisi geologi dan cuaca sangat berpengaruh pada desain tikungan (AASHTO, 2020), (FHWA, 2018), (TRB, 2021). Pada medan berbatu atau daerah rawan longsor, desain tikungan harus mempertimbangkan ketahanan jalan dan kemungkinan pergeseran tanah yang dapat mempengaruhi kestabilan tikungan. Selain itu, cuaca ekstrem seperti hujan deras, kabut, atau salju juga mempengaruhi daya cengkeram ban dengan permukaan jalan.

1. Geologi

Di daerah dengan tanah lembek atau berpotensi longsor, desain tikungan harus mempertimbangkan faktor stabilitas tanah, termasuk kemungkinan pengerjaan drainase yang baik untuk mencegah erosi.

2. Cuaca

Pada daerah yang sering hujan atau bersalju, permukaan jalan perlu dirancang dengan bahan yang lebih tahan terhadap gesekan dan bisa menahan daya cengkeram ban kendaraan. Desain tikungan juga harus mempertimbangkan penyebaran air hujan agar tidak menyebabkan jalan licin saat hujan.

5.5 Metode Perhitungan dan Standar yang Digunakan dalam Desain Tikungan

5.5.1 Tujuan dan Prinsip Metode Perhitungan Desain Tikungan

Metode perhitungan desain tikungan bertujuan untuk memastikan bahwa semua elemen yang berhubungan dengan tikungan (radius, superelevasi, jarak pandang, dan lainnya) dapat mengakomodasi kendaraan dengan aman dan nyaman sesuai dengan kecepatan desain yang direncanakan. Analisis ini mencakup berbagai perhitungan yang memastikan tidak hanya faktor geometrik tetapi juga faktor keselamatan dan kenyamanan pengemudi.

5.5.2 Perhitungan Radius Tikungan

Radius tikungan adalah salah satu elemen utama dalam perancangan tikungan jalan. Radius yang dipilih harus cukup besar untuk memastikan kendaraan tidak tergelincir saat melewati tikungan. Perhitungan radius tikungan bergantung pada beberapa variabel utama, termasuk kecepatan desain dan superelevasi.

1. Formula Umum untuk Perhitungan Radius Tikungan (AASHTO, 2020), (Pedoman Nomor 13/P/BM/2021):

$$R = \frac{V^2}{g \cdot (e + f)}$$

di mana:

R = Radius tikungan (m)

V = Kecepatan desain kendaraan (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9.81 m/s^2)

e = Superelevasi (kemiringan jalan dalam satuan persen)

f = Koefisien gesekan samping (umumnya antara 0.12 hingga 0.16)

Berdasarkan rumus ini, semakin besar kecepatan desain (V), semakin besar pula radius tikungan yang diperlukan untuk memastikan kendaraan dapat melewati tikungan tanpa kehilangan cengkeraman.

2. Contoh Perhitungan

Misalnya, jika kecepatan desain yang diinginkan adalah 60 km/jam (atau 16.67 m/s), dengan superelevasi 6% (atau 0.06) dan koefisien gesekan 0.12, maka perhitungan radius tikungan adalah:

$$R = \frac{(16.67)^2}{9.81 \cdot (0.06 + 0.12)} = 167,1 \text{ meter}$$

Dalam kasus ini, radius tikungan yang diperlukan adalah sekitar 167 meter.

5.5.2 Superelevasi

Superelevasi adalah faktor penting dalam mengatasi gaya sentrifugal saat kendaraan melalui tikungan. Superelevasi dapat mengurangi ketegangan yang dialami kendaraan dan membantu mempertahankan stabilitas saat berbelok. Superelevasi pada tikungan jalan dihitung berdasarkan kecepatan desain dan radius tikungan.

1. Perhitungan Superelevasi

Superelevasi dapat dihitung menggunakan rumus berikut (AASHTO, 2020), (AASHTO, 2011), (Pedoman Nomor 13/P/BM/2021):

$$e = \frac{V^2}{g \cdot R} \cdot f$$

di mana:

e = Superelevasi (dalam persen)

V = Kecepatan desain kendaraan (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9.81 m/s^2)

R = Radius tikungan (m)

f = Koefisien gesekan samping

2. Contoh Perhitungan Superelevasi

Menggunakan nilai yang sama seperti contoh di atas ($V = 16.67$ m/s, $R = 167.1$ m, dan $f = 0.12$):

$$e = \frac{16,67^2}{9,81 \cdot 167,1} \cdot 0,12 = 0,06 \approx 6\%$$

Superelevasi yang diperlukan untuk tikungan ini adalah sekitar 6%, yang artinya jalan di tikungan tersebut akan dimiringkan ke arah luar untuk membantu menyeimbangkan gaya sentrifugal.

5.5.3 Standar Desain

1. Radius Tikungan

Keputusan radius yang tepat akan mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan kenyamanan pengemudi. Radius yang sangat kecil (kurang dari 100 meter) sering kali berisiko, terutama pada kecepatan tinggi.

2. Kecepatan Desain

Umumnya, desain tikungan menggunakan kecepatan 60-80 km/jam sebagai standar kecepatan desain, tergantung pada kondisi jalan dan area sekitarnya.

3. Jarak Pandang

Jarak pandang minimal pada tikungan harus memungkinkan pengemudi untuk melihat seluruh lengkungan jalan. Pada tikungan dengan radius kecil, jarak pandang harus lebih panjang.

5.5.4 Jarak Pandang dan Kebutuhan Minimum

Jarak pandang pada tikungan adalah jarak yang dapat dilihat oleh pengemudi pada saat memasuki tikungan. Jarak pandang yang cukup penting untuk memungkinkan pengemudi untuk mengantisipasi perubahan kondisi jalan dan kendaraan yang mendekat dari arah berlawanan. Perhitungan jarak pandang minimal pada tikungan bertujuan untuk memastikan bahwa pengemudi dapat melihat dengan jelas apa yang ada di depan mereka.

1. Jarak Pandang Minimum pada Tikungan

Jarak pandang minimum pada tikungan biasanya dihitung berdasarkan kecepatan desain dan radius tikungan. Dalam kondisi ideal, jarak pandang yang disarankan adalah setidaknya 1,5 kali panjang radius tikungan untuk kendaraan yang bergerak pada kecepatan desain.

2. Perhitungan Jarak Pandang

Berdasarkan kecepatan desain (V) dan radius (R), jarak pandang dapat dihitung menggunakan rumus (AASHTO, 2020), (AASHTO, 2011):

$$L = 1,5 \cdot R$$

di mana L adalah jarak pandang minimum (m) dan R adalah radius tikungan (m).

Misalnya, untuk radius tikungan 167 meter, jarak pandang yang disarankan adalah:

$$L = 1,5 \cdot 167 \approx 250,5 \text{ meter}$$

Jarak pandang minimum yang dibutuhkan adalah sekitar 250 meter.

5.5.5 Tantangan dan Solusi dalam Desain Tikungan pada Kondisi Medan yang Beragam

Beberapa tantangan yang dihadapi dalam desain tikungan di berbagai medan antara lain (AASHTO, 2020), (AASHTO, 2011):

1. Keterbatasan Ruang

Pada medan berbukit atau pegunungan, ruang untuk membangun jalan sering kali terbatas. Solusinya adalah dengan menggunakan teknologi jalan melayang (elevated road) atau terowongan untuk mengurangi pengaruh medan.

2. Pengaruh Lingkungan

Perubahan kondisi cuaca yang ekstrim dan adanya potensi longsor atau banjir dapat mempengaruhi desain tikungan. Oleh karena itu, perencanaan harus mencakup mitigasi risiko lingkungan.

Desain tikungan yang tepat sangat krusial dalam perencanaan geometrik jalan, terutama ketika memperhitungkan kondisi medan yang bervariasi. Setiap medan memiliki

tantangannya sendiri, baik itu medan datar, berbukit, maupun pegunungan. Dengan menerapkan prinsip-prinsip desain yang sesuai, seperti perhitungan radius, superelevasi, dan panjang transisi, serta memperhatikan faktor-faktor eksternal seperti cuaca dan lingkungan, dapat menciptakan jalan yang aman dan nyaman bagi pengendara.

5.6 Pengaruh Kondisi Medan terhadap Desain Tikungan

5.6.1 Pengenalan Kondisi Medan dalam Desain Tikungan

Kondisi medan atau topografi sangat mempengaruhi desain geometrik jalan, termasuk tikungan. Beberapa kondisi medan yang dapat mempengaruhi desain tikungan antara lain kemiringan jalan, kelandaian, dan keadaan tanah di sekitar jalan (AASHTO, 2020), (TRB, 2021). Faktor-faktor ini harus dipertimbangkan dengan hati-hati untuk memastikan keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi transportasi.

Desain tikungan pada medan yang memiliki perubahan elevasi yang tajam atau medan yang bergelombang akan memerlukan perhatian khusus, baik dari segi geometrik maupun material jalan yang digunakan. Selain itu, medan juga dapat memengaruhi kenyamanan pengemudi dan kinerja kendaraan dalam melewati tikungan tersebut.

5.6.2 Pengaruh Kemiringan (Gradien) terhadap Desain Tikungan

Kemiringan atau gradien jalan dapat mempengaruhi kestabilan kendaraan yang melintasi tikungan (AASHTO, 2020), (AASHTO, 2011). Tikungan yang terletak pada jalan dengan kemiringan yang tajam atau naik/turun akan memberikan dampak signifikan terhadap kecepatan dan daya cengkeram kendaraan.

1. Pengaruh Gradien Positif dan Negatif

a. Gradien Positif (naik):

Pada tikungan dengan gradien naik, kendaraan akan cenderung melambat karena gaya gravitasi yang bekerja melawan arah pergerakan kendaraan. Oleh karena itu, desain

radius tikungan dapat diperkecil sedikit, tetapi harus tetap memperhatikan kecepatan kendaraan yang aman.

b. Gradien Negatif (turun):

Pada tikungan dengan gradien turun, kendaraan akan cenderung melaju lebih cepat. Dalam hal ini, radius tikungan yang lebih besar mungkin diperlukan untuk memastikan bahwa kendaraan tetap stabil saat melalui tikungan tersebut.

2. Perhitungan Pengaruh Gradien terhadap Superelevasi:

Gradien jalan juga memengaruhi perhitungan superelevasi pada tikungan. Pada jalan dengan gradien positif atau negatif, faktor tambahan harus dihitung untuk memperhitungkan pengaruh gradien terhadap kecepatan kendaraan dan gaya sentrifugal. Superelevasi pada jalan dengan gradien cenderung lebih besar daripada pada jalan datar.

5.6.3 Pengaruh Curah Hujan dan Drainase terhadap Desain Tikungan

Curah hujan yang tinggi dapat memengaruhi tingkat gesekan antara ban kendaraan dan permukaan jalan, serta memperburuk kondisi jalan, yang berujung pada risiko tergelincirnya kendaraan (AASHTO, 2020), (AASHTO, 2011), (AASHTO, 2001), (FHWA, 2018). Oleh karena itu, perencanaan drainase yang baik sangat penting untuk menjaga permukaan jalan tetap kering dan aman.

1. Perencanaan Drainase pada Tikungan

Drainase yang baik akan membantu mengurangi risiko kecelakaan yang diakibatkan oleh genangan air di tikungan. Drainase harus direncanakan dengan baik di sepanjang tikungan, dengan memastikan bahwa air hujan dapat mengalir dengan lancar tanpa menggenang di jalan. Hal ini dapat dicapai dengan kemiringan jalan yang tepat dan desain saluran drainase yang efektif.

2. Pengaruh Curah Hujan terhadap Gesekan

Curah hujan yang tinggi dapat mengurangi koefisien gesekan antara ban kendaraan dan permukaan jalan, sehingga kendaraan lebih rentan tergelincir di tikungan. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan faktor cuaca ekstrem

saat mendesain tikungan, dengan memilih material permukaan yang memiliki koefisien gesekan tinggi dan memastikan bahwa desain jalan dapat menangani genangan air dengan baik.

5.6.4 Pengaruh Keberadaan Tanaman dan Objek di Sekitar Tikungan

Keberadaan tanaman, pohon, atau objek lainnya di sekitar tikungan dapat mempengaruhi jarak pandang pengemudi, yang pada gilirannya akan mempengaruhi keselamatan kendaraan yang melintas (FHWA, 2018). Desain tikungan harus mempertimbangkan penghalang visual ini dan memastikan bahwa pengemudi dapat melihat kondisi jalan dan lalu lintas dari kejauhan.

1. Penyusutan Jarak Pandang

Tanaman atau objek lain yang menutupi pandangan pengemudi dapat mengurangi jarak pandang dan menyebabkan pengemudi tidak dapat mengantisipasi kondisi jalan dan kendaraan yang datang dari arah berlawanan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemangkasan atau pemindahan objek yang menghalangi pandangan pada titik-titik kritis.

2. Penyempitan Jalur karena Objek Fiksasi

Pada medan yang memiliki bukit atau tebing, keberadaan objek-objek seperti bebatuan atau pohon besar yang menjorok ke jalan juga dapat mengurangi lebar jalur jalan dan meningkatkan risiko kecelakaan. Desain tikungan harus memastikan bahwa jalur tetap cukup lebar untuk memberikan ruang gerak yang aman bagi kendaraan yang melintas.

5.6.5 Pengaruh Ketinggian dan Tekanan Udara terhadap Desain Tikungan

Di daerah pegunungan atau dataran tinggi, ketinggian dapat mempengaruhi performa kendaraan, terutama yang berhubungan dengan daya cengkram ban dan kecepatan kendaraan. Ketinggian yang lebih tinggi juga dapat mempengaruhi aerodinamika

kendaraan, yang perlu dipertimbangkan dalam desain tikungan (TRB, 2017).

5.6.6 Pengaruh Ketinggian terhadap Performa Kendaraan

Pada daerah yang lebih tinggi, kendaraan mungkin akan memiliki performa yang sedikit berkurang karena tekanan udara yang lebih rendah, yang dapat mempengaruhi kecepatan dan daya cengkram ban (HCM, 2016). Oleh karena itu, perhitungan untuk desain tikungan di daerah pegunungan atau tinggi harus memastikan bahwa kendaraan tetap stabil meskipun ada perubahan pada kondisi fisik kendaraan.

5.7 Perencanaan dan Desain Tikungan Berdasarkan Kriteria Keamanan dan Kenyamanan

5.7.1 Pengenalan Kriteria Keamanan dan Kenyamanan

Keamanan dan kenyamanan pengemudi merupakan aspek penting dalam perencanaan dan desain tikungan (AASHTO, 2020), (TRB, 2021). Kedua aspek ini harus dipertimbangkan dengan cermat agar pengguna jalan dapat mengemudi dengan aman, efisien, dan nyaman. Keamanan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menghindarkan kecelakaan, sementara kenyamanan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk memberikan pengalaman berkendara yang tidak membebani pengemudi secara fisik dan mental.

Kriteria desain tikungan harus mencakup berbagai faktor, termasuk kecepatan kendaraan, radius tikungan, superelevasi, panjang transisi, serta kemampuan jalan untuk mengakomodasi pergerakan kendaraan di kondisi cuaca yang berubah-ubah.

5.7.2 Kriteria Keamanan dalam Desain Tikungan

Keamanan pengemudi pada tikungan jalan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor teknis yang perlu diperhatikan dalam desain. Kriteria utama yang harus dipertimbangkan dalam desain tikungan adalah (AASHTO, 2020), (TRB, 2021):

1. Kecepatan Aman pada Tikungan (*Design Speed*)

Desain kecepatan atau design speed adalah kecepatan yang direncanakan untuk kendaraan yang melintasi tikungan dalam kondisi normal. Kecepatan aman ini sangat tergantung pada radius tikungan, superelevasi, dan kondisi jalan. Kecepatan yang terlalu tinggi pada tikungan yang tajam dapat meningkatkan risiko tergelincir, sementara kecepatan yang terlalu rendah dapat mengganggu aliran lalu lintas.

2. Radius Tikungan

Radius tikungan merupakan salah satu faktor utama dalam desain geometrik jalan. Radius yang terlalu kecil akan meningkatkan gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan, sehingga dapat menyebabkan kendaraan tergelincir. Oleh karena itu, radius tikungan harus disesuaikan dengan kecepatan yang diinginkan dan kondisi jalan untuk memastikan kendaraan dapat melewati tikungan dengan stabil.

a. Radius Tikungan pada Jalan Perkotaan:

Pada jalan perkotaan yang lebih padat, radius tikungan biasanya lebih kecil, namun harus diperhatikan agar kendaraan yang melintas tetap aman pada kecepatan rendah.

b. Radius Tikungan pada Jalan Pedesaan atau Jalan Raya:

Jalan dengan kecepatan lebih tinggi membutuhkan radius tikungan yang lebih besar agar kendaraan tetap stabil saat melintasi tikungan dengan kecepatan tinggi.

3. Superelevasi dan Cross Slope

Superelevasi adalah kemiringan jalan yang diberikan pada tikungan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan. Superelevasi yang memadai akan membantu mengurangi efek gaya sentrifugal dan meningkatkan kenyamanan serta stabilitas kendaraan.

a. Perhitungan Superelevasi

Superelevasi dihitung berdasarkan kecepatan dan radius tikungan. Untuk jalan raya dengan kecepatan tinggi, superelevasi yang lebih besar diperlukan. Pada medan yang lebih curam atau di daerah dengan curah hujan tinggi, perhitungan ini harus lebih diperhatikan untuk menghindari

masalah seperti banjir genangan atau kecelakaan akibat jalan licin.

b. Panjang Transisi

Panjang transisi adalah panjang jalan yang menghubungkan bagian lurus dengan tikungan atau sebaliknya. Panjang transisi yang cukup dapat mengurangi perubahan kecepatan dan membantu kendaraan beradaptasi dengan tikungan. Desain transisi yang terlalu pendek dapat menyebabkan kendaraan bergerak dengan kecepatan yang tidak stabil, meningkatkan risiko kecelakaan.

5.7.3 Kriteria Kenyamanan dalam Desain Tikungan

Kenyamanan pengemudi merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan dalam desain tikungan, karena dapat mempengaruhi pengalaman berkendara. Kenyamanan berkaitan dengan mengurangi beban fisik dan psikologis yang dialami pengemudi saat melintasi tikungan.

1. Gaya Sentripetal dan Gaya Sentrifugal

Tikungan yang tajam menghasilkan gaya sentrifugal yang bekerja menjauh dari pusat tikungan, yang dapat mempengaruhi kenyamanan pengemudi (AASHTO, 2020), (TRB, 2021). Desain tikungan yang lebih landai atau radius yang lebih besar dapat mengurangi rasa tidak nyaman yang dialami oleh pengemudi saat melintasi tikungan.

2. Perubahan Gradien yang Tiba-Tiba

Perubahan gradien yang tajam pada tikungan juga dapat mempengaruhi kenyamanan. Sebuah tikungan dengan perubahan gradien yang mendadak akan menyebabkan kendaraan kehilangan traksi dan menyebabkan guncangan atau ketidaknyamanan pada pengemudi. Oleh karena itu, perubahan gradien pada tikungan harus dilakukan secara bertahap agar kendaraan dapat melintasi dengan halus.

3. Pengaruh Lingkungan Sekitar

Faktor lingkungan juga dapat memengaruhi kenyamanan pengemudi saat melewati tikungan. Tanpa adanya penghalang visual yang mengganggu, pengemudi dapat

merasakan pengalaman berkendara yang lebih nyaman. Penghalang seperti pohon, bukit, atau objek lainnya harus dipertimbangkan dalam desain tikungan, untuk memastikan pengemudi dapat melihat dan merespon kondisi jalan dengan baik.

5.7.4 Desain Tikungan Jalan Daerah Perbukitan

Salah satu contoh desain tikungan yang memperhatikan kriteria keamanan dan kenyamanan adalah pada jalan di daerah perbukitan atau daerah dengan perubahan topografi yang tajam. Pada daerah seperti ini, desain tikungan harus memperhatikan beberapa faktor penting, antara lain (AASHTO, 2020), (TRB, 2021):

1. Pemilihan Radius Tikungan yang Lebih Besar

Untuk menghindari gaya sentrifugal yang terlalu besar, desain tikungan di daerah perbukitan umumnya menggunakan radius yang lebih besar. Ini akan meningkatkan stabilitas kendaraan yang melintas.

2. Panjang Transisi yang Memadai

Tikungan di daerah perbukitan cenderung memiliki panjang transisi yang lebih panjang untuk memberikan kesempatan bagi pengemudi untuk menyesuaikan kecepatan sebelum memasuki tikungan.

3. Penggunaan Superelevasi yang Optimal

Pada tikungan yang terletak pada jalan dengan gradien yang signifikan, superelevasi yang lebih besar diperlukan untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang lebih besar.

5.8 Evaluasi dan Pemeliharaan Tikungan Jalan

5.8.1 Pengenalan Evaluasi Tikungan Jalan

Evaluasi tikungan jalan adalah proses yang dilakukan untuk menilai apakah desain tikungan sudah memenuhi standar keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi lalu lintas. Evaluasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa tikungan yang telah dibangun tetap berfungsi dengan baik seiring berjalannya waktu dan dapat mengakomodasi perubahan kondisi lalu lintas serta perubahan lingkungan sekitar.

Proses evaluasi tikungan jalan mencakup pemeriksaan terhadap kondisi geometrik, kesesuaian dengan standar keselamatan lalu lintas, serta dampak lingkungan yang mungkin timbul (AASHTO, 2020), (TRB, 2021). Evaluasi ini dapat dilakukan baik pada tahap perencanaan, pelaksanaan, maupun pasca-konstruksi untuk memastikan bahwa desain jalan dapat memberikan performa yang optimal dalam jangka panjang.

5.8.2 Prosedur Evaluasi Tikungan Jalan

Prosedur evaluasi tikungan jalan dapat dibagi menjadi beberapa tahapan penting, antara lain (AASHTO, 2020), (TRB, 2021):

1. Pengumpulan Data Lalu Lintas dan Kecepatan

Sebagai langkah awal, pengumpulan data lalu lintas dan kecepatan kendaraan yang melintasi tikungan sangat penting untuk menilai performa tikungan. Data ini mencakup kecepatan kendaraan saat memasuki tikungan, jumlah kendaraan yang melintasi tikungan per unit waktu, dan jenis kendaraan yang melintasi jalan tersebut. Data lalu lintas ini dapat diperoleh melalui pengamatan langsung, survei lapangan, atau menggunakan alat pemantau lalu lintas.

2. Analisis Keamanan

Pada tahap ini, dilakukan analisis terhadap potensi bahaya atau kecelakaan yang terjadi pada tikungan. Hal ini mencakup pemeriksaan terhadap kecelakaan yang terjadi di tikungan tersebut, termasuk jenis kecelakaan (misalnya tergelincir, tabrakan dengan kendaraan lain, atau kecelakaan tunggal), serta faktor penyebabnya (misalnya kecepatan berlebih, visibilitas yang buruk, atau kondisi jalan yang licin). Data kecelakaan ini dapat diambil dari laporan kecelakaan yang disediakan oleh kepolisian atau instansi terkait.

3. Evaluasi Geometrik dan Superelevasi

Evaluasi terhadap elemen geometrik tikungan, seperti radius, panjang transisi, dan superelevasi, dilakukan untuk memastikan bahwa desain tikungan masih sesuai dengan standar keselamatan dan kenyamanan. Evaluasi ini juga mencakup pemeriksaan terhadap kelandaian jalan yang

dapat mempengaruhi kestabilan kendaraan saat melintasi tikungan.

4. Pemantauan Lingkungan dan Dampaknya

Evaluasi dampak lingkungan di sekitar tikungan juga perlu dilakukan. Hal ini mencakup pengecekan terhadap keberadaan objek-objek yang menghalangi pandangan pengemudi, seperti pohon atau bangunan, serta dampak lainnya seperti erosi tanah atau genangan air di sekitar tikungan. Jika ada masalah lingkungan yang terdeteksi, langkah-langkah perbaikan harus diambil untuk mengurangi potensi bahaya.

5. Konsultasi dengan Pengguna Jalan

Pendapat dan masukan dari pengemudi atau pengguna jalan yang sering melewati tikungan dapat menjadi sumber informasi yang sangat berharga dalam evaluasi. Survei kepada pengemudi mengenai kenyamanan dan tingkat keselamatan saat melalui tikungan dapat memberikan perspektif langsung tentang kinerja tikungan tersebut.

5.8.3 Pemeliharaan Tikungan Jalan

Pemeliharaan tikungan jalan adalah kegiatan yang dilakukan untuk memastikan bahwa kondisi jalan dan tikungan tetap aman dan nyaman bagi pengemudi. Pemeliharaan ini mencakup beberapa aspek penting yang harus dilakukan secara berkala untuk mencegah kerusakan jalan yang dapat membahayakan pengguna jalan.

1. Perbaikan Permukaan Jalan

Permukaan jalan yang rusak dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi pengemudi dan meningkatkan risiko kecelakaan. Oleh karena itu, pemeliharaan permukaan jalan, seperti penggantian aspal yang aus, perbaikan retakan, atau penghilangan genangan air, harus dilakukan secara rutin. Pada tikungan, pemeliharaan permukaan jalan menjadi lebih penting, karena permukaan yang licin dapat memperburuk efek gaya sentrifugal (AASHTO, 2020), (TRB, 2021).

2. Pembersihan Drainase

Saluran drainase yang tersumbat dapat menyebabkan genangan air di sekitar tikungan, meningkatkan potensi terjadinya kecelakaan, terutama pada musim hujan. Pemeliharaan saluran drainase, seperti pembersihan sampah atau tanah yang menyumbat, harus dilakukan secara teratur untuk memastikan aliran air berjalan dengan baik dan menghindari genangan air di tikungan (AASHTO, 2020), (TRB, 2021).

3. Pemangkasan Vegetasi dan Objek Penghalang

Vegetasi atau objek lain yang menghalangi pandangan pengemudi dapat mengurangi jarak pandang dan meningkatkan risiko kecelakaan (AASHTO, 2020), (TRB, 2021). Oleh karena itu, pemangkasan pohon, semak, atau objek lainnya yang menghalangi pandangan pada tikungan harus dilakukan secara berkala. Hal ini akan memastikan bahwa pengemudi dapat melihat kondisi jalan dengan jelas saat mendekati tikungan.

4. Pengecekan Sistem Penerangan Jalan

Penerangan yang memadai sangat penting di tikungan, terutama di malam hari atau dalam kondisi cuaca buruk. Lampu jalan yang tidak berfungsi atau rusak harus segera diperbaiki untuk meningkatkan visibilitas pengemudi dan mengurangi risiko kecelakaan (AASHTO, 2020), (TRB, 2021).

5. Inspeksi dan Perbaikan Rambu Lalu Lintas

Rambu lalu lintas yang jelas dan mudah dibaca adalah elemen penting dalam memberikan petunjuk kepada pengemudi mengenai kecepatan yang aman dan kondisi tikungan. Pemeliharaan rambu, termasuk pengecekan kejelasan tulisan dan keberadaan rambu, harus dilakukan secara berkala untuk memastikan pengemudi dapat dengan mudah menerima informasi yang diperlukan (AASHTO, 2020), (TRB, 2021).

5.8.4 Teknologi dalam Pemeliharaan dan Evaluasi Tikungan Jalan

Perkembangan teknologi memberikan kemudahan dalam pemeliharaan dan evaluasi tikungan jalan (AASHTO, 2020), (TRB, 2021). Beberapa teknologi yang dapat digunakan untuk membantu evaluasi dan pemeliharaan tikungan jalan antara lain:

1. Penggunaan Drone untuk Pemantauan

Drone dapat digunakan untuk melakukan pemantauan visual terhadap kondisi tikungan, terutama di daerah yang sulit dijangkau. Penggunaan drone untuk survei kondisi jalan dan pemeriksaan objek penghalang dapat mempermudah pemeliharaan tikungan.

2. Sistem Pemantauan Lalu Lintas Cerdas

Sistem pemantauan lalu lintas cerdas menggunakan sensor dan kamera untuk memantau kecepatan kendaraan, jumlah kendaraan, dan kondisi lalu lintas secara real-time. Data ini dapat digunakan untuk mengevaluasi apakah tikungan berfungsi dengan baik dan untuk mendeteksi masalah potensial, seperti kemacetan atau kecelakaan.

3. Sistem Perawatan Prediktif

Teknologi perawatan prediktif menggunakan data dari sensor dan pemantauan kondisi jalan untuk memprediksi kapan perawatan atau perbaikan diperlukan. Sistem ini dapat memberikan informasi tentang keausan jalan, kondisi saluran drainase, atau kerusakan permukaan jalan, sehingga pemeliharaan dapat dilakukan lebih efisien dan tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). (2020). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*.
- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*.
- AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). (2001) *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*
- Federal Highway Administration (FHWA). (2018). *Highway safety manual*. U.S. Department of Transportation.
- HCM (Highway Capacity Manual). (2016). *Desain Jalan dan Kapasitas Lalu Lintas*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). (2021). Surat Edaran Nomor 20/SE/Db/2021 Tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan (Pedoman Nomor 13/P/BM/2021). Jakarta
- Transportation Research Board (TRB). (2021). *Roadway design for mountainous areas*. National Research Council.
- Transportation Research Board (TRB). (2017). *Designing Roads for High Altitude and Low Air Pressure*

BAB 6

MENDESAIN PELEBARAN TIKUNGAN

Oleh Tjut Rizqi Maysyarah Hadi

6.1 Pendahuluan

Pelebaran tikungan adalah salah satu elemen penting dalam desain geometrik jalan yang bertujuan untuk meningkatkan keamanan serta kenyamanan pengguna jalan (AASHTO, 2018). Kendaraan yang melaju cepat di tikungan membutuhkan ruang lebih agar tetap berada di jalur yang aman dan stabil, serta untuk mengurangi risiko kecelakaan akibat gaya sentrifugal yang bisa mengganggu keseimbangan kendaraan (Transportation Research Board, 2020).

Bab ini akan menguraikan secara rinci konsep pelebaran tikungan, faktor yang memengaruhinya, standar serta pedoman yang digunakan, dan metode penerapannya dalam perencanaan geometrik jalan (AASHTO, 2018).

6.2 Konsep Dasar Pelebaran Tikungan

Pelebaran tikungan adalah penambahan lebar jalur lalu lintas di tikungan agar kendaraan dapat berbelok dengan aman dan efisien (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021). Tujuan utama dari pelebaran ini meliputi:

1. **Mengurangi kemungkinan kendaraan keluar dari jalur**, terutama pada tikungan dengan radius kecil (AASHTO, 2018).
2. **Menjamin kenyamanan berkendara**, terutama bagi kendaraan besar seperti bus dan truk (Transportation Research Board, 2020).
3. **Memperbaiki visibilitas pengemudi**, sehingga mereka dapat melihat kendaraan dari arah berlawanan dengan lebih jelas (Federal Highway Administration, 2019).

4. **Mengurangi dampak gaya sentrifugal**, yang dapat membuat kendaraan terdorong keluar jalur saat berbelok (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021).

6.3 Landasan Teori Pelebaran Tikungan

6.3.1 Prinsip Fundamental

Beberapa alasan yang mendasari perlunya pelebaran tikungan meliputi:

1. Perbedaan lintasan antara roda belakang dan roda depan kendaraan (fenomena *off-tracking*)
2. Kompleksitas bagi pengemudi untuk mempertahankan posisi kendaraan dalam lajur saat melewati tikungan
3. Kebutuhan penambahan ruang lateral akibat dampak psikologis yang dialami pengemudi
4. Pentingnya jarak bebas samping untuk menciptakan ruang kenyamanan dan keamanan

Elemen geometris tikungan yang membutuhkan perhatian khusus dalam perancangan pelebaran meliputi radius tikungan, segmen lengkung transisi, superelevasi, dan kecepatan rencana (Sukirman, 1999).

6.3.2 Fenomena *Off-Tracking*

Off-tracking merupakan kondisi di mana roda belakang kendaraan menempuh jalur berbeda dengan roda depan saat melewati tikungan. Fenomena ini mengakibatkan lintasan kendaraan menjadi lebih lebar dibandingkan saat berada di jalur lurus. Secara matematis, besaran *off-tracking* dapat dikalkulasi dengan rumus:

$$OT = R - \sqrt{R^2 - L^2} \quad (6.1)$$

Dengan keterangan:

- OT = *Off-tracking* (meter)
- R = Radius tikungan (meter)
- L = Jarak antara sumbu roda kendaraan/*wheelbase* (meter)

Untuk kendaraan dengan konfigurasi multi-as, perhitungan menjadi lebih rumit dan perlu mempertimbangkan

konfigurasi as kendaraan secara spesifik (Garber and Hoel, 2015).

6.4 Unsur-unsur Pelebaran Tikungan

Pelebaran tikungan secara fundamental terdiri dari beberapa unsur, yaitu:

6.4.1 Pelebaran Akibat *Off-Tracking* (W_{ot})

Pelebaran tikungan dipengaruhi oleh radius tikungan dan ukuran kendaraan yang direncanakan. Semakin besar dimensi kendaraan dan semakin kecil radius tikungan, maka semakin besar pula kebutuhan pelebaran. Untuk kendaraan dengan panjang sumbu roda L , pelebaran yang disebabkan oleh *off-tracking* dapat dihitung dengan:

$$W_{ot} = R - \sqrt{R^2 - L^2} \quad (6.2)$$

6.4.2 Pelebaran Akibat Faktor Psikologi (W_p)

Saat melintasi tikungan, pengemudi cenderung menjaga jarak lebih jauh dari tepi lajur karena faktor psikologis. Besaran faktor psikologis ini dapat dikalkulasi dengan:

$$W_p = \frac{V}{9,6 \sqrt{R}} \quad (6.3)$$

Dengan keterangan:

- W_p = Pelebaran akibat faktor psikologis (meter)
- V = Kecepatan rencana (km/jam)
- R = Radius tikungan (meter)

6.4.3 Pelebaran Akibat Kesulitan Mengemudi (W_k)

Kesulitan pengemudi dalam menjaga posisi kendaraan pada lajunya dapat dihitung dengan:

$$W_k = 0,1 \times \frac{V}{R} \quad (6.4)$$

Dengan keterangan:

- W_k = Pelebaran akibat kesulitan mengemudi (meter)
- V = Kecepatan rencana (km/jam)

- R = Radius tikungan (meter)

6.4.4 Total Pelebaran Tikungan

Total pelebaran yang diperlukan merupakan akumulasi dari ketiga komponen tersebut:

$$W_{total} = W_{ot} + W_p + W_k \quad (6.5)$$

Dengan keterangan:

- W_k = Pelebaran akibat kesulitan mengemudi (meter)
- V = Kecepatan rencana (km/jam)
- R = Radius tikungan (meter)

Nilai pelebaran tikungan kemudian dibulatkan ke atas dengan kelipatan 0,05 meter untuk memudahkan implementasi di lapangan (Transport Research Laboratory, 2016).

6.5 Metodologi Perhitungan Pelebaran Tikungan

6.5.1 Metodologi AASHTO

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) merekomendasikan perhitungan pelebaran tikungan berdasarkan tipe kendaraan rencana dan geometri jalan. Persamaan dasar yang diaplikasikan adalah:

$$W = W_n + W_{ot} + Z \quad (6.6)$$

Dengan keterangan:

- W = Total lebar jalur pada tikungan (meter)
- W_n = Lebar jalur pada segmen lurus (meter)
- W_{ot} = Pelebaran akibat off-tracking (meter)
- Z = Tambahan lebar untuk kenyamanan dan keamanan (umumnya 0,5 – 1,0 meter)

AASHTO menyediakan tabel nilai pelebaran berdasarkan radius tikungan dan tipe kendaraan rencana. Untuk jalan dengan dua lajur, pelebaran diterapkan pada kedua sisi jalan dengan proporsi yang setara.

Tabel 6.1. Rekomendasi pelebaran tikungan berdasarkan radius dan jenis kendaraan

Radius (m)	Pelebaran untuk Mobil Penumpang (m)	Pelebaran untuk Bus/Truk (m)
30	1,2	1,8
40	1,0	1,6
50	0,8	1,4
60	0,6	1,2
70	0,5	1,0
80	0,4	0,8

Sumber : (AASHTO, 2018)

6.5.2 Metodologi Bina Marga

Direktorat Jenderal Bina Marga mengimplementasikan pendekatan yang sedikit berbeda dengan menghitung pelebaran tikungan menggunakan formula:

$$W_t = W_n + \Delta W \quad (6.8)$$

Dengan:

$$\Delta W = W_{ot} + W_p + W_k \quad (6.7)$$

Dengan keterangan:

- W_t = Lebar total jalur pada tikungan (meter)
- W_n = Lebar jalur pada segmen lurus (meter)
- ΔW = Pelebaran yang diperlukan (meter)

Pelebaran tikungan harus dirancang sesuai dengan pedoman geometrik yang berlaku, seperti yang diatur dalam Pedoman Bina Marga Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038 TBM 1997. Pedoman ini menyediakan tabel standar pelebaran tikungan untuk berbagai kombinasi radius tikungan dan kecepatan rencana (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

6.6 Kendaraan Rencana dan Implikasinya Terhadap Pelebaran Tikungan

6.6.1 Kendaraan Ringan (KR)

Kendaraan ringan seperti mobil penumpang memiliki wheelbase yang relatif pendek dan radius putar yang kecil, sehingga kebutuhan pelebaran tikungannya minimal. Rata-rata panjang wheelbase untuk kendaraan ringan berkisar antara 2,7 - 3,0 meter dengan lebar 1,8 - 2,0 meter (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

6.6.2 Kendaraan Sedang (KS)

Kendaraan sedang seperti truk kecil dan bus kecil memiliki wheelbase sekitar 4,0 - 6,0 meter dan lebar 2,1 - 2,4 meter. Kendaraan ini memerlukan pelebaran yang lebih signifikan dibandingkan kendaraan ringan (Sukirman, 1999).

6.6.3 Kendaraan Berat (KB)

Truk besar, bus besar, dan truk gandeng memiliki wheelbase yang panjang dan radius putar yang besar, sehingga memerlukan pelebaran tikungan yang substansial. Wheelbase kendaraan berat berkisar antara 6,0 - 9,0 meter dengan lebar 2,5 - 2,6 meter (Garber and Hoel, 2015).

6.6.4 Kendaraan Semi-Trailer (KST)

Kendaraan semi-trailer memiliki karakteristik pergerakan kompleks karena terdiri dari unit penarik dan trailer. Total panjang kendaraan ini dapat mencapai 16,0 - 18,0 meter dengan lebar 2,5 - 2,6 meter. Kendaraan ini memerlukan pelebaran tikungan paling besar dibandingkan jenis kendaraan lainnya (AASHTO, 2018).

Tabel 6.2. Dimensi kendaraan rencana dan kebutuhan pelebaran tikungan minimum untuk berbagai radius tikungan

Jenis Kendaraan	Wheelbase (m)	Lebar (m)	Pelebaran Minimum (m) pada jari-jari		
			R=30 m	R=50 m	R=100 m
KR	2,7-3,0	1,8-2,0	0,4-0,6	0,3-0,4	0,1-0,2
KS	4,0-6,0	2,1-2,4	0,8-1,2	0,5-0,8	0,3-0,4
KB	6,0-9,0	2,5-2,6	1,2-1,8	0,8-1,1	0,4-0,6
KST	12,0-18,0	2,5-2,6	2,0-2,8	1,2-1,8	0,6-0,9

Sumber : (AASHTO, 2018)

6.7 Perancangan Pelebaran Tikungan pada Berbagai Tipe Tikungan

6.7.1 Pelebaran pada Tikungan Full Circle (FC)

Untuk tikungan jenis full circle, pelebaran diberikan secara penuh pada seluruh segmen lengkung lingkaran. Transisi pelebaran dilaksanakan pada bagian spiral yang menghubungkan segmen lurus dengan lengkung lingkaran. Jika tidak terdapat lengkung peralihan, maka transisi pelebaran dilaksanakan pada segmen lurus dengan panjang minimum 30 meter (Transport Research Laboratory, 2016).

6.7.2 Pelebaran pada Tikungan Spiral-Circle-Spiral (SCS)

Pada tikungan jenis SCS, pelebaran dilakukan secara bertahap pada lengkung peralihan dan diberikan secara penuh pada segmen lengkung lingkaran. Pelebaran dimulai dari nol pada awal lengkung peralihan (TS) dan mencapai nilai maksimal pada akhir lengkung peralihan (SC). Pelebaran maksimal dipertahankan sepanjang lengkung lingkaran dan kemudian berkurang secara bertahap pada lengkung peralihan kedua hingga kembali ke nol pada akhir lengkung peralihan kedua (ST) (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

6.7.3 Pelebaran pada Tikungan Spiral- Spiral (SS)

Untuk tikungan jenis SS (tanpa lengkung lingkaran), pelebaran dilakukan secara bertahap sepanjang lengkung spiral.

Pelebaran dimulai dari nol pada awal lengkung spiral pertama (TS), mencapai nilai maksimal pada titik tengah lengkung (tengah lengkung spiral), dan kemudian berkurang secara bertahap hingga kembali ke nol pada akhir lengkung spiral kedua (ST) (Sukirman, 1999).

6.8 Teknik Penempatan Pelebaran Tikungan

6.8.1 Pelebaran Satu Sisi (*One-Sided Widening*)

Dalam metode ini, pelebaran hanya diimplementasikan pada sisi dalam tikungan, sementara sisi luar tetap mengikuti alinyemen normal. Metode ini umumnya diaplikasikan pada jalan dengan median atau jalan satu arah. Keunggulan metode ini adalah kemudahan implementasi dan reduksi volume pekerjaan. Namun, metode ini dapat mengakibatkan pergeseran sumbu jalan yang signifikan (Sukirman, 1999).

6.8.2 Pelebaran Dua Sisi (*Two-Sided Widening*)

Pelebaran dua sisi mendistribusikan kebutuhan pelebaran secara proporsional pada kedua sisi jalan. Metode ini umumnya diaplikasikan pada jalan dua arah tanpa median. Keunggulan metode ini adalah pergeseran sumbu jalan yang minimal, sehingga menjaga konsistensi geometrik jalan. Namun, metode ini memerlukan volume pekerjaan yang lebih besar dibandingkan pelebaran satu sisi (AASHTO, 2018).

6.8.3 Pelebaran Asimetris (*Asymmetrical Widening*)

Pada beberapa situasi dengan kondisi topografi atau kendala lain, pelebaran dapat diimplementasikan secara tidak proporsional pada kedua sisi jalan. Misalnya, 70% pelebaran pada sisi dalam dan 30% pada sisi luar. Metode ini memberikan fleksibilitas dalam perancangan namun memerlukan analisis yang lebih komprehensif untuk memastikan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan (Transport Research Laboratory, 2016).

6.9 Implementasi Pelebaran Tikungan dalam Perancangan Jalan

6.9.1 Integrasi dengan Elemen Geometrik Lainnya

Pelebaran tikungan harus diintegrasikan dengan elemen geometrik lainnya seperti superelevasi, jarak pandang, dan sistem drainase jalan. Koordinasi yang efektif antara elemen-elemen tersebut akan menghasilkan perancangan yang optimal dan fungsional. Sebagai ilustrasi, pada saat perancangan pelebaran tikungan, perlu dipertimbangkan kemiringan melintang jalan (superelevasi) untuk memastikan sistem drainase yang efisien (Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997).

6.9.2 Transisi Pelebaran

Transisi pelebaran merupakan segmen jalan di mana lebar jalan berubah dari lebar normal menjadi lebar dengan pelebaran penuh. Panjang transisi pelebaran idealnya sama dengan panjang lengkung peralihan. Jika tidak terdapat lengkung peralihan, maka panjang minimum transisi pelebaran dapat dikalkulasi dengan:

$$L_w = \frac{V \times \Delta W}{3,6} \quad (6.9)$$

Dengan keterangan:

- L_w = Panjang transisi pelebaran (meter)
- V = Kecepatan rencana (km/jam)
- ΔW = Besaran pelebaran (meter)

Panjang transisi minimum yang direkomendasikan adalah 30 meter untuk jalan dengan kecepatan rencana tinggi (Sukirman, 1999).

6.9.3 Pelebaran pada Tikungan Gabungan

Untuk tikungan gabungan (compound curve), pelebaran diterapkan berdasarkan radius tikungan terkecil. Transisi pelebaran dilaksanakan pada titik-titik perubahan radius. Pada tikungan balik (*reverse curve*), perlu diperhatikan transisi pelebaran dari satu sisi ke sisi lainnya. Jika jarak antara dua tikungan balik sangat berdekatan, maka pelebaran dapat diterapkan secara konsisten

pada kedua tikungan untuk menghindari perubahan lebar yang terlalu sering (AASHTO, 2018).

6.10 Analisis Kasus: Perancangan Pelebaran Tikungan pada Jalan Arteri

Berikut disajikan analisis kasus perancangan pelebaran tikungan pada jalan arteri dengan parameter sebagai berikut:

- Kecepatan rencana (V) = 60 km/jam
- Radius tikungan (R) = 150 m
- Lebar lajur pada segmen lurus = 3,5 m (2 lajur)
- Kendaraan rencana = Truk semi-trailer (KST) dengan *wheelbase* 15 m

6.10.1 Kalkulasi Komponen Pelebaran

Pelebaran akibat off-tracking (W_{ot}):

$$\begin{aligned}W_{ot} &= R - \sqrt{R^2 - L^2} \\&= 150 - \sqrt{150^2 - 15^2} \\&= 150 - 149,25 \\&= 0,75 \text{ m}\end{aligned}$$

Pelebaran akibat faktor psikologis (W_p):

$$W_p = \frac{V}{9,6 \sqrt{R}} = \frac{60}{9,6 \sqrt{150}} = 0,51 \text{ m}$$

Pelebaran akibat kesulitan mengemudi (W_k):

$$\begin{aligned}W_k &= 0,1 \times \frac{V}{R} \\&= 0,1 \times \frac{60}{150} \\&= 0,04 \text{ m}\end{aligned}$$

Total pelebaran yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned}W_{total} &= W_{ot} + W_p + W_k \\&= 0,75 + 0,51 + 0,04 \\&= 1,30 \text{ m}\end{aligned}$$

6.10.2 Perancangan Penempatan Pelebaran

Untuk jalan arteri dua arah, pelebaran sebaiknya diimplementasikan pada kedua sisi jalan dengan proporsi 70% pada sisi dalam tikungan dan 30% pada sisi luar tikungan.

- Pelebaran pada sisi dalam = $70\% \times 1,30 \text{ m} = 0,91 \text{ m}$

- Pelebaran pada sisi luar = $30\% \times 1,30 \text{ m} = 0,39 \text{ m}$

6.10.3 Perancangan Transisi Pelebaran

Panjang transisi pelebaran dapat dihitung dengan:

$$L_w = \frac{V \times \Delta W}{3,6} = \frac{60 \times 1,3}{3,6} = 21,67 \text{ m}$$

Namun, karena jalan arteri dengan kecepatan rencana tinggi, panjang transisi minimum yang direkomendasikan adalah 30 meter. Oleh karena itu, panjang transisi pelebaran yang digunakan adalah 30 meter.

6.11 Pemantauan dan Evaluasi Performa PelebaranTikungan

Setelah implementasi perancangan pelebaran tikungan, esensial untuk melakukan pemantauan dan evaluasi performa untuk memastikan bahwa perancangan tersebut memenuhi tujuan yang diharapkan. Beberapa parameter yang dapat digunakan untuk evaluasi performa pelebaran tikungan antara lain:

6.11.1 Tingkat Keselamatan

Evaluasi tingkat keselamatan dapat dilakukan dengan menganalisis data kecelakaan sebelum dan sesudah implementasi pelebaran tikungan. Penurunan frekuensi kecelakaan, terutama kecelakaan yang berkaitan dengan keluar jalur atau tabrakan samping, mengindikasikan keberhasilan perancangan pelebaran tikungan (Transport Research Laboratory, 2016).

6.11.2 Kenyamanan Pengemudi

Survei persepsi pengemudi dapat dilaksanakan untuk mengevaluasi tingkat kenyamanan saat melewati tikungan. Parameter yang dapat diukur mencakup kemudahan

mengendalikan kendaraan, visibilitas, dan persepsi keamanan (Garber and Hoel, 2015).

6.11.3 Efektivitas Biaya

Analisis efektivitas biaya membandingkan biaya implementasi pelebaran tikungan dengan manfaat yang diperoleh, seperti penurunan biaya kecelakaan, penghematan waktu perjalanan, dan penurunan biaya operasional kendaraan. Rasio manfaat-biaya yang melebihi 1 mengindikasikan bahwa perancangan pelebaran tikungan secara ekonomi layak (AASHTO, 2018).

6.12 Kesimpulan dan Rekomendasi

Pelebaran tikungan merupakan elemen krusial dalam perancangan geometrik jalan yang berperan dalam meningkatkan keselamatan dan kelancaran lalu lintas. Beberapa kesimpulan dan rekomendasi untuk perancangan pelebaran tikungan antara lain:

1. Perancangan pelebaran tikungan harus mempertimbangkan tipe kendaraan rencana, radius tikungan, kecepatan rencana, dan kondisi topografi.
2. Integrasi pelebaran tikungan dengan elemen geometrik lainnya, seperti superelevasi dan sistem drainase, sangat penting untuk menghasilkan perancangan yang optimal.
3. Pemilihan metode penempatan pelebaran (satu sisi, dua sisi, atau asimetris) harus disesuaikan dengan kondisi lapangan dan tipe jalan.
4. Transisi pelebaran harus dirancang dengan presisi untuk memastikan kenyamanan dan keselamatan pengemudi.
5. Evaluasi performa pelebaran tikungan secara periodik diperlukan untuk memastikan efektivitas perancangan dalam jangka panjang.
6. Untuk jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan komposisi kendaraan berat yang signifikan, disarankan menggunakan kendaraan rencana terbesar dalam kalkulasi pelebaran tikungan.
7. Pada kondisi topografi yang menantang, solusi inovatif seperti pelebaran asimetris atau konstruksi struktur penahan

tanah mungkin diperlukan untuk mengakomodasi kebutuhan pelebaran.

8. Standardisasi perancangan pelebaran tikungan di tingkat nasional perlu ditingkatkan untuk memastikan konsistensi dan kualitas perancangan yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO (2018) *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets: The Green Book*, American Association of State Highway and Transportation Officials. Available at: www.transportation.org.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2021) *Pedoman Desain Geometrik Jalan*.
- Federal Highway Administration (2019) *Geometric Design Practices for Highways*.
- Garber, N.J. and Hoel, L.A. (2015) *Traffic and Highway Engineering, 5th Edition*. fifth.
- Sukirman, S. (1999) 'Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan'.
- Transport Research Laboratory (2016) *Highway Design Note 2/16: Curve Widening Guidelines*. United Kingdom.
- Transportation Research Board (2020) *Highway Capacity Manual*.

BAB 7

PERENCANAAN LENGKUNG VERTIKAL

Oleh Ady Purnama

7.1 Pengertian Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal merupakan salah satu elemen penting dalam perencanaan geometrik jalan yang menghubungkan dua gradien dengan kemiringan berbeda secara vertikal dan memastikan transisi yang aman dan halus bagi pengguna jalan. Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan dua lajur dua arah, atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median (Sukirman, 1999).



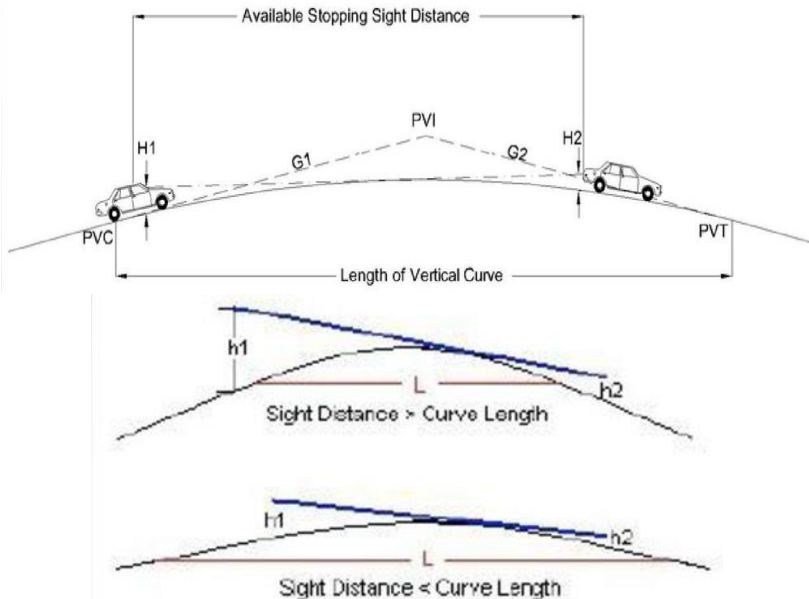
Gambar 7.1. Model Lengkung Vertikal pada Jalan Raya
(Sumber : <https://slideplayer.info/slide/15070729/>)

7.2 Jenis-jenis Lengkung Vertikal

7.2.1 Lengkung Vertikal Cembung (*Crest Curve*)

Lengkung Vertikal Cembung adalah Jenis lengkung yang terbentuk ketika titik perpotongan antara dua tangen berada diatas permukaan jalan dan lengkung cembung biasanya digunakan pada puncak tanjakan, dimana jalan berubah dari tanjakan ke turunan. Desain lengkung cembung harus mempertimbangkan jarak pandang henti dan kenyamanan pengemudi (Hendarsin, S. L, 2000).

Karakteristik dari lengkung vertikal cembung (*crest curve*) berupa perubahan gradien positif ke negatif yang terjadi ketika jalan naik (tanjakan) lalu turun, jarak pandang henti (*Stopping Sight Distance*) yang cukup untuk memastikan pengemudi dapat melihat hambatan di depan tepat waktu, kenyamanan pengendara Ketika mengalami perubahan percepatan yang tiba-tiba, perhitungan geometri yang ditentukan oleh faktor kecepatan desain, radius lengkung, serta jarak pandang henti.



Gambar 7.2. Lengkung Vertikal Cembung (*Crest Curve*)
(Sumber : Dirjen Bina Marga, 2021)

Pembatasan berdasarkan jarak pandang dapat dibedakan atas dua keadaan, yaitu: jarak pandangan berada seluruhnya dalam daerah lengkung ($S < L$), dan jarak pandangan berada di luar dan di dalam daerah lengkung ($S > L$).

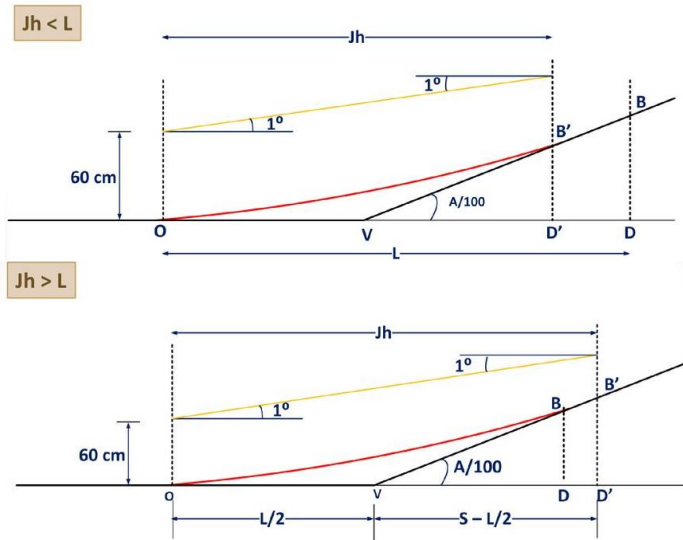
Fungsi dari lengkung vertikal cembung (*crest curve*) adalah memastikan transisi gradien yang aman dan nyaman bagi pengemudi, meningkatkan keselamatan dengan mempertimbangkan visibilitas yang cukup bagi pengguna jalan, serta menghindari perubahan gaya vertikal yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan atau kehilangan kontrol kendaraan.

7.2.2 Lengkung Vertikal Cekung (*Sag Curve*)

Lengkung Vertikal Cekung adalah Jenis lengkung yang terbentuk ketika titik perpotongan antara dua tangen berada di bawah permukaan jalan dan lengkung cekung biasanya digunakan pada dasar turunan, di mana jalan berubah dari turunan ke tanjakan. Desain lengkung cekung harus mempertimbangkan faktor drainase, kenyamanan pengemudi, dan penerangan jalan (Hendarsin, S. L, 2000).

Karakteristik dari lengkung vertikal cekung (*sag curve*) berupa perubahan gradien negatif ke positif yang terjadi ketika jalan menurun lalu naik, jarak pandang malam (*Headlight Sight Distance*) yang cukup untuk memungkinkan pengemudi melihat hambatan di depan, terutama dalam kondisi minim cahaya, kenyamanan pengendara Ketika mengalami perubahan percepatan yang tiba-tiba, serta perencanaan drainase yang baik agar air hujan tidak menggenang di bagian lengkung cekung.

Fungsi dari lengkung vertikal cekung (*sag curve*) adalah memastikan transisi gradien yang aman dan nyaman bagi pengemudi, menjaga visibilitas yang baik, terutama pada malam hari, serta menghindari genangan air dengan desain drainase yang baik.



Gambar 7.3. Lengkung Vertikal Cekung (Sag Curve)
(Sumber : Dirjen Bina Marga, 2021)

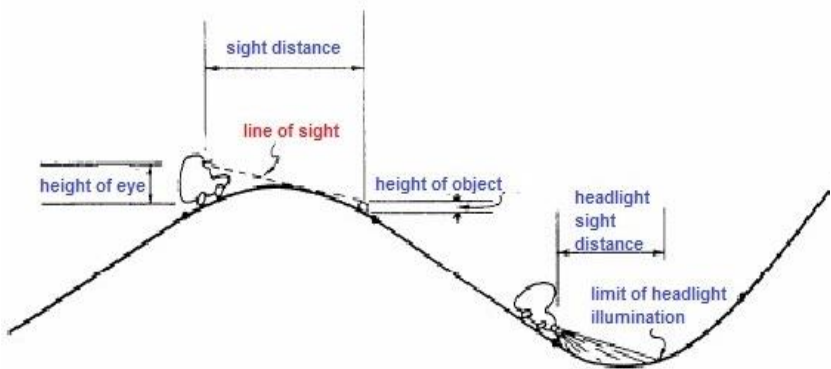
Dalam menentukan lengkung vertikal cekung (*sag curve*) perlu memperhatikan:

1. Jarak pandangan bebas di bawah bangunan, dimana panjang lengkung vertikal cekung minimum diperhitungkan berdasarkan jarak pandang henti minimum dengan mengambil tinggi mata pengemudi kendaraan yaitu $h_1 = 1,8$ m dan tinggi obyek $h_2 = 0,5$ m (tinggi lampu belakang kendaraan). Ruang vertikal bebas minimum 5 m, dianjurkan mengambil lebih besar untuk perencanaan yaitu $C = 5,5$ m (untuk kemungkinan pelapisan tambahan di kemudian hari).
2. Jarak penyinaran lampu kendaraan, dimana tinggi lampu depan mobil umumnya diambil 60 cm, dengan sudut penyebaran 1° .
3. Keluwesan bentuk, dimana adanya gaya sentrifugal dan gravitasi pada lengkung vertikal cekung menimbulkan rasa tidak nyaman kepada pengemudi.
4. Persyaratan drainase jalan. dimana untuk jalan yang tidak menggunakan kerb, bagian yang mendatar tidak terlalu memberi masalah, karena fungsi lereng jalan sudah menjamin kelancaran drainase. Adapun untuk jalan yang

menggunakan kerb, dengan diberikan kelandaian 0,5% pada jarak 20 m, dari puncak lereng, sudah cukup memadai.

7.3 Desain Lengkung Vertikal

Desain lengkung vertikal adalah perencanaan jalan yang menghubungkan dua segmen jalan dengan perbedaan elevasi yang menciptakan transisi halus antara kedua segmen tersebut. Perencanaan lengkung vertikal dilakukan untuk memungkinkan pergerakan kendaraan yang lebih nyaman dan aman antara bagian jalan yang lebih rendah dan lebih tinggi (Dirjen Bina Marga, 2021).



Gambar 7.4. Desain Lengkung Vertikal pada Jalan
(Sumber : <https://slideplayer.info/slide/15070729/>)

Secara umum, desain lengkung vertikal dilakukan dengan tujuan antara lain;

1. Meningkatkan keselamatan pengemudi melalui pengurangan risiko kecelakaan dengan menciptakan transisi yang mulus antara segmen jalan yang memiliki perbedaan ketinggian.
2. Meningkatkan kenyamanan berkendara dengan menghindari perubahan ketinggian yang tajam sehingga pengemudi dapat merasakan perjalanan yang lebih halus.
3. Optimasi drainase melalui pengurangan potensi genangan air dengan mengatur kemiringan jalan secara tepat.
4. Mengurangi kejutan fisik, terutama pada kendaraan yang melaju dengan kecepatan tinggi, lengkung vertikal dapat membantu

dalam mengurangi efek kejutan yang dirasakan akibat perubahan elevasi mendadak.

Menurut Zhang, L., and Li, X. (2021), ada beberapa faktor yang mempengaruhi desain lengkung vertikal diantaranya adalah;

1. Kecepatan desain ditentukan berdasarkan kecepatan kendaraan yang diperbolehkan pada jalan tersebut dan sangat mempengaruhi desain lengkung vertikal, karena pengendara harus dapat menavigasi jalan dengan aman.
2. Kemiringan jalan (*Gradien*) di desain batas gradien maksimumnya secara akurat, karena kemiringan yang terlalu tajam dapat menyebabkan kesulitan bagi kendaraan, terutama pada jalan menanjak atau menurun.
3. Topografi dan geometri jalan di desain dengan memperhatikan kondisi tanah dan kontur medan yang sangat mempengaruhi panjang dan bentuk lengkung vertikal yang direncanakan.
4. Visibilitas dan jarak pandang pada lengkung vertikal sangat berpengaruh terutama pada lengkung cembung yang dapat mengurangi jarak pandang ke depan.

Adapun pertimbangan teknis dalam desain lengkung vertikal antara lain adalah; (Ngarut, P.A., Nainggolan, T.H., and Ma'ruf, A, 2022)

1. Panjang lengkung vertikal dihitung berdasarkan perbedaan elevasi antara dua segmen jalan yang terhubung, dimana panjang lengkung harus cukup untuk menciptakan transisi yang mulus.
2. Desain lengkung vertikal harus memperhitungkan gradien maksimum yang dapat diterima pada jalan tersebut tanpa menyebabkan kesulitan bagi pengendara atau meningkatkan risiko kecelakaan..
3. Radius lengkung yang digunakan dalam desain harus cukup besar agar kendaraan tidak merasa terjepit atau terhenti mendadak saat melalui lengkung tersebut.

Aplikasi desain lengkung vertikal dapat dilakukan pada berbagai situasi, termasuk pembangunan jalan raya yang menghubungkan bagian jalan dengan perubahan elevasi yang

signifikan, seperti tanjakan dan turunan, lalu pembangunan jembatan dan terowongan dalam rangka memastikan transisi yang mulus antara jembatan dengan jalan yang mengarah kepadanya, serta desain lengkung vertikal juga digunakan dalam lanskap arsitektur untuk memberikan aliran visual yang harmonis.

7.4 Faktor yang Mempengaruhi Perencanaan Lengkung Vertikal

7.4.1 Kecepatan Rencana (*Design Speed*)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (1997), kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan elemen geometrik jalan, dengan mempertimbangkan faktor keselamatan, kenyamanan, dan efisiensi lalu lintas.

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk tujuan desain geometrik yang seharusnya konsisten dengan kecepatan operasi yang diantisipasi (Garber and Hoel, 2010).

Perhitungan kecepatan rencana berdasarkan standar desain jalan yang berlaku, seperti AASHTO, Bina Marga, atau Jalan Raya Indonesia. Adapun rumus yang berkaitan dengan kecepatan rencana dalam perancangan geometrik jalan, seperti:

1. Rumus Jarak Pandang Henti (*Stopping Sight Distance - SSD*), menurut AASHTO (2018) :

$$SSD = Vt + \frac{V^2}{2g(f + G)}$$

Dimana:

V = Kecepatan kendaraan (m/s)

t = Waktu reaksi pengemudi (s), biasanya 2.5 detik

g = percepatan gravitasi ($9,81 m/s^2$)

f = Koefisien gesek antara ban dan jalan

G = Gradien jalan (dinyatakan dalam desimal)

2. Rumus Jari-Jari Lengkung Vertikal:

$$R = \frac{V^2}{g(0,6 + G)}, \text{ untuk lengkung Cembung (AASHTO, 2018)}$$

$$R = \frac{V^2}{g(f + G)}, \text{ untuk Lengkung Cekung (Garber & Hoel, 2010)}$$

Dimana:

R = Jari-jari lengkung vertikal (m)

V = Kecepatan rencana (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

f = Koefisien gesek antara ban dan jalan

G = Gradien jalan (dinyatakan dalam desimal)

3. Rumus Superelevasi dalam Tikungan, menurut AASHTO (2018) :

$$e + f = \frac{V^2}{gR}$$

Dimana:

e = Superelevasi (kemiringan transversal jalan, dalam desimal)

V = Kecepatan kendaraan (m/s)

R = Jari-jari tikungan (m)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

f = Koefisien gesek antara ban dan jalan

7.4.2 Jenis Lengkung Vertikal

Lengkung Vertikal adalah bagian dari perancangan geometrik jalan yang digunakan untuk menghubungkan dua segmen jalan dengan gradien berbeda dalam arah vertikal. Jenis lengkung vertikal ada dua, yaitu : Lengkung Cembung (*Crest Curve*), dan Lengkung Cekung (*Sag Curve*), dimana keduanya dirancang dengan mempertimbangkan kenyamanan, keselamatan, drainase, dan jarak pandang (McShane, Roess, and Prassas, 1998).

7.4.3 Jarak Pandang (*Sight Distance*)

Menurut AASHTO (2018), Jarak pandang adalah panjang jalan di depan yang terlihat oleh pengemudi, yang harus cukup panjang untuk memungkinkan kendaraan yang bergerak pada kecepatan rencana berhenti atau menyelesaikan manuver dengan aman.

Jarak pandang (*Sight Distance*) dibedakan atas empat jenis, yaitu :

1. Jarak Pandang Henti (*Stopping Sight Distance-SSD*)

Jarak pandang henti merupakan Jarak minimum yang diperlukan agar kendaraan dapat berhenti dengan aman setelah

pengemudi melihat hambatan di depan. Rumus SSD menurut AASHTO (2018) adalah :

$$SSD = Vt + \frac{V^2}{2g(f + G)}$$

Dimana:

SSD = Stopping Sight Distance (m)

V = Kecepatan kendaraan (m/s)

t = Waktu reaksi pengemudi (detik), biasanya 2.5 detik

g = Percepatan gravitasi (9.81 m/s^2)

f = Koefisien gesek antara ban dan jalan

G = Gradien jalan (dalam desimal)

2. Jarak Pandang Menyalip (*Passing Sight Distance-PSD*)

Jarak pandang menyalip merupakan Jarak yang diperlukan agar kendaraan dapat menyalip kendaraan lain dengan aman tanpa risiko tabrakan dengan kendaraan dari arah berlawanan. Rumus PSD menurut AASHTO (2018) adalah :

$$PSD = d_1 + d_2 + d_3$$

Dimana:

d_1 = Jarak akselerasi kendaraan sebelum mulai menyalip (m)

d_2 = Jarak kendaraan saat melewati kendaraan yang disalip (m)

d_3 = Jarak aman dari kendaraan yang datang dari arah berlawanan

3. Jarak Pandang pada Tikungan (*Intersection Sight Distance-ISD*)

Jarak pandang pada tikungan merupakan Jarak pandang yang diperlukan di persimpangan agar pengemudi dapat melihat kendaraan dari arah lain dan melakukan manuver dengan aman.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ISD adalah sudut pandang pengemudi di persimpangan, kecepatan kendaraan yang melintas, dan hambatan visual seperti pohon atau bangunan.

4. Jarak Pandang pada Kelokan (*Decision Sight Distance-DSD*)

Jarak pandang pada kelokan merupakan Jarak yang diperlukan bagi pengemudi untuk mendeteksi, memahami, dan

bereaksi terhadap situasi lalu lintas yang kompleks, seperti persimpangan rumit atau area dengan lalu lintas padat.

DSD lebih panjang dari SSD karena mempertimbangkan waktu berpikir lebih lama bagi pengemudi untuk membuat keputusan yang aman (Garber and Hoel, 2010).

Faktor-faktor yang mempengaruhi Jarak pandang (*Sight Distance*) antara lain :

1. Kecepatan kendaraan, dimana semakin tinggi kecepatan, semakin panjang jarak pandang yang dibutuhkan.
2. Waktu reaksi pengemudi (2,4 detik menurut standar AASHTO)
3. Gradien jalan, dimana jalan menaik atau menurun mempengaruhi jarak pengereman.
4. Hambatan visual, seperti pepohonan, bangunan, tiang listrik, dan rambu lalu lintas.
5. Koefisien gesek ban dan permukaan jalan, dimana jalan basah memiliki koefisien gesek lebih rendah dibandingkan jalan kering.

7.4.4 Kenyamanan Pengemudi

Menurut AASHTO (2018), desain jalan harus mengutamakan kenyamanan pengemudi dengan meminimalkan perubahan mendadak dalam alinyemen, gradien, dan penampang jalan. Kenyamanan pengemudi dipengaruhi oleh geometri jalan, dinamika kendaraan, dan kondisi eksternal seperti pencahayaan serta kepadatan lalu lintas (Garber and Hoel, 2010).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan pengemudi antara lain : (*Higway Capacity Manual*, 2010 dalam Ryus, P dkk, 2011)

1. Desain Geometrik jalan, dimana gradien maksimal untuk kenyamanan adalah 4% – 6% pada jalan perkotaan dan 5% – 8% pada jalan pegunungan, dan superelevasi yang dirancang dengan baik mengurangi gaya lateral yang dirasakan oleh pengemudi, sehingga meningkatkan kenyamanan.
2. Kekasaran permukaan jalan (*Roughness*), dimana jalan yang kasar atau berlubang meningkatkan getaran kendaraan dan

menurunkan kenyamanan, serta permukaan jalan yang licin (karena hujan, minyak, atau debu) dapat mengurangi traksi dan meningkatkan risiko tergelincir.

3. Kepadatan lalu lintas (*Traffic Density*) yang tinggi menyebabkan stres pada pengemudi karena jarak antar kendaraan yang lebih dekat dan seringnya pengereman mendadak, serta variasi kecepatan yang terlalu besar antar kendaraan dapat menyebabkan ketidaknyamanan karena pengemudi harus terus beradaptasi dengan perubahan arus lalu lintas.
4. Faktor lingkungan, dimana pencahayaan yang baik di jalan perkotaan dan persimpangan meningkatkan kenyamanan pengemudi terutama saat berkendara di malam hari, serta rambu yang jelas dan mudah dibaca dapat mengurangi kebingungan pengemudi yang berdampak pada peningkatan kenyamanan berkendara.
5. Kondisi cuaca, seperti hujan, kabut, dan angin kencang dapat mengurangi visibilitas dan meningkatkan ketegangan pengemudi.

Adapun indikator kenyamanan bagi pengemudi menurut McShane, Roes and Prassas (1998), antara lain :

1. Gaya lateral pada tikungan tidak boleh terlalu besar agar kendaraan tetap stabil dan nyaman.
2. Variasi percepatan vertikal harus berada dalam rentang yang dapat diterima agar pengemudi tidak merasa terlempar atau terdorong, dan
3. Jumlah gangguan eksternal, seperti pencahayaan yang tidak memadai, kebisingan, atau kualitas udara yang buruk.

7.4.5 Drainase dan Aliran Air

Drainase adalah penghilangan kelebihan air permukaan dan bawah tanah untuk mencegah banjir serta menjaga stabilitas tanah (McGhee, T.J, 1991). Aliran air di permukaan dipengaruhi oleh kapasitas infiltrasi tanah, curah hujan, dan tata guna lahan (Suripin, 2004).

Faktor-faktor yang mempengaruhi drainase dan aliran air antara lain :

1. Curah hujan, dimana volume dan intensitas hujan mempengaruhi jumlah air yang harus dialirkan.
2. Kondisi Topografi dengan kemiringan lahan mempengaruhi kecepatan aliran air.
3. Jenis tanah berpasir memiliki infiltrasi tinggi, sedangkan tanah liat cenderung menghambat aliran air.
4. Vegetasi dan tata guna lahan melalui Pohon dan tanaman membantu menyerap air, sementara area beraspal mempercepat aliran permukaan.
5. Kapasitas saluran drainase yang terlalu kecil dapat menyebabkan genangan dan banjir.

7.4.6 Elevasi dan Kemiringan Jalan

Elevasi jalan adalah jarak vertikal dari suatu titik referensi, yang memengaruhi drainase, jarak pandang, dan kenyamanan berkendara (AASHTO, 2018). Gradien jalan adalah tingkat perubahan elevasi sepanjang jalan, dinyatakan dalam persentase terhadap jarak horizontal (AASHTO, 2011).

Faktor-faktor yang mempengaruhi elevasi dan kemiringan jalan antara lain : (AASHTO, 2018)

1. Topografi dan kontur tanah pada perencanaan jalan harus menyesuaikan dengan kondisi alam untuk mengurangi biaya konstruksi.
2. Kecepatan rencana Jalan yang direncanakan dengan kecepatan tinggi memerlukan kemiringan yang lebih landai untuk menjaga kenyamanan dan keselamatan.
3. Jalan yang sering dilalui jenis kendaraan berat harus mempertimbangkan kemiringan maksimal yang masih aman.
4. Elevasi drainase jalan harus dirancang agar air dapat mengalir dengan baik dan tidak menyebabkan genangan.
5. Kondisi iklim dan cuaca di daerah bersalju atau hujan tinggi, kemiringan harus memperhitungkan risiko selip atau genangan air.

Menurut AASHTO (2018) dan Bina Marga Indonesia (1997), standart kemiringan maksimum jalan yang dianjurkan berdasarkan regulasi dapat dilihat pada Tabel 7.1 dibawah ini.

Tabel 7.1. Standar Kemiringan Jalan berdasarkan regulasi

Jenis Jalan	Kemiringan Maksimal
Jalan tol dan jalan arteri	3% – 5%
Jalan kolektor	5% – 7%
Jalan lokal	7% – 10%
Jalan pegunungan	10% – 12% (dengan jalur penyelamat)

Sumber : AASHTO (2018)

7.4.7 Faktor Keselamatan

Menurut WHO (*World Health Organization*, 2018), menjamin keselamatan jalan memerlukan pendekatan holistik, mengintegrasikan kebijakan, desain jalan, dan penegakan hukum untuk meminimalkan korban jiwa dan cedera.

Faktor-faktor yang mempengaruhi keselamatan berdasarkan aspek utama menurut AASHTO (2011) dan WHO (2018) antara lain :

1. Faktor infrastruktur jalan yang meliputi, desain geometrik jalan, permukaan jalan, sistem drainase, penerangan jalan, marka serta rambu lalu lintas.
2. Faktor kendaraan yang meliputi, desain dan teknologi keselamatan kendaraan, dan kondisi kendaraan.
3. Faktor pengguna jalan (manusia) yang meliputi, perilaku pengemudi, kepatuhan terhadap aturan lalu lintas, penggunaan helm, dan sabuk pengaman.
4. Faktor lingkungan yang meliputi, kondisi cuaca, keberadaan pejalan kaki, dan pengguna sepeda.

7.5 Perhitungan untuk Lengkung Vertikal

Perencanaan lengkung vertikal pada tanjakan (*crest curve*) maupun turunan (*sag curve*) memerlukan perhitungan yang akurat untuk mendapatkan desain jalan yang aman, nyaman, dan efektif. Pertimbangan terhadap panjang lengkung, tinggi lengkung, kecepatan desain, dan visibilitas sangat perlu dipertimbangkan

dengan hati-hati dalam rangka menjamin keamanan untuk pengendara ketika melintasi area tersebut.

7.5.1 Perhitungan Panjang Lengkung Vertikal

Panjang Lengkung Vertikal merupakan panjang yang diperlukan agar kendaraan dapat menyesuaikan diri dengan transisi yang halus dari perubahan elevasi sehingga dalam rancangannya harus dipertimbangkan kecepatan kendaraan, terutama pada tanjakan (*crest curve*), dan turunan (*sag curve*), dengan tujuan agar kendaraan dapat melalui lengkung tersebut tanpa gangguan, menjaga visibilitas dan kenyamanan pengendara (C. A. O'Flaherty, 2002).

1. Perhitungan untuk Lengkung Vertikal Tanjakan (*Crest Curve*)

Berdasarkan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), lengkung vertikal tanjakan dianalisis dengan pertimbangan panjang lengkung yang cukup panjang agar memungkinkan transisi yang mulus bagi kendaraan ketika melewati tanjakan. Untuk tanjakan yang diperuntukkan dengan kecepatan tertentu, maka perhitungannya perlu dipertimbangkan gaya sentrifugal, kecepatan desain, dan faktor lainnya. Fungsi lengkung vertikal tanjakan adalah untuk mengurangi perubahan ketinggian yang terlalu tajam sehingga dapat memberikan waktu bagi pengendara untuk menyesuaikan kecepatan saat melintasi puncak jalan (Cahyadi, R dkk, 2021).

Adapun rumus panjang lengkung vertikal tanjakan menurut metode AASHTO (2011) sebagai berikut:

$$L = \frac{V^2}{g \times (e + f)}$$

Dimana:

L = panjang lengkung vertikal tanjakan (m)

(panjang minimum lengkung untuk kecepatan rendah <30 km/jam)

V = kecepatan desain kendaraan (km/jam)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

e = kemiringan jalan (%)

f = koefisien gesekan antara kendaraan dan jalan
(nilai standar sekitar 0.15–0.35, tergantung jenis permukaan jalan).

Untuk perhitungan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang mengacu pada SNI 03-1746-2000 tentang perencanaan geometrik jalan dan juga berdasarkan FHWA (*Federal Highway Administration, 2023*) memberikan rumus yang sama dengan AASHTO, namun penekanannya lebih kepada faktor-faktor lingkungan dan kondisi lalu lintas yang akan mempengaruhi desain lengkung vertikal.

Contoh Soal:

Jika jalan memiliki kecepatan desain $V = 60 \text{ km/jam}$, kemiringan $e = 5\%$, dan koefisien gesekan $f = 0.25$, maka panjang lengkung vertikal tanjakan dapat dihitung sebagai berikut:

$$L = \frac{V^2}{g \times (e + f)}$$

$$L = \frac{60^2}{9.81 \times (0.05 + 0.25)}$$

$$L = \frac{3600}{9.81 \times 0.30}$$

$$L \approx 122.32 \text{ meter}$$

Jadi, panjang lengkung vertikal untuk tanjakan (*Crest Curve*) adalah sekitar 122.32 meter.

2. Perhitungan untuk Lengkung Vertikal Turunan (*Sag Curve*)

Berdasarkan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), lengkung vertikal turunan dianalisis dengan pertimbangan faktor gaya gravitasi dan cengkeram ban pada jalan. Untuk turunan yang diperuntukkan dengan kecepatan tertentu, maka perhitungannya perlu dipertimbangkan gaya sentrifugal, kecepatan desain, dan faktor lainnya. Fungsi lengkung vertikal turunan adalah untuk membantu mengurangi penurunan elevasi secara tiba-tiba dan memberikan waktu bagi kendaraan

untuk beradaptasi dengan perubahan ketinggian (Cahyadi, R dkk, 2021).

Adapun rumus lengkung vertikal turunan (*Sag curve*) hampir sama dengan rumus lengkung vertikal tanjakan, namun disesuaikan dengan parameter yang relevan untuk turunan. Menurut metode AASHTO (2011), rumus panjang lengkung vertikal turunan sebagai berikut:

$$L = \frac{V^2}{g \times (e + f)}$$

Dimana:

L = panjang lengkung vertikal turunan (m)

(panjang minimum lengkung untuk kecepatan rendah < 30 km/jam)

V = kecepatan desain kendaraan (km/jam)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

e = kemiringan jalan (%)

f = koefisien gesekan antara kendaraan dan jalan

(nilai standar sekitar 0.15–0.35, tergantung jenis permukaan jalan).

Untuk perhitungan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang mengacu pada SNI 03-1746-2000 tentang perencanaan geometrik jalan dan juga berdasarkan FHWA (*Federal Highway Administration*) memberikan rumus yang sama dengan AASHTO, namun penekanannya lebih kepada faktor-faktor lingkungan dan kondisi lalu lintas yang akan mempengaruhi desain lengkung vertikal turunan.

7.5.2 Perhitungan Tinggi Lengkung Vertikal

Tinggi Lengkung Vertikal merupakan perubahan ketinggian antara dua segmen jalan yang memiliki perbedaan kemiringan, baik pada tanjakan (*crest curve*) atau turunan (*sag curve*), serta dirancang dengan memperhatikan aspek-aspek seperti gaya sentrifugal dan kecepatan kendaraan (C. A. O'Flaherty, 2002).

1. Tinggi Lengkung Vertikal Tanjakan (*Crest Curve*)

Berdasarkan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), tinggi lengkung vertikal tanjakan dianalisis dengan pertimbangan hubungan antara

Panjang lengkung, kecepatan desain, dan perubahan kemiringan.

Adapun rumus perhitungan tinggi lengkung vertikal tanjakan menurut metode AASHTO (2011) sebagai berikut:

$$h = \frac{V^2}{g \times (e1 + e2)}$$

Dimana:

h = tinggi lengkung vertikal tanjakan (m)

V = kecepatan desain kendaraan (km/jam)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

$e1$ = kemiringan jalan sebelum lengkung (%)

$e2$ = kemiringan jalan setelah lengkung (%)

Untuk perhitungan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang mengacu pada SNI 03-1746-2000 tentang perencanaan geometrik jalan dan juga berdasarkan FHWA (*Federal Highway Administration*) memberikan rumus yang sama dengan AASHTO, namun penekanannya lebih kepada faktor-faktor keselamatan dan kondisi jalan yang ada.

2. Tinggi Lengkung Vertikal Turunan (*Sag Curve*)

Berdasarkan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), lengkung vertikal turunan dianalisis dengan pertimbangan kecepatan desain, kemiringan jalan, dan panjang lengkung vertikal. Fungsi dalam menghitung lengkung vertikal turunan adalah untuk memastikan bahwa kendaraan yang menuruni jalan tidak mengalami perubahan elevasi yang tajam, serta memberikan visibilitas yang cukup untuk pengemudi.

Adapun rumus tinggi lengkung vertikal turunan (*Sag curve*) hampir sama dengan rumus tinggi lengkung vertikal tanjakan, namun disesuaikan dengan parameter yang relevan untuk turunan. Untuk perhitungan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang mengacu pada SNI 03-1746-2000 tentang perencanaan geometrik jalan dan juga berdasarkan FHWA (*Federal Highway Administration*) memberikan rumus yang sama dengan AASHTO, namun penekanannya lebih kepada faktor-faktor visibilitas dan kenyamanan pengemudi.

7.5.3 Visibilitas pada Lengkung Vertikal

Visibilitas pada lengkung vertikal merupakan kemampuan pengemudi untuk melihat sepanjang lengkung tersebut, baik pada tanjakan (*crest curve*) maupun turunan (*sag curve*) dengan tujuan memberikan waktu reaksi yang cukup bagi pengemudi untuk merespons perubahan kondisi jalan (Paul H. Wright and Karen Dixon, 2009).

1. Perhitungan Visibilitas pada *Crest Curve*

Berdasarkan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), visibilitas pada *crest curve* dianalisis dengan dengan memperhitungkan tinggi kendaraan, tinggi mata pengemudi, kemiringan jalan, dan panjang lengkung vertikal. Rumus perhitungan visibilitas pada *crest curve* menurut metode AASHTO (2014) sebagai berikut:

$$h \text{ visibility} = L \times \tan(\theta)$$

Dimana:

$h \text{ visibility}$ = tinggi visibilitas (m)

L = panjang lengkung (m)

θ = sudut pandang (dalam derajat), biasanya 2° hingga 5°

Perhitungan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang mengacu pada SNI 03-1746-2000, perhitungan visibilitas pada *Crest curve* ditekankan pada jarak pandang yang cukup panjang untuk meminimalkan risiko kecelakaan karena pengemudi tidak dapat melihat kendala di depan mereka, seperti kendaraan lain atau hambatan jalan. Tinggi mata pengemudi pada *Crest Curve* adalah sekitar 1,05 meter, dan tinggi kendaraan yang dilalui adalah 1,5 meter. Hal ini untuk memastikan bahwa pengemudi dapat melihat sepanjang lengkung tanjakan dan mengetahui kondisi jalan dengan aman.

Adapun perhitungan berdasarkan FHWA (*Federal Highway Administration*) memberikan perhitungan visibilitas pada *Crest Curve* berfokus pada konsep "*distance to the crest*", yaitu jarak yang dibutuhkan oleh pengemudi untuk melihat puncak lengkung vertikal. Rumus perhitungan visibilitas pada *crest curve* menurut metode FHWA (2024) sebagai berikut:

$$dv = \sqrt{2} \times h \times L$$

Dimana:

dv = jarak pandang (m)

h = tinggi mata pengemudi (m) sekitar 1,05m diatas permukaan jalan.

L = panjang lengkung vertikal tanjakan (m)

2. Perhitungan Visibilitas pada Sag Curve

Menurut AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*), visibilitas pada *Sag Curve* berfokus pada jarak pandang yang cukup bagi pengemudi untuk melihat kendaraan atau hambatan di depan mereka saat menuruni lengkung vertikal. Perhitungan visibilitas pada sag curve sama dengan perhitungan visibilitas pada crest curve berdasarkan metode FHWA (2024).

Untuk perhitungan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang mengacu pada SNI 03-1746-2000 dan juga berdasarkan FHWA (*Federal Highway Administration*) memberikan rumus yang sama dengan perhitungan visibilitas pada *crest curve* berdasarkan metode FHWA (2024), namun penekanannya lebih kepada faktor-faktor tinggi mata pengemudi, panjang lengkung vertikal, kemiringan jalan, dan kecepatan desain kendaraan.

7.5.4 Kecepatan Desain pada Lengkung Vertikal

Kecepatan desain pada lengkung vertikal adalah kecepatan yang dianggap aman bagi pengemudi untuk melintasi lengkung vertikal, baik pada *Crest Curve* (tanjakan) maupun *Sag Curve* (turunan), dimana kecepatan tersebut dipengaruhi oleh faktor kemiringan jalan, panjang lengkung vertikal, tinggi lengkung vertikal, visibilitas pada lengkung, dan kemampuan kendaraan untuk menyesuaikan kecepatan dengan kondisi jalan(C.A.O'Flaherty, 2002).

Adapun rumus perhitungan kecepatan desain pada lengkung vertikal berdasarkan metode AASHTO (2014) dan SNI 03-1746-2000 sebagai berikut:

$$v = \sqrt{g} \times R$$

Dimana:

v = kecepatan desain kendaraan (km/jam)

g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
 R = jari-jari lengkung vertikal (m)

7.6 Standar dan Pedoman Desain

Menurut AASHTO (2018) dan Peraturan Bina Marga (1997), desain lengkung vertikal harus memenuhi standar, faktor-Faktor dalam Desain Lengkung Vertikal sebagai berikut:

1. Kecepatan Rencana (*Design Speed*)

Semakin tinggi kecepatan kendaraan, semakin besar jari-jari lengkung yang dibutuhkan, dimana kecepatan standarnya dapat dilihat pada Tabel 7.2 dibawah ini.

Tabel 7.2. Kecepatan Standar

Jenis Jalan	Kecepatan Rencana (km/jam)
Jalan Tol	80 - 120 km/jam
Jalan Arteri	60 - 100 km/jam
Jalan Kolektor	40 - 80 km/jam
Jalan Lokal	20 - 60 km/jam
Jenis Jalan	Kecepatan Rencana (km/jam)

Sumber : AASHTO (2018)

2. Jarak Pandang (*Sight Distance*)

Jarak pandang henti (SSD) dihitung berdasarkan reaksi pengemudi, kecepatan kendaraan, dan kondisi permukaan jalan.

3. Kenyamanan Pengemudi

Perubahan gradien harus cukup landai agar tidak menimbulkan gaya percepatan berlebih yang mengganggu kenyamanan. Percepatan yang nyaman untuk pengemudi adalah sekitar $0,3 \text{ m/s}^2$ hingga $0,6 \text{ m/s}^2$ (Garber and Hoel, 2010).

4. Drainase Jalan

Lengkung vertikal harus memungkinkan air mengalir dengan baik agar tidak menyebabkan genangan atau erosi.

7.7 Pengaruh Lengkung Vertikal Terhadap Kenyamanan dan Keamanan

Desain lengkung vertikal harus mempertimbangkan jarak pandang, kenyamanan pengemudi, dan drainase jalan untuk mencegah kecelakaan dan kelelahan berkendara (Sukirman, 1994).

Menurut WHO (2023), keselamatan jalan raya mengacu pada langkah-langkah dan strategi yang diterapkan untuk mencegah pengguna jalan mengalami kematian atau cedera serius.

Faktor-faktor yang mempengaruhi lengkung vertikal terhadap kenyamanan menurut Garber & Hoel (2010):

1. Perubahan Percepatan yang Halus

Perubahan percepatan secara mendadak akan dapat menimbulkan efek *roller coaster* yang mengganggu kenyamanan penumpang dan pengemudi. Berdasarkan AASHTO (2018), percepatan yang nyaman bagi manusia adalah $0,3 \text{ m/s}^2$ hingga $0,6 \text{ m/s}^2$. Jika lebih besar, pengemudi dapat merasakan ketidaknyamanan akibat perubahan gaya gravitasi yang tiba-tiba.

2. Jarak Pandang yang Memadai

Menurut AASHTO (2018), *Stopping Sight Distance* (SSD) harus diperhitungkan untuk memastikan pengemudi dapat berhenti dengan aman jika ada hambatan di depan. Jika lengkung vertikal terlalu tajam (radius kecil), pengemudi tidak dapat melihat kendaraan lain dengan jelas, terutama pada lengkung cembung.

3. Kelelahan Pengemudi

Menurut Sukirman (1994), kelelahan meningkat pada jalan dengan perubahan elevasi yang tajam, terutama di jalan pegunungan. Jalan dengan lengkung vertikal yang ekstrem (terlalu curam atau terlalu landai) dapat menyebabkan kelelahan dan stres bagi pengemudi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi lengkung vertikal terhadap keamanan jalan menurut AASHTO (2018):

1. Risiko Tabrakan Akibat Jarak Pandang yang Terbatas

Lengkung cembung yang terlalu tajam dapat menyebabkan *blind spot*, sehingga pengemudi tidak dapat melihat kendaraan

dari arah berlawanan. Sedangkan pada lengkung cekung, jarak pandang malam hari sangat penting karena lampu kendaraan memiliki sudut tertentu yang bisa terhalang oleh topografi jalan.

2. Risiko Aquaplaning dan Drainase Buruk

Menurut Sukirman (1994), lengkung vertikal harus didesain dengan kemiringan yang cukup agar air hujan tidak menggenang di permukaan jalan. Adapun jika lengkung cekung terlalu dalam, air dapat menggenang dan meningkatkan risiko aquaplaning, di mana ban kehilangan traksi dengan permukaan jalan.

3. Kendali Kendaraan dan Risiko Terbalik

Pada lengkung cembung, kendaraan dengan pusat gravitasi tinggi (seperti bus atau truk) berisiko terbalik jika kecepatan terlalu tinggi. Berdasarkan Garber and Hoel (2010), risiko ini meningkat jika radius lengkung terlalu kecil dan pengemudi tidak memperlambat kendaraan sebelum memasuki lengkung.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6th edition*. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO. (2014). *Highway Safety Manual*. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials. Link: <https://www.highwaysafetymanual.org/pages/default.aspx>, last accessed Februari 5, 2025.
- AASHTO. (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th edition*. Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 03-1746-2000, Tata Cara Perencanaan dan Pemasangan Sarana Jalan Ke luar untuk Penyelamatan terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung*. Link: https://binamarga.pu.go.id/otomasi9/index.php?p=show_detail&id=10335, last accessed Februari 5, 2025.
- Cahyadi, R., Perdana, T., and Harsiga, E. (2021). *Geometry Evaluation Of Angkut Road Using Aashto Standard To Increase Overburden Transport Productivity At Pit 1 Pt Benal Aiti Bara Perkasa*. Publisher: Politeknik Akamigas Palembang. Jurnal Teknik Patra Akademika, 12 (2), pp.55-64.
- C. A. O'Flaherty. (2002). *Highways (The location, design, construction and maintenance of road pavements)*. New York: CRC Press. Link: <https://www.routledge.com/Highways/OFlaherty/p/book/9780750650908>.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2021). *Pedoman Bidang Jalan dan Jembatan No.13/P/BM/2021 Pedoman Desain Geometrik Jalan*. Link: <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/surat-edaran-direktur-jenderal-bina-marga-nomor-20sedb2021-tentang-pedoman-desain-geometrik-jalan-pedoman-nomor-13pbm2021.jakarta>. Last accessed Februari 7, 2025.

- FHWA. (2024). *Horizontal Curve Safety Performance Evaluation Based on the Naturalistic Driving Study Lane Position Data*. Publication no. FHWA-HRT-24-093. Federal Highway Administration. Link: <https://highways.dot.gov/sites/fhwa.dot.gov/files/FHWA-HRT-24-093.pdf>, last accessed Februari 5, 2025.
- FHWA. (2023). *Public Roads*. Publication Number: FHWA-HRT-23-002. Federal Highway Administration, 86(4). Link: <https://highways.dot.gov/public-roads/winter-2023>, last accessed Februari 10, 2025.
- Garber, N.J., and Hoel, L.A. (2010). *Traffic and Highway Engineering*. 4th Edition, Cengage Learning, USA.
- Hendarsin, S. L, (2000). *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- McGhee, T.J. (1991). *Water supply engineering sewerage*. New York: McGraw-Hill, 1991.
- McShane, W.R., Roess, R.P., and Prassas, S. (1998). *Traffic Engineering*. Publisher : Prentice Hall, Northwestern University.
- Ngarut, P.A., Nainggolan, T.H., and Ma'ruf, A. (2022). *Perencanaan Desain Geometrik Ruas Jalan Sebagian Kuncir – Pogoh (Sta. 0+000 – Sta. 2+000) Kabupaten Nganjuk*. Journal Gelagar, 4(2), 129-140. Link: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/gelagar/article/view/4695/3802>, last accessed Februari 7, 2025.
- Paul H. Wright, and Karen Dixon. (2009). *Highway Engineering, 7th Ed*. Publisher : Wiley India Pvt. Limited, 2009.
- Ryus, P., Vandehey, M., Elefteridao, L., Dowling, R.G., and Ostrom, B.K. (2011). *Highway Capacity Manual 2010*. New TRB Publication. Link: <https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/trnews/trnews273hcm2010.pdf>, last accessed Februari 10, 2025.
- Sukirman, Silvia. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova. Link: <https://repository.umsida.ac.id/bitstream/handle/123456789/12371/F.%20BAB%20II.pdf>, last accessed Februari 6, 2025.

- Sukirman, S. (1994). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Suripin. (2004). *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Edisi Pertama. Yogyakarta : Penerbit Andi Offset.
- WHO. (2023). *Global Model WHO 2023*. Virtual Conference. Link: <https://www.who.int/news-room/events/detail/2023/02/10/default-calendar/global-model-who-2023>, last accessed Februari 10, 2025.
- WHO. (2018). *Global Status Report On Road Safety 2018*. Management of Noncommunicable Diseases, Disability, Violence and Injury Prevention (NVI), Switzerland. Link: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/277370/WHO-NMH-NVI-18.20-eng.pdf?sequence=1>, last accessed Februari 10, 2025.
- Zhang, L., and Li, X. (2021). "*Design and Analysis of Vertical Curves for High-Speed Roads*." *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 147(5), 04021002. Link: <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000360>, last accessed Februari 7, 2025.

BAB 8

PERATURAN TRANSPORTASI JALAN RAYA

Oleh Irwansyah

8.1 Pendahuluan

Peraturan Transportasi Jalan Raya adalah seperangkat aturan dan regulasi yang dirancang untuk mengatur penggunaan jalan raya dan memastikan keselamatan serta kelancaran lalu lintas. Tujuan utama dari peraturan ini adalah untuk menciptakan lingkungan transportasi yang aman, efisien, dan teratur bagi semua pengguna jalan, termasuk pengemudi, pejalan kaki, dan pengendara sepeda.

8.1.1 Aspek Penting Peraturan Transportasi Jalan Raya

Peraturan transportasi jalan raya adalah seperangkat aturan dan regulasi yang ditetapkan untuk mengatur penggunaan jalan raya oleh berbagai jenis kendaraan dan pengguna jalan lainnya. Tujuan utama peraturan ini adalah untuk memastikan keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas di jalan raya. Beberapa aspek penting dari peraturan transportasi jalan raya adalah Aturan lalu lintas yang menetapkan bagaimana pengemudi dan pengguna jalan lainnya harus berperilaku di jalan raya. Ini mencakup aturan tentang hak prioritas, rambu lalu lintas, marka jalan, lampu lalu lintas, dan tanda-tanda lain yang memberikan petunjuk dan informasi kepada pengguna jalan. Penetapan kecepatan maksimum yang diizinkan di berbagai jenis jalan dan daerah. Batas kecepatan ini dirancang untuk memastikan keselamatan pengguna jalan serta mempertahankan kelancaran lalu lintas. Peraturan mengenai desain dan pengaturan simpang jalan, termasuk penggunaan lampu lalu lintas, rambu-rambu, dan marka jalan untuk mengatur aliran lalu lintas yang aman di persimpangan.

Persyaratan untuk pengemudi dan penumpang menggunakan sabuk pengaman atau sistem keamanan lainnya, seperti helm bagi pengendara sepeda motor atau syarat penggunaan kursi pengaman bagi anak-anak. Ketentuan tentang syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh pengemudi untuk mendapatkan izin mengemudi, serta regulasi terkait dengan kelayakan teknis kendaraan bermotor. Regulasi khusus untuk pengemudi dengan masalah kesehatan tertentu atau kondisi medis yang dapat mempengaruhi kemampuan mereka dalam mengemudi, seperti ketentuan mengenai pemeriksaan medis atau persyaratan khusus untuk pengemudi dengan disabilitas. Proses penegakan hukum terhadap pelanggaran aturan lalu lintas, termasuk jenis-jenis sanksi yang dapat diberikan kepada pelanggar, seperti denda, penahanan surat izin mengemudi, atau tindakan hukum lainnya. Regulasi tentang penggunaan teknologi dalam kendaraan dan infrastruktur transportasi, seperti peraturan untuk kendaraan otonom atau penggunaan sistem navigasi dalam mengatur aliran lalu lintas. Pengaturan untuk pengendalian lalu lintas dalam kondisi khusus, seperti saat terjadi kecelakaan, cuaca buruk, atau pekerjaan konstruksi di jalan raya.

Peraturan transportasi jalan raya sangat penting untuk menjaga keamanan dan kelancaran lalu lintas, serta untuk menciptakan lingkungan transportasi yang aman dan efisien bagi semua pengguna jalan. Kepatuhan terhadap peraturan ini tidak hanya penting untuk menghindari sanksi hukum, tetapi juga untuk mendukung budaya berkendara yang bertanggung jawab dan menghargai keselamatan bersama di jalan raya.

8.1.2 Tujuan Peraturan Transportasi Jalan Raya

Peraturan transportasi jalan raya memiliki tujuan dan manfaat yang sangat penting untuk menciptakan lingkungan lalu lintas yang aman, tertib, dan efisien. Beberapa tujuan utama dan manfaat dari adanya peraturan transportasi jalan raya ialah menjaga keselamatan pengguna jalan, baik pengemudi kendaraan bermotor, pejalan kaki, pengendara sepeda, atau pengguna lainnya. Peraturan seperti batas kecepatan, penggunaan sabuk pengaman,

dan aturan lalu lintas lainnya dirancang untuk mengurangi risiko kecelakaan dan cedera. Membuat pengaturan yang jelas untuk mengatur aliran lalu lintas dan menghindari kekacauan di jalan raya. Aturan-aturan seperti pengaturan simpang, perlintasan pejalan kaki, dan penggunaan lampu lalu lintas membantu mempertahankan kelancaran dan efisiensi lalu lintas. Mengurangi dampak negatif transportasi terhadap lingkungan, seperti emisi gas buang dan kebisingan. Peraturan seperti pengendalian polusi kendaraan dan penggunaan transportasi umum dapat membantu mengurangi jejak karbon dari aktivitas transportasi. Mendorong kesetaraan dalam akses transportasi bagi semua lapisan masyarakat, termasuk pengaturan transportasi umum dan infrastruktur untuk penyandang disabilitas. Membantu mengontrol dan mengatur pertumbuhan kendaraan bermotor dan infrastruktur jalan raya, memastikan pembangunan yang terencana dan berkelanjutan.

8.1.3 Manfaat Peraturan Transportasi Jalan Raya

Peraturan transportasi jalan raya memiliki beberapa manfaat yang sangat penting berupa pengurangan risiko kecelakaan dan cedera bagi pengemudi, penumpang, pejalan kaki, dan pengguna sepeda dengan menerapkan aturan yang jelas dan ketat. Meminimalkan kemacetan dan mengoptimalkan aliran lalu lintas dengan mengatur dan mengkoordinasikan penggunaan jalan raya. Meningkatkan efisiensi transportasi dengan menetapkan batas kecepatan, rute transportasi umum yang efektif, dan penggunaan teknologi transportasi yang canggih. Mengurangi polusi udara dan kebisingan yang disebabkan oleh transportasi, serta meningkatkan kesehatan masyarakat secara keseluruhan. Mendorong pertumbuhan ekonomi dengan mendukung mobilitas tenaga kerja dan pengiriman barang yang efisien.

Pengembangan Infrastruktur yang mendorong pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur jalan raya yang memadai untuk memenuhi kebutuhan transportasi masyarakat. Mengedukasi masyarakat tentang pentingnya aturan dan keselamatan lalu lintas, serta meningkatkan kesadaran dan kepatuhan terhadap peraturan transportasi.

Secara keseluruhan, peraturan transportasi jalan raya adalah landasan yang penting untuk menciptakan lingkungan transportasi yang aman, efisien, dan berkelanjutan bagi masyarakat. Dengan mentaati peraturan ini, kita dapat meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan dan menjaga keberlanjutan lingkungan hidup di sekitar kita.

8.1.4 Undang-Undang mengenai Peraturan Transportasi Jalan Raya

Undang-undang yang membahas mengenai transportasi jalan raya dapat bervariasi di setiap negara dan sering kali memiliki tujuan untuk mengatur, mengendalikan, dan mengawasi aktivitas transportasi yang terjadi di jalan raya. Beberapa contoh undang-undang yang umumnya ada di banyak negara untuk mengatur transportasi jalan raya ialah berupa Undang-Undang ini biasanya merupakan undang-undang utama yang mengatur aturan dan tata cara berlalu lintas di jalan raya. Hal ini mencakup peraturan tentang hak prioritas, kecepatan maksimum, penggunaan lampu dan tanda-tanda lalu lintas, serta tata cara saat kecelakaan terjadi. Undang-Undang Pengendalian dan Keselamatan Transportasi yang berfokus pada aspek pengendalian dan keselamatan di transportasi jalan raya. Hal ini mencakup persyaratan penggunaan sabuk pengaman, perlindungan bagi pejalan kaki dan pengguna sepeda, serta ketentuan tentang pengawasan dan pengendalian transportasi umum dan pribadi. Undang-Undang Perlindungan Lingkungan Hidup yang berfokus pada perlindungan lingkungan hidup dari dampak negatif transportasi jalan raya, seperti emisi gas buang dan polusi suara.

Di Indonesia, peraturan mengenai transportasi jalan raya diatur dalam beberapa undang-undang dan peraturan pemerintah. Salah satu undang-undang utama yang mengatur tentang transportasi jalan raya adalah Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Bangka *et al.*, 2009). Undang-undang ini merupakan landasan hukum utama dalam pengaturan lalu lintas dan angkutan jalan di Indonesia. Beberapa poin penting dalam undang-undang ini meliputi pengaturan lalu

lintas, pengaturan angkutan jalan, pencegahan kecelakaan, hak dan kewajiban pengguna jalan.

Peraturan pemerintah nomor 44 tahun 1993 tentang angkutan jalan (Saputra, 2018). Peraturan ini mengatur aspek-aspek teknis dan administratif mengenai angkutan jalan, termasuk perizinan angkutan, standar kendaraan, dan operasional angkutan umum. Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan yang mengatur tentang spesifikasi teknis kendaraan bermotor (Wahyudi, 2019), termasuk jenis dan standar kendaraan, serta peraturan mengenai pengujian dan registrasi kendaraan. Selain undang-undang dan peraturan pemerintah, terdapat juga peraturan daerah (Perda) yang mengatur spesifik mengenai transportasi dan lalu lintas di tingkat provinsi atau kabupaten/kota. Peraturan-peraturan ini bisa berbeda-beda tergantung pada kebijakan dan kebutuhan daerah masing-masing. erbagai peraturan menteri dikeluarkan untuk mengatur aspek spesifik dari transportasi jalan raya, seperti Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 60 Tahun 2018 tentang pengawasan dan penegakan hukum terhadap pelanggaran lalu lintas (Menteri Perhubungan RI, 2018). Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 118 Tahun 2018 yang mengatur tentang angkutan barang dan kendaraan berat (Kementerian Perhubungan, 2018). Undang-Undang Pengelolaan Infrastruktur Transportasi yang berfokus untuk mengatur tentang perencanaan, pembangunan, dan pemeliharaan infrastruktur jalan raya, termasuk jembatan, jalan tol, dan fasilitas pendukung lainnya.

Undang-Undang Penegakan Hukum dan Sanksi yang berfokus untuk mengatur menetapkan sanksi bagi pelanggar aturan lalu lintas, termasuk denda, poin pelanggaran, pencabutan izin mengemudi, atau bahkan tindakan hukum lebih lanjut dalam kasus-kasus serius seperti kecelakaan fatal. Undang-Undang Transportasi Publik yang berfokus untuk mengatur tentang penyediaan, pengelolaan, dan pengembangan transportasi umum seperti bus, kereta api, dan angkutan cepat, termasuk pengaturan tarif, jadwal, dan kualitas pelayanan. Undang-Undang Teknologi dan Inovasi Transportasi yang berfokus untuk mengatur tentang pengembangan dan penerapan teknologi dalam transportasi, seperti kendaraan otonom, sistem navigasi GPS, dan inovasi lain

yang dapat mempengaruhi sistem transportasi jalan raya. Undang-Undang Kesehatan dan Keselamatan Pekerja yang berfokus untuk mengatur melindungi pekerja yang terlibat dalam sektor transportasi jalan raya, seperti pengemudi bus atau sopir truk, dengan mengatur jam kerja, istirahat, dan standar keselamatan yang harus dipatuhi.

Undang-undang-undang tersebut berbeda-beda di setiap negara, tergantung pada kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan setempat. Namun, mereka memiliki tujuan umum untuk memastikan keselamatan, efisiensi, dan keberlanjutan dalam penggunaan jalan raya sebagai sarana transportasi. Sub bab tentang peraturan transportasi jalan raya mencakup berbagai aspek yang penting untuk dipahami dalam rangka menjaga keselamatan, ketertiban, dan efisiensi lalu lintas di jalan raya. Berikut adalah beberapa sub bab yang umumnya dibahas dalam konteks peraturan transportasi jalan raya dan akan dijelaskan pada bab-bab selanjutnya.

8.2 Aturan Umum Lalu Lintas

Aturan umum lalu lintas adalah seperangkat peraturan yang mengatur perilaku pengguna jalan raya untuk menjaga keselamatan dan ketertiban lalu lintas. Aturan ini mencakup berbagai aspek, seperti hak prioritas, marka jalan, tanda peringatan, dan larangan yang diterapkan secara konsisten di berbagai negara untuk memastikan interaksi yang aman antara berbagai jenis kendaraan dan pengguna jalan lainnya. Aturan umum lalu lintas di Indonesia diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (Ni Putu Krisna Dewi, Ni Putu Rai Yulianti and Komang Febrinayanti Dantes, 2022). Undang-undang ini mengatur berbagai aspek terkait dengan lalu lintas dan penggunaan jalan, termasuk aturan berkendara, tanda-tanda lalu lintas, marka jalan, keselamatan berlalu lintas, serta sanksi bagi pelanggaran yang dilakukan pengemudi atau pengguna jalan lainnya. Undang-undang ini menjadi pedoman utama bagi semua pengguna jalan di Indonesia untuk memastikan keamanan dan kelancaran lalu lintas.

8.2.1 Hak Prioritas

Hak prioritas mengatur urutan penggunaan jalan antara kendaraan atau antara kendaraan dengan pejalan kaki ('Damar kiswandono', 2007). Prinsip dasarnya adalah memberikan keistimewaan kepada kendaraan tertentu untuk melintasi suatu titik atau melakukan suatu tindakan di jalan. Hak prioritas dalam aturan umum lalu lintas diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Undang-undang ini mengatur berbagai aspek terkait aturan lalu lintas di Indonesia, termasuk hak prioritas, tata cara berkendara, peraturan mengenai kendaraan bermotor, serta perlindungan bagi pengguna jalan. Hak prioritas ini dirancang untuk mengatur interaksi yang kompleks antara pengguna jalan yang berbeda, sehingga dapat mengurangi risiko kecelakaan dan memfasilitasi arus lalu lintas yang lebih lancar. Ketaatan terhadap aturan hak prioritas merupakan bagian penting dari keselamatan berlalu lintas dan dapat dijatuhkan sanksi jika dilanggar sesuai dengan undang-undang yang berlaku di masing-masing negara. Sebagai contoh, kendaraan yang berada di jalur prioritas memiliki hak untuk melanjutkan perjalanan tanpa harus memberikan jalan kepada kendaraan dari samping dan Pejalan kaki memiliki hak untuk menyeberang di perlintasan zebra, dan pengemudi wajib memberikan jalan kepada mereka (Embrianto and Sulistyowati, 2020).

8.2.2 Marka Jalan

Marka jalan adalah garis atau tanda yang diterapkan di permukaan jalan untuk memberikan petunjuk visual kepada pengemudi tentang batas jalan, perubahan jalur, atau informasi lainnya (Arianto and Heriwibowo, 2017). Marka jalan dalam aturan umum lalu lintas diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan di Indonesia. Undang-undang ini mencakup berbagai ketentuan terkait tanda-tanda dan marka jalan, termasuk pengaturan mengenai jenis, warna, serta fungsi dari marka jalan yang digunakan untuk memberi petunjuk dan mempertahankan tata tertib serta keamanan lalu lintas. Penerapan marka jalan yang jelas dan konsisten sangat penting

untuk menjaga disiplin berlalu lintas, mengurangi kecelakaan, dan meningkatkan efisiensi transportasi. Marka jalan biasanya diatur secara detail dalam peraturan lalu lintas setiap negara untuk memastikan pengguna jalan memahami dan mematuhi tata tertib lalu lintas yang berlaku. Sebagai contoh, marka pembatas jalan (garis putus-putus atau garis kontinu) menunjukkan batas antara lajur kendaraan dan jalur lain dan marka penyeberangan pejalan kaki (garis zebra) memberi tahu pengemudi tempat di mana pejalan kaki dapat menyeberang (Saviri, 2021).

8.2.3 Tanda Peringatan dan Larangan

Tanda peringatan memberi informasi kepada pengemudi tentang kondisi atau situasi yang memerlukan perhatian ekstra atau tindakan tertentu. Tanda larangan menginstruksikan pengemudi untuk tidak melakukan suatu tindakan yang dapat membahayakan dirinya sendiri atau orang lain (Aghastya *et al.*, 2019). Tanda peringatan dan larangan dalam aturan umum lalu lintas di Indonesia diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Undang-undang ini mencakup ketentuan-ketentuan mengenai tanda-tanda lalu lintas yang digunakan untuk memberikan peringatan, larangan, atau informasi kepada pengguna jalan. Penerapan tanda peringatan dan larangan yang konsisten dan sesuai dengan standar sangat penting untuk menjaga keselamatan dan disiplin berlalu lintas. Masing-masing tanda memiliki makna dan penggunaan yang spesifik sesuai dengan kondisi lalu lintas dan peraturan yang berlaku di wilayah tersebut. Sebagai contoh tanda peringatan berupa tanda rambu "Perhatian Tikungan Tajam Kanan" memberi tahu pengemudi untuk mengurangi kecepatan sebelum memasuki tikungan dan tanda larangan berupa Tanda rambu "Dilarang Berbelok Kiri" di persimpangan yang dilarang berbelok ke arah kiri (Ellitan, 2009).

8.3 Batas Kecepatan

Batas kecepatan adalah nilai maksimum yang diizinkan bagi kendaraan untuk bergerak di jalan raya dalam kondisi normal (Keumalasari and Tarmizi, 2018). Aturan mengenai batas kecepatan dirancang untuk menjaga keselamatan pengguna jalan dan

mempertahankan kelancaran lalu lintas. Batas kecepatan memiliki dua jenis kecepatan yaitu batas kecepatan maksimum ialah nilai maksimum yang diperbolehkan bagi kendaraan di suatu jalan tertentu dan batas kecepatan minimum ialah nilai minimum yang harus dipertahankan oleh kendaraan di jalan tertentu untuk menjaga kelancaran lalu lintas (Saragih, Sari and Jamal, 2024).

8.3.1 Penetapan Batas Kecepatan

Batas kecepatan ditetapkan berdasarkan analisis teknis terhadap karakteristik jalan, lalu lintas, dan faktor keselamatan. Pengaturan ini sering kali melibatkan insinyur lalu lintas yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti bentuk jalan, visibilitas, kepadatan lalu lintas, dan keberadaan pejalan kaki atau pengendara sepeda (Fitra, 2020). Penetapan batas kecepatan diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan di Indonesia. Undang-undang ini memberikan landasan hukum mengenai penetapan batas kecepatan maksimum yang diizinkan di berbagai jenis jalan, baik perkotaan maupun antar kota. Penetapan batas kecepatan ini bertujuan untuk menjaga keselamatan pengguna jalan, mengurangi risiko kecelakaan, dan memperlancar arus lalu lintas (Rizaldy and Lesmini, 2024).

Batas kecepatan di perkotaan biasanya berkisar antara 30 km/jam hingga 60 km/jam, tergantung pada jenis jalan dan kondisi lalu lintas di daerah tersebut. Batas kecepatan di jalan raya antar kota biasanya berkisar antara 60 km/jam hingga 100 km/jam, tergantung pada jenis jalan, kondisi jalan, dan kebijakan pemerintah daerah setempat. Batas kecepatan di jalan tol biasanya lebih tinggi, sering kali antara 80 km/jam hingga 120 km/jam, tergantung pada kebijakan pengelola jalan tol dan kondisi lalu lintas di jalan tol tersebut (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017).

8.3.2 Faktor yang Mempengaruhi Penetapan Batas Kecepatan

Faktor-faktor yang mempengaruhi penetapan batas kecepatan diatur dalam peraturan-peraturan teknis dan administratif yang mendetail, yang biasanya merupakan turunan dari Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan di Indonesia. Meskipun undang-

undang itu sendiri memberikan landasan hukum, faktor-faktor spesifik yang mempengaruhi penetapan batas kecepatan dijelaskan lebih lanjut dalam Peraturan Pemerintah (PP) yang mengatur ketentuan lebih lanjut mengenai batas kecepatan berdasarkan pertimbangan teknis, seperti kondisi jalan, kepadatan lalu lintas, serta keamanan dan keselamatan pengguna jalan. Peraturan Menteri (Permen) di mana Kementerian Perhubungan biasanya mengeluarkan peraturan teknis atau permen yang mengatur aspek-aspek detail mengenai batas kecepatan di berbagai jenis jalan, termasuk jalan tol, jalan raya antar kota, dan perkotaan. Peraturan Daerah (Perda), pemerintah daerah memiliki kewenangan untuk menetapkan batas kecepatan yang lebih spesifik sesuai dengan karakteristik dan kondisi lalu lintas lokal. Standar Nasional Indonesia (SNI) juga dapat berperan dalam menetapkan standar keselamatan lalu lintas, termasuk batas kecepatan yang disarankan berdasarkan kondisi teknis dan keselamatan. Penilaian risiko dan evaluasi teknis yang menetapkan batas kecepatan dipengaruhi oleh penilaian risiko terhadap kecelakaan lalu lintas serta evaluasi teknis terkait infrastruktur jalan dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi keselamatan pengguna jalan (Pramita, 2024).

Faktor yang mempengaruhi penetapan batas kecepatan ialah karakteristik jalan, di mana jalan raya tol biasanya memiliki batas kecepatan yang lebih tinggi daripada jalan raya perkotaan (Saputra, 2018). Kepadatan lalu lintas di mana batas kecepatan dapat disesuaikan dengan tingkat kepadatan lalu lintas untuk meminimalkan kemacetan (Hafiezh Pramana, Agus Virgono and Erfa Saputra, 2018). Keselamatan yang menyesuaikan batas kecepatan untuk mengurangi risiko kecelakaan di lokasi tertentu (Keumalasari and Tarmizi, 2018).

8.3.3 Penerapan Batas Kecepatan

Penerapan batas kecepatan dalam peraturan transportasi lalu lintas memiliki tujuan utama untuk mengatur kecepatan kendaraan di jalan raya agar sesuai dengan kondisi dan karakteristik jalan serta untuk menjaga keselamatan pengguna

jalan. Beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan dalam penerapan batas kecepatan ialah kondisi jalan di mana batas kecepatan harus disesuaikan dengan kondisi fisik jalan, seperti lebar jalan, tikungan, kemiringan, dan kondisi permukaan jalan. Jalan yang lurus dan lebar biasanya memungkinkan batas kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jalan yang berliku atau berkelok-kelok. Batas kecepatan harus ditetapkan dengan mempertimbangkan kecepatan yang aman bagi pengguna jalan, termasuk kendaraan bermotor dan pejalan kaki. Kecepatan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko kecelakaan dan berbahaya bagi keselamatan (Pramita, 2024).

Tingkat kepadatan lalu lintas juga mempengaruhi penetapan batas kecepatan. Di daerah dengan lalu lintas padat, batas kecepatan biasanya lebih rendah untuk meminimalkan risiko tabrakan dan kemacetan. Keselamatan pengguna jalan ditetapkan haruslah mencerminkan prioritas terhadap keselamatan pengguna jalan. Kecepatan yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan dampak yang lebih parah dalam kecelakaan. Penegakan hukum yang efektif terhadap batas kecepatan yang ditetapkan. Ini termasuk penggunaan alat pengukur kecepatan (radar) dan sanksi yang tegas bagi pelanggar (Keumalasari and Tarmizi, 2018). Edukasi (Riani, 2023) dan kesadaran Masyarakat mengenai pentingnya mematuhi batas kecepatan serta bahaya dari kecepatan berlebihan dapat membantu meningkatkan kesadaran masyarakat dan memperkuat penerapan batas kecepatan (Luiza, 2023).

8.4 Pengendalian Lalu Lintas

Pengendalian lalu lintas dalam konteks peraturan transportasi jalan raya merujuk pada berbagai metode dan perangkat yang digunakan untuk mengatur aliran kendaraan dan pejalan kaki di jalan raya. Tujuan utama dari pengendalian lalu lintas adalah untuk memastikan keselamatan, kelancaran, dan efisiensi dalam berbagai kondisi lalu lintas. Pengendalian lalu lintas diatur dalam berbagai peraturan yang mencakup aspek teknis, administratif, dan hukum terkait manajemen lalu lintas. Di

Indonesia, hal ini tercakup dalam beberapa peraturan berupa Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Peraturan Pemerintah (PP) tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Peraturan Menteri (Permen), Peraturan Daerah (Perda), dan Pedoman dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

8.4.1 Jenis Pengendalian Lalu Lintas

Ada beberapa jenis pengendalian lalu lintas yaitu, lampu lalu lintas, rambu lalu lintas, marka jalan, jalur Khusus (Bus, Sepeda, dll.) (Wahidin, 2008), dan penanganan simpang dan persimpangan (Irawati, Widorini and Endang Jayati, 2014). Lampu lalu lintas digunakan untuk mengatur prioritas dan aliran kendaraan di persimpangan atau simpul jalan yang sibuk (Hafiez Prama, Agus Virgono and Erfa Saputra, 2018). Mereka terdiri dari lampu dengan warna yang berbeda (merah, kuning, hijau) yang menginstruksikan pengemudi untuk berhenti, siap-siap, atau melanjutkan perjalanan. Sebagai contoh, lampu lalu lintas di persimpangan jalan yang mengatur pergantian antara jalur utama dan jalur akses. Misalnya, lampu merah memerintahkan pengemudi untuk berhenti, lampu hijau memungkinkan mereka untuk melanjutkan perjalanan, dan lampu kuning sebagai peringatan untuk mempersiapkan berhenti. Rambu lalu lintas memberikan informasi, peringatan, dan instruksi kepada pengemudi tentang kondisi jalan, arah yang harus diambil, dan larangan tertentu. Sebagai contoh, rambu peringatan tentang tikungan tajam, rambu larangan parkir, rambu larangan berhenti, atau rambu larangan masuk bagi kendaraan tertentu. Marka jalan termasuk garis dan tanda yang digunakan untuk menandai batas lajur, penyeberangan pejalan kaki, dan informasi lainnya di permukaan jalan. Contoh lainnya adalah garis putus-putus untuk memisahkan lajur kendaraan, garis pejalan kaki untuk menandai tempat penyeberangan pejalan kaki, atau marka penanda batas lajur pada jalan tol. Jalur Khusus (Bus, Sepeda, dll.) diperuntukkan bagi jenis kendaraan tertentu untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan lalu lintas (Haryani and Hidayanti, 2020). Sebagai contoh jalur khusus bus yang memungkinkan bus untuk melintas dengan lancar tanpa terhambat kendaraan lain, atau jalur khusus sepeda yang memberikan ruang yang aman bagi pengendara sepeda.

Penanganan simpang dan persimpangan untuk mengontrol aliran kendaraan yang saling berpotongan. Sebagai contoh pengaturan dengan menggunakan lampu lalu lintas, tanda atau rambu prioritas, dan marka jalan untuk memandu pengemudi (Kurnia, Mulyono and Rochmad, 2020).

8.4.2 Pentingnya Pengendalian Lalu Lintas

Pengendalian lalu lintas dalam peraturan transportasi jalan raya sangat penting karena memiliki dampak yang signifikan terhadap keselamatan, kelancaran arus lalu lintas, dan efisiensi transportasi secara keseluruhan. Terdapat beberapa aspek penting dari pengendalian lalu lintas dalam konteks peraturan transportasi jalan raya yaitu, Keselamatan Pengguna Jalan bertujuan utama untuk menjaga keselamatan semua pengguna jalan, termasuk pengemudi, penumpang, dan pejalan kaki (Widodo, 2013). Aturan-aturan yang diatur dalam peraturan transportasi jalan raya, seperti batas kecepatan, tanda-tanda lalu lintas, dan peraturan prioritas di persimpangan, membantu mengurangi risiko kecelakaan dan cedera serius. Pencegahan kecelakaan yang terkait dengan pengendalian lalu lintas dirancang untuk mencegah terjadinya kecelakaan. Misalnya, pengaturan lampu lalu lintas dan perlintasan zebra membantu mengatur interaksi antara kendaraan dan pejalan kaki sehingga kecelakaan dapat diminimalkan. Kelancaran Lalu Lintas yang efektif membantu meningkatkan kelancaran arus lalu lintas. Dengan mengatur aliran kendaraan menggunakan lampu lalu lintas, rambu-rambu, dan aturan prioritas di persimpangan, lalu lintas dapat berjalan lebih efisien tanpa terjadi kemacetan yang berkepanjangan (Saviri, 2021).

Kelancaran lalu lintas yang terjaga berkontribusi pada efisiensi transportasi secara keseluruhan. Waktu perjalanan yang terprediksi dan penggunaan bahan bakar yang lebih efisien dapat mengurangi biaya operasional kendaraan dan mengurangi dampak lingkungan. Penegakan hukum yang adil juga memberikan kerangka kerja bagi penegakan hukum yang adil terhadap pelanggaran lalu lintas (Saviri, 2021). Ini mencakup

penggunaan alat pengukur kecepatan (radar/lidar), penilangan, dan sanksi lainnya untuk mengurangi pelanggaran dan memastikan kepatuhan terhadap aturan lalu lintas (Luiza, 2023). Pengaturan tata ruang kota juga berperan dalam pengaturan tata ruang kota dan perencanaan infrastruktur transportasi yang berkelanjutan (Kristi and Boedisantoso, 2015). Dengan mengatur pola lalu lintas yang baik, perencanaan kota dapat lebih terstruktur dan lingkungan dapat lebih berkelanjutan (Kristi and Boedisantoso, 2015).

8.4.3 Penerapan Pengendalian Lalu Lintas

Penerapan pengendalian lalu lintas dilakukan melalui berbagai langkah dan strategi yang dirancang untuk mengatur arus lalu lintas dengan tujuan menciptakan lingkungan berkendara yang aman, tertib, dan efisien. Terdapat beberapa langkah umum dalam penerapan pengendalian lalu lintas yaitu, Langkah pertama dalam pengendalian lalu lintas adalah menetapkan aturan dan peraturan yang jelas yang mencakup berbagai aspek seperti batas kecepatan, tanda-tanda lalu lintas, rambu-rambu, dan tata cara pengaturan persimpangan. Aturan ini biasanya didasarkan pada undang-undang nasional atau regional yang berlaku dan diimplementasikan oleh badan atau otoritas yang berwenang. Tanda-tanda lalu lintas, lampu lalu lintas, dan marka jalan merupakan alat penting dalam pengendalian lalu lintas. Pengaturan yang tepat dari tanda-tanda dan marka jalan membantu pengemudi untuk memahami aturan lalu lintas, mengurangi kebingungan, dan memperlancar arus lalu lintas. Lampu lalu lintas adalah salah satu cara paling efektif untuk mengatur persimpangan jalan dan mengoordinasikan aliran kendaraan dari berbagai arah. Penggunaan lampu lalu lintas yang tepat dapat mengurangi risiko kecelakaan dan memperbaiki kelancaran lalu lintas.

Pengendalian lalu lintas juga mencakup pengaturan zona pejalan kaki, penyeberangan zebra, serta pemberian prioritas kepada pejalan kaki. Hal ini penting untuk meningkatkan keselamatan pejalan kaki dan mengurangi konflik antara pejalan kaki dan kendaraan. Penegakan hukum yang konsisten terhadap pelanggaran lalu lintas merupakan bagian integral dari

pengendalian lalu lintas. Polisi lalu lintas menggunakan berbagai alat seperti radar, lidar, dan kamera pemantau untuk mendeteksi dan menindak pelanggaran, sehingga memberikan efek jera kepada pelanggar dan meningkatkan kepatuhan terhadap aturan lalu lintas. Kampanye edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya patuh terhadap aturan lalu lintas juga merupakan bagian penting dari pengendalian lalu lintas. Dengan meningkatkan kesadaran akan aturan lalu lintas, masyarakat dapat berperan aktif dalam menjaga keselamatan dan keamanan berlalu lintas. Pengendalian lalu lintas juga melibatkan evaluasi terus-menerus terhadap efektivitas sistem yang diterapkan. Evaluasi ini dapat mengidentifikasi masalah-masalah potensial, mempertimbangkan perubahan kondisi lalu lintas, dan menyesuaikan strategi pengendalian lalu lintas sesuai kebutuhan.

8.5 Penggunaan Sabuk Pengaman Dan Sistem Keamanan Kendaraan

Penggunaan sabuk pengaman dan sistem keamanan kendaraan adalah aspek penting dalam peraturan transportasi jalan raya yang bertujuan untuk meningkatkan keselamatan pengemudi dan penumpang (Wahidin, 2008). Berikut ini adalah penjelasan secara detail mengenai penggunaan sabuk pengaman dan sistem keamanan kendaraan beserta contoh penerapannya.

8.5.1 Penggunaan Sabuk Pengaman

Sabuk pengaman adalah perangkat keamanan yang dipasang di dalam kendaraan untuk mengikatkan pengemudi dan penumpang ke kursi mereka saat berkendara. Bertujuan untuk mengurangi risiko cedera serius atau fatal akibat kecelakaan lalu lintas dengan menahan tubuh pengemudi dan penumpang agar tidak terlempar keluar dari kursi saat terjadi tabrakan atau pengereman mendadak. Penggunaan sabuk pengaman memiliki beberapa aturan yaitu, Obligasi Hukum di mana pada banyak negara, penggunaan sabuk pengaman oleh pengemudi dan penumpang di semua kursi kendaraan bermotor adalah wajib hukum, dan terdapat pengecualian tertentu, seperti untuk pengemudi dan penumpang di kursi belakang di

beberapa negara, terutama pada kendaraan lama atau klasik. Sebagai contoh, penegakan Hukum: Polisi lalu lintas melakukan pemeriksaan rutin terhadap pengemudi dan penumpang untuk memastikan penggunaan sabuk pengaman. Kampanye kesadaran masyarakat tentang pentingnya penggunaan sabuk pengaman untuk mengurangi jumlah kecelakaan fatal (Dwijayanti, Zulfa and Rohmawati, 2018).

Penggunaan sabuk pengaman diatur dalam berbagai undang-undang dan peraturan di berbagai negara. Di Indonesia, penggunaan sabuk pengaman diatur dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Pasal 106 ayat (1) dari undang-undang ini menyatakan bahwa setiap pengemudi dan penumpang di semua kursi di kendaraan bermotor yang dilengkapi dengan sabuk pengaman wajib menggunakan sabuk pengaman yang telah disediakan. Selain dalam Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009, pengaturan mengenai penggunaan sabuk pengaman juga dapat ditemukan dalam peraturan-peraturan turunannya, seperti Peraturan Pemerintah atau peraturan Kementerian terkait. Hal ini mencakup spesifikasi teknis penggunaan sabuk pengaman, sanksi bagi pelanggar, dan aspek pelaksanaan lainnya.

8.5.2 Sistem Keamanan Kendaraan

Sistem keamanan kendaraan adalah teknologi yang terintegrasi dalam kendaraan untuk meningkatkan keselamatan pengemudi dan penumpang. Bertujuan untuk melindungi pengemudi dan penumpang dari risiko cedera serius dengan cara mencegah kecelakaan atau mengurangi dampaknya jika kecelakaan terjadi. Ada beberapa jenis Sistem Keamanan Kendaraan yaitu, Sistem airbag yang mengembang secara otomatis untuk melindungi pengemudi dan penumpang saat terjadi tabrakan frontal. Sistem Pengereman Anti Terkunci (ABS), mencegah roda kendaraan terkunci saat pengereman mendadak, memungkinkan pengemudi untuk tetap mengendalikan kendaraan. Kontrol Stabilitas Kendaraan (VSC), mengurangi risiko tergelincir atau kehilangan kendali dengan memonitor dan mengatur traksi pada roda kendaraan. Aturan dan Regulasi yang digunakan ialah, Pemerintah

menetapkan standar keselamatan kendaraan yang mengharuskan pabrikan kendaraan untuk menyediakan sistem keamanan tertentu. Dan pemeriksaan berkala terhadap kendaraan untuk memastikan bahwa semua sistem keamanan berfungsi dengan baik. Sebagai contoh perkembangan teknologi seperti sensor tabrakan, kamera belakang, dan peringatan kecelakaan untuk meningkatkan respons kendaraan terhadap situasi berpotensi berbahaya. Dan Penerapan ABS dan airbag sebagai persyaratan wajib untuk mendapatkan sertifikasi keselamatan Euro NCAP atau program serupa di berbagai negara (Hobbs and Mcdonough, 1998).

Sistem keamanan kendaraan diatur dalam berbagai undang-undang dan peraturan di banyak negara untuk memastikan bahwa kendaraan yang beroperasi di jalan raya memenuhi standar keselamatan tertentu. Di Indonesia, aspek-aspek terkait sistem keamanan kendaraan diatur dalam beberapa dokumen hukum utama, antara lain, Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan Bermotor, Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia, dan Standar Nasional Indonesia (SNI) (Wahyudi, 2019).

8.6 Penegakan Hukum Dan Sanksi

Penegakan hukum dan sanksi dalam peraturan transportasi jalan raya adalah aspek penting untuk memastikan kepatuhan terhadap aturan dan meningkatkan keselamatan serta ketertiban di jalan raya. Berikut adalah penjelasan secara detail mengenai penegakan hukum dan sanksi beserta contoh penerapannya.

8.6.1 Penegakan Hukum dalam Transportasi Jalan Raya

Penegakan hukum transportasi jalan raya mencakup semua tindakan yang dilakukan oleh otoritas terkait (seperti polisi lalu lintas) untuk memastikan bahwa aturan dan peraturan lalu lintas dipatuhi. Bertujuan mencegah pelanggaran aturan, meningkatkan kesadaran kepatuhan terhadap aturan lalu lintas, dan menegakkan hukum untuk menjaga keamanan dan ketertiban di jalan raya. Metode Penegakan Hukum yang

digunakan adalah Patroli di jalan raya untuk mengawasi dan menindak pelanggaran lalu lintas secara langsung. Teknologi Pendeteksi Pelanggaran dengan penggunaan kamera CCTV, radar kecepatan, dan perangkat elektronik lainnya untuk mendeteksi pelanggaran seperti melanggar lampu merah atau kelebihan kecepatan (Saragih, Sari and Jamal, 2024). Penyamaran Polisi dengan menempatkan polisi dalam pakaian biasa atau kendaraan tidak bermarka untuk mengawasi pelanggaran lalu lintas tanpa diketahui oleh pengemudi. Kampanye kesadaran masyarakat tentang pentingnya kepatuhan terhadap aturan lalu lintas.

Sanksi dan Konsekuensi Pelanggaran yang diberlakukan berupa Denda Moneter yang harus dibayar oleh pelanggar sebagai sanksi langsung atas pelanggaran tertentu. Pencabutan Izin Mengemudi berupa pencabutan sementara atau permanen izin mengemudi bagi pelanggar berat seperti pengemudi mabuk atau pengemudi yang sering melanggar aturan (Kementerian Perhubungan, 2018). Poin Pelanggaran di mana Sistem pemberian poin pelanggaran yang mengakumulasi dan dapat mengakibatkan pencabutan izin mengemudi jika mencapai batas tertentu. Dan Penerapan hukuman pidana dalam kasus-kasus pelanggaran berat atau kecelakaan lalu lintas yang fatal.

8.6.2 Penerapan Penegakan Hukum dan Sanksi

Penerapan penegakan hukum dan sanksi dalam konteks lalu lintas sangat penting untuk menjaga kepatuhan terhadap aturan dan meningkatkan keselamatan di jalan raya. Terdapat langkah-langkah utama dalam penerapan penegakan hukum dan sanksi, Langkah pertama adalah melalui penyuluhan dan edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya kepatuhan terhadap aturan lalu lintas. Kampanye pendidikan ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran akan aturan, risiko pelanggaran, dan konsekuensinya. Penegakan aturan dilakukan oleh petugas yang berwenang, seperti polisi lalu lintas. Mereka melakukan patroli di jalan raya untuk memantau kepatuhan pengemudi terhadap aturan lalu lintas. Ini meliputi penggunaan alat pengukur kecepatan (radar atau lidar) untuk mendeteksi pelanggaran kecepatan, serta pengawasan

terhadap penggunaan sabuk pengaman dan kepatuhan terhadap lampu lalu lintas. Penerbitan Tilang: Jika ditemukan pelanggaran, petugas dapat menerbitkan tilang atau surat tilang kepada pelanggar. Tilang berisi informasi tentang pelanggaran yang dilakukan, besaran denda yang harus dibayar, dan instruksi tentang proses penyelesaian pelanggaran. Dalam kasus pelanggaran berat atau berulang, dapat dilakukan tindakan lebih lanjut seperti penahanan kendaraan, pencabutan SIM (Surat Izin Mengemudi), atau penuntutan hukum terhadap pelanggar. Ini bertujuan untuk memberikan efek jera dan memastikan kepatuhan terhadap aturan lalu lintas. Untuk kasus-kasus yang lebih serius, seperti kecelakaan fatal atau pelanggaran berat lainnya, pelanggar dapat dihadapkan ke pengadilan lalu lintas. Di pengadilan ini, mereka akan diberi kesempatan untuk membela diri dan menerima putusan hukum yang sesuai dengan pelanggaran yang dilakukan. Setelah penegakan hukum dilakukan, penting untuk melakukan evaluasi terhadap sistem penegakan hukum yang ada. Evaluasi ini mencakup analisis efektivitas dalam menanggapi pelanggaran, peningkatan dalam memberikan keadilan kepada semua pihak yang terlibat, serta perbaikan sistem untuk lebih meningkatkan keselamatan lalu lintas secara keseluruhan.

Penerapan penegakan hukum dan sanksi yang konsisten, adil, dan efektif merupakan bagian integral dari upaya untuk menciptakan lingkungan lalu lintas yang aman dan tertib. Hal ini tidak hanya memengaruhi perilaku pengemudi secara individual, tetapi juga berkontribusi pada keselamatan umum serta kepatuhan terhadap aturan dalam masyarakat secara luas.

8.7 Peraturan Transportasi Jalan Raya Di Wilayah Asean

Di ASEAN, setiap negara memiliki peraturan transportasi jalan raya yang berbeda-beda, meskipun ada upaya untuk harmonisasi beberapa aspek tertentu melalui *ASEAN Framework Agreement on the Facilitation of Goods in Transit (AFAFGIT)* dan *ASEAN Agreement on the Regulation of Inter-State Transport (ARIIT)* (Umezaki, 2019). Namun, secara umum, setiap negara anggota ASEAN memiliki undang-undang dan peraturan sendiri yang

mengatur transportasi jalan raya dan keselamatan lalu lintas. Indonesia, diatur oleh Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, serta peraturan turunannya seperti Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan Bermotor. Peraturan ini mencakup persyaratan teknis kendaraan, aturan lalu lintas, dan keselamatan jalan raya. Malaysia, diatur oleh Akta Pengangkutan Jalan 1987 (*Road Transport Act 1987*) dan peraturan-peraturan yang terkait. Undang-undang ini mencakup segala hal mulai dari registrasi kendaraan, pendaftaran pengemudi, peraturan lalu lintas, hingga keselamatan kendaraan dan pengguna jalan. Thailand, diatur oleh *Road Traffic Act 1979* dan peraturan-peraturan terkait lainnya. Undang-undang ini mencakup pengaturan umum tentang lalu lintas jalan raya, keamanan, dan peraturan mengenai penggunaan jalan. Singapura, diatur oleh *Road Traffic Act* dan peraturan-peraturan terkait yang dikeluarkan oleh *Land Transport Authority* (LTA). Singapura juga memiliki sistem yang ketat untuk mengatur lalu lintas jalan raya, termasuk pengaturan kecepatan, penggunaan sabuk pengaman, dan peraturan terkait keselamatan. Filipina, diatur oleh Republic Act No. 4136, yang dikenal sebagai "Land Transportation and Traffic Code". Undang-undang ini mencakup regulasi mengenai registrasi kendaraan, perizinan pengemudi, aturan lalu lintas, serta keselamatan jalan raya.

Sementara ASEAN melakukan upaya untuk meningkatkan koordinasi dan harmonisasi dalam beberapa aspek transportasi, seperti standar teknis tertentu, harmonisasi peraturan transportasi jalan raya di seluruh wilayah ASEAN masih belum sepenuhnya terwujud. Setiap negara anggota masih memiliki kedaulatan untuk mengatur dan menegakkan peraturan transportasi jalan raya sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokal mereka masing-masing.

8.7.1 Undang-Undang Transportasi Jalan Raya

Ada beberapa upaya yang dilakukan di tingkat ASEAN untuk mempromosikan harmonisasi dan koordinasi dalam beberapa aspek tertentu dari regulasi transportasi, meskipun belum mencakup secara komprehensif mengenai undang-undang transportasi jalan raya. Beberapa inisiatif dan kerangka kerja ASEAN

yang relevan dalam konteks transportasi meliputi, ASEAN *Framework Agreement on the Facilitation of Goods in Transit* (AFAFGIT) yang bertujuan untuk memfasilitasi pergerakan barang melintasi negara-negara ASEAN dengan lebih mudah dan efisien. Ini mencakup harmonisasi prosedur perbatasan dan upaya untuk memperbaiki infrastruktur transportasi lintas batas. ASEAN *Agreement on the Regulation of Inter-State Transport* (ARIIT) yang bertujuan untuk memfasilitasi dan mengatur transportasi antar-negara di ASEAN dengan standar yang seragam, meskipun lebih fokus pada transportasi darat dan kereta api. ASEAN Road Safety Action Plan yang merupakan rencana Aksi Keselamatan Jalan Raya ASEAN bertujuan untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas di seluruh wilayah ASEAN melalui langkah-langkah seperti meningkatkan infrastruktur jalan raya, pendidikan publik tentang keselamatan, dan peningkatan penegakan hukum. Harmonisasi Standar Teknis merupakan beberapa upaya dilakukan untuk mengharmonisasi standar teknis tertentu dalam transportasi, seperti standar emisi kendaraan dan spesifikasi teknis kendaraan, meskipun ini tidak mencakup secara luas semua aspek transportasi jalan raya.

Oleh karena itu, meskipun ASEAN memiliki kerangka kerja dan inisiatif untuk meningkatkan koordinasi dalam beberapa aspek transportasi, seperti keselamatan jalan raya dan harmonisasi standar teknis, undang-undang transportasi jalan raya di tiap negara tetap berbeda dan diatur secara independen. Hal ini mencerminkan kedaulatan masing-masing negara dalam hal legislasi transportasi dan infrastruktur.

8.7.2 Keselamatan Jalan Raya

Peraturan keselamatan jalan raya di wilayah ASEAN mencakup berbagai aspek yang dirancang untuk meningkatkan keselamatan pengguna jalan dan mengurangi angka kecelakaan. Meskipun tidak ada peraturan tunggal yang mencakup seluruh wilayah ASEAN secara seragam, setiap negara anggota memiliki undang-undang dan peraturan sendiri yang mengatur keselamatan jalan raya. Beberapa aspek peraturan keselamatan jalan raya yang umum di wilayah ASEAN meliputi, Penggunaan

Helm merupakan Persyaratan bagi pengendara sepeda motor dan penumpangnya untuk menggunakan helm yang memenuhi standar keselamatan tertentu. Hal ini dimaksudkan untuk melindungi kepala pengguna sepeda motor dari cedera serius dalam kecelakaan. Penggunaan Sabuk Pengaman merupakan persyaratan bagi pengemudi dan penumpang di semua kursi kendaraan yang dilengkapi dengan sabuk pengaman untuk menggunakan sabuk pengaman. Ini bertujuan untuk mengurangi risiko cedera serius atau fatal dalam kecelakaan lalu lintas. Standar Kendaraan dan Perlengkapan Keselamatan tentang spesifikasi teknis kendaraan, termasuk sistem pengereman, lampu-lampu, reflektor, serta perlengkapan keselamatan lainnya seperti airbag dan sistem pengendalian stabilitas. Batas Kecepatan maksimum di jalan-jalan tertentu untuk mengurangi risiko kecelakaan dan memastikan keselamatan pengguna jalan. Peraturan Lalu Lintas yang mengatur perilaku pengemudi di jalan, termasuk memberikan prioritas, melintasi persimpangan, dan penggunaan jalur khusus. Pendidikan dan Kesadaran Publik untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya keselamatan jalan raya, baik melalui penyuluhan kepada masyarakat umum, program pelatihan bagi pengemudi, maupun program pendidikan keselamatan di sekolah. Penegakan Hukum merupakan langkah-langkah penegakan hukum terhadap pelanggaran aturan keselamatan jalan raya, termasuk sanksi bagi pelanggar, penindakan melalui tilang, pencabutan SIM, atau tindakan hukum lainnya.

Peraturan keselamatan jalan raya ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan transportasi yang lebih aman dan lebih tertib di wilayah ASEAN, meskipun implementasi dan penegakan dapat bervariasi antar negara. Upaya untuk meningkatkan koordinasi dan harmonisasi antara negara-negara ASEAN dalam aspek-aspek tertentu dari regulasi keselamatan jalan raya juga terus berlangsung untuk mencapai standar yang lebih seragam dan efektif di seluruh wilayah ASEAN.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghastya, A. *et al.* (2019) 'Peningkatan Keselamatan Masyarakat Dalam Memahami Rambu Lalulintas di Perlintasan Sebidang (studi kasus di SMKN 1 Wonoasri, Madiun)', *Seniati*, 1(1), pp. 331-334. Available at: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/1108>.
- Arianto, S.B. and Heriwibowo, D. (2017) 'Evaluasi Kebutuhan Rambu Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Perbatasan Antara Kabupaten Bantul-Gading Di Gunungkidul, Yogyakarta', *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 18(1), p. 1. Available at: <https://doi.org/10.25104/jptd.v18i1.107>.
- Bangka, P. *et al.* (2009) 'Undang Undang No.22 Tahun', *Bifurcations*, 45(1), pp. 1-19. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.refiri.2017.07.010>
<http://www.theses.fr/2014AIXM5048>
<http://www.cairn.info/revue-management-et-avenir-2010-6-page-84.htm>
<http://www.cairn.info/bifurcations--9782707156006-page-349.htm>
- 'Damar kiswandono' (2007).
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2017) 'Manual Perkerasan Jalan, Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga', pp. 1-235', *Journal of Materials Processing Technology*, 1(1), pp. 1-8. Available at: <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/1475/manual-desain-perkerasan-jalan-no-04sedb2017.pdf>.
- Dwijayanti, K., Zulfa, M.C. and Rohmawati, D. (2018) 'Perancangan Kursi Bonceng Anak Usia 1-3 Tahun untuk Motor Matic dengan Metode QFD dan Antropometri', *Jurnal Disprotek*, 9(2), pp. 110-126. Available at: <https://doi.org/10.34001/jdpt.v9i2.805>.
- Ellitan (2009) 'No Title العربية اللغة تدريس طرق', *Экономика Региона*, 19(19), p. 19.
- Embrianto, S.E. and Sulistyowati, E. (2020) 'Pengawasan Terhadap Pejalan Kaki Yang Tidak Menyeberang Di Tempat

- Penyeberangan Pejalan Kaki Di Kota Surabaya', *Novum: Jurnal Hukum*, 7(3), pp. 6–13. Available at: <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/novum/article/view/32321%0Ahttps://ejournal.unesa.ac.id/index.php/novum/article/download/32321/32758>.
- Fitra, A.M. (2020) 'Analisis Uji Laik Fungsi Jalan Aspek Teknis Pada Ruas Jalan Nasional Tambu – Tompe Provinsi Sulawesi Tengah', *Journal of Civil Engineering and Planning*, 1(2), p. 130. Available at: <https://doi.org/10.37253/jcep.v1i2.840>.
- Hafiezh Pramana, A., Agus Virgono, I. and Erfa Saputra, R. (2018) 'Optimasi Sistem Kendali Lampu Lalu Lintas Cerdas Menggunakan Metode Logika Fuzzy Optimization of Intelligent Traffic Light Control System Using Fuzzy Logic Method', 5(3), p. 6244.
- Haryani, S. and Hidayanti, W. (2020) 'Gambaran Sikap Masyarakat Saat Melintasi Perlintasan Kereta Api Tidak Resmi di Komplek Bumi Lubuk Buaya Indah (BLBI) Kelurahan Lubuk Buaya Kecamatan Koto Tangah Kota Padang Tahun 2019', *Ensiklopedia of Journal*, 2(2), pp. 103–111. Available at: <http://jurnal.ensiklopediaku.org>.
- Hobbs, C.A. and Mcdonough, P.J. (1998) 'Development of the European Car Assessment Programme (Euro NCAP)', *The 16th ESV Conference Proceedings* [Preprint], (1).
- Irawati, I., Widorini, T. and Endang Jayati, A. (2014) 'Evaluasi Pengendalian Lalu Lintas Dengan Lampu Pengatur Lalu Lintas Pada Simpang Bersinyal', 1(1), pp. 8–13.
- Kementerian Perhubungan (2018) 'Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 118 Tahun 2018 tentang Penyelenggaraan Angkutan Sewa Khusus', *Kementerian Perhubungan Republik Indonesia*, (1675), p. 27.
- Keumalasari, D. and Tarmizi (2018) 'Penegakan Hukum Terhadap Pelanggaran Lalu Lintas Yang Melanggar Batas Kecepatan (Suatu Penelitian di Wilayah Hukum Kota Banda Aceh)', *JIM Bidang Hukum Pidana*, 2(3), pp. 449–455.
- Kristi, Y.W. and Boedisantoso, R. (2015) 'ANALISIS BEBAN EMISI UDARA CO dan NO2 AKIBAT SEKTOR TRANSPORTASI DARAT DI KOTA PROBOLINGGO', *Jurnal Purifikasi*, 15(2), pp.

- 88–107. Available at:
<https://doi.org/10.12962/j25983806.v15.i2.29>.
- Kurnia, Y.E., Mulyono and Rochmad (2020) 'Algoritma Bee Colony Dengan Metode Fuzzy Mamdani Untuk Pengaturan Lampu Lalu Lintas', *UNNES Journal of Mathematics*, 9(2), pp. 64–73. Available at: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>.
- Luiza, S.N. (2023) 'Analisis Kesadaran Hukum Masyarakat di Jalan Dalam Berlalu Lintas', 3(4), pp. 1–8.
- Menteri Perhubungan RI (2018) 'Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor Pm 60 Tahun 2018 Tentang Organisasi Dan Tata Kerja Balai Pendidikan Dan Pelatihan Penerbangan Curug', (November 2016). Available at: https://ppid.dephub.go.id/fileupload/informasi-berkala/20210405122732.PM_ORTAKER_BP3_CURUG.pdf.
- Ni Putu Krisna Dewi, Ni Putu Rai Yuliartini and Komang Febrinayanti Dantes (2022) 'Implementasi Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan Terhadap Penegakan Hukum Pelaku Balapan Liar Di Kabupaten Jembrana', *Jurnal Komunitas Yustisia*, 5(2), pp. 383–399. Available at:
<https://doi.org/10.23887/jatayu.v5i2.51631>.
- Pramita, G. (2024) 'Evaluasi Kecepatan Lalu Lintas dan Fasilitas Jalan (Studi Kasus : Jl . Raya Karang Anyar – Jl . PTPN VII Trikora Lampung Selatan)', IX(3), pp. 9550–9560.
- Riani, D.I. (2023) 'Edukasi dan Implementasi Perkapolri Nomor 9 Tahun 2012 Bagi Disabilitas Tunarungu di Surabaya', *Sustainable Jurnal Kajian Mutu Pendidikan*, 6(2), pp. 849–856. Available at: <https://doi.org/10.32923/kjmp.v6i2.4323>.
- Rizaldy, W. and Lesmini, L. (2024) 'Defensive Driving bagi Awak Angkutan Barang Berbahaya untuk Peningkatan Keselamatan Transportasi Jalan', *Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 4(2), p. 423. Available at: <https://doi.org/10.30812/adma.v4i2.3265>.
- Saputra, A.D. (2018) 'Studi Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Jalan di Indonesia Berdasarkan Data KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) dari Tahun 2007-2016', *Warta Penelitian Perhubungan*, 29(2), p. 179. Available at:

<https://doi.org/10.25104/warlit.v29i2.557>.

- Saragih, J.M.K., Sari, P.I. and Jamal, A. (2024) 'Analisis Program Electronic Traffic Law Enforcement (E-TLE) pada Pengendalian Lalu Lintas di Kota Surabaya', *Indonesian Journal of Public Administration Review*, 1(2), p. 10. Available at: <https://doi.org/10.47134/par.v1i2.2466>.
- Saviri, Z.I. (2021) 'Oleh : Zhella Indah Saviri'.
- Umezaki, S. (2019) 'Chapter 2 Transport Facilitation in the Era of the ASEAN Economic Community', (18), pp. 24–44.
- Wahidin, A. (2008) 'Pengaruh penggunaan sabuk keselamatan', p. 114.
- Wahyudi, J. (2019) 'Sistem Analisa Dan Penentu Kelayakan Kendaraan Bermotor Pada Kantor Dinas Perhubungan Kabupaten Hulu Sungai Utara', *Journal of Industrial Engineering and Operation Management*, 2(2), pp. 20–24. Available at: <https://doi.org/10.31602/jieom.v2i2.2995>.
- Widodo, A. (2013) 'Studi Tentang Kenyamanan Pejalan Kaki Terhadap Pemanfaatan Trotoar di Jalan Protokol Kota Semarang (Studi Kasus Jalan Pandanaran Semarang)', *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 15(1), pp. 1–12. Available at: <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jtsp/article/view/7109>.

BAB 9

MANFAAT JALAN RAYA DAN TRANSPORTASI

Oleh Ahmad Utanaka

9.1 Manfaat Ekonomi

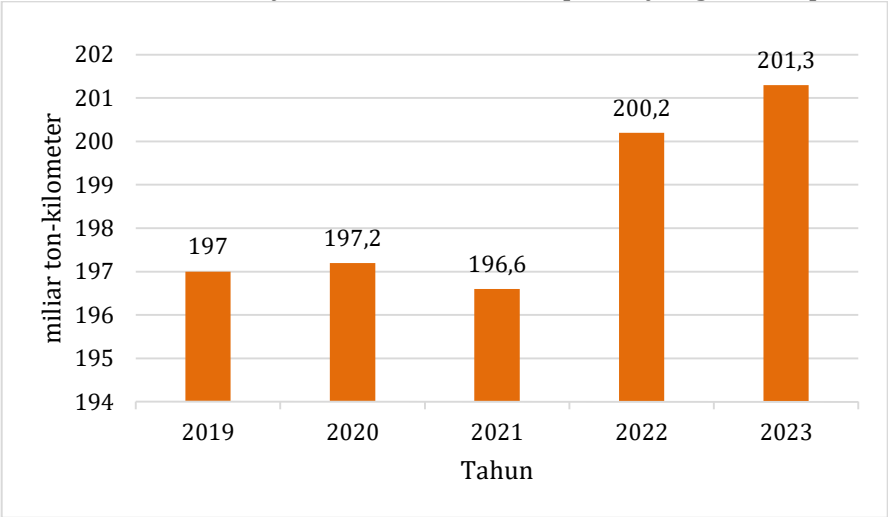
Jalan raya dan transportasi memberikan manfaat ekonomi dalam beberapa aspek seperti meningkatnya efisiensi logistik, percepatan distribusi barang dan pasar, pengurangan biaya operasional, serta peningkatan aksesibilitas.

9.1.1 Peningkatan Aksesibilitas Pasar dan Distribusi

Jalan raya membentuk jaringan distribusi dan memfasilitasi mobilitas manusia maupun barang yang menghubungkan antar kota bahkan antar provinsi. Hal tersebut menciptakan adanya koridor-koridor perdagangan dan pasar yang saling terhubung. Dengan adanya jalan raya yang memadai, berbagai jenis kendaraan mulai dari kendaraan besar seperti truk hingga kendaraan kecil seperti mobil box dapat mendistribusikan barang dari produsen hingga ke toko-toko lokal. Aksesibilitas yang baik dapat mengurangi waktu tempuh sehingga biaya transportasi dapat berkurang dan harga barang yang dijual menjadi lebih kompetitif (Nur *et al.*, 2021; Smirnova *et al.*, 2024).

Pusat-pusat produksi yang terhubung dengan pusat-pusat konsumsi menciptakan adanya integrasi ekonomi, aliran barang dan jasa antar wilayah, hingga perluasan jangkauan pasar. Pasar yang dapat dijangkau bukan hanya dalam lingkup lokal, namun dapat menjangkau koridor internasional. Jalan raya yang terhubung dengan pelabuhan laut dan bandara memungkinkan adanya kegiatan ekspor dan impor barang (Gani, 2017; Indrawati *et al.*, 2023). Hal ini memungkinkan adanya pergerakan produsen dan konsumen yang efisien di seluruh dunia.

Prasarana yang memiliki peran yang cukup banyak dalam aksesibilitas dan produksi barang yaitu jalan tol dan jalan arteri. Dimana dalam rentang waktu tahun 2019 – 2023, volume barang yang diangkut melalui transportasi hampir tiap tahunnya mengalami peningkatan seperti yang tercantum dalam Gambar 9.1. Jalan tol dapat meningkatkan efisiensi logistik, mengurangi biaya operasional, serta menurunkan waktu tempuh, dan meningkatkan konektivitas jarak jauh (Wijaya and Yudhistira, 2020; Parikesit *et al.*, 2023). Sedangkan untuk jalan arteri memiliki peran sebagai pengumpan (feeder) pada jalan tol, pendistribusian barang dalam lingkup lokal dan regional, sebagai akses menuju pusat-pusat distribusi, serta adanya fleksibilitas terhadap rute yang akan dipilih.



Gambar 9.1. Volume barang diangkut melalui transportasi darat di Indonesia
(Sumber: Tenggara Strategics and CSIS Indonesia, 2024)

9.1.2 Pengurangan Biaya Transportasi dan Dampak pada Harga

Beragam aspek teknis, seperti harga bahan bakar, keadaan jalan, biaya kendaraan, tenaga kerja, logistik, dan pengeluaran tambahan, menentukan besaran biaya transportasi (The Asia Foundation, 2008). Pengurangan biaya ini dapat diupayakan melalui rute yang lebih efisien, pemilihan moda transportasi yang sesuai,

penghematan bahan bakar, penggabungan pengiriman, dan penerapan teknologi informasi. Setiap rute memiliki biaya operasional kendaraan yang berbeda, Tabel 9.1 menyajikan beberapa contoh biaya operasional kendaraan dan rute yang dilalui. Investasi pada infrastruktur yang baik dan sistem logistik yang efektif sangat penting untuk menurunkan biaya transportasi secara signifikan (Liu, 2024).

Tabel 9.1. Contoh Biaya Angkutan Jalan

No	Rute	Total biaya (Rp/truk/bulan)
1	Bulukumba – Makassar	5.166.616
2	Parepare – Makassar	5.293.044
3	Palopo – Parepare	6.287.795
4	Mamuju – Parepare	4.114.152
5	Marisa – Gorontalo	5.257.804
6	Kotamobagu – Manado	4.262.623
7	Sumbawa Besar – Mataram	3.098.396
8	Malang – Surabaya	6.418.193
9	Rantau Parapat – Medan	6.075.069

Sumber: (The Asia Foundation, 2008)

Penurunan biaya transportasi membawa dampak positif yang besar pada harga barang dan jasa. Hal ini memungkinkan harga barang menjadi lebih rendah, meningkatkan daya saing perusahaan, mengubah struktur harga antar daerah, dan membantu mengendalikan inflasi. Perusahaan yang efisien dalam biaya transportasi dapat menawarkan harga yang lebih kompetitif, memberikan keuntungan bagi konsumen dengan daya beli yang lebih baik. Efisiensi logistik dan distribusi menjadi kunci utama dalam mendorong pertumbuhan ekonomi dan menjaga stabilitas harga (Nguyen, Luong and Hoang, 2021; Bugarčić, Mičić and Stanišić, 2023).

9.1.4 Peningkatan Investasi dan Pembangunan Daerah

Kondisi jalan raya yang berkualitas dan memadai memiliki peran yang cukup penting dalam menjadi daya tarik utama bagi investor. Kondisi jalan raya yang baik akan meningkatkan aksesibilitas, percepatan waktu tempuh, pengurangan biaya logistik dan perluasan jangkauan wilayah. Sehingga terciptanya lingkungan dan wilayah yang menguntungkan jika dilakukan investasi. Beberapa contoh diantaranya yaitu pembangunan jalan tol serta peningkatan kualitas dan perbaikan jalan pada kawasan wisata akan memicu peningkatan investasi pada berbagai sektor seperti logistik, industri, dan pariwisata (Pokharel, Bertolini and te Brömmelstroet, 2023).

Pembangunan jalan raya pada kawasan pedesaan dapat meningkatkan kegiatan ekonomi dan aksesibilitas masyarakat setempat dalam bidang pertanian, perkebunan, perdagangan, serta pariwisata. Sehingga hasil produksi pertanian dan perkebunan lokal dapat didistribusikan dengan mudah ke pasar. Peningkatan aksesibilitas juga dapat menjadi daya tarik investor dalam mengembangkan sektor-sektor potensial yang berada pada wilayah pedesaan seperti pengembangan pertambangan, perkebunan, dan pariwisata alam (Eddyono, 2020; Fitriani, 2024). Pada kawasan perkotaan, pembangunan jalan raya berupa jalan layang, jalan tol dalam kota, dan jalan lingkar dapat meningkatkan efisiensi transportasi dengan cara memisahkan arus lalu lintas jarak jauh dan jarak dekat. Jalan raya yang memadai dapat mengembangkan kawasan permukiman baru yang berlokasi pada wilayah pinggiran kota, hingga kepadatan penduduk yang berada pada pusat kota dapat berkurang.

9.2 Manfaat Sosial

Beberapa manfaat sosial yang dapat dirasakan dengan adanya infrastruktur jalan raya dan transportasi antara lain meningkatnya aksesibilitas masyarakat terhadap pelayanan kesehatan dan pendidikan, meningkatnya interaksi sosial dan budaya antar wilayah dan kelompok masyarakat, serta adanya peningkatan dalam keamanan dan keselamatan jalan yang didukung dengan infrastruktur yang memadai.

9.2.1 Peningkatan Akses ke Layanan Publik dan Kualitas Hidup

Kualitas infrastruktur jalan raya dan akses menuju lokasi layanan publik seperti fasilitas pendidikan dan kesehatan memiliki korelasi yang kuat (Kuncoro, Wurarah and Erari, 2024). Dalam sektor pendidikan, jalan raya yang memadai memberikan akses yang lebih mudah bagi pelajar untuk menuju sekolah dengan lebih mudah dan aman. Aksesibilitas menuju fasilitas kesehatan dapat dijangkau dengan lebih mudah dan cepat melalui jalan yang dengan kualitas infrastruktur yang baik. Jalan raya yang memadai sangat meningkatkan efektivitas dalam hal penanganan kejadian gawat darurat seperti kebutuhan akses untuk ambulans hingga pemadam kebakaran.

Secara teknis, infrastruktur jalan dapat mengurangi waktu tempuh, mengatasi rintangan geografis, serta mengoptimalkan kemudahan dalam memperoleh layanan-layanan utama. Akses yang lebih mudah dan cepat menuju fasilitas kesehatan dapat mengurangi angka kematian karena pelayanan medis dapat lebih terjangkau. Infrastruktur jalan raya yang baik membantu pelajar untuk menuju sekolah, sehingga jumlah sekolah dapat bertambah dan pelajar dapat memenuhi kewajiban belajar. Peluang ekonomi baru juga dapat terbuka seperti pariwisata maupun perdagangan produk lokal, dimana dengan meningkatnya hal tersebut diharapkan dapat menambah pendapatan masyarakat dan tingkat kemiskinan dapat berkurang. Secara keseluruhan, adanya infrastruktur jalan raya tidak hanya memberikan aksesibilitas yang baik, namun dapat juga mendorong sektor pembangunan dari segi sosial dan ekonomi yang berkelanjutan (Lindawati, Wibowo and Said, 2024).

9.2.2 Peningkatan Interaksi Sosial dan Budaya

Dengan adanya infrastruktur jalan akan meningkatkan mobilitas yang memfasilitasi kegiatan pertukaran budaya melalui sektor pariwisata. Pembangunan jalan raya yang bertujuan untuk meningkatkan aksesibilitas menuju tempat wisata diharapkan dapat meningkatkan kunjungan wisatawan dan partisipasi dalam kegiatan kebudayaan (Dumitrașcu, Teodorescu and Cioclu, 2023; Utomo *et al.*, 2024). Konektivitas yang ditingkatkan serta pembangunan yang

merata dikuatkan oleh jalan yang memadai sehingga dapat memfasilitasi pertukaran informasi antar kelompok masyarakat.

Arus transportasi barang dan jasa dapat berjalan dengan lancar berkat adanya jaringan jalan raya yang terintegrasi secara nasional sehingga mobilitas penduduk antar wilayah dapat terfasilitasi. Kesenjangan antar daerah juga dapat berkurang dengan adanya pembangunan jalan raya yang memadai dan terintegrasi (Sosilawati *et al.*, 2017). Dengan demikian, infrastruktur jalan raya bukanlah hanya terbatas pada prasarana fisik, namun merupakan salah satu instrumen yang mendukung dalam kemajuan budaya suatu bangsa.

9.2.3 Peningkatan Keamanan dan Keselamatan Jalan

Geometrik jalan berupa alinyemen horizontal dan vertikal yang tepat, superelevasi pada tikungan, lebar lajur dan bahu jalan yang memadai menjadi tumpuan utama dalam keamanan dan keselamatan jalan (Widyastuti and Utanaka, 2020; Utanaka and Budhi, 2022; Budhi *et al.*, 2023). Perencanaan dan pemilihan perkerasan jalan juga perlu diperhatikan dan disesuaikan berdasarkan beban lalu lintas rencana dan kondisi tanah dasar agar kerusakan perkerasan jalan tidak terjadi dengan cepat. Desain persimpangan dan median jalan yang efektif dapat menjadi salah satu sarana untuk mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas karena adanya pemisahan arus lalu lintas.

Untuk meningkatkan keamanan dan keselamatan jalan perlu adanya bagian pelengkap jalan untuk mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas yang tertera pada Gambar 9.2 serta rambu-rambu peringatan yang dapat dilihat pada Gambar 9.3. Rambu-rambu peringatan dan pendukung ditempatkan pada lokasi yang tepat agar dapat dengan mudah dilihat oleh pengemudi, dimana rambu-rambu lalu lintas juga sudah dilengkapi dengan bahan yang dapat memantulkan cahaya. Selain rambu-rambu, penerangan jalan raya juga harus dapat mendistribusikan cahaya secara optimal pada malam hari, lampu penerangan ditempatkan pada posisi yang tepat dan menggunakan lampu yang dapat memberikan penerangan secara efisien. Integrasi aspek-aspek tersebut sangat penting agar

tercipta jalan raya yang aman dan rendah risiko kecelakaan lalu lintas (Machsus *et al.*, 2017).



Gambar 9.2. Perangkat pengamanan jalan (a) Guardrail dan (b) Delineator

(Sumber: Situansan, 2022; PT. Helori Grahasarana, 2023)



Gambar 9.3. Rambu peringatan dan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas (Sumber: Biswas, 2021; AstraOtohsop, 2024)

Dalam penanganan bencana maupun evakuasi, jalan raya memiliki peran krusial dan menjadi aksesibilitas utama bantuan darurat, efektivitas jalur evakuasi, dan distribusi bantuan logistik. Aspek-aspek geometrik jalan seperti kapasitas, lebar, dan kondisi perkerasan jalan menjadi penentu dalam kelancaran kegiatan operasional bantuan bencana dan evakuasi (Noh and Do, 2014; Kim, Park and Kim, 2023). Untuk meminimalkan kerusakan jalan raya, perlu adanya perencanaan dan desain jalan raya yang dapat tahan bencana agar kerusakan yang terjadi akibat bencana yang akan datang dapat diminimalisir.

9.3 Manfaat Lingkungan dan Strategis

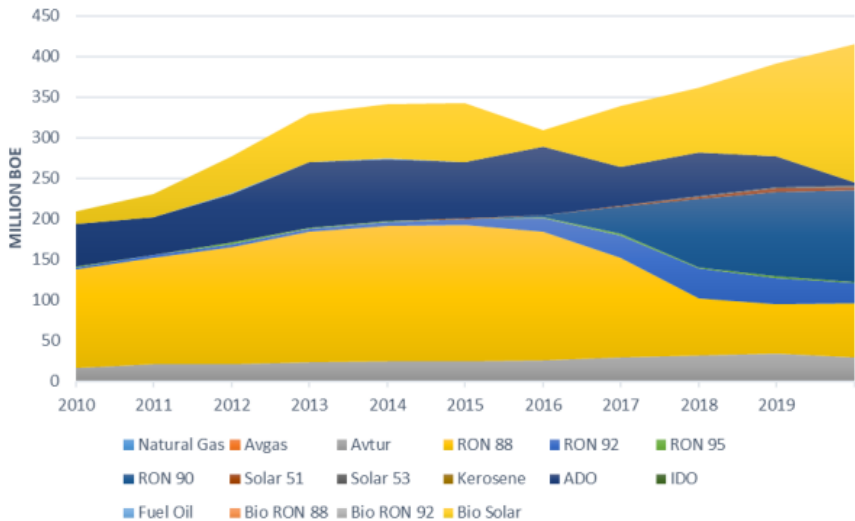
Pengurangan emisi dan polusi udara, perencanaan berkelanjutan, peningkatan konektivitas, dan integrasi jalan raya secara nasioal merupakan manfaat jalan raya dan transportasi dari aspek lingkungan dan strategis.

9.3.1 Pengurangan Emisi dan Dampak Lingkungan

Aktivitas transportasi darat di Indonesia diprediksi akan terus meningkat dan tumbuh hingga 286% pada tahun 2060 yang dapat dilihat pada Gambar 9.4, dimana pada tahun 2016 diprediksi aktivitas transportasi pribadi mencapai 3.851 milyar-km dan aktivitas transportasi umum mencapai 705 milyar-km (Putri, 2024). Dilansir dari data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, komsumsi energi di bidang transportasi mencapai 415 juta BOE pada tahun 2019 seperti yang tertera pada Gambar 9.5 dengan penggunaan bahan bakar minyak sebesar 99,97% dan pertumbuhan per tahun sebesar 8,32% (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020). Sehingga dengan banyaknya pergerakan kendaraan pada jalan raya dapat menyebabkan polusi udara maupun kebisingan (Sánchez-Fernández *et al.*, 2021; Park and Lee, 2024).



Gambar 9.4. Prediksi peningkatan aktivitas transportasi darat di Indonesia (Sumber: Putri, 2024)



Gambar 9.5. Konsumsi Bahan Bakar pada Kategori Transportasi
(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2020)

Untuk mengurangi dampak yang dihasilkan dari pembangunan dan pemeliharaan jalan raya dapat menerapkan beberapa metode seperti perencanaan jalan raya yang berkelanjutan dan penggunaan material ramah lingkungan (Hamdani and Nono, 2020). Perencanaan jalan raya diharapkan dapat mempertimbangkan jalur yang terintegrasi dengan transportasi publik seperti jalur sepeda, jalur bus, serta trotoar yang aman untuk digunakan pejalan kaki. Penggunaan aspal daur ulang serta pemanfaatan limbah dalam campuran aspal dan beton dapat digunakan untuk mengurangi kebutuhan material baru yang dapat diterapkan dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan raya (Hamdani and Nono, 2020). Aspal daur ulang telah diterapkan pada beberapa ruas jalan seperti ruas jalan Pantura Karawang – Cikampek (Gambar 9.6) dan ruas jalan Pantura Cikampek – Ciasem (Gambar 9.7).



Gambar 9.6. Penggunaan Aspal Daur Ulang Pada Ruas Jalan
Pantura Karawang - Cikampek Daerah Purwasari
(Sumber: Bineka, 2021)



Gambar 9.7. Penggunaan Aspal Daur Ulang Pada Ruas Jalan
Pantura Cikampek - Ciasem Daerah Jatisari
(Sumber: Bineka, 2021)

9.3.2 Integrasi Nasional

Secara umum, seluruh wilayah di Indonesia sudah terhubung melalui jalan nasional seperti yang tercantum pada Gambar 9.8. Dimana sebagian jalan nasional dalam kondisi keadaan sedang namun tetap dapat dilewati kendaraan dengan baik. Dalam menyatukan wilayah yang terpisah secara geografis untuk mengatasi hambatan alam, jalan raya memiliki peran penting. Untuk

mendukung hal tersebut, diperlukan desain teknis infrastuktur yang memadai seperti jembatan, jalan layang, hingga terowongan untuk mendukung mobilitas yang lebih cepat dan efisien.



Gambar 9.8. Peta Kondisi Jaringan Jalan Nasional
(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 2023)

Integrasi wilayah merupakan salah satu aspek dalam perkuatan persatuan nasional, hal tersebut didukung dengan adanya jalan raya yang memiliki konektivitas ke tiap wilayah hingga ke daerah terpencil (Fithra, 2017; Mafflichah, Hariyani and Sutikno, 2023). Jalan raya yang menghubungkan tiap-tiap wilayah membuka akses menuju pusat ekonomi dan pelayan publik sehingga terciptanya pemerataan pembangunan yang mendorong berkembangnya potensi daerah dan mengurangi kesenjangan. Pertimbangan terhadap perencanaan dan desain jalan raya perlu memperhatikan kebutuhan integrasi wilayah dan menyediakan infrastruktur pendukung yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- AstraOtohsop (2024) *10 Rambu-Rambu Lalu Lintas yang Paling Sering Dilanggar Pengendara Kendaraan*, AstraOtohsop.com. Available at: <https://astraotoshop.com/article/rambu-lalu-lintas-yang-paling-sering-dilanggar> (Accessed: 12 March 2025).
- Bineka (2021) *Membangun Konektivitas Dengan Semen Yang Ramah Lingkungan*, *Bineka Buletin Bina Marga Berkarya*. Bandung: Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan.
- Biswas, R. (2021) *No Reduction In Accidents At Black Spot In Odisha*, *Odishatv.in*. Available at: <https://odishatv.in/odisha-news/no-reduction-in-accidents-at-black-spots-in-odisha-510788> (Accessed: 12 March 2025).
- Budhi, W.S. *et al.* (2023) 'Identifying Traffic Accident Trends and Black Spot Locations on National Road (A Case Study: Rogojampi-Kabat, Banyuwangi)', in E.M. Nia and M. Awang (eds) *Advances in Civil Engineering Materials*. Singapore: Springer Nature Singapore (Lecture Notes in Civil Engineering). Available at: <https://doi.org/10.22271/ed.book.432>.
- Bugarčić, F., Mičić, V. and Stanišić, N. (2023) 'The role of logistics in economic growth and global competitiveness', in *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci / Proceedings of Rijeka Faculty of Economics*, pp. 499–520. Available at: <https://doi.org/10.18045/zbefri.2023.2.499>.
- Direktorat Jendral Bina Marga (2023) *Kondisi Jalan Nasional 2023 Semester I*.
- Dumitrașcu, A.V., Teodorescu, C. and Cioclu, A. (2023) 'Accessibility and Tourist Satisfaction—Influencing Factors for Tourism in Dobrogea, Romania', *Sustainability (Switzerland)*, 15(9). Available at: <https://doi.org/10.3390/su15097525>.
- Eddyono, F. (2020) *Pengelolaan Destinasi Pariwisata*. Ponorogo: Uwais Inspirasi Indonesia.
- Fithra, H. (2017) *Konektivitas Jaringan Jalan Dalam Pengembangan Wilayah Di Zona Utara Aceh*. Edited by Sofyan. Aceh: CV. Sefa Bumi Persada Hak. Available at:

- <http://repository.unimal.ac.id/3412/1/Buku> Konektivitas Jaringan Jalan.pdf.
- Fitriani, A. (2024) 'Kebijakan Pengembangan Obyek Daya Tarik Wisata', *FOKUS: Publikasi Ilmiah untuk Mahasiswa, Staf Pengajar dan Alumni Universitas Kapuas Sintang*, 22(1), pp. 114–128. Available at: <https://doi.org/10.51826/fokus.v22i1.1066>.
- Gani, A. (2017) 'The Logistics Performance Effect in International Trade', *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 33(4), pp. 279–288. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2017.12.012>.
- Hamdani, D. and Nono (2020) 'Pengaruh Pengkondisian Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Panas Daur Ulang Dengan Kadar RAP Tinggi', *Jurnal Jalan-Jembatan*, 37(2), pp. 72–86.
- Indrawati, S.M. et al. (2023) *Infrastructure for Inclusive Economic Development Volume 1: Lessons Learnt from Indonesia*. Jakarta: Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (ERIA). Available at: <https://www.worldometers.info/world->.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2020) *Inventarisasi Emisi GRK Bidang Energi, Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi Tahun 2020*. Jakarta. Available at: <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-inventarisasi-emisi-gas-rumah-kaca-sektor-energi-tahun-2020.pdf>.
- Kim, J., Park, S. and Kim, M. (2023) 'Safety map: Disaster management road network for urban resilience', *Sustainable Cities and Society*, 96(April), p. 104650. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104650>.
- Kuncoro, E., Wurarah, R.N. and Erari, I.E. (2024) 'The impact of road infrastructure development on ecosystems and communities', *Social, Ecology, Economy for Sustainable Development Goals Journal*, 1(2), pp. 78–90. Available at: <https://doi.org/10.61511/seesdgj.v1i2.2024.336>.
- Lindawati, Wibowo, M.R.F. and Said, B.F. (2024) *Teknik Sipil Untuk Infrastruktur Perkotaan*. Cetakan I. Medan: PT Media Penerbit Indonesia.

- Liu, X. (2024) 'The Role of Logistics and Infrastructure in Promoting International Trade', *Journal of Education and Educational Research*, 9(3), pp. 281–286. Available at: <https://doi.org/10.54097/j25ch550>.
- Machsus *et al.* (2017) 'Road safety analysis on Achmad Yani frontage road Surabaya', in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Surabaya: IOP Publishing, pp. 1–11. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/267/1/012027>.
- Mafflichah, B., Hariyani, S. and Sutikno, F.R. (2023) 'Tingkat Konektivitas dan Aksesibilitas Jaringan Jalan Antar Wilayah Sidoarjo-Mojokerto', *Cakrawala*, 17(2), pp. 239–251. Available at: <https://doi.org/10.32781/cakrawala.v17i2.574>.
- Nguyen, C.D.T., Luong, B.T. and Hoang, H.L.T. (2021) 'The Impact of Logistics and Infrastructure on Economic Growth: Empirical Evidence from Vietnam', *Journal of Asian Finance, Economics and Business Vol*, 8(6), pp. 0021–0028. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.13106/jafeb.2021.vol8.no6.0021>.
- Noh, Y. and Do, M. (2014) 'Determination of Emergency Evacuation Roads Considering Road Network Function and Connectivity', *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 13, pp. 34–42. Available at: <https://doi.org/10.12815/kits.2014.13.6.034>.
- Nur, N.K. *et al.* (2021) *Sistem Transportasi, Yayasan Kita Menulis*. Makassar: Yayasan Kita Menulis.
- Parikesit, D. *et al.* (2023) *Perspektif Kebijakan dalam Pembangunan Jalan Tol di Indonesia*. Edited by W. Santosa *et al.* Jakarta: PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia (Persero).
- Park, K. and Lee, J. (2024) 'Mitigating air and noise pollution through highway capping: The Bundang-Suseo Highway Cap Project case study', *Environmental Pollution*, 346, p. 123620. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123620>.
- Pokharel, R., Bertolini, L. and te Brömmelstroet, M. (2023) 'How

- does transportation facilitate regional economic development? A heuristic mapping of the literature', *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 19(August 2022). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100817>.
- PT. Helori Grahasarana (2023) *Guardrail Pagar Pengaman Jalan Tipe A, B, C dan AASHTO*, *helorigrahasarana.com*. Available at: <https://helorigrahasarana.com/guardrail/> (Accessed: 12 March 2025).
- Putri, A.A. (2024) *Dampak Emisi Sektor Transportasi, Katadata Green*. Available at: <https://green.katadata.co.id/infografik/6708dda7cac8f/dampak-emisi-sektor-transportasi> (Accessed: 12 March 2025).
- Sánchez-Fernández, M. *et al.* (2021) 'Relationship between temperature and road traffic noise under actual conditions of continuous vehicle flow', *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 100(September). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103056>.
- Situansan (2022) *Delineator Tipe dan Fungsi Secara Umum*, *Situansan.id*. Available at: <https://situansan.id/safety-equipment/delineator/> (Accessed: 12 March 2025).
- Smirnova, E. *et al.* (2024) 'Production companies: Evaluation of accessibility and efficiency of transportation and manufacturing processes', *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 40(1), pp. 52–60. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2024.01.002>.
- Sosilawati *et al.* (2017) *Sinkronisasi Program dan Pembiayaan Pembangunan Jangka Pendek 2018-2020 Keterpaduan Pengembangan Kawasan dengan Infrastruktur PUPR Pulau Jawa*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta: Pusat Pemrograman dan Evaluasi Keterpaduan Infrastruktur Sipil. Available at: https://bpiw.pu.go.id/uploads/publication/attachment/Buku_1Jawa.pdf.
- Tenggara Strategics and CSIS Indonesia (2024) 'Naskah Kebijakan : Tinjauan Strategis Logistik Darat di Indonesia'. Jakarta: Tenggara Strategics.

- The Asia Foundation (2008) *Biaya Transportasi Barang Angkutan, Regulasi, dan Pungutan Jalan di Indonesia*. Jakarta: The Asia Foundation.
- Utanaka, A. and Budhi, W.S. (2022) 'Identifying Accident Severity Factor on Surabaya Secondary Arterial Roads', *International Journal of Transportation and Infrastructure*, 6(1), pp. 30–37.
- Utomo, D.K.S. *et al.* (2024) 'Identifying 4a'S Component (Attraction, Accessibility Amenity, and Ancillary) in Sade Tourism Village', *Jurnal DIALEKTIKA: Jurnal Ilmu Sosial*, 22(1), pp. 102–112. Available at: <http://jurnaldialektika.com/>.
- Widyastuti, H. and Utanaka, A. (2020) 'Valuing subjective cost of motorcyclists used willingness-to-pay in Surabaya', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 930, p. 012067. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/930/1/012067>.
- Wijaya, I. and Yudhistira, M.H. (2020) 'Dampak Pembangunan Jalan Tol Trans Jawa terhadap Perekonomian Daerah Kabupaten/Kota', *Jurnal Kebijakan Ekonomi*, 15(2), p. 8.

BIODATA PENULIS



Wahyu Satyaning Budhi, S.ST., M.T.

Dosen Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan (TRKJJ)

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi

Penulis lahir di Sidoarjo tanggal 03 Desember 1996. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan (TRKJJ), Jurusan Teknik Sipil di Politeknik Negeri Banyuwangi. Menyelesaikan pendidikan D-IV sebagai Sarjana Sains Terapan (S.ST) di Program Studi D-IV Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) tahun 2018. Serta memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) setelah menempuh S-2 dengan bidang keahlian Teknik dan Manajemen Jalan Rel pada Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada tahun 2020.

Penulis mengampu mata kuliah gambar teknik terapan, mekanika teknik 1-3, mekanika tanah 1 dan 2, struktur beton 1 dan 2, praktik kerja kayu, praktik uji bahan perkerasan kaku, praktik uji bahan perkerasan lentur, dan perencanaan geometrik jalan . Saat ini penulis aktif sebagai peneliti sesuai bidang kepakaran pada ilmu Teknik sipil pada bidang Transportasi khususnya pada Perencanaan Jalan dan Jembatan serta teknologi dan perencanaan transportasi baik jalan raya dan jalan rel.

BIODATA PENULIS



Ir. Wahyu Naris Wari, S.T., M.T.

Dosen Program Studi D-III Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi

Banyuwangi merupakan tempat kelahiran penulis pada tanggal 31 Desember 1986. Program Studi D-III Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi, penulis berstatus sebagai dosen tetap. Meraih gelar Sarjana Teknik (S.T.) di bidang Teknik Sipil dari Universitas Brawijaya pada tahun 2010. Selain itu, pada tahun 2015, penulis meraih gelar Magister Teknik (M.Eng.) dari Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan konsentrasi Manajemen dan Rekayasa Transportasi (MRT). Penulis menempuh pendidikan S1 di Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya dan lulus pada tahun 2023 dengan gelar Insinyur (Ir).

Penulis menekuni bidang teknologi rekayasa transportasi, aktif dalam penelitian sesuai dengan bidang kepakarannya. Penulis menjadi dosen pengajar di Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi sejak tahun 2010 dan telah mengampu berbagai matakuliah diantaranya perkerasan jalan raya, geometrik jalan raya, rekayasa transportasi, teknologi bahan jalan, utilitas bangunan Gedung, SMK3L, rekayasa lingkungan, rekayasa pondasi, rekayasa jembatan, mekanika tanah, bangunan pesisir dan pantai, fisika terapan, kewirausahaan sipil, Bahasa Inggris Teknik, dll. Penulis mengikuti pelatihan internasional di Chengdu China pada tahun 2019 dengan tema "*international training workshop on railway*

engineering technology in 2019”, pada tahun yang sama 2019 penulis turut serta pada pameran karya inovasi teknologi internasional di Busan Korea Selatan pada *Engineering Education Festa* (E2FESTA), Serta pada tahun 2022 penulis juga berkesempatan mengikuti pelatihan “*vocational universities leaders internship program*” di Coventry United Kingdom (UK). Tahun 2025, penulis berhasil membimbing mahasiswa ke Tingkat Internasional dan meraih the 2nd Winner pada “Global Lifestyle 4.0 Makeathon” di korea Selatan. Penulis juga berpengalaman sebagai evaluator pada kegiatan inovasi pengabdian Masyarakat internasional di bawah *Beyond Engineering Education* Korea Selatan.

BIODATA PENULIS



Ir. C. G. Buyang, S.T., M.T., IPM.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Penulis lahir di Ambon tanggal 19 Desember 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil dan melanjutkan S2 pada jurusan Teknik Sipil pada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menekuni bidang manajemen konstruksi sewaktu menempuh Pendidikan. Serta aktif dalam kegiatan konstruksi di wilayah provinsi Maluku dan sekitarnya.

BIODATA PENULIS



Ir. Haikal Fajri, S.T., M.Sc.

Dosen Teknik Sipil

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Samudra

Penulis lahir di Banda Aceh tanggal 28 Januari 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala (USK) dan S2 pada Jurusan Civil Engineering National Chiao Tung University di Taiwan. Penulis menekuni bidang minat pada Structural Health Monitoring terutama pada topik safety dan reliability. Selama menjadi dosen, penulis aktif dalam berbagai kegiatan internasional conference dan publikasi pada jurnal internasional. Penulis juga menjadi anggota aktif perhimpunan Insinyur Indonesia dan asosiasi the International Federation for Structure Concrete (FIB).

BIODATA PENULIS



DR. H. Anton Kaharu, A.Ma.T.S., S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

Dr. H. Anton Kaharu, A.Ma.T.S., S.T., M.T. Associate Professor Departement of Civil Engineering, State University of Gorontalo. Lahir di Gorontalo Tahun 1968. Bidang keahlian yang ditekuni Rekayasa Transportasi, Geografi Transportasi, Pengindraan Jauh (Remote Sensing), Perencanaan & Pengembangan Wilayah, serta Filsafat Teknologi. Mengampu mata kuliah Perancangan Transportasi, Perancangan Geometrik Jalan, Jalan Rel, Teknik Jembatan, Bandar Udara, Pelabuhan, Algoritma & Pemrograman, Metode Numerik dan Kerja Praktek. Karya buku yang pernah ditulis sampai saat ini, berjumlah 9 (sembilan) buku. Masing-masing 2 (dua) buku referensi, dengan judul; (1) Transportasi Dan Karakteristik Operasi Becak Bermotor Sebagai Angkutan Paratransit Di Gorontalo-Teori, Analisis dan Aksi (2020); (2) Studi Kelayakan Proyek Jalan Dalam Pengembangan Wilayah dan Sistim Jaringan Transportasi Di Gorontalo Utara (2020); dan 7 (tujuh) book chapter, dengan judul (1) Infrastruktur Berbasis Kearifan Lokal (2022); (2) Pengembangan Infrastruktur dan Sumber Daya Manusia (2023), (3) Pengantar Logistik dan Pelabuhan Perikanan (2024); (4) Revolusi Transportasi: Dari Mobilitas Tradisional ke Inovasi Moderen (2024); (5) Pencemaran Udara dan Mitigasi Lingkungan (2025); (6) Eksplorasi Beton dalam Arsitektur dan Teknik Sipil; dan (7) Dasar-dasar Pengelolaan Hasil Pertanian (2025). Selain sebagai akademisi,

juga berkecimpung sebagai Konsultan Teknis dalam bidang Rekayasa Transportasi, Perencanaan Wilayah & Kota, Sistem Informasi Geografis dan AMDAL. Proyek-proyek yang pernah ditangani sebagai ketua tim ahli konsultan dalam kurun waktu tahun 2020-2023, antara lain proyek; “Penyusunan Sistem Informasi/Data Base Jalan”, “Penyusunan Dokumen Upaya Pengelolaan Lingkungan dan Upaya Pemantawan Lingkungan (UKL & UPL)”, “Penyusunan Detail Engineering Design (DED) Renovasi Lapangan Sepak Bola, Tribun Stadion Merdeka, Pelataran Parkir Stadion Merdeka dan Gedung Olah Raga (GOR) Nani Wartabone”, dan “Penyusunan Studi Jaringan Trayek AKDP” di Provinsi Gorontalo. Di bidang organisasi profesional, selama ini aktif sebagai Pengurus Persatuan Insinyur Indonesia (PII), Ikatan Nasional Tenaga Ahli Konsultan Indonesia (INTAKINDO), Perkumpulan Ahli Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Indonesia (PAPTEKINDO), dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI) di Provinsi Gorontalo.

E-mail: anton.kaharu@ung.ac.id

BIODATA PENULIS



Tjut Rizqi Maysyarah Hadi, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Samudra

Penulis lahir di Banda Aceh tanggal 16 Juni 1996. Penulis adalah dosen tetap Bidang Transportasi pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra. Menempuh pendidikan S1 pada tahun 2014 di Universitas Syiah Kuala pada Program Studi Teknik Sipil dan melanjutkan pendidikan S2 pada tahun 2019 di Universitas Syiah Kuala pada Program Studi Teknik Sipil.

BIODATA PENULIS



Ady Purnama, S.T., M.Eng.
Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Samawa

Penulis lahir di Sumbawa tanggal 2 September 1984. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Samawa. Lulus pendidikan S-1 pada Jurusan Teknik Sipil & Lingkungan UGM (2010). Lulus pendidikan S-2 pada Jurusan Teknik Sipil & Lingkungan UGM (2014), dan sedang melanjutkan S3 pada Jurusan Doktor Manajemen Rekayasa (DMR).

Ringkasan Kualifikasi:

- Ahli Utama di Bidang Keahlian Teknik Jalan
- Ahli Utama di Bidang Keahlian Teknik Bangunan Gedung
- Praktisi dibidang Teknik Sipil seperti Teknik Sumber Daya Air, Manajemen Konstruksi, Teknik Bangunan Gedung, Jalan.

Organisasi:

- Tim Penilai Ahli Bangunan Gedung Kabupaten Sumbawa
- Instruktur & Asesor Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP)

ID:

- SINTA ID : 6137972
- E-mail : adypurnama48@gmail.com
- <https://sinta.kemdikbud.go.id/authors/profile/6137972>
- <https://scholar.google.com/citations?user=0kooxfAAAAJ&hl=id&oi=ao>

BIODATA PENULIS



Ahmad Utanaka, S.ST., M.T.

Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan
Jembatan
Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi

Penulis lahir di Mataram tanggal 24 Desember 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi. Menyelesaikan pendidikan D4 pada Departemen Teknik Sipil dan melanjutkan S2 pada Departemen Teknik Sipil bidang Manajemen Rekayasa Transportasi. Penulis menekuni bidang Keselamatan Jalan, Material Jalan, serta Konstruksi Jalan Raya dan Jembatan.