



**KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
NOMOR 1309/UN23/HK.02/2021**

TENTANG

**PELAKSANA PENELITIAN DASAR
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN TAHUN ANGGARAN 2021**

REKTOR UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN,

- Menimbang :**
- a. bahwa berdasarkan Kontrak Penelitian Tahun Tunggal Penelitian Dasar dan Pembinaan/Kapasitas Tahun Anggaran 2021 antara Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional dengan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Unsoed Nomor 030/SP2H/LT/DRPM/2021;
 - b. bahwa berdasarkan Kontrak Penelitian Tahun Jamak Penelitian Dasar dan Pembinaan/Kapasitas Tahun Anggaran 2021 antara Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional dengan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Unsoed Nomor 117/SP2H/LT/DRPM/2021;
 - c. bahwa perguruan tinggi mempunyai tugas menyelenggarakan pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat;
 - d. bahwa untuk memenuhi kualitas dan kuantitas penelitian di Universitas Jenderal Soedirman, maka perlu dilakukan penelitian secara kompetitif dan memenuhi standar mutu;
 - e. bahwa untuk itu perlu diangkat pelaksana Penelitian Dasar dengan Keputusan Rektor Universitas Jenderal Soedirman;
- Mengingat :**
- 1. Undang-Undang RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang Aparatur Sipil Negara;
 - 2. Undang-Undang RI Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 - 3. Undang-Undang RI Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
 - 4. Peraturan Pemerintah RI Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
 - 5. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 195 Tahun 1963 jo Kept. Menteri PTIP No. 153 Tahun 1963 tentang Pendirian Unsoed;
 - 6. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 28 Tahun 2017 tentang Statuta Universitas Jenderal Soedirman;
 - 7. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 10 Tahun 2016 jo Nomor 23 Tahun 2017 tentang Organisasi dan Tata Kerja Unsoed;

8. Peraturan Menteri Keuangan RI Nomor 112/PMK.02/2020 tentang Standar Biaya Keluaran (SBK) Tahun Anggaran 2021;
9. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 222/M/KPT.KP/2018 tanggal 30 April 2018 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Rektor Universitas Jenderal Soedirman Periode 2018 – 2022;

MEMUTUSKAN :

- Menetapkan** : **KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN TENTANG PELAKSANA PENELITIAN DASAR UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN TAHUN ANGGARAN 2021.**
- KESATU** : Menugaskan kepada dosen yang namanya tercantum dalam lampiran keputusan ini untuk melaksanakan penelitian yang judul, biaya, waktu dan tugas dalam penelitian masing-masing termaktub dalam keputusan ini selanjutnya disebut “Peneliti”.
- KEDUA** : Dalam melaksanakan tugasnya “Peneliti” membuat laporan dan bertanggung jawab kepada Rektor Universitas Jenderal Soedirman.
- KETIGA** : Penelitian dilakukan selama 9 (Sembilan) bulan mulai 14 April 2021 sampai dengan 19 Desember 2021.
- KEEMPAT** : Biaya pelaksanaan penelitian dibebankan kepada DIPA Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi.
- KELIMA** : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Purwokerto
Pada tanggal, 28 Mei 2021



LAMPIRAN
KEPUTUSAN REKTOR
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
NOMOR 1309/UN23/HK.02/2021
TANGGAL 28 MEI 2021
TENTANG
PELAKSANA PENELITIAN RISET DASAR
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN TAHUN ANGGARAN 2021

No	Tahun	Personalia	Jabatan	Judul Penelitian	Dana Disetujui (Rp)	Fakultas
1	Tunggal	Ari Asnani Oedjijono Dwi Utami Anjarwati	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I Anggota Peneliti II	Produksi Senyawa Bioaktif yang Antagonis terhadap Methicillin Resistant Staphylococcus aureus (MRSA) dari Aktinomisetes Laut	132,200,000	MIPA
2	Tunggal	Suharno	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I	Model Pengelolaan Tripartite Untuk Menyiapkan Kawasan Konservasi Segara Anakan	173,715,000	Ekonomi dan Bisnis
3	Tunggal	Imam Santosa Muslihudin Wiwiek Rabiatal Adawiyah	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I Anggota Peneliti II	Menggugat Teori Resiprositas Dari G. C. Homans Dan P. M. Blau Pada Hubungan Sosial Kekinian Antara Petani Pemilik Lahan Dengan Buruh Tani	300,000,000	Ilmu Sosial dan Ilmu Politik
4	Jamak	Mardiyah Kurniasih Ratna Stia Dewi Purwati	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I Anggota Peneliti II	Nanopartikel Kitosan sebagai Agen Antimikroba pada Kain	189,078,000	MIPA
5	Jamak	Retno Supriyanti Yogi Ramadhani Haris Budi Widodo	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I Anggota Peneliti II	Ekstraksi Informasi Citra X-Ray Thorax pada Penderita Covid 19 Berbasis Segmentasi Citra	146,660,000	Teknik
6	Jamak	R Wahyu Widanarto Mukhtar Effendi	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I	Sintesis komposit biosilika/barium ferit dan karakterisasinya sebagai penyerap gelombang mikro	123,975,000	MIPA
7	Jamak	Mukhtar Effendi Wahyu Tri Cahyanto	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I	Pengembangan Ce ⁴⁺ /Dy ³⁺ /Er ³⁺ - Stronsium ferit alam dengan metode solid state reaction sebagai material fungsional penyerap gelombang mikro	123,760,000	MIPA

8	Jamak	Nur Aini Budi Sustrawan Ervina Mela	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I Anggota Peneliti II	Formulasi pangan bebas gluten dan laktosa serta rendah Indeks Glikemik dari tepung jagung fermentasi	98,750,000	Pertanian
9	Jamak	Sofa Marwah Wita Ramadhanti Oktafiani Catur Pratiwi	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I	Perempuan Dalam Tradisi Masyarakat Pesisir Kilen :Sudut Pandang Sistem Sosial- Ekonomi, Politik, Agama, Dan Budaya	118,330,000	Ilmu Sosial dan Ilmu Politik
10	Jamak	Gito Sugiyanto Yanto	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I	Pengembangan Model Pemetaan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Berbasis "Machine Learning" dan Model Stepwise Akaike Information Criterion	148,520,000	Teknik
11	Jamak	Gito Sugiyanto Purwanto Bakti Santoso	Ketua Peneliti Anggota Peneliti I	Pengembangan Model Distribusi Logistik Angkutan Udara "Hub and Spoke" dan "Point to Point" pada Masa dan Pasca Pandemi Covid-19	140,360,000	Teknik

Ditetapkan di Purwokerto



PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: 92eafa18-2e16-4d9b-ade5-615de0c50ea5
Laporan Akhir Penelitian: tahun ke-1 dari 3 tahun

1. IDENTITAS PENELITIAN

A. JUDUL PENELITIAN

Pengembangan Model Pemetaan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Berbasis "Machine Learning" dan Model Stepwise Akaike Information Criterion

B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Transportasi	Teknologi dan manajemen keselamatan transportasi	Manajemen keselamatan	Transportasi

C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Kompetitif Nasional	Penelitian Dasar	SBK Riset Dasar	SBK Riset Dasar	2	3

2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
GITO SUGIYANTO Ketua Pengusul	Universitas Jenderal Soedirman	Teknik Sipil		5975493	8
YANTO S.T, Ph.D Anggota Pengusul 1	Universitas Jenderal Soedirman	Teknik Sipil	Tahun 1 (2021): Melakukan analisis statistik dan analisis pemilihan model terbaik dengan menggunakan metode stepwise berbasis PRESS dan AIC. Tahun 2 (2022): Melakukan analisis statistik	5976756	5

			data model daerah rawan kecelakaan (black spot) menggunakan pembelajaran mesin (machine learning). Tahun 3 (2023): Melakukan analisis statistik pemetaan daerah rawan kecelakaan berbasis pembelajaran mesin (machine learning) dan model statistik.		
--	--	--	--	--	--

3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
-------	------------

4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
1	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Accepted	The Open Transportation Journal (Terindeks Scopus Q2)

Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (<i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i>)	Keterangan (<i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i>)
1	Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Terbit dalam Prosiding	The 4th International Conference on Material Science and Engineering for Sustainable Rural Development

5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi 12.

Total RAB 3 Tahun Rp. 534,742,000

Tahun 1 Total Rp. 178,319,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	Alat tulis ballpoint	buah	150	10,000	1,500,000
Bahan	ATK	Catridge epson	buah	1	725,000	725,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
		warna				
Bahan	ATK	Catridge epson hitam	buah	1	615,000	615,000
Bahan	ATK	Materai tempel @6000	buah	10	6,000	60,000
Bahan	ATK	Kertas foto glossy	lembar	10	10,000	100,000
Bahan	ATK	Flashdisk 32bGB	buah	2	320,000	640,000
Bahan	ATK	Cocard untuk surveyor	buah	15	15,000	225,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Bahan bakar minyak jenis pertalite untuk roda 4	liter	7800	580	4,524,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy dan penjiilidan proposal penelitian dasar	eksemplar	4	40,000	160,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy dan penjiilidan laporan kemajuan penelitian dasar	eksemplar	4	55,000	220,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy dan penjiilidan laporan akhir penelitian dasar	eksemplar	7	80,000	560,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Cetak poster penelitian dasar	buah	1	550,000	550,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy data sekunder: data kecelakaan lalu lintas	lebar	5200	200	1,040,000
Bahan	Barang Persediaan	Rompi keselamatan untuk surveyor di lapangan	buah	20	55,000	1,100,000
Bahan	Barang Persediaan	Kertas HVS 80gr	rim	6	60,000	360,000
Bahan	Barang Persediaan	Refill tinta printer warna (merah, kuning, biru)	botol	3	100,000	300,000
Bahan	Barang Persediaan	Refill tinta printer warna hitam	botol	2	100,000	200,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	FGD Persiapan Penelitian tahun pertama (dengan kepolisian, PU, Dishub)	paket	1	7,500,000	7,500,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	HR Pembantu Peneliti	OJ	500	10,000	5,000,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	Administrasi penelitian dan keuangan penelitian	OB	3	1,750,000	5,250,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei geometrik jalan (10 ruas jalan) di kawasan rural road atau jalan antar kota	OH	32	80,000	2,560,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei hambatan samping jalan di kawasan rural road atau jalan antar kota	OH	20	80,000	1,600,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei kondisi perkerasan jalan (10 ruas jalan) di kawasan rural road atau jalan antar kota	OH	30	80,000	2,400,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei fasilitas perlengkapan jalan (10 ruas jalan) di kawasan rural road atau jalan antar kota	OH	42	80,000	3,360,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei konflik lalu lintas (10 ruas jalan) di kawasan rural road atau jalan antar kota	OH	30	80,000	2,400,000
Pengumpulan Data	Transport	Perjalanan lokal selama pengumpulan data di Jakarta	OK (kali)	6	350,000	2,100,000
Pengumpulan Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Yogyakarta (Bandara YIA Kulonprogo)	OK (kali)	2	300,000	600,000
Pengumpulan Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Jakarta (Kemenhub , KemenPUPERA)	OK (kali)	6	450,000	2,700,000
Pengumpulan Data	Tiket	Tiket Pesawat Yogyakarta-Jakarta	OK (kali)	2	1,150,000	2,300,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
		(Korlantas, KemenPUPERA)				
Pengumpulan Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Yogyakarta	OK (kali)	4	300,000	1,200,000
Pengumpulan Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Bandung (ke Pusjatan Bandung)	OK (kali)	4	450,000	1,800,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Survei pengumpulan data-data di Jakarta	OH	6	375,000	2,250,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Uang harian pengumpulan data dan pengujian di Bandung	OH	6	325,000	1,950,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Pengumpulan data di Balai PU Yogyakarta	OH	6	300,000	1,800,000
Pengumpulan Data	Penginapan	Penginapan selama proses pengumpulan data di Jakarta	OH	4	450,000	1,800,000
Pengumpulan Data	Penginapan	Penginapan selama proses pengumpulan data dan pengujian di Pusjatan Bandung	OH	4	450,000	1,800,000
Pengumpulan Data	Penginapan	Penginapan selama survei di Yogyakarta	OH	5	400,000	2,000,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa LCD/TV LED untuk diskusi penelitian	unit	8	250,000	2,000,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa alat pengukur kecepatan speed gun bushnell	unit-bulan	5	750,000	3,750,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa kamera CCTV untuk merekam data konflik lalu lintas	unit-hari	25	250,000	6,250,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa roll meter	unit-bulan	4	250,000	1,000,000
Sewa	Peralatan penelitian	Sewa GPS	unit-bulan	3	500,000	1,500,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Peralatan						
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa alat DCP	unit-hari	7	300,000	2,100,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Biaya langganan IndiHome untuk kajian literatur dan komunikasi online	bulan	5	450,000	2,250,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	Sewa kendaraan roda 4 dan sopir untuk survei pemetaan lokasi rawan kecelakaan lalin	unit-hari	14	600,000	8,400,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	Sewa kendaraan roda 4 dan sopir untuk survei di Bandung	unit-hari	1	600,000	600,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	Sewa kendaraan roda 4 dan sopir untuk survei dan pengumpulan data di Jakarta	unit-hari	1	600,000	600,000
Analisis Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	Administrasi penelitian dan keuangan penelitian	OB	4	1,750,000	7,000,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	Analisis Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK) dan pembobotan	Penelitian	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis penentuan lokasi rawan kecelakaan berdasarkan upper control limit	sampel	30	75,000	2,250,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis LRK berdasarkan parameter geometrik jalan	sampel	10	175,000	1,750,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis LRK berdasarkan parameter fasilitas perlengkapan jalan	sampel	10	175,000	1,750,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis data konflik lalu lintas metode time to accident	sampel	10	215,000	2,150,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis LRK berdasarkan parameter konflik lalu lintas	paket	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis pemilihan model terbaik dengan metode stepwise berbasis PRESS dan AIC	paket	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Bandung (ke Pusjatan Bandung)	OK (kali)	2	450,000	900,000
Analisis Data	Uang Harian	untuk diskusi dengan Satlantas, Dishub dan PUPR	OH	15	300,000	4,500,000
Analisis Data	Uang Harian	untuk diskusi parameter geometrik, fasilitas perlengkapan yang berpengaruh	OH	8	350,000	2,800,000
Analisis Data	Uang Harian	Untuk diskusi dan pengujian sampel di Pusjatan Bandung	OH	3	375,000	1,125,000
Analisis Data	Transport Lokal	Perjalanan lokal pada lokasi rawan kecelakaan lalu lintas di Purbalingga	OK (kali)	20	200,000	4,000,000
Analisis Data	Transport Lokal	Perjalanan lokal di Bandung	OK (kali)	3	350,000	1,050,000
Analisis Data	Penginapan	Penginapan selama proses pengujian dan analisis di Bandung	OH	2	400,000	800,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	Biaya konsumsi rapat dengan Satlantas, Dishub dan PUPR	OH	15	175,000	2,625,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	Administrasi penelitian dan keuangan	OB	2	1,750,000	3,500,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Tambahan		penelitian				
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	Uang harian rapat di luar kantor	OH	12	350,000	4,200,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	Biaya konsumsi rapat	OH	12	175,000	2,100,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Biaya pendaftaran Seminar Internasional dan publikasi	paket	1	6,000,000	6,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Biaya translate artikel ke bahasa inggris dan proofreading	artikel	1	3,000,000	3,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Biaya translate artikel ke bahasa inggris dan proofreading	artikel	1	3,000,000	3,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Biaya APC (article processing charge) dan biaya publikasi di Jurnal Internasional Terindeks Scopus (Q1)	paket	1	22,500,000	22,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Biaya penyusunan usulan hak cipta	judul	1	2,500,000	2,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Biaya pendaftaran usulan hak cipta	judul	1	500,000	500,000

Tahun 2 Total Rp. 178,233,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	Alat tulis/Ballpoint	buah	150	10,000	1,500,000
Bahan	ATK	Catridge epon hitam	buah	1	650,000	650,000
Bahan	ATK	Materai tempel @6000	buah	10	6,000	60,000
Bahan	Bahan Penelitian	Bahan bakar	liter	560	7,800	4,368,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
	(Habis Pakai)	minyak jenis pertalite untuk roda 4				
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy dan penjiilidan proposal penelitian dasar	eksemplar	4	50,000	200,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy dan penjiilidan laporan kemajuan penelitian dasar	eksemplar	4	60,000	240,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy dan penjiilidan laporan akhir penelitian dasar	eksemplar	7	80,000	560,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Cetak poster penelitian dasar	buah	1	550,000	550,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy data sekunder: data-data kecelakaan lalu lintas	lembar	4225	200	845,000
Bahan	Barang Persediaan	Kertas HVS 80gr	rim	5	60,000	300,000
Bahan	Barang Persediaan	Refill tinta printer hitam	botol	1	100,000	100,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	FGD Persiapan Penelitian tahun kedua (dengan kepolisian, PU, Dishub)	paket	1	7,500,000	7,500,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	HR Pembantu Peneliti	OJ	600	10,000	6,000,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	Administrasi penelitian dan keuangan penelitian	OB	3	1,750,000	5,250,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei geometrik jalan (10 ruas jalan) di kawasan urban road	OH	30	80,000	2,400,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei hambatan	OH	22	80,000	1,760,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
		samping jalan di kawasan urban road				
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei kondisi perkerasan jalan (10 ruas jalan) di kawasan urban road	OH	28	80,000	2,240,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei fasilitas perlengkapan jalan (10 ruas jalan) di kawasan urban road	OH	38	80,000	3,040,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei konflik lalu lintas (10 ruas jalan) di kawasan urban road	OH	30	80,000	2,400,000
Pengumpulan Data	Transport	Perjalanan lokal di Jakarta (Korlantas, Kemenhub, Kemen PU-PERA)	OK (kali)	8	350,000	2,800,000
Pengumpulan Data	Transport	Perjalanan lokal survei di lokasi rawan kecelakaan lalu lintas	OK (kali)	26	200,000	5,200,000
Pengumpulan Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Jakarta (Korlantas, Kemenhub, Kemen PU-PERA)	OK (kali)	6	450,000	2,700,000
Pengumpulan Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Yogyakarta	OK (kali)	4	300,000	1,200,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Survei dan pengumpulan data di Jakarta	OH	8	375,000	3,000,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Survei di Purbalingga dan Yogyakarta	OH	4	325,000	1,300,000
Pengumpulan Data	Penginapan	Penginapan selama	OH	6	450,000	2,700,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
		pengumpulan data di Jakarta				
Pengumpulan Data	Penginapan	Penginapan di Yogyakarta	OH	2	400,000	800,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa LCD/TV LED untuk diskusi penelitian	unit	10	250,000	2,500,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa speed gun bushnell	unit-bulan	6	750,000	4,500,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa kamera CCTV untuk merekam data konflik lalu lintas	unit-hari	25	250,000	6,250,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Biaya langganan IndiHome untuk kajian literatur dan komunikasi online	bulan	5	450,000	2,250,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa roll meter	unit-bulan	6	250,000	1,500,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa GPS	unit-bulan	4	500,000	2,000,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	Sewa kendaraan roda 4 dan sopir untuk survei pemetaan lokasi rawan kecelakaan lalin	unit-hari	14	600,000	8,400,000
Analisis Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	Administrasi penelitian dan keuangan penelitian	OB	5	1,750,000	8,750,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	Biaya analisis statistik penelitian dengan program R	Penelitian	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis AEK untuk jalan antar kota (rural road)	sampel	10	150,000	1,500,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis lokasi rawan kecelakaan	sampel	10	225,000	2,250,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
		berdasarkan AEK dan UCL				
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis pemilihan model terbaik dengan metode stepwise berbasis PRESS dan AIC	paket	2	1,540,000	3,080,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis hasil uji coba pemetaan lokasi rawan berdasarkan metode statistik	paket	2	1,500,000	3,000,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis model daerah rawan kecelakaan dengan pembelajaran mesin lokasi urban road dan lokasi rural road	paket	2	1,750,000	3,500,000
Analisis Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Jakarta (ke Korlantas Jakarta)	OK (kali)	4	450,000	1,800,000
Analisis Data	Uang Harian	ntuk diskusi dengan Satlantas, Dishub dan PUPR	OH	14	300,000	4,200,000
Analisis Data	Uang Harian	Untuk diskusi dengan Korlantas Polri di Jakarta	OH	4	375,000	1,500,000
Analisis Data	Transport Lokal	Perjalanan lokal selama di Jakarta	OH	4	350,000	1,400,000
Analisis Data	Penginapan	Penginapan selama analisis dan diskusi di Jakarta	OH	3	400,000	1,200,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	Biaya konsumsi rapat dengan	OH	14	175,000	2,450,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
		Satlantas, Dishub dan PUPR				
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	Administrasi penelitian dan keuangan penelitian	OB	1	1,750,000	1,750,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	Uang harian rapat di luar kantor	OH	10	350,000	3,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	Biaya konsumsi rapat	OH	10	175,000	1,750,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Biaya APC (article processing charge) dan biaya publikasi di Jurnal Internasional Terindeks Scopus (Q2)	paket	1	14,500,000	14,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Biaya APC dan publikasi artikel di Jurnal Internasional terindeks scopus (Q1)	paket	1	24,500,000	24,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Biaya translate artikel ke bahasa inggris dan proofreading	artikel	2	3,000,000	6,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Biaya pendaftaran usulan hak cipta	judul	1	500,000	500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Biaya penyusunan dokumen usulan hak cipta	judul	1	2,500,000	2,500,000

Tahun 3 Total Rp. 178,190,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	Alat tulis/Ballpoint	buah	150	10,000	1,500,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	Catridge epson hitam	buah	1	650,000	650,000
Bahan	ATK	Catridge epson warna	buah	1	725,000	725,000
Bahan	ATK	Materai tempel @6000	buah	10	6,000	60,000
Bahan	ATK	Kertas foto glossy	lembar	9	10,000	90,000
Bahan	ATK	Flashdisk 64 GB	buah	1	450,000	450,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Bahan bakar minyak jenis pertalite untuk roda 4	liter	550	7,800	4,290,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy dan penjiilidan proposal penelitian dasar	eksemplar	4	55,000	220,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy dan penjiilidan laporan kemajuan penelitian dasar	eksemplar	4	60,000	240,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy dan penjiilidan laporan akhir penelitian dasar	eksemplar	7	90,000	630,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Cetak poster penelitian dasar	buah	1	550,000	550,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Fotocopy data-data sekunder	lembar	4575	200	915,000
Bahan	Barang Persediaan	Kertas HVS 80gr	rim	6	65,000	390,000
Bahan	Barang Persediaan	Refill tinta printer warna (merah, kuning, biru)	botol	3	110,000	330,000
Bahan	Barang Persediaan	Refill tinta printer warna hitam	botol	1	110,000	110,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	FGD Persiapan Penelitian tahun ketiga dengan	paket	1	7,500,000	7,500,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
		kepolisian, PU, Dishub				
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	HR Pembantu Peneliti	OJ	600	10,000	6,000,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	Administrasi penelitian dan keuangan penelitian	OB	3	1,750,000	5,250,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei kondisi geometrik jalan untuk validasi model	OH	35	80,000	2,800,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei fasilitas perlengkapan jalan pada 10 ruas jalan untuk validasi model	OH	40	80,000	3,200,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	Survei konflik lalu lintas pada 10 ruas jalan untuk validasi model	OH	30	80,000	2,400,000
Pengumpulan Data	Transport	Perjalanan lokal selama pengumpulan data di Purbalingga	OK (kali)	25	200,000	5,000,000
Pengumpulan Data	Transport	Perjalanan lokal di Jakarta (Korlantas, Kemenhub, Kemen PU-PERA)	OK (kali)	6	350,000	2,100,000
Pengumpulan Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Jakarta (Korlantas, Kemenhub, Kemen PU-PERA)	OK (kali)	6	450,000	2,700,000
Pengumpulan Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Yogyakarta	OK (kali)	3	300,000	900,000
Pengumpulan Data	Uang Harian	Survei dan pengumpulan data di Jakarta	OH	6	375,000	2,250,000
Pengumpulan Data	Penginapan	Penginapan selama proses pengumpulan	OH	5	450,000	2,250,000

Jenis Pembelian	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
		data di Jakarta				
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa LCD/TV LED untuk diskusi penelitian	unit	10	250,000	2,500,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa alat pengukur kecepatan kecepatan speed gun bushnell	unit-bulan	6	750,000	4,500,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Sewa kamera CCTV untuk merekam data konflik lalu lintas	unit-bulan	25	250,000	6,250,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Biaya langganan IndiHome untuk kajian literatur dan komunikasi online	bulan	8	450,000	3,600,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	Sewa kendaraan roda 4 dan sopir untuk survei pemetaan lokasi rawan kecelakaan lalin	unit-hari	20	600,000	12,000,000
Analisis Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	Administrasi penelitian dan keuangan penelitian	OB	6	1,750,000	10,500,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	Analisis data konflik lalu lintas metode time to accident	Penelitian	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis data geometrik jalan dan fasilitas perlengkapan jalan	sampel	10	250,000	2,500,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis model daerah rawan kecelakaan dengan metode statistik (PRESS dan	paket	1	1,500,000	1,500,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
		AIC)				
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis model daerah rawan kecelakaan dengan pembelajaran mesin (Machine Learning) untuk lokasi urban road dan rural road	paket	2	1,500,000	3,000,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Analisis pemetaan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas	paket	2	1,650,000	3,300,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Uji validasi model pemetaan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas	paket	2	1,650,000	3,300,000
Analisis Data	Tiket	Tiket KA Purwokerto-Jakarta (ke Korlantas dan Kemen PU-PERA Jakarta)	OK (kali)	4	450,000	1,800,000
Analisis Data	Uang Harian	untuk diskusi dengan Satlantas, Dishub dan PUPR	OH	16	300,000	4,800,000
Analisis Data	Uang Harian	Untuk diskusi dengan Korlantas Polri dan Kemen PU-PERA di Jakarta	OH	4	375,000	1,500,000
Analisis Data	Transport Lokal	Perjalanan lokal selama koordinasi di Purbalingga	OH	6	200,000	1,200,000
Analisis Data	Transport Lokal	Perjalanan lokal selama analisis dan diskusi di Jakarta	OH	5	350,000	1,750,000
Analisis Data	Penginapan	Penginapan selama proses	OH	3	450,000	1,350,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
		analisis data dan diskusi dengan Korlantas Polri di Jakarta				
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	Biaya konsumsi rapat dengan Satlantas, Dishub dan PUPR	OH	16	175,000	2,800,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	Administrasi penelitian dan keuangan penelitian	OB	1	1,750,000	1,750,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	Uang harian rapat di luar kantor	OH	10	350,000	3,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	Biaya konsumsi rapat	OH	10	175,000	1,750,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Biaya APC (article processing charge) dan biaya publikasi di Jurnal Internasional Terindeks Scopus	paket	1	14,500,000	14,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Biaya APC dan publikasi artikel di Jurnal Internasional terindeks scopus (Q1)	paket	1	24,500,000	24,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Biaya translate artikel ke bahasa inggris dan proofreading	artikel	2	3,000,000	6,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Biaya pendaftaran usulan hak cipta	judul	1	500,000	500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Biaya penyusunan dokumen	judul	1	2,500,000	2,500,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Tambahan		usulan hak cipta				

6. HASIL PENELITIAN

A. RINGKASAN: Tuliskan secara ringkas latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian.

Keselamatan lalulintas jalan di Indonesia kondisinya sangat memprihatinkan yang ditunjukkan dengan angka kecelakaan lalulintas dan jumlah korban kecelakaan semakin meningkat setiap tahunnya. Mengacu pada data Korlantas Polri, kecelakaan lalulintas tahun 2018 sebanyak 107.968 kasus kecelakaan dengan korban meninggal dunia 29.083 orang, korban luka berat 13.258 orang, korban luka ringan 129.095, dan kerusakan harta benda Rp 212.148.000.000. Angka kecelakaan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan khususnya sepeda motor, meningkatnya pelanggaran rambu lalulintas dan mengendarai kendaraan melebihi batas kecepatan maksimum yang diizinkan. Upaya untuk mengurangi tingginya jumlah kecelakaan yaitu dengan menentukan dan menangani daerah rawan kecelakaan. Metode untuk menentukan lokasi rawan kecelakaan yaitu dengan Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK)-Upper Control Limit (UCL). Akan tetapi, metode ini mempunyai kelemahan yaitu lokasi rawan kecelakaan dapat ditentukan menunggu setelah adanya data kecelakaan dan korban baik nyawa maupun harta benda. Untuk itu diperlukan kajian dengan menggunakan pendekatan lain dalam menentukan lokasi rawan kecelakaan tanpa harus menunggu kecelakaan dan korban yaitu dengan pendekatan berdasarkan geometrik jalan, fasilitas perlengkapan jalan dan konflik lalulintas. Setiap nilai parameter geometrik dan fasilitas perlengkapan jalan di lapangan dibandingkan dengan nilai standar perencanaan dan selanjutnya dilakukan pembobotan. Dengan metode ini maka lokasi rawan kecelakaan dapat diprediksi dan ditentukan sebelum insiden kecelakaan terjadi. Titik lokasi rawan kecelakaan dengan menggunakan metode AEK hanya bisa diketahui setelah terjadinya kecelakaan (timbul korban manusia dan harta benda dahulu) sedangkan metode parameter geometrik, fasilitas perlengkapan jalan, dan konflik lalulintas dapat diprediksi sebelum insiden kecelakaan terjadi.

Target khusus penelitian yaitu model penentuan lokasi rawan kecelakaan berdasarkan faktor geometrik jalan, faktor fasilitas perlengkapan jalan, dan faktor konflik lalulintas, pemetaan lokasi rawan kecelakaan, model penentuan lokasi rawan kecelakaan terbaik dengan menggunakan metode stepwise berbasis PRESS dan Akaike Information Criterion (AIC) dan model daerah rawan kecelakaan menggunakan machine learning. Metode yang digunakan untuk menentukan lokasi rawan kecelakaan yaitu berbasis machine learning dan metode stepwise. Pembelajaran mesin (machine learning) akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan klasifikasi pemetaan apakah suatu ruas jalan masuk daerah rawan kecelakaan lalulintas atau tidak. Metode yang dipakai dalam menyelesaikan persoalan klasifikasi adalah Support Vector Machine/SVM dan Random Forest/RF. Sebagai variabel terikat adalah klasifikasi rawan kecelakaan dan tidak rawan kecelakaan, x adalah variabel bebas, yang meliputi faktor geometrik jalan, fasilitas perlengkapan jalan, dan konflik lalulintas. Implementasi SVM dan RF akan digunakan aplikasi Oranye. Untuk menguji signifikansi variabel terhadap model yang terbaik digunakan Akaike Information Criterion (AIC) dan Predicted Residual Error Sum of Squares (PRESS). Semakin kecil nilai AIC dan PRESS maka semakin baik model liniernya. Dalam riset dasar ini digunakan bahasa pemrograman R untuk mengimplementasikan stepwise regression.

Lokasi pengambilan data adalah lokasi rawan kecelakaan berdasarkan data kecelakaan yang dianalisis dengan metode UCL. Temuan/kebaruan penelitian adalah model penentuan lokasi rawan kecelakaan lalulintas berdasarkan parameter geometrik jalan,

fasilitas perlengkapan jalan, dan konflik lalu lintas, parameter yang paling berpengaruh, model penentuan lokasi rawan kecelakaan yang terbaik dengan menggunakan metode stepwise berbasis PRESS dan Akaike Information Criterion (AIC), dan model daerah rawan kecelakaan menggunakan pembelajaran mesin (machine learning).

Uraian TKT penelitian yang diusulkan saat ini berada pada level 1 (prinsip dasar dari teknologi telah diteliti dan tercatat). Tahun kedua (2022) berada pada level 2 (formulasi konsep dan/atau aplikasi formulasi) yaitu desain secara teoritis dan empiris telah teridentifikasi dan komponen yang akan dikembangkan telah dikuasai/dipahami. Tahun 2023 TKT penelitian berada pada level 3 (pembuktian konsep fungsi dan/atau karakteristik penting secara analitis dan eksperimental) dibuktikan dengan model pemetaan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas sudah diperoleh.

B. KATA KUNCI: Tuliskan maksimal 5 kata kunci.

Keselamatan_transportasi; konflik_lalu_lintas; lokasi_rawan_kecelakaan_lalulintas;
machine_learning; geometrik_jalan

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan singkatas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Lokasi rawan kecelakaan lalu lintas dengan menggunakan pembobotan angka ekuivalen kecelakaan metode *Upper Control Limit*.

C.1 Rekapitulasi Data Kecelakaan Lalu Lintas

Data kecelakaan lalu lintas yang digunakan untuk menentukan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas dengan pembobotan metode Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK) adalah data tahun 2017, 2018, 2019, dan 2020. Rekapitulasi data kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat tahun 2017, 2018, 2019 dan 2020 yang telah dikelompokkan berdasarkan tingkat fatalitas korban per bulan yaitu meninggal dunia (MD), luka berat (LB) dan luka ringan (LR) dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rekapitulasi data kecelakaan lalu lintas tahun 2017, 2018, 2019 dan 2020

No	Data Kecelakaan per Bulan	2017				2018				2019				2020			
		Jumlah Kasus Kecelakaan	Jumlah Korban			Jumlah Kasus Kecelakaan	Jumlah Korban			Jumlah Kasus Kecelakaan	Jumlah Korban			Jumlah Kasus Kecelakaan	Jumlah Korban		
			MD	LB	LR		MD	LB	LR		MD	LB	LR		MD	LB	LR
1	Januari	11	4	10	16	27	11	18	16	19	12	16	4	28	13	16	15
2	Februari	29	12	9	27	22	8	13	8	29	9	21	6	21	10	12	5
3	Maret	11	12	4	14	10	4	5	4	18	10	10	6	20	6	12	9
4	April	22	11	15	12	33	13	21	7	20	9	15	5	9	4	6	1
5	Mei	14	8	9	5	14	7	9	9	22	3	22	10	9	4	4	6
6	Juni	24	13	10	13	20	11	10	5	20	13	9	7	21	4	17	10
7	Juli	15	10	6	7	31	9	20	14	30	16	14	10	25	10	19	8
8	Agustus	18	9	9	8	30	12	17	13	26	10	12	15	21	9	15	4
9	September	20	13	8	4	20	10	12	5	17	6	10	7	19	9	9	10
10	Oktober	17	11	7	9	21	9	14	10	16	6	10	8	10	2	5	7
11	November	15	6	7	6	12	4	7	3	18	8	14	13	21	8	11	12
12	Desember	22	11	15	7	27	8	16	7	18	8	10	7	9	2	6	7
Total		218	120	109	128	267	106	162	101	253	110	163	98	213	81	132	94

Sumber: Satlantas Polres Ciamis, tahun 2017, 2018, 2019 dan 2020

C.2 Pembobotan Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK)

Metode pembobotan Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK) yang digunakan adalah persamaan dari Polri dengan nilai 10 untuk korban meninggal dunia, 5 untuk korban luka berat dan 1 untuk korban luka ringan atau *property damage only*. Pembobotan dilakukan secara terpisah pada masing-masing data kecelakaan tahun 2017, 2018, 2019 dan 2020. Nilai AEK dari masing-masing ruas jalan pada setiap tahun disajikan dalam **Tabel 2** sampai **Tabel 5**.

Tabel 2. Data kecelakaan lalu lintas per ruas jalan Tahun 2017

Lokasi/Ruas Jalan	MD	LB	LR	K	AEK
Jalan Raya Ciamis-Banjar	17	21	21	0	296
Jalan Raya Cikoneng	14	15	17	0	232
Jalan Jenderal Soedirman	14	14	14	0	224
Jalan Banjar-Pangandaran	15	7	13	0	198
Jalan Nasional III	12	7	11	0	166
Jalan Raya Pamarican	8	3	5	0	100
Jalan Raya Kawali	5	6	5	0	85
Jalan Raya Sindangkasih	5	2	4	0	64
Jalan Raya Kawali-Panjalu	4	3	6	0	61
Jalan Raya Cipaku	2	7	4	0	59
Jalan Manonjaya-Banjar	4	3	3	0	58
Jalan Raya Panawangan	4	2	2	0	52
Jalan Raya Imbanagara	2	5	4	0	49

Jalan Sadananya	2	3	3	0	38
Jalan Otto Iskandardinata	2	2	1	0	31
Jalan Raya Rajadesa	2	1	4	0	29
Jalan Jenderal Ahmad Yani	1	3	4	0	29
Jalan Raya Panumbangan	1	2	1	0	21
Jalan Raya Rancah-Rajadesa	1	1	2	0	17
Jalan Ir. H Juanda	1	0	2	0	12
Jalan Raya Banjar-Sidaharja	1	0	0	0	10
Jalan R. E. Martadinata	1	0	0	0	10
Jalan Gunung Cupu	1	0	0	0	10
Jalan Raya Banjarsari	1	0	0	0	10
Jalan Raya Banjarsari-Sindanghayu	0	1	1	0	6
Jalan Otista	0	1	1	0	6
Total	120	109	128	0	

Tabel 3. Data kecelakaan lalulintas per ruas jalan tahun 2018

Lokasi/Ruas Jalan	MD	LB	LR	K	AEK
Jalan Raya Ciamis-Banjar	17	49	25	0	440
Jalan Nasional III	16	14	14	100	244
Jalan Raya Banjar-Pangandaran	13	16	10	0	220
Jalan Raya Pamarican	15	4	8	0	178
Jalan Raya Cikoneng	10	12	9	0	169
Jalan Jenderal Soedirman	7	17	10	0	165
Jalan Raya Kawali	3	11	3	0	88
Jalan Raya Cipaku	3	5	3	0	58
Jalan Raya Imbanagara	3	4	2	0	52
Jalan Banjar-Sindanghayu	4	2	1	0	51
Jalan Raya Panawangan	4	1	1	0	46
Jalan R. E. Martadinata	2	4	3	0	43
Jalan Jenderal Ahmad Yani	1	5	4	0	39
Jalan Manonjaya-Banjar	1	4	2	0	32
Jalan Gunung Cupu	2	2	0	0	30
Jalan Sadananya	1	2	1	0	21
Jalan Raya Kawali-Panjalu	1	2	0	0	20
Jalan Raya Rancah-Rajadesa	0	3	3	0	18
Jalan Raya Sindangkasih	1	1	2	0	17
Jalan Raya Cipaku	3	5	3	0	15
Jalan Raya Rajadesa	1	0	0	0	10
Jalan K. H. Ahmad Dahlan	0	1	0	0	5
Jalan Otto Iskandardinata	0	1	0	0	5
Jalan Ciptomangunkusumo	0	1	0	0	5
Total	106	162	101	0	

Tabel 4. Data kecelakaan lalulintas per ruas jalan tahun 2019

Lokasi/Ruas Jalan	MD	LB	LR	K	AEK
Jalan Raya Ciamis-Banjar	25	42	20	0	490
Jalan Jenderal Soedirman	9	22	10	0	210
Jalan Raya Rancah-Rajadesa	14	9	6	0	191
Jalan Raya Cikoneng	9	10	1	0	141
Jalan Raya Banjar-Pangandaran	9	6	3	0	123
Jalan Nasional III	6	8	9	0	109
Jalan Manonjaya-Banjar	4	10	3	0	93
Jalan Raya Cipaku	6	5	4	0	89
Jalan Raya Kawali	4	6	4	0	74
Jalan Raya Pamarican	4	6	4	0	74
Jalan Raya Panumbangan	6	2	2	0	72
Jalan Raya Imbanagara	2	8	5	0	65
Jalan R. E. Martadinata	2	8	4	0	64
Jalan Raya Kawali-Panjalu	3	4	1	0	51

Jalan Jenderal Ahmad Yani	2	4	2	0	42
Jalan Gunung Cupu	0	5	5	0	30
Jalan Raya Panawangan	1	3	0	0	25
Jalan Raya Rajadesa	1	3	0	0	25
Jalan Banjarsari-Sindanghayu	1	1	1	0	16
Jalan Sadananya	1	0	2	0	12
Jalan Raya Banjarsari	1	0	0	0	10
Jalan Raya Sindangkasih	0	1	1	0	6
Jalan K. H. Ahmad Dahlan	0	0	1	0	1
Total	110	163	98	0	

Tabel 5. Data kecelakaan lalulintas per ruas jalan tahun 2020

Lokasi/Ruas Jalan	MD	LB	LR	K	AEK
Jalan Raya Ciamis-Banjar	8	18	18	0	188
Jalan Jenderal Soedirman	8	16	15	0	175
Jalan Nasional III	9	12	8	0	158
Jalan Raya Banjar-Pangandaran	10	10	4	0	154
Jalan Raya Pamarican	7	11	5	0	130
Jalan Raya Panumbangan	4	10	6	0	96
Jalan R. E. Martadinata	5	7	4	0	89
Jalan Raya Cikoneng	4	9	2	0	87
Jalan Jenderal Ahmad Yani	3	7	6	0	71
Jalan Raya Kawali	3	6	9	0	69
Jalan Raya Imbanagara	2	7	6	0	61
Jalan Raya Panawangan	3	2	2	0	42
Jalan Raya Kawali-Panjalu	2	2	3	0	33
Jalan Raya Cipaku	2	2	1	0	31
Jalan Gunung Cupu	2	2	0	0	30
Jalan K. H. Ahmad Dahlan	2	2	0	0	30
Jalan Raya Rajadesa	2	1	0	0	25
Jalan Manonjaya-Banjar	1	2	2	0	22
Jalan Banjarsari-Sindanghayu	1	2	1	0	21
Jalan Raya Banjarsari	1	0	1	0	11
Jalan Raya Rancah-Rajadesa	1	0	1	0	11
Jalan Raya Sindangkasih	1	0	0	0	10
Jalan Otto Iskandarnata	0	2	0	0	10
Jalan Sadananya	0	2	0	0	10
Total	81	132	94	0	

Dari peringkat lokasi rawan kecelakaan lalulintas dengan menggunakan nilai *Upper Control Limit (UCL)* di setiap tahun, kemudian dibuat gabungan peringkat lokasi rawan kecelakaan untuk keempat tahun dan hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Gabungan peringkat lokasi rawan kecelakaan tahun 2017, 2018, 2019 dan 2020

Peringkat	Nama Ruas Jalan	Tahun Data	AEK Total	UCL	Keterangan
1	Jalan Raya Ciamis-Banjar	2019	490	128	Rawan
2	Jalan Raya Ciamis-Banjar	2018	440	120	Rawan
3	Jalan Raya Ciamis-Banjar	2017	296	103	Rawan
4	Jalan Nasional III	2018	244	111	Rawan
5	Jalan Raya Cikoneng	2017	232	100	Rawan
6	Jalan Jenderal Soedirman	2107	224	99	Rawan
7	Jalan Raya Banjar-Pangandaran	2018	220	109	Rawan
8	Jalan Jenderal Soedirman	2019	210	114	Rawan
9	Jalan Raya Banjar-Pangandaran	2017	198	98	Rawan
10	Jalan Rancah-Rajadesa	2019	191	113	Rawan
11	Jalan Raya Ciamis-Banjar	2020	188	90	Rawan
12	Jalan Raya Pamarican	2018	178	106	Rawan
13	Jalan Jenderal Soedirman	2020	175	89	Rawan

14	Jalan Raya Cikoneng	2018	169	106	Rawan
15	Jalan Nasional III	2017	166	96	Rawan
16	Jalan Jenderal Soedirman	2018	165	106	Rawan
17	Jalan Nasional III	2020	158	88	Rawan
18	Jalan Raya Banjar-Pangandaran	2020	154	88	Rawan
19	Jalan Raya Cikoneng	2019	141	109	Rawan
20	Jalan Raya Pamarican	2020	130	86	Rawan
21	Jalan Raya Banjar-Pangandaran	2019	123	108	Rawan
22	Jalan Nasional III	2019	109	107	Rawan
23	Jalan Raya Pamarican	2017	100	90	Rawan
24	Jalan Raya Panumbangan	2020	96	83	Rawan
25	Jalan R.E. Martadinata	2020	89	82	Rawan
26	Jalan Raya Cikoneng	2020	87	82	Rawan

C.3 Pembobotan Parameter Geometrik Jalan

1. Kecepatan kendaraan

Parameter geometrik jalan yang pertama yang dipertimbangkan dalam penentuan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas yaitu kecepatan kendaraan. Kecepatan kendaraan yang digunakan untuk pembobotan adalah berdasarkan kecepatan persentil 85th dari semua jenis kendaraan yang ada di lapangan. Ditetapkan lima interval pembobotan kecepatan kendaraan dengan angka bobot dari 1 sampai dengan 5. Interval pembobotan ditetapkan berdasarkan kenaikan kecepatan untuk setiap kelipatan 10% dari kecepatan standarnya. Interval pertama dengan nilai bobot 1 adalah kecepatan kendaraan yang sesuai dengan standar. Interval kedua sampai kelima diperoleh berdasarkan kenaikan kecepatan kendaraan setiap kelipatan 10% dari kecepatan standarnya. Interval pembobotan kecepatan kendaraan untuk jalan arteri dan jalan kolektor selengkapnya seperti ditunjukkan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Interval pembobotan kecepatan kendaraan untuk jalan arteri dan jalan kolektor

Interval kecepatan kendaraan di jalan arteri (km/jam)	Bobot	Interval kecepatan kendaraan di jalan kolektor (km/jam)
≤ 60	1	≤ 50
61 – 66	2	51 - 55
67 – 72	3	56 - 60
73 – 78	4	61 - 65
≥ 79	5	≥ 66

2. Lebar lajur jalan

Parameter kedua yaitu lebar lajur jalan. Interval pembobotan ditetapkan berdasarkan selisih lebar lajur jalan setiap kelipatan 0,20 m dari ukuran standarnya. Bobot 1 adalah bobot terbaik dimana ukuran lebar lajur jalan sesuai standar. Interval pembobotan lebar lajur jalan untuk jalan arteri dan jalan kolektor disajikan pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Interval pembobotan lebar lajur jalan untuk jalan arteri dan jalan kolektor

Interval lebar lajur jalan untuk jalan arteri (m)	Bobot	Interval lebar lajur jalan untuk jalan kolektor (m)
≥ 3,50	1	≥ 3,00
3,30 – 3,49	2	2,80 – 2,99
3,10 – 3,29	3	2,60 – 2,79
2,90 – 3,09	4	2,40 – 2,59
≤ 2,89	5	≤ 2,39

3. Lebar bahu jalan

Parameter geometrik jalan yang ketiga yaitu lebar bahu jalan. Interval pembobotan ditetapkan berdasarkan selisih lebar bahu jalan dibandingkan dengan lebar bahu standar. Bobot 1 adalah bobot terbaik dimana ukuran lebar bahu jalan sesuai dengan standar. Interval pembobotan lebar bahu jalan dibedakan menjadi dua yaitu untuk jalan dengan trotoar dan jalan tanpa trotoar baik untuk jalan arteri maupun jalan kolektor seperti disajikan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Interval pembobotan lebar bahu untuk jalan arteri dan jalan kolektor dengan trotoar dan tanpa trotoar jalan

Interval lebar bahu jalan arteri dan jalan kolektor dengan trotoar (m)	Bobot	Interval lebar bahu jalan arteri dan jalan kolektor tanpa trotoar (m)
$\geq 0,25$	1	$\geq 2,00$
0,15 - 0,24	2	1,20 - 1,99
0,10 - 0,14	3	0,80 - 1,19
0,05 - 0,09	4	0,40 - 0,79
0,00 - 0,04	5	0,00 - 0,39

4. Lebar trotoar jalan

Parameter geometrik jalan keempat yaitu lebar trotoar jalan. Interval pembobotan ditetapkan berdasarkan selisih lebar trotoar jalan dibandingkan dengan lebar trotoar standar. Bobot 1 adalah bobot terbaik dimana kondisi trotoar sesuai dengan standar aturan, sementara bobot 5 adalah bobot yang paling buruk dimana ruas jalan tersebut tidak memiliki trotoar atau lebar trotoar 0. Interval pembobotan lebar trotoar untuk jalan arteri dan jalan kolektor disajikan pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Interval pembobotan lebar trotoar jalan untuk jalan arteri dan jalan kolektor

Interval lebar trotoar jalan arteri (m)	Bobot	Interval lebar trotoar jalan kolektor (m)
$\geq 1,50$	1	$\geq 1,50$
0,90 - 1,49	2	0,90 - 1,49
0,60 - 0,89	3	0,60 - 0,89
0,30 - 0,59	4	0,30 - 0,59
0,00 - 0,29	5	0,00 - 0,29

5. Lebar median jalan

Parameter geometrik jalan yang kelima yaitu lebar median jalan. Interval pembobotan ditetapkan berdasarkan selisih lebar median jalan dibandingkan dengan lebar median standarnya. Bobot 1 adalah bobot terbaik dimana ukuran lebar median jalan sesuai dengan standar dalam peraturan. Interval pembobotan lebar median jalan untuk jalan arteri dan jalan kolektor disajikan pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Interval pembobotan lebar median jalan untuk jalan arteri dan jalan kolektor

Interval lebar median jalan untuk jalan arteri (m)	Bobot	Interval lebar median jalan untuk jalan kolektor (m)
$\geq 2,50$	1	$\geq 1,50$
1,50 - 2,49	2	0,90 - 1,49
1,00 - 1,49	3	0,60 - 0,89
0,50 - 0,99	4	0,30 - 0,59
0,00 - 0,49	5	0,00 - 0,29

6. Beda elevasi antara bahu jalan dan tepi perkerasan

Parameter geometrik jalan yang keenam yaitu beda elevasi antara bahu jalan dan tepi perkerasan. Interval pembobotan ditetapkan berdasarkan besarnya selisih beda elevasi setiap kenaikan kelipatan 0,04 m. Bobot 1 adalah bobot terbaik dimana beda elevasi antara bahu jalan dan tepi perkerasan < 1 cm. Interval pembobotan beda elevasi antara bahu jalan dan tepi perkerasan jalan untuk jalan arteri dan jalan kolektor disajikan pada **Tabel 12**.

Tabel 12. Interval pembobotan beda elevasi antara bahu jalan dan tepi perkerasan untuk jalan arteri dan jalan kolektor

Interval beda elevasi antara bahu jalan dan tepi perkerasan untuk jalan arteri (m)	Bobot	Interval beda elevasi antara bahu jalan dan tepi perkerasan untuk jalan kolektor (m)
0,00 - 0,01	1	0,00 - 0,01
0,02 - 0,05	2	0,02 - 0,05
0,06 - 0,09	3	0,06 - 0,09
0,10 - 0,13	4	0,10 - 0,13
$> 0,13$	5	$> 0,13$

C.4 Pembobotan parameter fasilitas perlengkapan jalan

1. Marka Jalan

Marka jalan yang diamati berupa paku jalan, marka tepi, marka tengah dan tempat penyebrang jalan (*zebra cross*). Parameter yang ditinjau dari setiap marka jalan adalah ketersediaan, kelengkapan, fungsi serta jarak dan atau ukuran. Dari empat parameter yang diamati, masing-masing parameter tersebut dibagi menjadi dua. Ketersediaan dibagi menjadi ada dan tidak ada. Kelengkapan dibagi menjadi lengkap dan tidak lengkap. Untuk parameter fungsi dibagi menjadi terlihat jelas dan kurang terlihat. Untuk parameter jarak dan atau ukuran dibagi menjadi sesuai aturan dan tidak sesuai aturan berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 67 Tahun 2018 tentang marka jalan. Untuk memudahkan proses pembobotan, dibuat interval pembobotan berdasarkan kondisi marka jalan dengan angka bobot diterapkan dari 1 sampai 9.

Nilai bobot 1 adalah nilai bobot terbaik dengan kondisi marka jalan paling baik. Nilai bobot 9 adalah nilai bobot terburuk dengan kondisi tidak tersedianya marka jalan di ruas jalan. Interval pembobotan ditetapkan berdasarkan kondisi marka jalan. Interval pertama dengan nilai bobot 1 adalah marka jalan tersedia dengan lengkap, dapat dilihat dengan jelas serta jarak dan ukuran sesuai standar. Sedangkan interval kedua sampai kesembilan diperoleh berdasarkan kondisi marka jalan, semakin buruk kondisi marka jalan maka pengaruh terhadap tingkat kecelakaan lalu lintas akan semakin besar. Untuk lebih jelasnya, interval pembobotan marka jalan dapat dilihat pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Interval pembobotan untuk parameter marka jalan

Kondisi Marka Jalan	Bobot
Ada Lengkap Terlihat jelas Sesuai aturan PM 67 Tahun 2018	1
Ada Lengkap Terlihat jelas Tidak sesuai aturan PM 67 Tahun 2018	2
Ada Lengkap Kurang terlihat Sesuai aturan PM 67 Tahun 2018	3
Ada Lengkap Kurang terlihat Tidak sesuai aturan PM 67 Tahun 2018	4
Ada Tidak lengkap Terlihat jelas Sesuai aturan PM 67 Tahun 2018	5
Ada Tidak lengkap Terlihat jelas Tidak sesuai aturan PM 67 Tahun 2018	6
Ada Tidak lengkap Kurang terlihat Sesuai aturan PM 67 Tahun 2018	7
Ada Tidak lengkap Kurang terlihat Tidak sesuai aturan PM 67 Tahun 2018	8
Tidak ada marka jalan	9

2. Rambu Lalu Lintas

Rambu lalu lintas yang ditinjau adalah rambu lalu lintas yang berhubungan dengan batas kecepatan kendaraan dan keselamatan lalu lintas jalan yaitu rambu perintah, rambu peringatan dan rambu larangan. Parameter yang ditinjau pada setiap rambu lalu lintas adalah ketersediaan, kelengkapan, fungsi dan jarak rambu lalu lintas. Dari empat parameter yang

diamati, masing-masing parameter tersebut dibagi menjadi dua. Ketersediaan dibagi menjadi ada dan tidak ada. Kelengkapan dibagi menjadi lengkap dan tidak lengkap. Untuk parameter fungsi dibagi menjadi kondisi baik dan kondisi tidak baik. Sedangkan untuk parameter jarak dibagi menjadi sesuai aturan dan tidak sesuai aturan. Untuk memudahkan proses pembobotan, maka dibuat interval pembobotan berdasarkan kondisi rambu lalu lintas dengan angka bobot ditetapkan dari 1 sampai 9. Nilai bobot 1 adalah nilai bobot terbaik dengan kondisi rambu lalu lintas paling baik. Sedangkan nilai bobot 9 adalah nilai bobot terburuk dengan kondisi tidak tersedianya rambu lalu lintas di ruas jalan. Interval pertama dengan nilai bobot 1 adalah rambu lalu lintas tersedia dengan lengkap, kondisi baik dan memiliki jarak sesuai dengan aturan yang berlaku. Sedangkan interval kedua sampai kesembilan diperoleh berdasarkan kondisi rambu lalu lintas, semakin buruk kondisi rambu lalu lintas maka pengaruh terhadap tingkat kecelakaan lalu lintas akan semakin besar. Interval pembobotan rambu lalu lintas dapat dilihat pada **Tabel 14**.

Tabel 14. Interval pembobotan untuk parameter rambu lalu lintas

Kondisi Rambu Lalu Lintas	Bobot
Ada Lengkap Kondisi baik Sesuai aturan PM 13 Tahun 2014	1
Ada Lengkap Kondisi baik Tidak sesuai aturan PM 13 Tahun 2014	2
Ada Lengkap Kondisi tidak baik Sesuai aturan PM 13 Tahun 2014	3
Ada Lengkap Kondisi tidak baik Tidak sesuai aturan PM 13 Tahun 2014	4
Ada Tidak lengkap Kondisi baik Sesuai aturan PM 13 Tahun 2014	5
Ada Tidak lengkap Kondisi baik Tidak sesuai aturan PM 13 Tahun 2014	6
Ada Tidak lengkap Kondisi tidak baik Sesuai aturan PM 13 Tahun 2014	7
Ada Tidak lengkap Kondisi tidak baik Tidak sesuai aturan PM 13 Tahun 2014	8
Tidak ada rambu lalu lintas	9

3. Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas

Alat pemberi isyarat lalu lintas (APILL) yang ditinjau adalah APILL lampu tiga warna, lampu dua warna dan lampu satu warna. Parameter yang ditinjau adalah ketersediaan, kelengkapan, jenis dan fungsi APILL. Dari empat parameter yang diamati dibagi menjadi beberapa bagian. Ketersediaan dibagi menjadi ada dan tidak ada. Kelengkapan dibagi menjadi lengkap dan tidak lengkap. Untuk parameter jenis APILL dibagi menjadi tiga yaitu lampu tiga warna, lampu dua warna dan lampu satu warna. Sedangkan untuk parameter fungsi dibagi menjadi dua yaitu berfungsi dengan baik dan tidak berfungsi. Untuk mempermudah proses pembobotan maka dibuat interval pembobotan berdasarkan kondisi APILL dengan angka bobot ditetapkan dari 1 sampai 9. Nilai bobot 1 adalah nilai bobot terbaik dengan kondisi APILL paling baik. Nilai bobot 9 adalah nilai bobot terburuk dengan kondisi tidak tersedianya APILL di ruas jalan. Untuk lebih jelasnya, interval pembobotan dan angka bobot APILL dapat dilihat pada **Tabel 15** untuk APILL pada simpang dan **Tabel 16** untuk APILL di ruas jalan.

Tabel 15. Interval pembobotan alat pemberi isyarat lalu lintas pada simpang

Kondisi APILL	Bobot
Ada Lengkap Lampu tiga warna Berfungsi dengan baik Sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	1
Ada Lengkap Lampu tiga warna Berfungsi dengan baik Tidak sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	2
Ada Lengkap Lampu tiga warna Tidak berfungsi dengan baik Sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	3
Ada Lengkap Lampu tiga warna Tidak berfungsi dengan baik Tidak sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	4
Ada Tidak Lengkap Lampu tiga warna Berfungsi dengan baik Sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	5
Ada Tidak Lengkap Lampu tiga warna Berfungsi dengan baik Tidak sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	6
Ada Tidak Lengkap Lampu tiga warna Tidak berfungsi dengan baik Sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	7
Ada Tidak Lengkap Lampu tiga warna Tidak berfungsi dengan baik Tidak sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	8
Tidak ada Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL)	9

Tabel 16. Interval pembobotan isyarat lalu lintas pada ruas jalan

Kondisi APILL	Bobot
Ada Lengkap Lampu satu atau dua warna Berfungsi dengan baik Sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	1

Ada Lengkap Lampu satu atau dua warna Berfungsi dengan baik Tidak sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	2
Ada Lengkap Lampu satu atau dua warna Tidak berfungsi dengan baik Sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	3
Ada Lengkap Lampu satu atau dua warna Tidak berfungsi dengan baik Tidak sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	4
Ada Tidak Lengkap Lampu satu atau dua warna Berfungsi dengan baik Sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	5
Ada Tidak Lengkap Lampu satu atau dua warna Berfungsi dengan baik Tidak sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	6
Ada Tidak Lengkap Lampu satu atau dua warna Tidak berfungsi dengan baik Sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	7
Ada Tidak Lengkap Lampu satu atau dua warna Tidak berfungsi dengan baik Tidak sesuai aturan PM 49 Tahun 2014	8
Tidak ada APILL	9

4. Alat Penerangan Jalan

Parameter yang ditinjau pada setiap alat penerangan jalan adalah ketersediaan, fungsi dan jarak. Dari tiga parameter yang diamati, masing-masing parameter tersebut dibagi menjadi beberapa bagian. Ketersediaan dibagi menjadi ada dan tidak ada. Fungsi dibagi menjadi menyala dengan terang dan redup. Sedangkan untuk parameter jarak dibagi menjadi dua yaitu jarak sesuai aturan dan tidak sesuai aturan berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 27 tahun 2018 tentang Alat Penerangan Jalan. Nilai bobot parameter alat penerangan jalan ditetapkan dari 1 sampai 9. Nilai bobot 1 adalah nilai bobot terbaik dengan kondisi alat penerangan jalan paling baik. Sedangkan nilai bobot 9 adalah nilai bobot terburuk dengan kondisi tidak tersedianya alat penerangan jalan di ruas jalan. Untuk lebih jelasnya, interval pembobotan alat penerangan jalan dan nilai bobotnya dapat dilihat pada **Tabel 17**.

Tabel 17. Interval pembobotan alat penerangan jalan

Kondisi Alat Penerangan Jalan	Bobot
Ada Menyala terang Jarak sesuai aturan PM 27 Tahun 2018	1

Ada Menyala terang Jarak tidak sesuai aturan PM 27 Tahun 2018	3
Ada Menyala redup Jarak sesuai aturan PM 27 Tahun 2018	5
Ada Menyala redup Jarak tidak sesuai aturan PM 27 Tahun 2018	7
Tidak ada alat penerangan jalan	9

5. Alat Pengendali dan Pengaman Pengguna Jalan

Alat pengendali dan pengaman pengguna jalan yang ditinjau adalah pagar pengaman, cermin tikungan, patok lalulintas, dan pita pengaduh berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 82 Tahun 2018 tentang Alat Pengendali dan Pengaman Pengguna Jalan. Parameter yang ditinjau pada setiap ruas jalan berupa ketersediaan, kelengkapan dan fungsi masing-masing alat pengendali dan pengaman pengguna jalan. Setiap parameter dibagi menjadi beberapa bagian. Parameter ketersediaan dibagi menjadi ada dan tidak ada. Untuk parameter kelengkapan dibagi berdasarkan kebutuhan pada kondisi medan jalan dibandingkan dengan ketersediaan di tiap ruas jalan, dengan presentase lengkap 67-100%, kurang lengkap 34-66% dan tidak lengkap 0-33%. Sedangkan untuk parameter fungsi dibagi menjadi dua yaitu berfungsi dengan baik dan rusak atau tidak berfungsi. Nilai bobot parameter alat pengendali dan pengaman pengguna jalan ditetapkan dari 1 sampai 9. Nilai bobot 1 adalah nilai bobot terbaik dengan kondisi paling baik. Nilai bobot 9 adalah nilai bobot terburuk dengan kondisi tidak tersedianya alat pengendali dan pengaman pengguna jalan di ruas jalan. Untuk lebih jelasnya, interval pembobotan alat pengendali dan pengaman pengguna jalan dan nilai bobotnya dapat dilihat pada **Tabel 18**.

Tabel 18. Interval pembobotan alat pengendali dan pengaman pengguna jalan

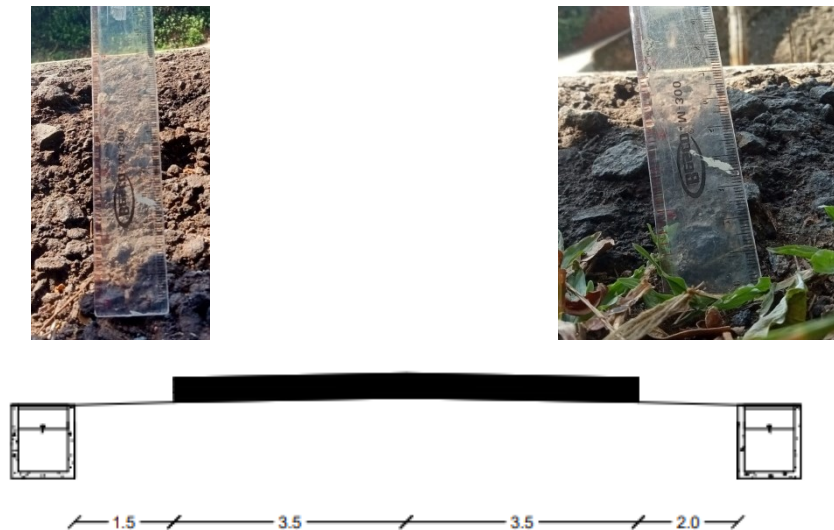
Kondisi Alat Pengendali dan Pengaman Pengguna Jalan	Bobot
Ada Lengkap Berfungsi baik	1
Ada Lengkap Kurang berfungsi	2
Ada Cukup lengkap Berfungsi baik	3
Ada Cukup lengkap Kurang berfungsi	4
Ada Tidak lengkap Berfungsi baik	5
Ada Tidak lengkap Kurang berfungsi	6
Ada Tidak lengkap Tidak berfungsi	8
Tidak ada alat pengendali dan pengaman pengguna jalan	9

C.5 Hasil Survei dan Analisis Data Geometrik Jalan

1. Jalan Raya Ciamis-Banjar

a. Kondisi geometrik jalan

Jalan Raya Ciamis-Banjar berada di Kecamatan Cijeungjing. Ruas jalan ini termasuk jalan dengan fungsi jalan arteri antar kota. Ruas jalan ini menghubungkan Ciamis dengan Banjar. Lokasi *blackspot*nya terletak di depan PT. Sumber Jaya Trans. Dengan lalu lintas yang cukup ramai, jalan ini memiliki badan jalan yang cukup lebar yaitu 7,00 m. Lebar lajunya masing-masing sebesar 3,50 m untuk kedua sisinya. Lebar bahu jalannya masing-masing 1,50 m untuk sisi arah Banjar dan 2,00 m untuk sisi arah sebaliknya. Ruas jalan ini tidak memiliki median jalan dan trotoar. Sementara itu, beda elevasi bahu jalan dan tepi perkerasannya sebesar 10,00 cm untuk sisi arah Ciamis dan 7,00 cm untuk sisi arah Banjar. Panjang jalan lurus maksimum sebesar 1.930 m. Perkerasan jalan yang digunakan pada ruas jalan ini adalah perkerasan lentur. Tata guna lahan di sekitar jalan berupa perumahan dan pendidikan. Kondisi geometrik jalan raya Ciamis-Banjar ditunjukkan seperti pada **Gambar 1**.



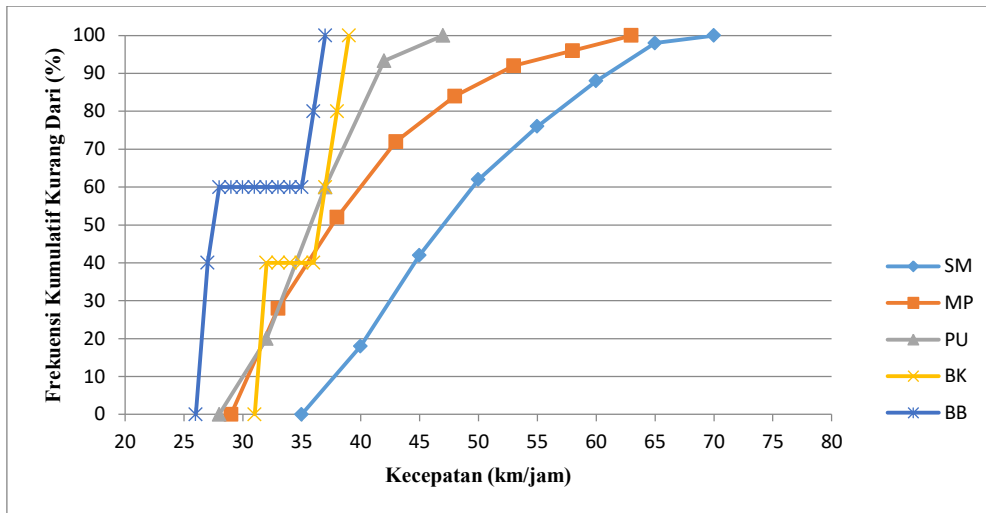
Gambar 1. Kondisi geometrik Jalan Raya Ciamis-Banjar (depan PT. Sumber Jaya Trans).

b. Kecepatan kendaraan

Data sampel kecepatan kendaraan yang diukur di ruas Jalan Raya Ciamis-Banjar adalah sepeda motor sebanyak 50 sampel kendaraan, mobil penumpang 25 sampel kendaraan, *pick up* 15 sampel kendaraan, bus kecil 5 sampel kendaraan dan bus besar 5 sampel kendaraan. Dikarenakan ruas jalan ini tidak dilalui kendaraan truk kecil dan truk besar, maka jenis kendaraan tersebut tidak diperoleh sampel data kecepatannya. Data analisis statistik kecepatan kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 19** dan kurva S kecepatannya dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Tabel 19. Analisis statistik kecepatan kendaraan di Jalan Raya Ciamis-Banjar (depan PT. Sumber Jaya Trans)

Analisis statistik data kecepatan kendaraan	Sepeda Motor (km/jam)	Mobil Penumpang (km/jam)	Pick Up (km/jam)	Bus Kecil (km/jam)	Bus Besar (km/jam)
Mean	48	39	36	35	30
Modus	42	29	39	31	26
Median	48	37	35	36	29
Variance	65	71	25	11	23
Standar deviasi	8	8	5	3	5
Maksimum	65	59	47	38	36
Minimum	35	29	28	31	26
Jumlah data	50	25	15	5	5
Persentil 85 th	59	49	41	38	36



Gambar 2. Kurva S kecepatan kendaraan di Jalan Raya Ciamis-Banjar (depan PT. Sumber Jaya Trans).

Berdasarkan **Tabel 19** dan **Gambar 2** dapat diperoleh informasi kecepatan persentil 85 masing-masing jenis kendaraan di Jalan Raya Ciamis-Banjar beserta jumlah sampel data kendaraannya. Namun dikarenakan hanya satu data nilai kecepatan persentil 85 yang digunakan untuk melakukan pembobotan, maka nilai tersebut diperoleh dari kecepatan persentil 85 dari masing-masing jenis kendaraan dikalikan dengan jumlah data sampel, dibagi dengan jumlah total data sampel. Sehingga kecepatan persentil 85th Jalan Raya Ciamis-Banjar diperoleh dari perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan} = \frac{(59 \times 50) + (49 \times 25) + (41 \times 15) + (38 \times 5) + (36 \times 5)}{50 + 25 + 15 + 5 + 5}$$

$$= 52 \text{ km/jam}$$

Dari perhitungan diperoleh kecepatan persentil 85 di Jalan Raya Ciamis-Banjar di depan PT. Sumber Jaya Trans sebesar 52 km/jam yang selanjutnya digunakan untuk pembobotan parameter kecepatan kendaraan.

2. Jalan Nasional III

a. Kondisi geometrik jalan

Jalan Nasional III berada di Kecamatan Cihaurbeuti dengan fungsi jalan arteri antar kota yang menghubungkan Kabupaten Tasikmalaya dengan Kabupaten Ciamis. Lokasi *blackspot*nya terletak di depan Sukahaji *Waterboom*. Dengan lalu lintas yang cukup ramai, jalan ini memiliki badan jalan yang cukup lebar yaitu 7,00 m. Lebar lajunya masing-masing sebesar 3,50 m. Lebar bahu jalannya 2,20 m untuk sisi arah Ciamis dan 2,50 untuk sisi arah sebaliknya. Ruas jalan ini tidak memiliki median jalan dan trotoar. Beda elevasi bahu jalan dan tepi perkerasannya sebesar 8,00 cm untuk sisi arah Tasikmalaya dan 6,00 cm untuk sisi arah Ciamis. Perkerasan jalan yang digunakan pada ruas jalan ini adalah perkerasan kaku. Tata guna lahan di sekitar jalan berupa parawisata, perumahan dan pendidikan. Kondisi geometrik Jalan Nasional III di Kecamatan Cihaurbeuti ditunjukkan pada **Gambar 3**.



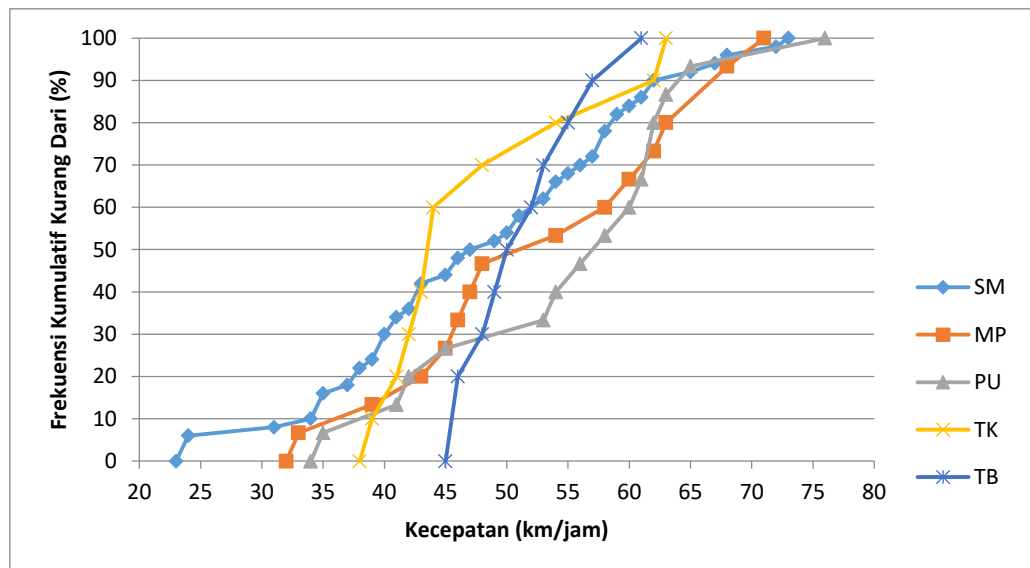
Gambar 3. Keadaan geometrik Jalan Nasional III (depan Sukahaji *Waterboom*).

b. Kecepatan kendaraan

Data sampel kecepatan kendaraan yang diukur di ruas Jalan Raya Nasional III adalah sepeda motor sebanyak 50 kendaraan, mobil penumpang 15 kendaraan, *pick up* 15 kendaraan, truk kecil 10 kendaraan dan truk besar 10 kendaraan. Dikarenakan ruas jalan ini tidak dilalui kendaraan bus kecil dan bus besar, maka jenis kendaraan tersebut tidak diperoleh sampel data kecepatannya. Data analisis statistik kecepatan kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 20** dan kurva S kecepatan kendaraannya dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Tabel 20. Analisis statistik kecepatan kendaraan di jalan raya Nasional III (depan Sukahaji *Waterboom*)

Analisis statistik data kecepatan kendaraan	Sepeda Motor (km/jam)	Mobil Penumpang (km/jam)	<i>Pick up</i> (km/jam)	Truk Kecil (km/jam)	Truk Besar (km/jam)
<i>Mean</i>	47	53	55	47	51
<i>Modus</i>	23	67	61	43	45
<i>Median</i>	47	53	57	43	50
<i>Variance</i>	150	135	117	76	24
Standar deviasi	12	12	11	9	5
Maksimum	72	70	75	62	60
Minimum	23	32	34	38	45
Jumlah data	50	15	15	10	10
Persentil 85 th	61	65	63	58	56



Gambar 4. Kurva S kecepatan kendaraan di Jalan Nasional III (depan Sukahaji *Waterboom*).

Berdasarkan **Tabel 20** dan **Gambar 4** diperoleh kecepatan persentil 85 masing-masing jenis kendaraan di Jalan Nasional III beserta jumlah sampel data kendaraannya. Namun dikarenakan hanya satu data nilai kecepatan persentil 85 yang digunakan untuk melakukan pembobotan, maka nilai tersebut diperoleh dari kecepatan persentil 85 masing-masing jenis kendaraan dikali jumlah data sampel, dibagi jumlah total sampel.

Sehingga kecepatan persentil 85 Jalan Nasional III diperoleh:

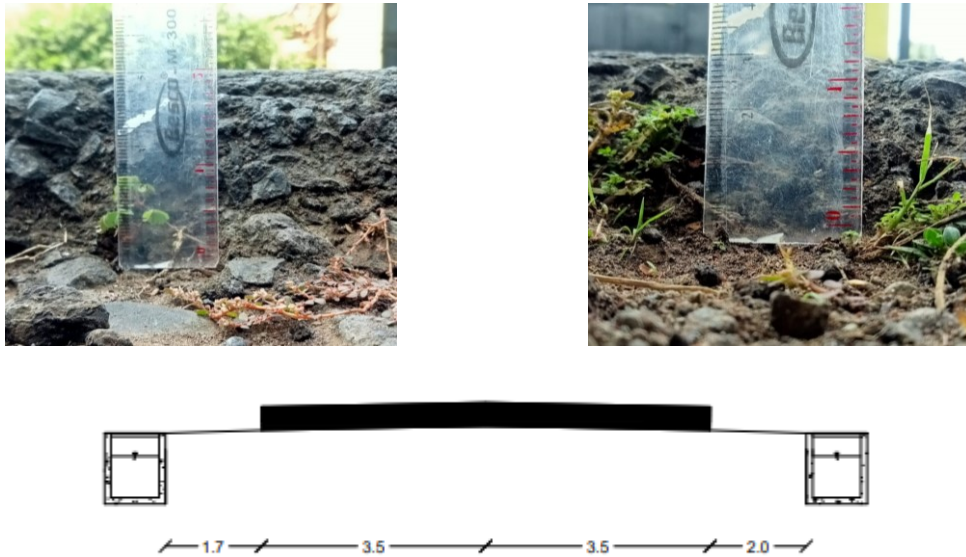
$$\text{Kecepatan} = \frac{(61 \times 50) + (65 \times 15) + (63 \times 15) + (58 \times 10) + (56 \times 10)}{50 + 15 + 15 + 10 + 10} = 61 \text{ km/jam}$$

Diperoleh nilai kecepatan persentil 85 di ruas Jalan Nasional III sebesar 61 km/jam yang selanjutnya digunakan untuk pembobotan parameter kecepatan kendaraan.

3. Jalan Raya Cikoneng

a. Kondisi Geometrik Jalan

Jalan Raya Cikoneng berada di Kecamatan Cikoneng dengan fungsi jalan arteri antar kota. Ruas jalan ini menghubungkan Kabupaten Tasikmalaya dengan Kabupaten Ciamis. Lokasi *blackspot*nya terletak di depan SMK PGRI Cikoneng. Lebar badan jalan sebesar 7,00 m. Lebar lajunya masing-masing sebesar 3,50 m dengan lebar bahu jalannya 2,00 m untuk sisi arah Ciamis dan 1,70 untuk sisi arah sebaliknya. Ruas jalan ini tidak memiliki median jalan dan trotoar. Beda elevasi bahu jalan dan tepi perkerasannya sebesar 5,00 cm untuk sisi arah Tasikmalaya dan 3,00 cm untuk sisi arah Ciamis. Tipe perkerasan jalan yang digunakan adalah perkerasan lentur. Tata guna lahan berupa pendidikan dan perumahan. Kondisi geometrik jalan raya Cikoneng ditunjukkan pada **Gambar 5**.



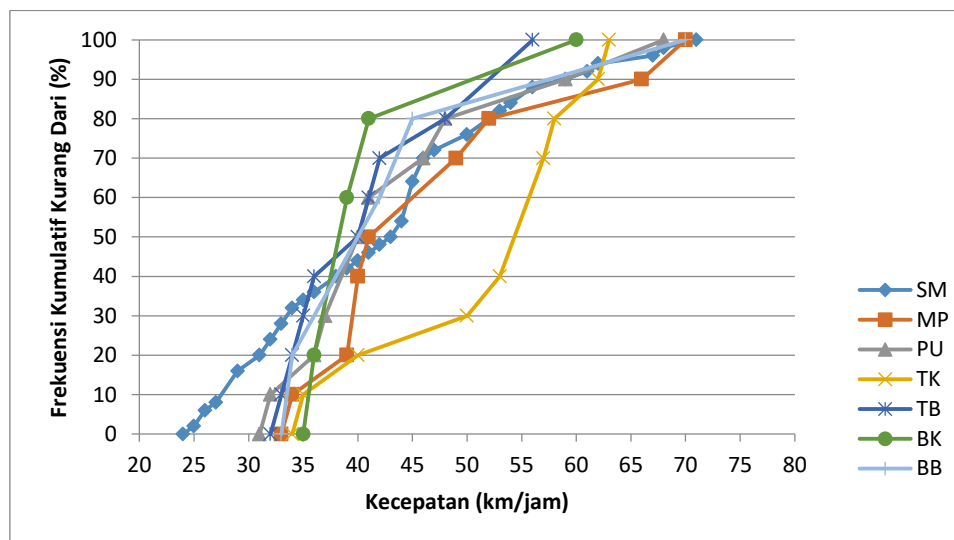
Gambar 5. Kondisi geometrik Jalan Raya Cikoneng (depan SMK PGRI Cikoneng).

b. Kecepatan Kendaraan

Data sampel kecepatan kendaraan yang diukur di ruas Jalan Raya Cikoneng adalah sepeda motor sebanyak 50 kendaraan, mobil penumpang 10 kendaraan, *pick up* 10 kendaraan, truk kecil 10 kendaraan, truk besar 10 kendaraan, bus kecil 5 kendaraan dan bus besar 5 kendaraan. Data analisis statistik kecepatan kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 21** dan data kurva S kecepatan kendaraannya dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Tabel 21. Analisis statistik kecepatan kendaraan di Jalan Raya Cikoneng (depan SMK PGRI Cikoneng)

Analisis Statistik data kecepatan	Sepeda Motor (km/jam)	Mobil Penumpang (km/jam)	Pick up (km/jam)	Truk Kecil (km/jam)	Truk Besar (km/jam)	Bus Kecil (km/jam)	Bus Besar (km/jam)
Mean	42	47	44	52	41	42	46
Modus	44	48	39	56	55	38	41
Median	43	44	40	56	40	38	41
Variance	139	142	124	84	74	94	188
Standar deviasi	12	12	11	9	9	10	14
Maksimum	70	69	67	62	55	59	69
Minimum	24	33	31	34	32	35	33
Jumlah data	50	10	10	10	10	5	5
Persentil 85 th	55	59	54	60	50	46	51



Gambar 6. Kurva S kecepatan kendaraan di Jalan Raya Cikoneng (depan SMK PGRI Cikoneng).

Berdasarkan **Tabel 21** dan **Gambar 6** diperoleh informasi kecepatan persentil 85 setiap jenis kendaraan di Jalan Raya Cikoneng beserta jumlah sampel data kendaraannya. Kecepatan persentil 85 Jalan Raya Cikoneng diperoleh dari perhitungan sebagai berikut:

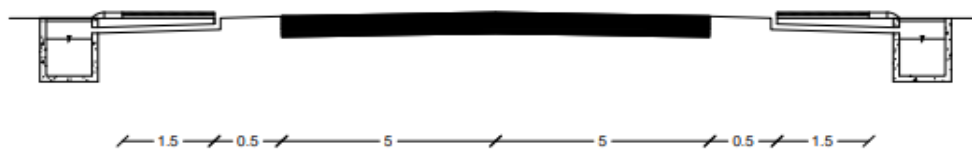
$$\text{Kecepatan} = \frac{(55 \times 50) + (59 \times 10) + (54 \times 10) + (60 \times 10) + (50 \times 10) + (46 \times 5) + (51 \times 5)}{50 + 10 + 10 + 10 + 10 + 5 + 5} = 55 \text{ km/jam}$$

Diperoleh nilai kecepatan persentil 85 di Jalan Raya Cikoneng sebesar 55 km/jam yang digunakan untuk pembobotan parameter kecepatan kendaraan.

4. Jalan Raya Jenderal Soedirman, Ciamis

a. Kondisi Geometrik Jalan

Jalan Raya Jenderal Soedirman berada di Kecamatan Ciamis dengan fungsi jalan arteri perkotaan. Ruas jalan ini menghubungkan Desa Sindangrasa dengan pusat Kota Ciamis. Lokasi *blackspot*nya terletak di depan Aladdin *Auto Station*. Dengan lalu lintas yang cukup ramai, jalan ini memiliki badan jalan yang cukup lebar yaitu 10,00 m. Lebar lajunya masing-masing sebesar 5,00 m. Lebar bahu jalannya masing-masing 0,50 m. Lebar trotoar sebesar 1,50 m dan tidak memiliki median jalan. Beda elevasi bahu jalan dan tepi perkerasannya sebesar 0 cm. Perkerasan jalan yang digunakan pada ruas jalan ini adalah perkerasan lentur. Tata guna lahan di sekitar jalan berupa pendidikan, perkantoran, jasa dan usaha.



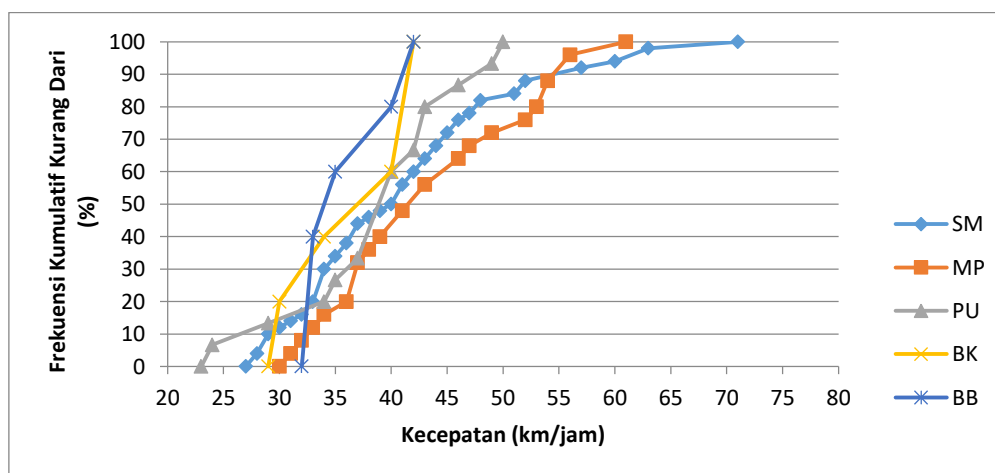
Gambar 7. Kondisi geometrik Jalan Jenderal Soedirman (depan Aladdin *Auto Station*).

b. Kecepatan Kendaraan

Data sampel kecepatan kendaraan yang diukur di ruas Jalan Raya Jenderal Soedirman adalah sepeda motor sebanyak 50 unit kendaraan, mobil penumpang 25 unit kendaraan, *pick up* 15 kendaraan, bus kecil 5 kendaraan, bus besar 5 kendaraan. Analisis statistik kecepatan kendaraan dapat dilihat di **Tabel 22** serta data kurva S kecepatan kendaraannya dapat dilihat pada **Gambar 8**.

Tabel 22. Analisis statistik kecepatan kendaraan di Jalan Raya Jenderal Soedirman (depan Aladdin *Auto Station*)

Analisis Statistik data kecepatan	Sepeda Motor (km/jam)	Mobil Penumpang (km/jam)	<i>Pick up</i> (km/jam)	Bus Kecil (km/jam)	Bus Besar (km/jam)
Mean	40	43	38	37	36
Modus	33	36	39	41	32
Median	40	42	39	39	34
Variance	101	75	49	29	17
Standar deviasi	10	9	7	5	4
Maksimum	70	60	49	41	41
Minimum	27	30	23	29	32
Jumlah data	50	25	15	5	5
Persentil 85 th	51	54	45	41	41



Gambar 8. Kurva S kecepatan kendaraan di Jalan Jenderal Soedirman depan Aladdin *Auto Station*.

Berdasarkan **Tabel 22** dan **Gambar 8** diperoleh informasi kecepatan persentil 85 setiap jenis kendaraan di jalan raya Jenderal Soedirman beserta jumlah sampel data kendaraannya. Namun dikarenakan hanya satu data nilai kecepatan persentil 85 yang digunakan untuk melakukan pembobotan, maka nilai tersebut diperoleh dari kecepatan persentil 85 masing-masing jenis kendaraan dikalikan jumlah data sampel, dibagi jumlah total data sampel.

Sehingga kecepatan persentil 85 Jalan Raya Jenderal Soedirman diperoleh dari perhitungan sebagai berikut:

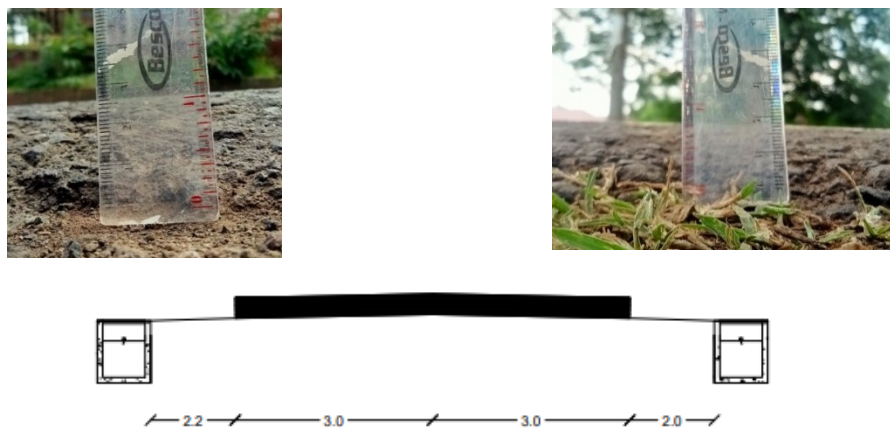
$$\text{Kecepatan} = \frac{(51 \times 50) + (54 \times 25) + (45 \times 15) + (41 \times 5) + (41 \times 5)}{50 + 25 + 15 + 5 + 5} \\ = 50 \text{ km/jam}$$

Diperoleh kecepatan persentil 85 di Jalan Raya Jenderal Soedirman sebesar 50 km/jam yang selanjutnya digunakan pada pembobotan untuk parameter kecepatan kendaraan.

5. Jalan Raya Banjar-Pangandaran

a. Kondisi Geometrik Jalan

Jalan Raya Banjar-Pangandaran berada di Kecamatan Banjarsari. Ruas jalan ini termasuk jalan dengan fungsi jalan kolektor antar kota. Ruas jalan ini menghubungkan Kecamatan Banjarsari dengan Kabupaten Pangandaran. Lokasi *blackspot*nya terletak di depan SD Negeri 2 Ciherang. Dengan lalu lintas yang cukup ramai, jalan ini memiliki badan jalan yang cukup lebar yaitu 6,00 m. Lebar lajunya masing-masing sebesar 3,00 m untuk kedua sisinya. Lebar bahu jalannya masing-masing sebesar 2,00 m untuk sisi arah Banjar dan 2,20 untuk sisi sebaliknya. Ruas jalan ini tidak memiliki median jalan dan trotoar jalan. Beda elevasi bahu jalan dan tepi perkerasannya sebesar 2,00 cm untuk sisi arah Kabupaten Ciamis dan 1,50 cm untuk sisi arah Kabupaten Pangandaran. Panjang jalan lurus maksimum sebesar 547 m. Perkerasan jalan yang digunakan pada ruas jalan ini adalah perkerasan lentur. Tata guna lahan di sekitar jalan berupa pendidikan, serta jasa dan usaha. Kondisi geometrik Jalan Raya Banjar-Pangandaran (depan SD Negeri 2 Ciherang) ditunjukkan pada **Gambar 9**.



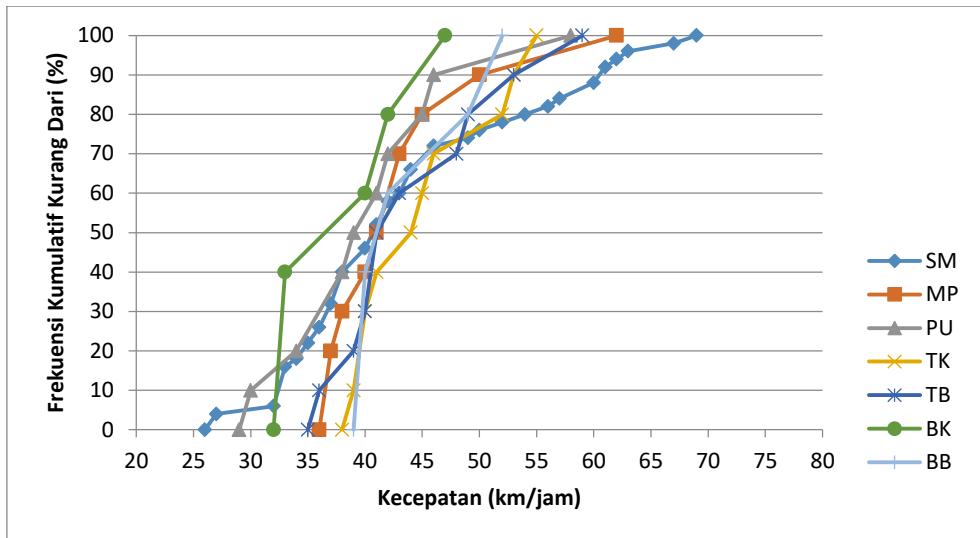
Gambar 9. Keadaan geometrik Jalan Raya Banjar-Pangandaran (depan SD Negeri 2 Ciherang).

b. Kecepatan Kendaraan

Data sampel kecepatan kendaraan yang diukur di ruas Jalan Raya Banjar-Pangandaran adalah sepeda motor sebanyak 50 kendaraan, mobil penumpang 10 kendaraan, *pick up* 10 kendaraan, truk kecil 10 kendaraan, truk besar 10 kendaraan, bus kecil 5 kendaraan dan bus besar 5 kendaraan. Data analisis statistik kecepatan kendaraan dapat dilihat pada **Tabel 23** serta data kurva S kecepatan kendaraannya dapat dilihat pada **Gambar 10**.

Tabel 23. Analisis statistik kecepatan kendaraan di jalan raya Banjar-Pangandaran (depan SD Negeri 2 Ciherang)

Analisis Statistik data kecepatan	Sepeda Motor (km/jam)	Mobil Penumpang (km/jam)	Pick Up (km/jam)	Truk Kecil (km/jam)	Truk Besar (km/jam)	Bus Kecil (km/jam)	Bus Besar (km/jam)
Mean	43	43	40	45	45	38	44
Modus	32	36	37	39	40	32	39
Median	40	41	39	44	45	39	41
Variance	114	58	58	35	54	37	31
Standar deviasi	11	8	8	6	7	6	6
Maksimum	68	61	57	54	58	46	51
Minimum	26	36	29	38	35	32	39
Jumlah data	50	10	10	10	10	5	5
Persentil 85 th	58	48	46	53	51	43	50



Gambar 10. Kurva S kecepatan kendaraan Jalan Raya Banjar-Pangandaran (depan SD Negeri 2 Ciherang).

Berdasarkan **Tabel 23** dan **Gambar 10** dapat diperoleh informasi kecepatan persentil 85 masing-masing jenis kendaraan di jalan raya Banjar-Pangandaran beserta jumlah sampel data kendaraannya. Namun dikarenakan hanya satu data nilai kecepatan persentil 85 yang digunakan untuk melakukan pembobotan, maka nilai tersebut diperoleh dari kecepatan persentil 85 masing-masing jenis kendaraan dikalikan dengan jumlah data sampel dan dibagi dengan jumlah total data sampel.

Sehingga kecepatan persentil 85 jalan raya Banjar-Pangandaran diperoleh dari perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan} = \frac{(58 \times 50) + (48 \times 10) + (46 \times 10) + (53 \times 10) + (51 \times 10) + (43 \times 5) + (50 \times 5)}{50 + 10 + 10 + 10 + 10 + 5 + 5}$$

$$= 53 \text{ km/jam}$$

Diperoleh nilai kecepatan persentil 85 di Jalan Raya Banjar-Pangandaran sebesar 53 km/jam yang selanjutnya digunakan untuk pembobotan parameter kecepatan kendaraan.

C.6 Fasilitas Perlengkapan Jalan

1. Rekapitulasi Data Fasilitas Perlengkapan Jalan di Ruas Jalan Raya Ciamis-Banjar

Jalan Raya Ciamis-Banjar terletak di Kecamatan Cijeungjing. Ruas jalan yang merupakan penghubung antara Ciamis dan Kota Banjar ini berada pada geografis berupa dataran. Marka jalan sepanjang lokasi *blackspot* Jalan Raya Ciamis-Banjar terdiri dari marka tepi kanan dan kiri dengan lebar masing-masing 12 cm. Marka membujur garis putus-putus dan marka membujur garis utuh yang berfungsi sebagai pembagi lajur dengan lebar 12 cm, panjang 3 m dan jarak antar marka 5 m. *Zebra cross* dengan lebar 30 cm, panjang 3 m, dan jarak antar garis 30 cm. Kondisi marka jalan secara visual dapat terlihat dengan jelas. Rambu lalu lintas di Jalan Raya Ciamis-Banjar dapat dikatakan kurang lengkap dikarenakan ada rambu yang hilang yaitu rambu batas kecepatan dan rambu peringatan lokasi rawan kecelakaan. Salah satu rambu yang tersedia berupa rambu peringatan persimpangan tiga dengan prioritas yang terletak pada koordinat S 07.326054° E 108.372496°. Terdapat APILL lampu satu warna yang dapat dilihat dari dua sisi lajur dan berfungsi dengan baik. Alat penerangan jalan di Jalan Raya Ciamis-Banjar memiliki jarak antar alat penerangan jalan sebesar 48 m dan lampu menyala redup pada malam hari. Tiap fasilitas perlengkapan jalan ditinjau dari arah Ciamis ke Banjar. Sehingga sisi ruas kiri adalah jalur arah ke Banjar dan sisi kanan ruas jalan adalah jalur arah Ciamis. Sementara itu, kondisi parameter fasilitas perlengkapan jalan secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 24**.

Tabel 24. Rekapitulasi kondisi fasilitas perlengkapan jalan di Jalan Raya Ciamis-Banjar

No.	Jenis Fasilitas Perlengkapan Jalan	Kondisi Fasilitas Perlengkapan Jalan		
1.	Marka jalan	Jenis Marka Jalan	Jarak dan atau Ukuran	Gambar
		Marka tepi sisi kiri jalan	Lebar 12 cm, warna putih, kondisi terlihat jelas.	
		Marka tepi sisi kanan jalan	Lebar 12 cm, warna putih, kondisi terlihat jelas.	
		Marka tengah	Lebar 12 cm, panjang 3 m dan jarak tiap marka 5 m, warna kuning, kondisi terlihat jelas.	
		Paku jalan	Tidak ada	
		Tempat penyebrangan (zebra cross)	Lebar 30 cm, panjang 3 m dan jarak antar garis 30 cm, kondisi terlihat jelas.	
2.	Rambu lalu lintas	Jenis Rambu Lalu lintas	Koordinat	Gambar
		Rambu peringatan hati-hati satu buah	S 07.325630° E 108.380988°	
		Rambu peringatan banyak pejalan kaki satu buah	S 07.325498° E 108.379175°	
		Rambu peringatan simpang empat dua buah.	S 07.326054° E 108.372496°	

3.	APILL	Jenis APILL	Kondisi dan Koordinat	Gambar
		APILL lampu satu warna	Berfungsi dengan baik, dan dapat dilihat dari dua arah S 07.325739° E 108.376670°	
4.	Alat penerangan jalan	Fungsi	Jarak	Gambar
		Lampu menyala redup pada malam hari.	48 m	
5.	Alat pengendali dan pengaman pengguna jalan	Jenis	Kondisi	Gambar
		Rumble strips	Tidak ada	
		Guardrail	Tidak ada	
		Delineator	Tidak ada	
		Cermin tikungan	Tidak ada	

2. Rekapitulasi Data Fasilitas Perlengkapan Jalan di Ruas Jalan Nasional III

Jalan Nasional III terletak di Kecamatan Cihaurbeuti dengan medan datar. Ruas jalan ini menghubungkan Kabupaten Tasikmalaya dengan Kabupaten Ciamis. Marka jalan sepanjang lokasi *blackspot* di Jalan Raya Nasional III terdiri dari marka tepi kanan dan kiri dengan lebar 12 cm. Marka membujur berupa garis putus-putus dan marka membujur garis utuh yang berfungsi sebagai pembagi lajur dengan lebar 12 cm, panjang 3 m dan jarak antar marka 5 m. Zebra cross dengan lebar 30 cm, panjang 3 m, dan jarak antar garis 30 cm. Kondisi marka secara visual dapat terlihat dengan jelas. Rambu lalu lintas kurang lengkap karena tidak tersedianya rambu peringatan hati-hati atau peringatan banyaknya pejalan kaki. Tata guna lahan difungsikan sebagai pendidikan, perumahan dan pariwisata. Salah satu rambu yang tersedia berupa rambu peringatan persimpangan tiga pada koordinat S 07,260039° E 108,196556°. Terdapat APILL lampu satu warna yang dapat dilihat dari dua sisi lajur dan berfungsi dengan baik. Alat penerangan jalan memiliki jarak antar alat penerangan jalan sebesar 45 m dan lampu menyala terang pada malam hari. Ruas jalan ini dilengkapi dengan alat pengendali dan pengaman pengguna jalan berupa guardrail, tetapi tidak dilengkapi dengan reflektor. Tiap fasilitas perlengkapan jalan ditinjau dari arah Ciamis ke Tasikmalaya. Kondisi parameter fasilitas perlengkapan jalan secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 25**.

Tabel 25. Rekapitulasi kondisi fasilitas perlengkapan jalan di Jalan Nasional III

No.	Jenis Fasilitas Perlengkapan Jalan	Kondisi		
1.	Marka jalan	Jenis Marka Jalan	Jarak dan atau Ukuran	Gambar
		Marka tepi sisi kiri jalan	Lebar 12 cm, warna putih, kondisi terlihat jelas	
		Marka tepi sisi kanan jalan	Lebar 12 cm, warna putih, kondisi terlihat jelas	

		Marka tengah	Lebar 12 cm, panjang 3 m dan jarak tiap marka 5 m, warna kuning, kondisi terlihat jelas		
		Paku jalan	Tidak ada		
		Tempat penyeberangan (zebra cross)	Lebar 30 cm, panjang 3 m dan jarak antar garis 30 cm, kondisi terlihat jelas		
2.	Rambu lalu lintas	Jenis Rambu Lalu lintas	Koordinat	Gambar	
		Rambu peringatan persimpangan tiga satu buah	S 07.260039° E 108.1965556°		
		Rambu peringatan tempat penyeberangan satu buah	S 07.260287° E 108.196622°		
		Rambu peringatan jalan berkelok satu buah	S 07.272322° E 108.198952°		
3.	APILL	Jenis APILL	Kondisi dan Koordinat	Gambar	
		APILL lampu satu warna	Berfungsi dengan baik, dan dapat dilihat dari dua arah S 07.267250° E 108.198236°		
4.	Alat penerangan jalan	Fungsi	Jarak	Gambar	
		Lampu menyala terang pada malam hari	45 m		

5.	Alat pengendali dan pengaman pengguna jalan	Jenis	Kondisi	Gambar
		<i>Rumble strips</i>	Tidak ada	
		<i>Guardrail</i>	Ada, tetapi tidak dilengkapi reflektor	
		<i>Delineator</i>	Tidak ada	
		Cermin tikungan	Tidak ada	

C.7 Analisis Pembobotan Parameter Geometrik Jalan

Hasil pembobotan parameter geometrik jalan pada lima lokasi ruas jalan dapat dilihat pada **Tabel 26**.

Tabel 26. Hasil pembobotan parameter geometrik jalan

Parameter	Jalan Raya Ciamis-Banjar (Arteri)	Jalan Nasional III (Arteri)	Jalan Raya Cikoneng (Arteri)	Jalan Raya Banjar-Pangandaran (Kolektor)	Jalan Jenderal Soedirman (Arteri)
Kecepatan (km/jam)	52	61	55	53	50
Bobot	1	2	1	2	1
Lebar Lajur jalan (m)	3,5	3,5	3,5	3	5
Bobot	1	1	1	1	1
Lebar bahu (m)	1,5	2,2	1,7	2	0,5
Bobot	2	1	2	1	1
Lebar trotoar jalan (m)	0	0	0	0	1,5
Bobot	1	1	1	1	1
Lebar median jalan (m)	0	0	0	0	0
Bobot	5	5	5	5	5
Beda elevasi bahu dan tepi perkerasan (cm)	10	8	5	2	0
Bobot	4	3	2	2	1
Total Bobot	13	13	12	12	10

C.8 Analisis Pembobotan Fasilitas Perlengkapan Geometrik Jalan

Hasil pembobotan fasilitas perlengkapan jalan pada lima lokasi ruas jalan dapat dilihat pada **Tabel 27**.

Tabel 27. Hasil pembobotan fasilitas perlengkapan jalan

No	Ruas Jalan	Marka Jalan	Rambu Lalu Lintas	APILL	Alat Penerangan Jalan	Alat Pengendali dan Pengaman Pengguna Jalan	Total Bobot
1	Jalan Raya Ciamis-Banjar	Ada	Ada	Ada	Ada	Tidak ada	
		Lengkap	Tidak lengkap	Lengkap	Menyala redup		
		Terlihat jelas	Kondisi baik	Lampu satu warna Sesuai aturan	Jarak sesuai aturan		
		Sesuai aturan	Sesuai aturan	Berfungsi dengan baik			
Bobot		1	5	1	5	9	21
2	Jalan Nasional III	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	
		Lengkap	Tidak lengkap	Lengkap	Menyala terang	Lengkap	
		Terlihat jelas	Kondisi baik	Lampu satu warna Sesuai aturan	Jarak sesuai aturan	Kurang berfungsi	
		Sesuai aturan	Sesuai aturan	Berfungsi dengan baik			
Bobot		1	5	1	1	2	10
3	Jalan Raya Cikoneng	Ada	Ada	Ada	Ada	Tidak ada	
		Lengkap	Lengkap	Lengkap	Menyala terang		
		Terlihat jelas	Kondisi baik	Lampu satu warna Sesuai aturan	Jarak sesuai aturan		

		Sesuai aturan	Sesuai aturan	Tidak berfungsi baik			
Bobot		1	1	3	1	9	15
4	Jalan Jenderal Soedirman (Jalan perkotaan)	Ada	Ada	Ada	Ada	Tidak ada	
		Lengkap	Lengkap	Tidak berfungsi	Menyala terang		
		Terlihat jelas	Kondisi baik		Jarak sesuai aturan		
		Sesuai aturan	Sesuai aturan				
Bobot		1	1	7	1	9	19
5	Jalan Raya Banjar-Pangandaran	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada	
		Lengkap	Lengkap	Lengkap	Menyala terang	Lengkap	
		Terlihat jelas	Kondisi baik	Lampu satu warna	Jarak sesuai aturan	Kurang berfungsi	
		Sesuai aturan	Sesuai aturan	Berfungsi dengan baik			
Bobot		1	1	1	1	2	6

C.9 Urutan Peringkat Ruas Jalan Berdasarkan Pembobotan

Urutan 5 peringkat ruas jalan berdasarkan pembobotan parameter geometrik jalan dan parameter fasilitas perlengkapan jalan dapat dilihat pada **Tabel 28**.

Tabel 28. Tabel nilai bobot pada masing-masing ruas jalan

Nama Ruas Jalan	Nilai Bobot			Peringkat		
	Geometrik Jalan	Fasilitas Perlengkapan Jalan	Parameter Geometrik dan Fasilitas Perlengkapan Jalan	Geometrik Jalan	Fasilitas Perlengkapan Jalan	Parameter Geometrik dan Fasilitas Perlengkapan Jalan
Jalan Raya Ciamis-Banjar	13	21	34	1	1	1
Jalan Nasional III	13	10	23	2	4	4
Jalan Raya Cikoneng	12	15	27	3	3	3
Jalan Jenderal Soedirman	10	19	29	5	2	2
Jalan Raya Banjar-Pangandaran	12	6	18	4	5	5

Menurut Treat, dkk. penyebab utama terjadinya kecelakaan lalu lintas yaitu (1) faktor manusia, (2) faktor kendaraan, (3) faktor jalan dan lingkungan. Menurut distribusinya, faktor manusia merupakan faktor paling utama dalam penyebab terjadinya kecelakaan yaitu sebesar 95,4%, hal ini dikarenakan manusia berhubungan langsung dengan etika berlalu lintas, komunikasi di jalan, kecerobohan pengendara dan pemahaman terhadap teknik berkendara [1]. Menurut Vayalamkuzhi dan Amirhalingam, kecepatan kendaraan, jalur akses, median dan kelengkungan horisontal memiliki kontribusi terhadap jumlah total kecelakaan [2]. Kepadatan persimpangan, pengembangan lahan di sepanjang jalan, dan keberadaan trotoar merupakan faktor persepsi risiko yang teridentifikasi. Batas kecepatan mendorong pengemudi yang lambat untuk mengemudi lebih cepat dan pengemudi yang cepat untuk mengemudi lebih lambat [3]. Terdapat hubungan antara desain geometrik jalan dan keamanan. Evaluasi desain geometrik jalan dapat diubah untuk menentukan lokasi rawan kecelakaan, sehingga diperlukan perbaikan pada bagian geometrik yang tidak sesuai [4]. Selain itu, berdasarkan penelitian yang dilakukan di Spanyol menghasilkan bahwa jalur utama yang sempit, jalur bahu jalan, jalur tengah dan jalur lambat, dapat meningkatkan tingkat keparahan kecelakaan. Superelevasi yang lebih tinggi dan kemiringan yang lebih curam juga akan meningkatkan tingkat keparahan kecelakaan [5]. Dalam hal ini menandakan bahwa geometrik dan fasilitas perlengkapan jalan mempunyai pengaruh terhadap terjadinya kecelakaan, namun hal tersebut bukan menjadi penyebab utama terjadinya kecelakaan di beberapa ruas jalan khususnya di Kabupaten Ciamis. Sehingga ketidak konsistenan peringkat pada beberapa ruas jalan disebabkan karena pengaruh faktor lain yang lebih besar terhadap terjadinya kecelakaan.

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan pada tahun pelaksanaan penelitian. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta unggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui

Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian luaran

1. Pemakalah pada *The 5th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering (ICRMCE)* 2021 tanggal 7-8 Juli 2021 dengan judul artikel "**Determining the Maximum Speed Limit in Residential Area**".
2. Artikel pada prosiding internasional di pengideks bereputasi *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* No. 847 (2021) 012019 2021 tanggal 12 Agustus 2021 dengan judul artikel "**Determining of black spot location in Purbalingga Regency using road geometric approach**" dengan link <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/847/1/012019>.
3. Pemakalah pada *The 3rd International Conference on Green Civil and Environmental Engineering (ICGCEE)* 2021 tanggal 12 Agustus 2021 dengan judul artikel "**Determining the maximum speed limit based on stopping sight distance (SSD) and risk of fatality**".
4. Pemakalah pada *The 3rd International Conference on Green Civil and Environmental Engineering (ICGCEE)* 2021 tanggal 12 Agustus 2021 dengan judul artikel "**Determining of black spot location in Purbalingga Regency using road geometric approach**".
5. Pemakalah pada *The 3rd International Symposium on Transport Studies in Developing Countries (ISTSDC)* 2021 tanggal 4-5 November 2021 dengan judul artikel "**Road Infrastructure Deficiency and Road Safety Audit at Black Spot Area in Rural Road**".
6. Hasil kajian lokasi rawan kecelakaan lalu lintas dengan menggunakan pembobotan angka ekuivalen kecelakaan (AEK) metode *Upper Control Limit* (UCL)
7. Hasil kajian pembobotan parameter geometrik jalan untuk menentukan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas.
8. Hasil kajian pembobotan parameter fasilitas perlengkapan jalan untuk menentukan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas.

E. **PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (jika ada). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian mitra

Pada riset dasar tahun pertama (2021) ini tidak melibatkan mitra penelitian.

F. **KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Kendala yang dihadapi pada penelitian dasar ini adalah sebagai berikut:

1. Adanya Pemberlakuan Pembatasan Kegiatan Masyarakat (PPKM) oleh Pemerintah mengakibatkan beberapa perkantoran yang ada di Jakarta membuat kebijakan tidak menerima tamu dari luar secara langsung pada saat pengambilan data sekunder. Namun kendala ini sudah berhasil diatasi dengan mengirimkan berkas melalui surel (e-mail) dan penjelasan dilakukan dengan telepon. Untuk perkantoran yang ada di Yogyakarta seperti PT Angkasa Pura Cabang Yogyakarta, Bandara Yogyakarta International Airport (YIA) pengambilan data dilakukan secara langsung dengan protokol kesehatan yang ketat. (Kendala yang ada sudah bisa diatasi).
2. Adanya pandemi COVID-19 sangat berdampak pada sektor transportasi yang mengakibatkan beberapa armada tidak beroperasi. Solusi yang dilakukan pada saat perjalanan untuk pengambilan data di PT Angkasa Pura Jakarta dan Kementerian Perhubungan yang semula direncanakan dengan menggunakan pesawat dari Bandara Yogyakarta International Airport (YIA) ke Bandar Udara Soekarno-Hatta diubah menjadi moda darat yaitu dengan menyewa kendaraan pribadi dan sopir. (Kendala yang ada sudah bisa diatasi).

G. **RENCANA TINDAK LANJUT PENELITIAN:** Tuliskan dan uraikan rencana tindak lanjut penelitian selanjutnya dengan melihat hasil penelitian yang telah diperoleh. Jika ada target yang belum diselesaikan pada akhir tahun pelaksanaan penelitian, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai tersebut.

Kecelakaan lalu lintas di Indonesia sudah mencapai kondisi sangat memprihatinkan. Penyebabnya adalah tingginya tingkat pertumbuhan kepemilikan kendaraan bermotor terutama jenis sepeda motor. Faktor lain yang menjadi penyebabnya adalah masih rendahnya tingkat kedisiplinan pengguna jalan dalam berlalu lintas [6]. Angka kecelakaan dan jumlah korban kecelakaan di Indonesia masih tinggi. Mengacu pada data Korlantas Polri, kecelakaan pada tahun 2020 mencapai 107.968 kasus kecelakaan dengan jumlah korban meninggal dunia 29.083 orang, korban luka berat 13.258 orang, korban luka ringan 129.095 orang [7]. Tiga faktor penyebab kecelakaan yaitu faktor manusia, kendaraan, dan jalan/lingkungan [8-9]. Penyebab kecelakaan tertinggi adalah faktor manusia (*human error*), karena kecerobohan pengendara, kurangnya pemahaman pengendara sepeda motor terhadap teknik berkendara [10]. Sebanyak 66% kecelakaan terjadi disebabkan oleh faktor *human error* dan 33% karena faktor interaksi kendaraan, pengguna jalan lain, dan faktor lingkungan [11-12]. Mobilitas adalah salah satu komponen yang berkontribusi terhadap kecelakaan [12-13]. Model keselamatan jalan difokuskan terutama pada faktor risiko [14-15] dan batas kecepatan [16-17].

Dengan adanya kerugian baik korban nyawa dan harta yang sangat tinggi, maka diperlukan upaya untuk meningkatkan keselamatan. Faktor utama penyebab kecelakaan adalah manusia yang mengendarai kendaraan dengan kecepatan tinggi. Di New South Wales resiko akibat kecelakaan turun 25,3% setelah aturan penetapan batas kecepatan diterapkan [18-19]. Australia menurunkan batas kecepatan untuk daerah perkotaan dari 60 km/jam menjadi 50 km/jam terbukti telah mengurangi resiko akibat kecelakaan. Penetapan batas kecepatan di daerah perkotaan di Victoria telah berhasil menurunkan kecelakaan 12% [20]. Perubahan kecepatan rerata 1 km/jam akan merubah resiko kecelakaan 3%, meski kualitas dan fungsi jalan juga berpengaruh [21-22].

Upaya untuk mengurangi tingginya jumlah kecelakaan lalu lintas yaitu dengan menentukan dan menangani daerah rawan kecelakaan. Daerah rawan kecelakaan adalah daerah yang mempunyai angka kecelakaan tinggi, resiko dan potensi kecelakaan yang tinggi pada suatu ruas jalan [23]. Salah satu metode untuk menentukan lokasi rawan kecelakaan yaitu dengan menggunakan angka ekuivalen kecelakaan dan metode *upper control limit* [24]. Akan tetapi, metode ini mempunyai kelemahan yaitu lokasi rawan kecelakaan dapat ditentukan setelah menunggu adanya data kecelakaan dan korban kecelakaan lalu lintas baik nyawa maupun harta benda [6] [25]. Untuk itu diperlukan kajian penelitian dengan menggunakan pendekatan lain dalam menentukan lokasi rawan kecelakaan tanpa harus menunggu adanya kecelakaan dan korban. Pendekatan yang diusulkan yaitu dengan pembobotan berdasarkan parameter geometrik jalan, fasilitas perlengkapan jalan, dan konflik lalu lintas. Setiap nilai parameter geometrik dan fasilitas perlengkapan jalan di lapangan dibandingkan dengan nilai standar perencanaan dan selanjutnya dilakukan pembobotan. Dengan metode ini maka lokasi rawan kecelakaan dapat diprediksi dan ditentukan sebelum insiden kecelakaan itu terjadi. Dengan demikian, dapat dilakukan penanganan secara dini dan tepat untuk mencegah terjadinya kecelakaan dan jumlah korban kecelakaan lalu lintas yang lebih banyak. Titik lokasi rawan kecelakaan lalu lintas dengan menggunakan metode angka ekuivalen kecelakaan hanya bisa diketahui setelah terjadinya kecelakaan lalu lintas (timbul korban manusia dan harta benda terlebih dahulu) sedangkan untuk metode pembobotan parameter geometrik jalan, fasilitas perlengkapan jalan, dan konflik lalu lintas dapat diprediksi sebelum insiden kecelakaan terjadi.

Tujuan Penelitian

Tujuan jangka panjang penelitian dasar ini adalah untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas menuju *zero accident*. Penentuan lokasi rawan kecelakaan tanpa menunggu terjadinya kecelakaan tetapi berdasarkan model dinamis yang diberi masukan tiga parameter yaitu geometrik jalan, fasilitas perlengkapan jalan, dan konflik lalu lintas akan menghasilkan pemetaan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas dan peta daerah rawan kecelakaan lalu lintas. Peta lokasi rawan kecelakaan ini dapat digunakan untuk mengembangkan teknologi peringatan dini (*early warning systems*) kepada masyarakat agar lebih berhati-hati dan waspada ketika melewati lokasi rawan kecelakaan lalu lintas (*black spot*).

Penelitian tahun kedua (2022) bertujuan untuk:

- Menganalisis data konflik lalu lintas pada lokasi rawan kecelakaan lalu lintas.
- Melakukan analisis statistik dan analisis pemilihan model penentuan lokasi rawan kecelakaan terbaik dengan menggunakan metode *stepwise* berbasis *Predicted Residual Error Sum of Squares* (PRESS).
- Melakukan analisis statistik dan analisis pemilihan model penentuan lokasi rawan kecelakaan terbaik dengan menggunakan metode *stepwise* berbasis *Akaike Information Criterion* (AIC).

Penelitian tahun ketiga (2023) bertujuan untuk:

- Melakukan validasi model penentuan lokasi rawan kecelakaan terbaik dengan menggunakan metode *stepwise* berbasis PRESS dan *Akaike Information Criterion* (AIC).
- Melakukan analisis statistik pemetaan daerah rawan kecelakaan berbasis pembelajaran mesin (*machine learning*).
- Merumuskan model daerah rawan kecelakaan menggunakan pembelajaran mesin (*machine learning*).

Target Luaran Penelitian

Target luaran penelitian tahun kedua (2022):

- Publikasi di jurnal internasional bereputasi **Jurnal Teknologi: Sciences & Engineering** (Scopus Q2) dengan topik "*Determining the Blackspot Location using Stepwise Method: PRESS and Akaike Information Criterion*".
- Model penentuan lokasi rawan kecelakaan terbaik dengan menggunakan metode *stepwise* berbasis PRESS dan *Akaike Information Criterion* (AIC).
- Luaran tambahan: Publikasi di jurnal internasional bereputasi **Journal of Engineering Research** (Terindeks Scopus Q3).

Target luaran penelitian tahun ketiga (2023):

- Publikasi di jurnal internasional bereputasi **Engineering Journal** (Scopus Q2) dengan topik "*Development Blackspot Area Model based on Machine Learning*".
- Model daerah rawan kecelakaan menggunakan pembelajaran mesin (*machine learning*).
- Luaran tambahan: Publikasi di jurnal internasional bereputasi **Alexandria Engineering Journal** (Scopus Q1) dan hak kekayaan intelektual berupa hak cipta

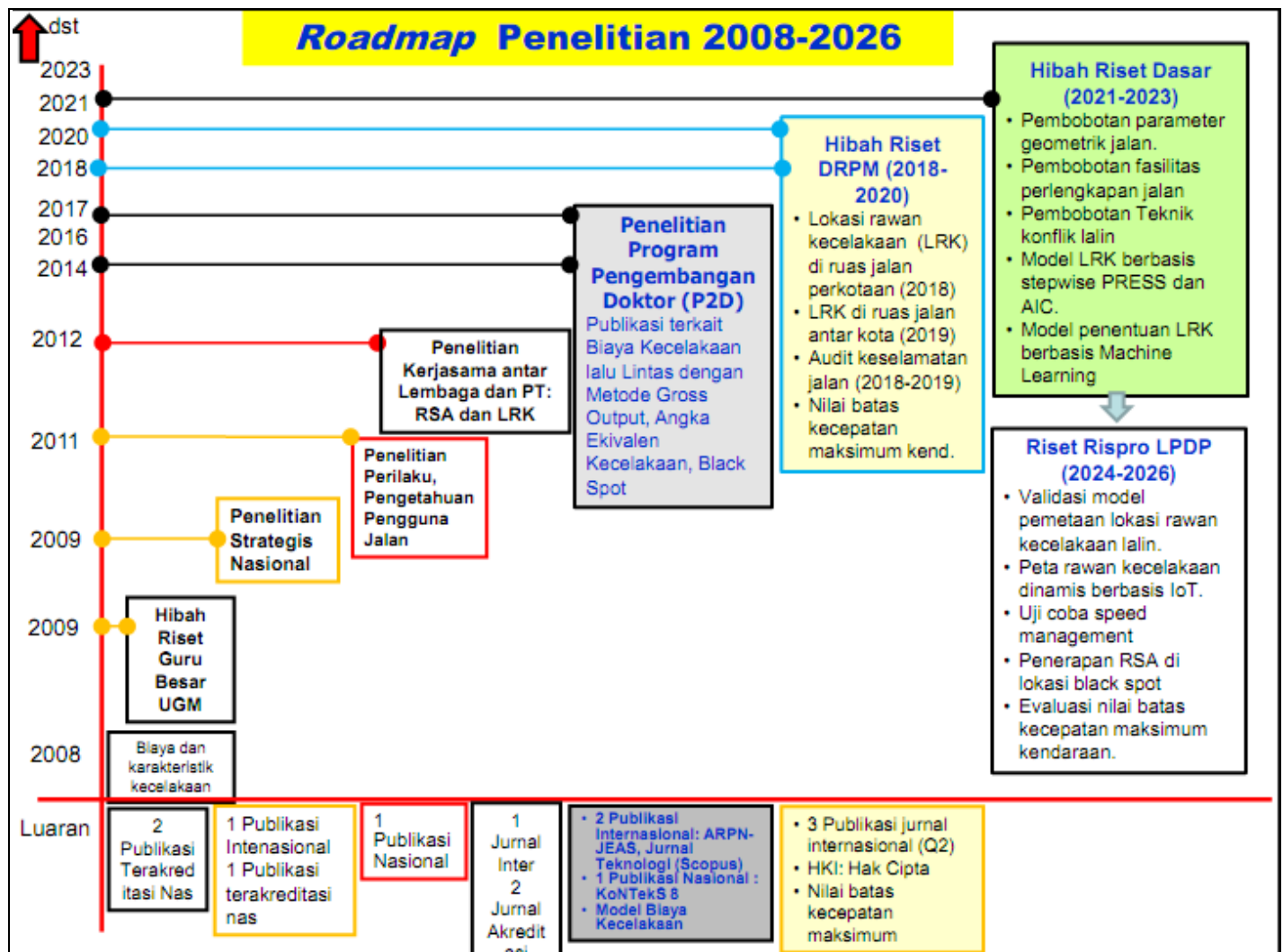
Urgensi/Keutamaan) Penelitian

- Jumlah kecelakaan dan tingkat keparahan korban kecelakaan lalu lintas yang sangat tinggi perlu segera diatasi dengan menangani daerah rawan kecelakaan lalu lintas.
- Model penentuan lokasi rawan kecelakaan berdasarkan parameter geometrik jalan, fasilitas perlengkapan jalan dan konflik lalu lintas dapat diprediksi sebelum insiden kecelakaan lalu lintas terjadi. Mengatasi kelemahan metode angka ekuivalen kecelakaan yang hanya bisa diketahui setelah terjadinya kecelakaan lalu lintas (timbul korban manusia dan harta benda) sedangkan untuk metode fasilitas perlengkapan jalan dapat diprediksi sebelum insiden kecelakaan lalu lintas itu terjadi.
- Dengan dihasilkannya pemetaan lokasi rawan maka dapat diketahui ruas jalan mana saja yang merupakan lokasi *blackspot* sehingga dapat dikaji upaya penanganan yang paling tepat, baik pemasangan rambu dan marka jalan, maupun parameter geometrik jalan sehingga pengguna akan lebih waspada dan hati-hati.

Penelitian dasar ini merupakan kelanjutan dari Penelitian Program Pengembangan Doktor (P2D) yang fokus pada bidang transportasi, tema teknologi dan manajemen keselamatan transportasi dengan topik riset manajemen keselamatan. Penelitian ini akan menghasilkan metode penentuan lokasi rawan kecelakaan berdasarkan tiga faktor yaitu parameter geometrik jalan, fasilitas perlengkapan jalan dan konflik lalu lintas, model pemetaan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas berbasis pembelajaran mesin (*machine learning*) dan metode statistik menggunakan metode *stepwise* berbasis PRESS dan AIC.

Peta Jalan Penelitian

Peta jalan penelitian Gito Sugiyanto dengan tema keselamatan transportasi dimulai sejak tahun 2008. Sugiyanto dan Malkhamah mengkaji perbandingan biaya kecelakaan lalu lintas di Sleman, Vietnam dan Cyprus. Tahun 2009, Sugiyanto melakukan kajian evaluasi kondisi pemenuhan keselamatan transportasi dengan menggunakan metode gap analisis serta membuat usulan program untuk meningkatkan keselamatan transportasi. Malkhamah, Sugiyanto dan Widiati (2009) melakukan penelitian strategis nasional dengan tujuan untuk mengembangkan model biaya kemacetan dan teknik konflik lalu lintas sebagai upaya peningkatan kualitas lingkungan dan keselamatan. Hasil yang diperoleh yaitu model biaya kemacetan, hubungan antara konflik lalu lintas dan prediksi angka kecelakaan lalu lintas. Tahun 2011, Malkhamah dan Sugiyanto melakukan kajian kriteria penentuan batas kecepatan maksimum dan minimum. Tahun 2012, melalui skim penelitian kerjasama antar lembaga dan perguruan tinggi, Sugiyanto melakukan kajian strategi peningkatan keselamatan transportasi darat melalui audit keselamatan jalan dan analisis lokasi rawan kecelakaan lalu lintas (*blackspot*). Tahun 2008-2020, Sugiyanto melakukan penelitian analisis defisiensi infrastruktur jalan di lokasi rawan kecelakaan lalu lintas. Pada skim penelitian dasar tahun 2021-2023 akan dilakukan kajian model pemetaan lokasi rawan kecelakaan dengan menggunakan parameter geometrik jalan, fasilitas perlengkapan jalan dan konflik lalu lintas, model penentuan lokasi rawan berbasis *machine learning*, dan metode *stepwise* PRESS dan AIC. Penelitian selanjutnya 2024-2026 akan dikembangkan metode dinamis yang akan menghasilkan peta daerah rawan kecelakaan lalu lintas. Tahapan yang dilakukan yaitu mengembangkan model yang terkoneksi dengan data arus lalu lintas dengan telepon genggam berbasis *Internet of Things* (IoT), validasi model daerah rawan dan pembuatan peta daerah rawan kecelakaan lalu lintas *real time*. Peta ini dapat digunakan untuk mengembangkan teknologi peringatan dini (*early warning systems*) kepada masyarakat. Peta jalan penelitian dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2026 ditunjukkan pada **Gambar 11** berikut ini.



Gambar 11. Peta jalan penelitian keselamatan transportasi sejak tahun 2008 s.d tahun 2026.

Uraian Kegiatan yang akan Dikerjakan

Kegiatan yang akan dikerjakan melalui skim penelitian dasar (2021-2023) yaitu:

- Melakukan pengambilan data sekunder berupa data kecelakaan lalu lintas dari Korlantas dan Satlantas Polres.
- Melakukan analisis data kecelakaan lalu lintas untuk menentukan lokasi *blackspot* dengan metode pembobotan angka ekuivalen kecelakaan (AEK)-*Upper Control Limit*. Hasilnya berupa lokasi daerah rawan kecelakaan (*blackspot*).
- Melakukan pengambilan data primer berupa kondisi geometrik jalan, fasilitas perlengkapan jalan dan konflik lalu lintas di ruas jalan yang merupakan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas (hasil AEK-UCL).
- Melakukan analisis data konflik lalu lintas.
- Melakukan pembobotan parameter geometrik jalan, fasilitas perlengkapan jalan dan konflik lalu lintas yang digunakan untuk menentukan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas.
- Melakukan analisis statistik dan analisis pemilihan model penentuan lokasi rawan kecelakaan terbaik dengan menggunakan metode *stepwise* berbasis *Predicted Residual Error Sum of Squares* (PRESS).
- Melakukan analisis statistik dan analisis pemilihan model penentuan lokasi rawan kecelakaan terbaik dengan menggunakan metode *stepwise* berbasis *Akaike Information Criterion* (AIC).
- Melakukan validasi model penentuan lokasi rawan kecelakaan terbaik dengan menggunakan metode *stepwise* berbasis PRESS dan *Akaike Information Criterion* (AIC).
- Melakukan analisis statistik pemetaan daerah rawan kecelakaan berbasis pembelajaran mesin (*machine learning*).
- Mengembangkan model penentuan daerah rawan kecelakaan lalu lintas (*blackspot*) dengan menggunakan pembelajaran mesin.

Kecelakaan lalu lintas juga terjadi akibat permasalahan yang berkaitan dengan pengelolaan infrastruktur jalan, yaitu kecelakaan lalu lintas akibat defisiensi infrastruktur keselamatan jalan. Penanganan defisiensi infrastruktur keselamatan jalan di Indonesia dilakukan oleh dua lembaga pemerintah, yaitu Ditjen Bina Marga dan Ditjen Perhubungan Darat. Ditjen

Bina Marga memiliki wewenang dan tanggung jawab pokok dalam merencanakan desain jalan sesuai standar dan memperbaiki lokasi rawan kecelakaan. Ditjen Perhubungan Darat memiliki tanggung jawab untuk merencanakan dan melaksanakan harmonisasi rambu atau petunjuk keselamatan jalan terhadap fungsi jalan. Untuk meminimalkan defisiensi infrastruktur keselamatan jalan, maka ada 3 (tiga) aspek penting yang harus dipenuhi, yaitu: *forgiving road environment*, *self-explaining road*, *self-regulating road* [26]. Kecelakaan lalu lintas cenderung terkonsentrasi di ruas jalan tertentu. Beberapa parameter yang digunakan untuk menganalisis penyebab kecelakaan di jalan raya adalah geometrik jalan raya, perilaku mengemudi, kondisi cuaca, dan batas kecepatan [4]. Terdapat beberapa nilai pembobotan angka ekuivalen kecelakaan di Indonesia, yaitu Puslitbang Jalan, Ditjen Hubdat Kemenhub, Kepolisian Republik Indonesia, Sugiyanto seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 29** berikut ini.

Tabel 29. Angka ekuivalen kecelakaan di Indonesia.

Tingkat kecelakaan	Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK)				
	Puslitbang Jalan	Ditjen Hubdat	Polri	ABIU-UPK	Sugiyanto (2017)
Meninggal dunia (MD)	12	12	10	6	168
Luka berat (LB)	3	6	5	3	8
Luka ringan (LR)	3	3	1	0,8	2
Kerugian harta benda (PDO)	1	1	1	0,2	1

Parameter Geometrik Jalan dan Fasilitas Perlengkapan Jalan

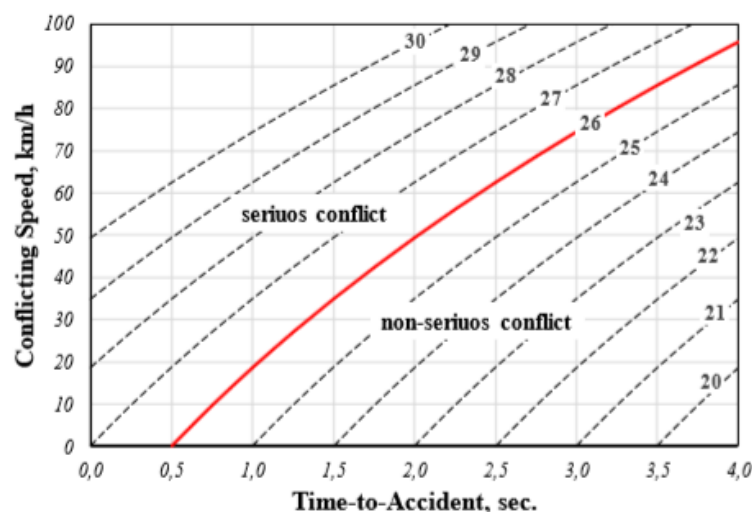
Terdapat enam parameter geometrik jalan yang dipertimbangkan dalam penentuan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas yaitu: kecepatan kendaraan, lebar lajur jalan, lebar bahu jalan, lebar trotoar jalan, lebar median jalan, dan beda elevasi antara bahu jalan dengan tepi perkerasan. Mengacu pada Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, dijelaskan bahwa fasilitas perlengkapan jalan meliputi rambu lalu lintas, marka jalan, alat pemberi isyarat lalu lintas, alat penerangan jalan, alat pengendali dan pengamanan pengguna jalan, alat pengawasan dan pengamanan jalan, fasilitas untuk sepeda, pejalan kaki dan penyandang cacat, dan fasilitas pendukung kegiatan lalu lintas dan angkutan jalan yang berada di luar badan jalan [27].

Teknik Konflik Lalu Lintas

Berdasarkan *The Swedish Traffic Conflict Technique-Manual v.1.0* sebuah kecelakaan dapat terjadi setelah adanya konflik lalu lintas [28]. Sebuah kecelakaan akan terjadi apabila salah satu dari pengguna jalan tidak melakukan gerakan mengelak. Tingkat keparahan konflik lalu lintas didefinisikan pada saat pengguna jalan mulai mengambil tindakan mengelak. Terdapat dua indikator tingkat keparahan konflik lalu lintas yaitu:

1. *Time to Accident (TA)* adalah waktu yang tersisa sebelum kecelakaan terjadi ketika tindakan mengelak pertama kali dilakukan.
2. *Conflicting Speed (CS)* adalah kecepatan pengguna jalan yang pertama kali melakukan gerakan mengelak.

TA menjelaskan waktu yang tersisa bagi pengguna jalan untuk berhasil melakukan tindakan mengelak. CS mempengaruhi kedua peluang untuk berhasil menghindari tabrakan. Berdasarkan nilai TA dan CS maka dapat ditentukan tingkat keparahan konflik dengan menggunakan grafik seperti ditunjukkan pada **Gambar 12**.



Sumber: Lund University [28]

Gambar 12. Grafik tingkat keseriusan konflik lalu lintas.

Metode Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK) dan *Upper Control Limit* (UCL)

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah statistik kendali mutu. Nilai angka ekuivalen kecelakaan berdasarkan nilai pembobotan korban MD: LB: LR: PDO = 10: 5: 1: 1 [29]. Penentuan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas menggunakan statistik kendali mutu sebagai *control-chart* UCL (*Upper Control Limit*), seperti ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$UCL = \lambda + \Psi \times \sqrt{\left(\frac{\lambda}{m} + \frac{0.829}{m} + \left(\frac{1}{2} \times m \right) \right)} \quad (1)$$

dimana:

λ = nilai rata-rata angka kecelakaan.

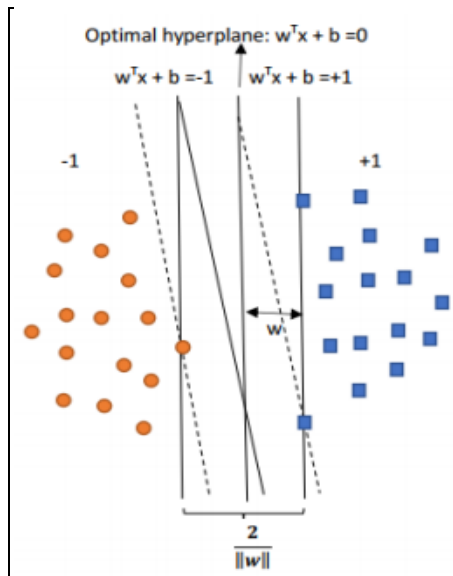
Ψ = faktor probabilitas = 2,576.

m = nilai kecelakaan di setiap segmen.

Jika suatu segmen ruas jalan memiliki nilai tingkat kecelakaan (jumlah AEK) berada di atas garis UCL maka segmen ruas jalan diidentifikasi sebagai lokasi rawan kecelakaan lalu lintas [29]. Nilai faktor probabilitas (Ψ) yang sering digunakan yaitu 2,576 dengan probabilitas 0,005 (nilai signifikansi 99,5%) dan 1,645 dengan probabilitas 0,05 (nilai signifikansi 95%).

Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*)

Pembelajaran mesin merupakan aplikasi kecerdasan buatan yang mampu memberikan kemampuan kepada sistem untuk mempelajari dan memperbaiki secara otomatis dari pengalaman tanpa perlu diprogramkan secara eksplisit [30]. Terdapat 2 (dua) teknik dalam pembelajaran mesin yaitu: *supervised learning* dan *unsupervised learning*. *Supervised learning* dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan klasifikasi dan regresi. Dalam penelitian dasar ini, pembelajaran mesin akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan klasifikasi pemetaan apakah suatu ruas jalan masuk daerah rawan kecelakaan lalu lintas (*blackspot*) atau tidak. Metode yang cukup banyak dipakai dalam menyelesaikan persoalan klasifikasi adalah *Support Vector Machine* (SVM) dan *Random Forest* (RF). Secara skematis, metode pembelajaran mesin *Support Vector Machine* (SVM) dapat dijelaskan melalui **Gambar 13** berikut ini.



Gambar 13. Skema pembelajaran mesin *Support Vector Machine* (SVM) yang memisahkan dua kelas positif (+) dan negatif (-)

Dalam *Support Vector Machine* (SVM), algoritma pembelajaran mesin akan mencari *hyperplane* terbaik [31]. Persamaan berikut memformulasikan algoritma SVM.

$$\min \frac{1}{2} \|\omega\|^2 \quad (2)$$

bergantung atas

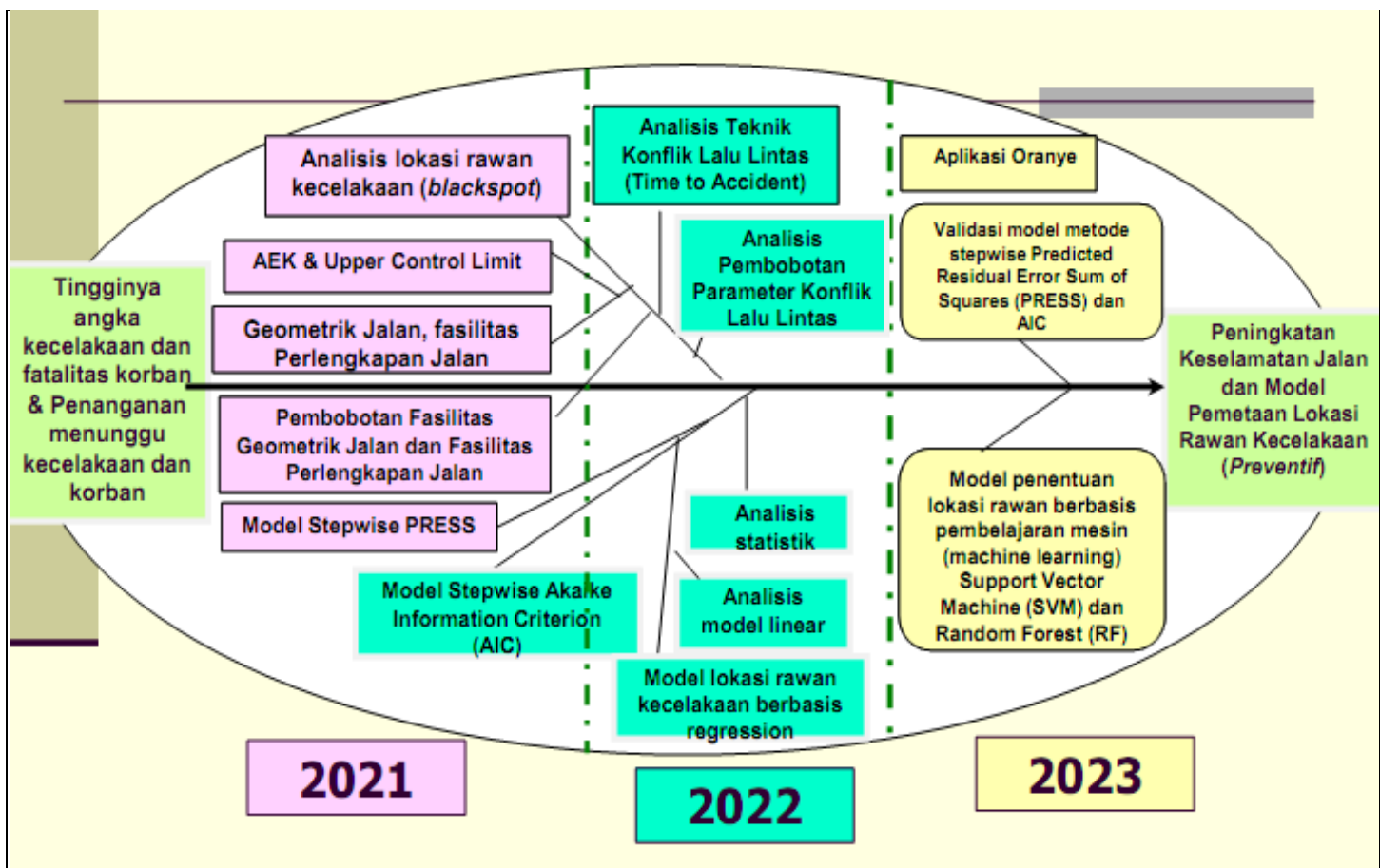
$$y_i (w x_i + b) \geq 1, i = 1, \dots, \lambda \quad (3)$$

Dimana y adalah variabel tergantung (target), dalam penelitian dasar ini adalah klasifikasi rawan kecelakaan lalu lintas dan tidak rawan kecelakaan lalu lintas dan x adalah variabel bebas, dalam riset dasar ini adalah faktor geometrik jalan, faktor fasilitas perlengkapan jalan, dan faktor konflik lalu lintas.

Random Forest (RF) merupakan salah satu metode dalam pohon keputusan (*decision tree*) yang bekerja dengan mengklasifikasikan suatu sampel data yang belum diketahui kelasnya ke dalam kelas-kelas yang ada [32]. Dalam riset dasar ini akan digunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) dan *Random Forest* (RF). Secara lebih khusus, implementasi *Support Vector Machine* (SVM) dan *Random Forest* (RF) akan digunakan aplikasi Oranye.

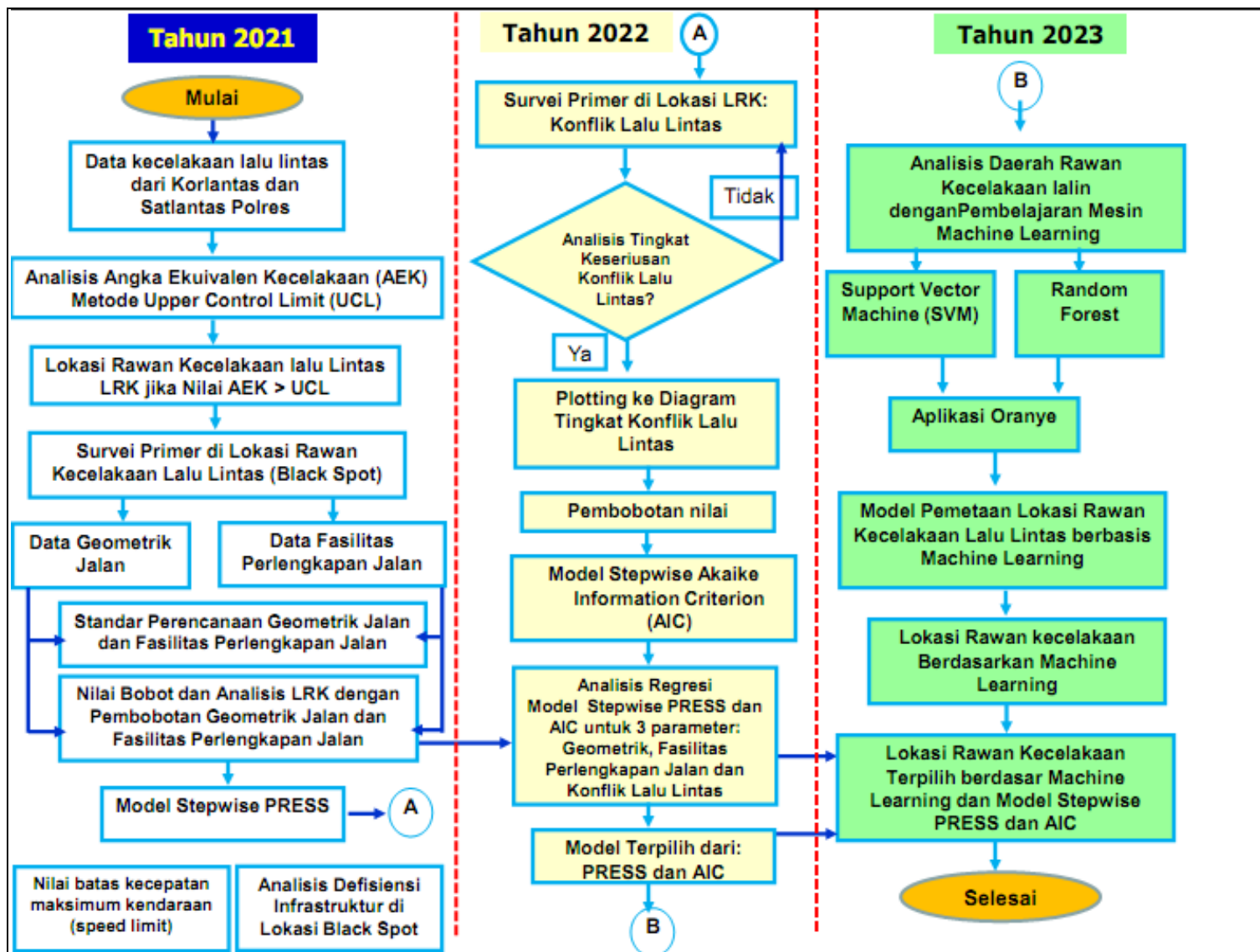
Pemilihan Model Terbaik

Dengan banyak kandidat variabel bebas dalam model linier, sangat penting untuk mengetahui variabel bebas yang memberikan pengaruh paling signifikan kepada model. Untuk tujuan tersebut, dalam riset dasar ini akan digunakan metode pemilihan model regresi terbaik menggunakan pendekatan *stepwise regression*. *Stepwise regression* adalah metode penyesuaian model dimana pemilihan variabel untuk memprediksi dilakukan secara otomatis [33]. Pada setiap tahap, jika ada variabel yang ditambahkan, semua kandidat variabel akan diperiksa apakah signifikansinya turun di bawah batas toleransi. Jika ditemukan variabel yang tidak signifikan, maka variabel tersebut dibuang dari model. Dengan demikian, *stepwise regression* membutuhkan 2 (dua) tingkat signifikansi, signifikansi penambahan variabel dan signifikansi pengurangan variabel. Untuk menguji signifikansi variabel terhadap model yang terbaik, dalam riset dasar ini akan digunakan *Akaike Information Criterion* (AIC) dan *Predicted Residual Error Sum of Squares* (PRESS) [34-35]. Semakin kecil nilai AIC dan PRESS maka semakin baik model liniernya. Dalam riset dasar ini akan digunakan bahasa pemrograman R untuk mengimplementasikan *stepwise regression*. Diagram alir penelitian selama 3 (tiga) tahun penelitian dalam bentuk *fishbone diagram* ditunjukkan pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Diagram alir penelitian selama 3 tahun penelitian 2021-2023.

Diagram alir penelitian selama 3 tahun penelitian (2021-2023) dalam bentuk diagram ditunjukkan pada **Gambar 15**.



Gambar 15. Diagram alir penelitian selama 3 tahun penelitian.

Pembagian tugas anggota tim pengusul:

Tahun 2 (2022): Melakukan analisis statistik data model daerah rawan kecelakaan (*black spot*) menggunakan pembelajaran mesin (*machine learning*) dan *Akaike Information Criterion* (AIC).

Tahun 3 (2023): Melakukan analisis statistik pemetaan daerah rawan kecelakaan berbasis pembelajaran mesin (*machine learning*) dan model statistik.

Jadwal Penelitian

Penelitian Tahun ke-2 (2022)

No.	Nama Kegiatan	Bulan ke-											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Pembuatan proposal penelitian dasar, RAB dan <i>literature review</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
2.	Pengurusan surat-surat permohonan data sekunder dan ijin survei ke dinas terkait.		x	x									
3.	Pengumpulan data sekunder: Korlantas, Satlantas Polres, Dishub, Dinas PU-PR.			x	x	x	x						
4.	Proses pengumpulan data primer			x	x	x	x						
5.	Input dan rekapitulasi data sekunder dan primer			x	x	x	x	x					
6.	Analisis Angka Ekuivalen Kecelakaan (AEK)			x	x								

No.	Nama Kegiatan	Bulan ke-											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	berdasar data kecelakaan lalu lintas												
7.	Analisis lokasi rawan kecelakaan lalu-lintas berdasar nilai <i>upper control limit</i>			x	x								
8.	Analisis data konflik lalu lintas, parameter geometrik dan fasilitas perlengkapan jalan					x	x	x	x				
9.	Analisis lokasi rawan kecelakaan berdasarkan parameter konflik lalu lintas						x	x	x	x			
10.	Analisis pemilihan model terbaik dengan menggunakan metode <i>stepwise</i> berbasis <i>Akaike Information Criterion</i> (AIC)							x	x	x	x		
11.	Analisis statistik dan analisis pemilihan model terbaik dengan menggunakan metode <i>stepwise</i> berbasis <i>Predicted Residual Error Sum of Squares</i> (PRESS)							x	x	x	x	x	
12.	Penyusunan Laporan Kemajuan Tahun II			x	x	x	x	x					
13.	Penyusunan Laporan Tahunan (Tahun II)							x	x	x	x	x	
14.	Monitoring dan evaluasi penelitian dasar												x
15.	Pembuatan artikel, <i>proofreading</i> , revisi di jurnal internasional Journal of Engineering Research (Scopus Q3)					x	x	x	x	x	x	x	x
16.	Penyusunan usulan HKI berupa hak cipta									x	x	x	x
17.	Pembuatan artikel, <i>proofreading</i> , revisi publikasi ilmiah di jurnal internasional Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) (Scopus)							x	x	x	x	x	x

Penelitian Tahun ke-3 (2023)

No.	Nama Kegiatan	Bulan ke-											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Pembuatan proposal penelitian dasar, RAB dan <i>literature review</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
2.	Pengurusan surat-surat permohonan data sekunder dan ijin survei ke dinas terkait.		x	x									
3.	Pengumpulan data sekunder: Korlantas Polri, Satlantas Polres, Dishub dan Dinas PU-PR (<i>updated data</i>).			x	x	x	x						
4.	Proses pengumpulan data primer			x	x	x	x						
5.	Input dan rekapitulasi data sekunder dan primer			x	x	x	x	x					
6.	Analisis data konflik lalu lintas, geometrik jalan, dan fasilitas perlengkapan jalan					x	x	x	x				
7.	Analisis lokasi rawan kecelakaan lalu lintas berdasarkan 3 parameter						x	x	x	x			
8.	Analisis statistik dan analisis pemilihan model terbaik dengan menggunakan metode <i>stepwise</i> berbasis <i>Predicted Residual Error Sum of Squares</i> (PRESS) dan <i>Akaike Information Criterion</i> (AIC)						x	x	x	x	x	x	
9.	Analisis statistik data model daerah rawan kecelakaan (<i>black spot</i>) menggunakan pembelajaran mesin (<i>machine learning</i>)						x	x	x	x	x	x	
10.	Analisis statistik pemetaan daerah rawan kecelakaan berbasis pembelajaran mesin (<i>machine learning</i>)						x	x	x	x	x	x	
11.	Penyusunan Laporan Kemajuan Tahun III			x	x	x	x	x					
12.	Penyusunan Laporan Akhir (Tahun III)							x	x	x	x	x	

No.	Nama Kegiatan	Bulan ke-											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
13.	Monitoring dan evaluasi penelitian dasar												x
14.	Pembuatan artikel, <i>proofreading</i> , revisi publikasi ilmiah di jurnal internasional bereputasi Engineering Journal Chulalongkorn (Scopus Q2)					x	x	x	x	x	x	x	x
15.	Penyusunan usulan HKI berupa hak cipta									x	x	x	x
16.	Pembuatan artikel, <i>proofreading</i> , revisi publikasi ilmiah di jurnal internasional bereputasi Alexandria Engineering Journal (Scopus Q1)							x	x	x	x	x	x

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Treat, J.R., Tumbas, N.S., McDonald, S.T., Shinar, D., Hume, R.D., and Meyer, R.E., 1977, Tri-Level Study of the Causes of Traffic Accidents. Washington: NTHSA.
2. Vayalamkhuji, P. and Amirthalingam, V., 2016. Influence of geometric design characteristics on safety under heterogeneous traffic flow, **Journal of Traffic and Transportation Engineering**, vol. 3 no. 6, pp. 559-570. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.05.006>.
3. Tarko, A.P., 2009. Modeling drivers' speed selection as a trade-off behavior. **Accident Analysis and Prevention**, vol. 41, pp. 608-616. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.02.008>.
4. Atashafrazeh, M. and Yadollahi, M.M., 2013. Geometric design consistency model based on speed and safety in rural highways in some European Countries: A Review, **International Journal of Structural and Civil Engineering Research**, vol. 2 no. 2, pp. 129-136. <http://www.ijscer.com/uploadfile/2015/0427/20150427034549611.pdf>.
5. Dadashova, B., 2016. The Identification of Patterns of Interurban Road Accident Frequency and Severity Using Road Geometry and Traffic Indicators. Texas: Texas A&M University.
6. Sugiyanto, G., 2017. The cost of traffic accident and equivalent accident number in developing countries (case study in Indonesia). **ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences**, vol. 12 no. 2, pp. 389-397. http://www.arnpjournals.com/jeas/volume_02_2017.htm.
7. Korps Lalulintas (Korlantas) Polri, 2019. Polantas dalam Angka 2019. Jakarta: Korlantas Kepolisian Negara Republik Indonesia.
8. Sugiyanto, G. and Santi, M.Y., 2017. Road traffic accident cost using human capital method (case study in Purbalingga, Central Java, Indonesia). **Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)**, vol. 79 no. 2, pp. 107-116. <http://www.jurnalteknologi.utm.my/index.php/jurnalteknologi/article/view/5375/6081>.
9. Pauw, E.D., Daniels, S., Thierie, M. and Brijs, T., 2014. Safety effects of reducing the speed limit from 90 km/h to 70 km/h. **Accident Analysis & Prevention** vol. 62, pp. 426-431.
10. Rao, B. S., Jaliha, S., Madhu, E., and Reddy, T.S., 2005. Accident Study on National Highway -5 Between Anakapalli to Visakhapatnam, **Proceedings of Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS)**, vol. 5, pp. 1973-1988. www.jstage.jst.go.jp.
11. Hossain, Q.S. and Adhikari, S.K., 2005. Road traffic accident situation in Khulna City, Bangladesh, **Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies**, vol. 5: 65-74, (Online), (<http://www.jstage.jst.go.jp>), diakses 4 Maret 2008).
12. Hughes, B.P., Anund, A., and Falkmer, T., 2015. System theory and safety models in Swedish, UK, Dutch and Australian road safety strategies, **Accident Analysis and Prevention**, vol. 74, pp. 271-278. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.07.017>.
13. Wang, X., Yuan, J., Schultz, G.G. and Fang, S., 2018. Investigating the safety impact of roadway network features of suburban arterials in Shanghai, **Accident Analysis and Prevention**, vol. 113, pp. 137-148. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.01.029>.
14. Schepers, P., Hagenzieker, M., Methorst, R., Wee, B.V., and Wegman, F., 2014. A conceptual framework for road safety and mobility applied to cycling safety, **Accident Analysis and Prevention**, vol. 62, pp. 331-340. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.032>.

15. Shaheed, M.S., Gkritza, K., Carriquiry, A.L., and Hallmark, S.L. 2016. Analysis of occupant injury severity in winter weather crashes: A fully Bayesian multivariate approach, **Analytic Methods in Accident Research**, vol. 11, pp. 33-47. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2016.06.002>.
16. Soriguera, F., Martinez, I., Sala, M. and Menendez, M., 2017. Effects of low speed limits on freeway traffic flow, **Transportation Research Part C: Emerging Technology**, vol. 77, pp. 257-274. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.01.024>.
17. Tapp, A., Nancarrow, C., Davis, A. and Jones, S., 2016. Vicious or virtuous circles? Exploring the vulnerability of drivers to break low urban speed limits. **Transportation Research Part A** vol. 91, pp. 195-212
18. Wooley, J., 2005. *Recent Advantages of Lower Speed Limits In Australia*, **Proceedings of Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS)**, Vol. 6: 3562-3573, (Online), (<http://www.jstage.jst.go.jp>., diakses 15 Februari 2009).
19. Connely, L.B. and Supangan, R., 2006. The economic costs of road traffic crashes: Australia, States and Territories, **Accident Analysis and Prevention**.
20. Hoareau, E., Newstead, S., Oxley, P., and Cameron, M., 2002, *An Evaluation of The 50 km/h Speed Limit In South East Queensland*, Journal Report No.264, Monash: Monash University, Accident Research Centre (MUARC)
21. Fuller, R., 2005. Towards a general theory of driver behaviour, **Accident Analysis and Prevention**, vol. 37 no. 3, pp. 461-472.
22. Elvik, R. 2013. A re-parameterisation of the Power Model of the relationship between the speed of traffic and the number of accidents and accident victims. **Accident Analysis & Prevention** vol. 50, pp. 854-860.
23. Direktorat Keselamatan Transportasi Darat (DKTD). 2007. Pedoman Operasi *Accident Black Spot Investigation Unit/Unit Penelitian Kecelakaan Lalulintas* (ABIU/UPK), Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Direktorat Keselamatan Transportasi Darat, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia..
24. Sugiyanto, G. and Malkhamah, S., 2018. Determining the maximum speed limit in urban road to increase traffic safety, **Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)**, vol. 80 no. 5, pp. 67-77. <https://doi.org/10.11113/jt.v80.10489>
25. Sugiyanto, G., Fadli, A., and Santi, M.Y., 2017. Identification of black spot and equivalent accident number using upper control limit method. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences** Vol. 12 No. 2, pp. 528-535. http://www.arpnjournals.com/jeas/volume_02_2017.htm.
26. Ditjen Bina Marga, 2007. Penyusunan Sistem Manajemen dan Pedoman Keselamatan Jalan dalam Kegiatan Pembangunan Jalan, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
27. Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia, 2009. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalulintas dan Angkutan Jalan.
28. Lund University, 2018. The Swedish Traffic Conflict Technique Observer's Manual.
29. Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi. 2005. Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalulintas: Pd.T-09-2004-B. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
30. Bhavsar, P., Safro, I., Bouaynaya, N., Polikar, R., Dera, D., 2017. Machine Learning in Transportation Data Analytics. in: **Data Analytics for Intelligent Transportation Systems**. Elsevier Inc.; 2017. pp. 283-307.
31. Pisner, D.A. and Schnyer, D.M., 2020. Support vector machine in: **Machine Learning**. Elsevier, pp. 101-121. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128157398000067>.
32. Donges, N., 2019. The Random Forest Algorithm: A Complete Guide | **Built In** [Internet]. 2019 [cited 2020 Oct 28]. <https://builtin.com/data-science/random-forest-algorithm>.
33. James, G., Witten, D., Hastie, T., and Tibshirani, R., 2000. An introduction to Statistical Learning.
34. Hasebe, T., 2013. Copula-based maximum-likelihood estimation of sample-selection models.
35. Inan, G., Latif, M.A.H.M., and Preisser, J., 2019. A PRESS statistic for working correlation structure selection in generalized estimating equations. **Journal Applied Statistic** vol. 46, pp. 621-637. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02664763.2018.1508560>
36. Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 1997. Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota.
37. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2014. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014 tentang Rambu Lalu Lintas.
38. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2018. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 67 Tahun 2018 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 34 Tahun 2014 tentang Marka Jalan.

39. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2021. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 14 Tahun 2021 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 82 Tahun 2018 tentang Alat Pengendali dan Pengaman Pengguna Jalan.
40. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2014. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 49 Tahun 2014 tentang Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APILL).
41. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2014. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 27 Tahun 2018 tentang Alat Penerangan Jalan.

Dokumen pendukung luaran Wajib #1

Luaran dijanjikan: Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi

Target: Accepted

Dicapai: Accepted

Dokumen wajib diunggah:

1. Naskah artikel
2. Surat keterangan accepted dari editor

Dokumen sudah diunggah:

1. Naskah artikel
2. Surat keterangan accepted dari editor

Dokumen belum diunggah:

- Sudah lengkap

Nama jurnal: Lecture Notes in Civil Engineering

Peran penulis: first author | EISSN: 2366-2557

Nama Lembaga Pengindek: Scopus

URL jurnal: <https://www.springerprofessional.de/en/lecture-notes-in-civil-engineering/10629060?page=3>

Judul artikel: Determining the Maximum Speed Limit in Residential Area

Determining the Maximum Speed Limit in Residential Area

Gito Sugiyanto¹^{[0000-0002-1498-8967]*}, Fadli Wirawan¹, Eva Wahyu Indriyati¹, Yanto¹, and Mina Yumei Santi²^[0000-0001-5870-2070]

¹ Jenderal Soedirman University, Department of Civil Engineering, Purbalingga, Central Java, Indonesia

² Health Polytechnic Ministry of Health of Yogyakarta, Mangkuyudan Street MJ III/304, Yogyakarta, Indonesia

*gito.sugiyanto@unsoed.ac.id, fadliwirawan97@gmail.com,
eva.indriyati@unsoed.ac.id, yanto@unsoed.ac.id,
mina.yumei@poltekkesjogja.ac.id

Abstract. The residential area which is located on the right or left side of the arterial or collector road is one of the areas with high potential to traffic accidents. An effort to reduce the number of traffic accidents is applying speed limits. This is important as most traffic accidents are caused by speeding factors. The aim of this research is to determine the value of the maximum speed limit in residential areas using the 85th percentile and stopping sight distance (SSD). The study locations are in three collector roads in Purbalingga Regency namely Padamara Street, Letnan Yusuf Street, and Letkol Isdiman Street. Based on the analysis result, the maximum speed limit of vehicles based on the 85th percentile method varies between 42 up to 44 kph. The maximum speed limit based on the SSD method is 39.32 kph for Padamara Street, 38.10 kph for Letnan Yusuf Street, and 38.40 kph for Letkol Isdiman Street. The maximum speed limit of vehicles proposed for collector roads with residential area functions on the right or left side is 40 kph.

Keywords: Accident, 85th Percentile, Residential area, Speed limit, Stopping sight distance.

1 Introduction

Residential areas that are located on the right or left side of arterial or collector roads are areas that have high potential for traffic accidents. According to the Traffic Corps Republic of Indonesia, 75% of traffic accident locations are on roads with land use around the residential areas [1]. Traffic accidents are caused by several factors such as vehicles, negligence of road users (human error), road conditions and the environment [2-5]. From the four factors, human error such as an increase in vehicle speed is a factor that often results in traffic accidents [6-7], which can even reach one-third of fatal accidents [8]. The highest human error as a cause of accidents is speeding [9-10]. Speeding increases the chance of accidents occurring [8] and the severity of traffic

accident victims [11-12]. Speed limit was introduced to reduce the severity of crashes [7, 13], accident cost [14-15], driving behavior [10, 16-17], air pollution [18], travel time [19], generalized cost [20-21], mobility [22], and increased efficiency in transportation cost [23-26]. Limiting the vehicle speed is one of strategies to improve traffic safety [27]. The purpose of speed limiting is to balance mobility and safety by ensuring safe speed limits that are suitable for road conditions [11, 28]. For this reason, a vehicle speed limit value is required in accordance with road and traffic conditions in residential areas.

Higher vehicle speeds will cause noise and increase the potential for traffic accidents. Based on the theory of movement, speed plays an important role as one of the causes of traffic accidents [29]. Higher vehicle speed will have an effect on the increase in reaction time and braking distance required for the vehicle to stop. Also, it can increase the likelihood of mistakes being made by the driver. The higher speed of the vehicle, the higher death rate due to accidents, both involving pedestrians and other vehicles [30]. The ideal and safe speed is less than 30 kph to avoid conflicts that could involve pedestrians and bicycles, less than 45 kph for conflicts with vehicles from the side-impact collision, and less than 70 kph to avoid possible conflicts with vehicles from the front (head-on collision). According to Baguley, traffic conflict is a condition in which one or more road users approach each other or approach another object at a certain time and place so that it causes a risk of collision if the movement cannot be stopped or changed [31]. Traffic conflicts occur because of various types of traffic flow movements. Xie *et al.* introduced an improved crash frequency model for signalized intersections in urban road networks using conditional autoregressive model [32]. Road network patterns signal density and access densities are used to analyze the safety impacts [33]. The other study, Tapp *et al.* analyze the lack of compliance with 20 mph limits in Great Britain and 30 kph limits in Europe is concerning [34].

Nowadays, the maximum speed limit setting is determined based on the vehicle speed in the 85th percentile method [35-36]. The 85th percentile method has disadvantage because it only uses vehicle speed as the reference parameter. For this reason, another method is needed as a comparison in order to produce a more valid speed limit value. The method to be used is stopping sight distance (SSD). In this method, the determination of maximum speed limit refers to SSD, free-flow speed, and road friction coefficient between tire and road pavement surface. Kagaya *et al.* identified the traffic management specific to setting of speed limits implemented in Hokkaido. Based on the results of the questionnaire, it was found that more than half of the respondents indicated that the vehicle speed limit for roads in Hokkaido is too low and must be distinguished between summer and winter. The vehicle speed limit is proposed depending on the characteristics and road conditions. The free-flow speed was introduced to calculate the maximum speed limit of vehicles in summer and free-flow speed and SSD are used in winter [37]. The aim of this research is to determine the maximum speed limit in residential areas using the 85th percentile and stopping sight distance method.

2 Method

2.1 Study Location

The research was conducted on three collector roads in Purbalingga Regency, namely Padamara Street (access road to Abdi Negara Permai Housing), Letnan Yusuf Street (access road to Griya Perwira Asri Housing), and Letkol Isdiman Street (access road to Griya Abdi Kencana Housing). On the left or right side from three roads are residential areas as shown in Fig. 1.



Fig. 1. Study location on three collector roads in Purbalingga Regency, Central Java [38].

2.2 Analysis Approach

There are several methods to determine the maximum speed limit value of a vehicle. The method that is most commonly used is the 85th percentile. Another method that can be used is the stopping sight distance method.

The 85th Percentile Method

In this method, the determination of the maximum speed limit refers to 85th percentile speed. The 85th percentile speed is a traffic speed where 85% of the driver driving the vehicle on the road without being affected by traffic speeds lower or bad weather [39]. The purpose of this method is to determine the ideal speed limit on the reviewed road sections based on the average speed of the vehicle. The 85th percentile method only uses one parameter namely the vehicle speed. Speed is one of the main risk factors in traffic safety [40].

Stopping Sight Distance Method

In this method, the determination of the maximum speed limit value refers to the vehicles stopping sight distance [41], free-flow speed, and road friction coefficient between tire and road pavement surface. The coefficient of friction between tire and

road pavement surface is influenced by vehicle speed and roughness. The pavement type affects the road roughness value [42-43]. Stopping sight distance is the distance the driver has to stop this vehicle. For comfort and safety in driving, every length of the road section should be filled with the minimum visibility along the minimum stopping sight distance [44]. Two parameters in stopping sight distance method are distance traveled during reaction time and braking distance. The sum of these two parameters becomes the minimum stopping sight distance. Formula for minimum stopping sight distance is:

$$d = d_1 + d_2 \quad (1)$$

To find the distance traveled during the reaction time (d_1), we must first know the total reaction time, which is the total time it takes the driver from seeing the obstacle to applying the brakes. The total reaction time is taken as 2.5 seconds which is the sum of 1.5 seconds of perception, identification, emotion, and volition or PIEV time (the time it takes the driver from the moment he realizes an obstacle until he makes a decision) and 1.0 second for the time it takes the driver to hit the brake pedal. So, d_1 is the distance traveled in 2.5 seconds. The equation for calculating the value of the distance traveled during the reaction time (d_1) is:

$$d_1 = 0.287.vt \quad (2)$$

With v is vehicle speed (kph) and t is the total reaction time (seconds).

The braking distance (d_2) is the distance a vehicle will travel from the point when its brakes are fully applied to when it comes to a complete stop. The braking distance is calculated due to the effect of friction between the tires and the road surface. The equation for calculating the braking distance (d_2) is:

$$d_2 = \frac{v^2}{2.g.(f \pm G).(3.6)^2} \quad (3)$$

Where v is the vehicle speed (kph), g is the acceleration due to gravity (m/sec^2) and f is the factor of the road friction coefficient between tire and road pavement surface.

The value of road coefficient friction between tire and road surface is formulated:

$$f = -0.00065 V + 0.192 \text{ for } V \text{ value between } 40\text{-}80 \text{ kph} \quad (4)$$

$$f = -0.00125 V + 0.24 \text{ for } V \text{ value between } 80\text{-}112 \text{ kph} \quad (5)$$

Furthermore, the reaction time value of 2.50 seconds and the acceleration due to gravity of 9.81 m/sec^2 are added to equation (2) and equation (3) to become:

$$d = 0,694.v + \frac{v^2}{254,016.(f \pm G)} \quad (6)$$

To solve the polynomial function, equation (7) and equation (8) are used. The equation for calculating maximum speed limit using the SSD method can be seen in equation (9).

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad (7)$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (8)$$

$$v = \frac{-0,694 + \sqrt{0,694^2 + 4 \cdot \left(\frac{1}{254,016 \cdot (f \pm G)}\right) \cdot \left(0,694 V_c + \frac{V_c^2}{254,016 \cdot (f_c \pm G)}\right)}}{2 \cdot \left(\frac{1}{254,016 \cdot (f \pm G)}\right)} \quad (9)$$

Where V is the maximum speed limit of the vehicle (kph), V_c is free-flow speed (kph), f is the value of road friction coefficient between tire and road pavement surface based on the design speed, f_c is the value of road friction coefficient between tire and road pavement surface based on free-flow speed and G is the road slope (%).

3 Result and Discussion

3.1 The Geometric Conditions and Side Friction of the Road

The geometric data of the roads collected include the number of lanes, the lane width, the width of the shoulders and the conditions of the road terrain. The road geometric conditions include road type, road width, road shoulder width, design speed, and side friction on the three roads are shown in Table 1.

Table 1. Road geometric conditions and side friction.

Name of road	Road type	Road width (m)	Left shoulder width (m)	Right shoulder width (m)	Side friction	Design speed (kph)	Terrain condition
Padamara street	2/2 UD	7.5	1.0	1.0	201.5 (low)	60	Flat
Letnan Yusuf	2/2 UD	7.0	1.2	1.2	299 (low)	60	Flat
Letkol Isdiman	2/2 UD	12.0	1.5	1.5	916.3 (very high)	60	Flat

3.2 Traffic Flows during Peak Hour Time

The traffic flow data during peak hour time on the three collector roads in Purbalingga: Padamara Street, Letnan Yusuf Street, and Letkol Isdiman Street are shown in Table 2. Based on Table 2, the peak hours' time for Padamara Street and Letkol Isdiman Street are at 06.15-07.15 with a total traffic flow of 4049 vehicles/h and 3287 vehicles/h. The peak hour time for Letnan Yusuf Street at 06.30-07.30 with a total traffic flow of 3116 vehicles/h.

Table 2. Traffic flow during peak time.

Name of road	Peak hour time	Vehicle type							Total (veh./h)
		Motor cycles	Passenger cars	Pick up, City trans	Trucks	Light trucks	Bus	Mini-bus	
Padamara street	06.15-07.15	3768	246	19	1	12	1	2	4049
Letnan Yusuf	06.30-07.30	2985	224	20	1	20	11	26	3287
Letkol Isdiman	06.15-07.15	2802	287	18	0	1	0	8	3116

3.3 Determination of the Maximum Speed Limit using 85th Percentile Method

S-Curve of Vehicle Speed

The S-curve of vehicle speed presents the relationship between vehicle speed and the percentage of the cumulative frequency of vehicle speeds. Vehicle speeds of motor-cycle (MC), passenger car (PC), pick up and city transport (PU&CT), light truck (LT), minibus (MB), bus, truck (TR), obtained in the field using Speed Gun. S-curve of vehicle speed is used in the determination of the 85th percentile speed. The S-curves of vehicle speed on Padamara Street, Letnan Yusuf Street, and Letkol Isdiman Street are presented in Fig. 2 to Fig. 4.

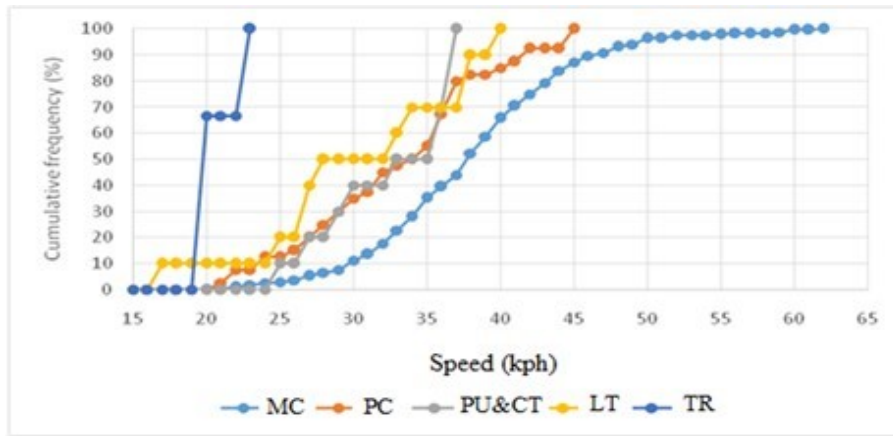


Fig. 2. S-curve of vehicle speed on Padamara Street, Purbalingga.

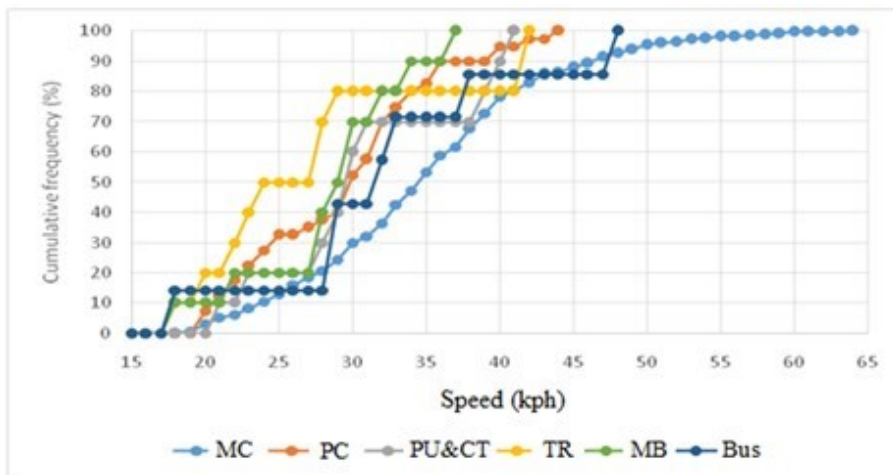


Fig. 3. S-curve of vehicle speed on Letnan Yusuf Street, Purbalingga.

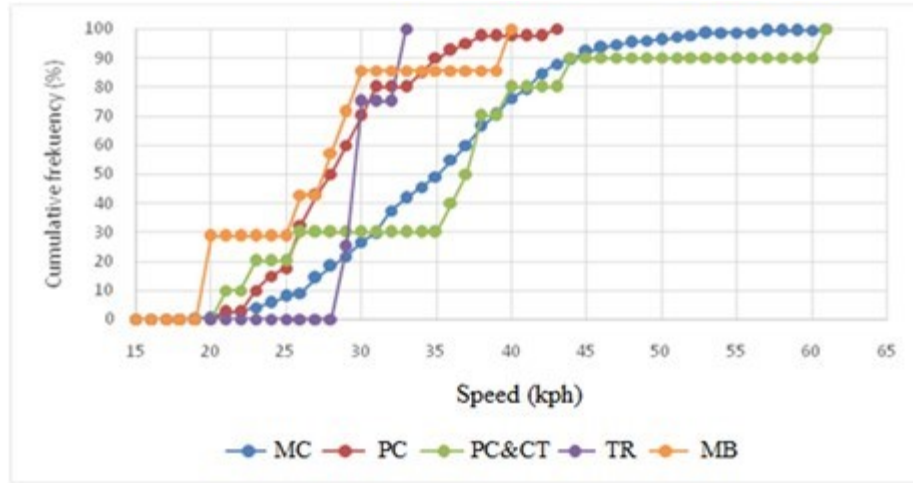


Fig. 4. S-curve of vehicle speed on Letkol Isdiman Street, Purbalingga.

Maximum Speed Limit based on 85th Percentile Method

The maximum speed limit for each type of vehicle and all vehicles using 85th percentile method are shown in Table 3. The maximum speed limit of vehicles is 44 kph on Padamara Street and 42 kph to Letnan Yusuf and Letkol Isdiman.

Table 3. Maximum speed limit of each vehicle using the 85th percentile method.

Name of road	Maximum speed limit value of vehicles (veh/h)								
	Motor cycles	Passenger cars	Pick up, City trans	Truck	Light truck	Mini bus	Big buses	4/ more wheels	All vehicles
Padamara street	44	40	37	38	23	35	38	38	44
Letnan Yusuf	43	35	39	42	N.A	34	38	37	42
Letkol Isdiman	42	34	44	33	N.A	30	N.A	37	42

3.4 Determination of the Maximum Speed Limit using SSD Method

Free-flow Speed

Free-flow speed is influenced by the value of basic current speed (C_o), correction factor of road width (FC_w), correction factor of side friction (FC_{sf}), correction factor of separation (FC_{sp}) and correction factor of citizen size (FC_{cs}). The value of the correction factor for speed refers to the Indonesian Highway Capacity Manual 1997 [45]. Data on road width and side friction in each road section refers to Table 1, while the correction factor of citizen size is determined based on the population in Purbalingga Regency in 2019 amounting to 933,989 peoples so the value of FC_{cs} is 0.95. The free-flow speed for Padamara Street at 40.50 kph, Letnan Yusuf Street at 39.26 kph, and Letkol Isdiman Street is 39.57 kph.

Road Friction Coefficient between Tire and Road Pavement Surface

Road friction coefficient between tire and road surface is obtained from calculations based on equation (4) or equation (5). The value of road friction coefficient between tire and road pavement surface is calculated for two conditions, the first based on the design speed and second based on free-flow speed. Road friction coefficient for three collector roads in Purbalingga Regency with a design speed of 60 kph is 0.153.

Maximum Speed Limit based on Stopping Sight Distance Method

The maximum speed limit based on the SSD method is determined using Equation (9). Vehicle speed limit for the three collector roads in Purbalingga are as follows:

Padamara Street, Purbalingga

The free-flow speed on Padamara Street is 40.5 kph. The road friction coefficient between tire and road pavement surface with a design speed of 60 kph is 0.153 and based on free-flow speed is 0.1657. Slope of the road is 0%. Obtained the maximum speed limit on Padamara Street is 39.32 kph.

Letnan Yusuf Street, Purbalingga

The free-flow speed on Letnan Yusuf Street is 39.26 kph. The road friction coefficient with a design speed of 60 kph is 0.153 and based on free-flow speed is 0.166. The maximum speed limit on Letnan Yusuf Street is 38.10 kph.

Letkol Isdiman Street, Purbalingga

The free-flow speed on Letkol Isdiman Street is 39.57 kph. The road friction coefficient with a design speed of 60 kph is 0.153 and based on free-flow speed is 0.166. The road slope is 0%. The maximum speed limit on Letkol Isdiman Street is 38.40 kph. The recapitulation of data from the analysis of the maximum speed limit using stopping sight distance method is shown in Table 4.

Table 4. Road friction coefficient and maximum speed limit using SSD method.

Name of collector road	Design speed (kph)	Friction coefficient based on design speed (f)	Free-flow speed (kph)	Friction coefficient based on free-flow speed (fc)	Maximum speed limit (kph)
Padamara street	60	0.153	40.50	0.1657	39.32
Letnan Yusuf	60	0.153	39.26	0.1660	38.10
Letkol Isdiman	60	0.153	39.57	0.1660	38.40

Road safety strategies potentially are improved by applying system theory and safety models [46]. Implementation of speed limit in arterial and collector roads is one of the strategies to increase road safety. Operating speed has a significant contribution to the total number of crashes [47]. The maximum speed limit of vehicles proposed for collector roads with residential land functions on the right or left side is 40 kph. The proposed maximum speed limit value is in line with Ministerial Decree PM 111/2015 [48] where the speed limit for vehicles in residential areas is 40 kph. The result of this study relevant with study by Soriguera *et al.* that a stable flow of 1942 veh/h/lane was measured with a 40 kph speed limit in force [49].

4 Conclusion

Based on the results of study to determine the maximum speed limit in residential area, the following conclusion can be drawn:

- a. The maximum speed limit based on the 85th percentile method is greater than that obtained from stopping sight distance method.
- b. The maximum speed limit of vehicles based on the 85th percentile method between 42 up to 44 kph and based on the stopping sight distance method between 38.10 up to 39.32 kph.
- c. The maximum speed limit of vehicles proposed for collector roads with residential land functions on the right or left side is 40 kph.

Acknowledgement

The authors fully acknowledged the Ministry of Education, Culture, Research and Technology and Jenderal Soedirman University for the approved fund through Research Grant Basic Research in the fiscal year 2021 which makes this important research viable and effective.

References

1. Traffic Corps Republic of Indonesia (*Korlantas Polri*): *Kecelakaan Lalu Lintas dalam Angka 2013*. Traffic Corps Republic of Indonesia (*Korlantas Polri*, Jakarta (2014).
2. Treat, J.R., Tumbas, N.S., McDonald, S.T., Shinar, D., Hume, R.D., Meyer, R.E.: Tri-level study of the causes of traffic accidents. NTHSA, Washington (1977).
3. Sugiyanto, G., Mulyono, B., Santi, M.Y.: *Karakteristik kecelakaan lalu lintas dan lokasi black spot di Kabupaten Cilacap*. Jurnal Teknik Sipil 12(4), 259-266 (2014).
4. Sugiyanto, G., Fadli, A., Santi, M.Y.: Identification of black spot and equivalent accident number using upper control limit method. ARPN J. Eng. Appl. Sci. 12(2), 528-535 (2017).
5. Astarina, L., Sugiyanto, G., Indriyati, E.W.: *Karakteristik kecelakaan lalu lintas dan analisis lokasi black spot di Kabupaten Bogor*. Dinamika Rekayasa 14(2), 65-76 (2018).
6. Nilsson, G.: Speed limits, enforcement and other factors influencing speed. Enforcement and Rewarding: Strategies and Effects. Leidschendam, Netherlands, pp. 46-50 (1991).
7. Hoareau, E., Newstead, S., Oxley, P., Cameron, M.: An evaluation of the 50 kph speed limit in Southeast Queensland. Journal Report No.264, Monash Univ. Accident Research Centre (2002).
8. Organization for Economic Cooperation Development (OECD): Speed Management. Transport Research Centre, OECD and European Conference of Ministers of Transport, Paris (2006).
9. Elvik, R.: A restatement of the case for speed limits. Transp. Pol. 17(3), 196-204 (2010).
10. Schmid-Mast, M., Sieverding, M., Esslen, M., Graber, K., Jäncke, L.: Masculinity causes speeding in young man. Accid. Anal. Prev. 40, 840-842 (2008).
11. Haglund M., Aberg L.: Speed choice in relation to speed limit and influences from other drivers. Transp. Res. Part F: Traffic Psychol Behav. 3(1), 39-51 (2000).
12. Sugiyanto, G., Jajang, Santi, M.Y.: The impact of lowering speed limit on mobility and the environment. AIP Conf. Proc. 2094(1) 020019, pp.1-8 (2019).

13. Russo, B.J., Savolainen, P.T., Schneider, W.H., Anastasopoulos, P.C.: Comparison of factors affecting injury severity in angle collisions by fault status using random parameters bivariate ordered probit model. *Anal. Methods Accid. Res.* 2, 21-29 (2014).
14. Sugiyanto, G.: The cost of traffic accident and equivalent accident number in developing countries (case study in Indonesia). *ARNP J. Eng. Appl. Sci.* 12(2), 389-397 (2017).
15. Sugiyanto, G., Santi, M.Y.: Road traffic accident cost using human capital method (case study in Purbalingga, Central Java, Indonesia). *J. Teknol. (Sci. Eng.)* 79(2), 107-116 (2017).
16. Tarko, A.P.: Modeling drivers' speed selection as a trade-off behavior. *Accid. Anal. Prev.* 41, 608-616 (2009).
17. Fuller, R.: Towards a general theory of driver behavior. *Accid. Anal. Prev.* 37(3), 461-472 (2005).
18. Delhomme, P., Chappé, J., Grenier, K., Pinto, M., Martha, C.: Reducing air pollution: a new argument for getting drivers to abide by the speed limit?. *Accid. Anal. Prev.* 42, 327-338 (2010).
19. Fuller, R., Gormley, M., Stradling, S., Broughton, P., Kinnear, N., O'Dolan, C., Hannigan, B.: Impact of speed change on estimated journey time: failure of drivers to appreciate relevance of initial speed. *Accid. Anal. Prev.* 41(1), 10-14 (2009).
20. Sugiyanto, G.: The impact of congestion pricing scheme on the generalized cost and speed of motorcycle to city of Yogyakarta, Indonesia. *J. Eng. Appl. Sci.* 11(8), 1740-1746 (2016).
21. Sugiyanto, G.: The effect of congestion pricing scheme on the generalized cost and speed of motorcycle. *Walailak J. Sci. & Tech. (WJST)* 15(1), 95-106 (2018).
22. Schepers, P., Hagenzieker, M., Methorst, R., Wee, B.V.: A conceptual framework for road safety and mobility applied to cycling safety. *Accid. Anal. Prev.* 62, 331-340 (2014).
23. Sugiyanto, G., Santosa, P.B., Wibowo, A., Santi, M.Y.: Hub and spoke airport networks in Indonesia based on Herfindahl-Hirschmann Index. *J. Eng. Appl. Sci.* 11(8), 1804-1810 (2016).
24. Sugiyanto, G., Santosa, P.B., Jajang, Fadli, A., Santi, M.Y.: Evaluation of hub-spoke airport networks in Sumatra Island, Indonesia to increase efficiency of air transportation. *MATEC Web of Conference* 195(04009), pp.1-9 (2018).
25. Sugiyanto, G., Santosa, P.B., Wibowo, A., Santi, M.Y.: Analysis of hub-and-spoke airport networks in Java Island, Indonesia based on cargo volume and freight ratio. *Procedia Eng.* 125: 556-563 (2015). <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.061>.
26. Sugiyanto, G., Santosa, P.B., Santi, M.Y.: Hub and spoke airport networks in Sulawesi Island, Indonesia based on freight ratio. *ARNP J. Eng. Appl. Sci.* 15(10), 1201-1209 (2020).
27. Sugiyanto, G., Suciningtyas, R., Jajang, Santi, M.Y.: Strategies for handling black spot area to increased road safety. *ARNP J. Eng. Appl. Sci.* 15(9), 1101-1110 (2020).
28. Wooley, J.: Recent advantages of lower speed limits in Australia. *Proceedings Eastern Asia Society for Transportation* 6, pp. 3562-3573 (2005).
29. Global Road Safety Partnership (GRSP): *Speed Management: a road safety manual for decision-makers and practitioners*, Geneva (2008).
30. Depart. of Planning, Transport, Infrastructure: *Speed limit guideline for South Australia* (2017).
31. Baguley, C.J.: *The British Traffic Conflict Technique*. Transport and Road Research Laboratory, NATO ASI Series Vol. F5 (1984).
32. Xie, K., Wang, X., Ozbay, K., Yang, H.: Crash frequency modeling for signalized intersections in a high-density urban road network. *Anal. Methods Accid. Res.* 2, 39-51 (2014).
33. Wang, X., Yuan, J., Schultz, G., Fang, S.: Investigating the safety impact of roadway network features of suburban arterials in Shanghai. *Accid. Anal. Prev.* 113, 137-148 (2018).

34. Tapp, A., Nancarrow, C., Davis, A., Jones, S.: Vicious or virtuous circles? Exploring the vulnerability of drivers to break low urban speed limits. *Transport. Res. Part A*. 91,195-212 (2016).
35. Sugiyanto, G., Malkhamah, S.: Determining the maximum speed limit in urban road to increase traffic safety. *J. Teknol. (Sci. Eng.)* 80(5), 67-77 (2018).
36. Sugiyanto, G., Fadli, A., Suciningtyas, R., Indriyati, E.W., Santi, M.Y.: Road safety audit at black spot area (Case study in Tlahab Lor, Karangreja, Purbalingga). *AIP Conf. Proc.* 2094(1) 020020, pp. 1-10 (2019).
37. Kagaya, S., Thanesuen, S., Uchida, K.: Traffic Management in Terms of Speed Limit in Hokkaido Area. *J. of the Eastern Asia Society for Transp. Studies* 6, 2247-2262 (2005).
38. <https://www.google.com/maps/search/Perumahan+Griya+Abdi+Kencana> (2021).
39. Abraham, J.: Analysis of Highway Speed Limits. Faculty of Applied Science and Engineering University Toronto, Canada (2001).
40. Pauw, E.D., Daniels, S., Thierie, M., Brijis, T.: Safety effects of reducing the speed limit from 90 kph to 70 kph. *Accid. Anal. Prev.* 62, 426-431 (2014).
41. Shaheed, M.S., Gkritza, K., Carriquiry, A.L., Hallmark, S.L.: Analysis of occupant injury severity in winter weather crashes: A fully Bayesian multivariate approach. *Anal. Methods Accid. Res.* 11, 33-47 (2016).
42. Sugiyanto, G.: Characterization of asphalt concrete produced from scrapped tire rubber. *Engineering J.* 21(4), 193-206 (2017).
43. Sugiyanto, G.: Marshall test characteristics of asphalt concrete mixture with scrapped tire rubber as a fine aggregate. *J. Teknol. (Sci. Eng.)* 79(2), 55-64 (2017).
44. Sukirman, S.: *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. NOVA, Bandung (1994).
45. Ministry of Public Work: *Manual Kapasitas Jalan Indonesia* (Indonesian Highway Capacity Manual) 1997. Jakarta (1997).
46. Hughes, B.P., Anund, A., Falkmer, T.: System theory and safety models in Swedish, UK, Dutch and Australian road safety strategies. *Accid. Anal. Prev.* 74, 271-278 (2015).
47. Vayalamkuzhi, P., Amirthalingam, V.: Influence of geometric design characteristics on safety under heterogeneous traffic flow. *J. Traffic Transp. Eng. (Engl. Ed.)* 3(6), 559-570 (2016).
48. Ministry of Transportation: *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 111 Tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan*. Jakarta (2015).
49. Soriguera, F., Martinez, I., Sala, M., Menendez, M.: Effects of low speed limits on freeway traffic flow. *Transp. Res. Part C: Emerg. Technol.* 77, 257-274 (2017).



Sebelas Maret University

5th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering (5th ICRMCE)

"Advanced Research and Technology for Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering"



Mataram University

A Blended Conference Juli, 8-9, 2021

LETTER OF ACCEPTANCE

Dear **Gito Sugiyanto**,

We are pleased to inform you that your paper (Paper ID : 017) entitled

"Determining the Maximum Speed Limit in Residential Area"

Written by **Gito Sugiyanto, Fadli Wirawan, Eva Wahyu Indriyati, Yanto, and Mina Yumei Santi** has been accepted for 5th ICRMCE 2021 conference.

The 5th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering (5th ICRMCE) will be held online during July 8-9, 2021.

5th ICRMCE proceedings will be published by Springer Nature in the series of Lecture Notes in Civil Engineering. The series is indexed by Scopus and El Compendex databases.

Conference Title		5 th ICRMCE 2021
Conference date		July 8-9, 2021
Conference Place		Virtual Zoom Meeting : http://bit.ly/icrmce05
Conference Organizer		Committee of ICRMCE
E-mail Address		icrmce05@ft.uns.ac.id

Registration will be completed with payment. If You have any query opinion, please do not hesitate to contact us.

We look forward to meeting you at the conference.

June 28, 2021

Best Regards,



Dr. Eng. Halwan Alfisa Saifullah

(Chairman of the 5th ICRMCE)

Dokumen pendukung luaran Tambahan #1

Luaran dijanjikan: Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi

Target: Terbit dalam Prosiding

Dicapai: Published

Dokumen wajib diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen sudah diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen belum diunggah:

-

Peran penulis: first author

Nama Konferensi/Seminar: The 3rd International Conference on Green Civil and Environmental Engineering (ICGCEE)

Lembaga penyelenggara: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science vol. 847 September 2021 no. 012019

Tempat penyelenggara: Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang

Tgl penyelenggaraan mulai: 12 Agustus 2021 | Tgl selesai: 13 Agustus 2021

ISBN/ISSN: 1755-1315

Lembaga pengindeks: Scopus

URL website: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/847/1/012019>

Judul artikel: Determining of black spot location in Purbalingga Regency using road geometric approach

PAPER • OPEN ACCESS

Determining of black spot location in Purbalingga Regency using road geometric approach

To cite this article: G Sugiyanto *et al* 2021 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **847** 012019

View the [article online](#) for updates and enhancements.



240th ECS Meeting

Digital Meeting, Oct 10-14, 2021

We are going fully digital!

Attendees register for free!

REGISTER NOW



Determining of black spot location in Purbalingga Regency using road geometric approach

G Sugiyanto¹, Y A Prasetyo¹, E W Indriyati¹, Y Yanto¹ and M Y Santi²

¹Jenderal Soedirman University, Department of Civil Engineering, Purbalingga, Central Java, Indonesia

²Health Polytechnic Ministry of Health of Yogyakarta, Mangkuyudan Street MJ III/304, Yogyakarta, Indonesia

gito.sugiyanto@unsoed.ac.id

Abstract. Traffic accidents are still one of the serious problems faced by the Indonesian Government. Based on traffic accident data from Traffic Corps Republic of Indonesia the number of traffic accidents in 2020 is 100,028 incidents and the number of deaths due to accidents is 23,529 people. Traffic accidents are caused by several factors such as vehicles, human error of road users, road conditions and the environment. Road geometry is one factor that contributes to the high value of the risk of accidents. One effort to reduce the number of traffic accidents is identification and handling the black spot location. The purpose of this research was to determine the black spot locations using road geometric facilities. Thus, the black spot location can be predicted before the incidence of a traffic accident occurs through the weighting parameter road geometric. Research was conducted on arterial and collector roads in Purbalingga. Six road geometric parameters are used to determine black spot locations, namely vehicle speed, road lane width, road shoulder width, road pavement width, road median width, and shoulder drop-off (difference in elevation between road shoulder and the pavement edge). Weighting intervals for road geometrics are 1 to 5 with interval 1. As a result of this study, there are differences in the ranking of black spot locations based on the equivalent accident number method and the road geometric parameter approach. The further research is conducted to determine the coefficient value of each road geometric parameter and combined with road equipment facilities.

1. Introduction

According to data released by the United Nations about 1.3 million people every year or about 3,000 people every day die due to traffic accidents. About 90% of deaths due to road accidents occur in developing countries between the ages of 5-44 years. If there are no effective efforts to reduce the number of accidents, deaths from traffic accidents will be the fifth leading cause of death in the world with an estimated number of around 2.4 million deaths every year. According to the Traffic Corps Republic of Indonesia in 2011-2018, the accident rate of 34.48% occurred in the morning and 24.14% in the afternoon. Based on the type of vehicle that had an accident, 52.5% were motorcycles; private cars 20%, trucks 17.5% and buses 10%. Accidents that occur can involve various ages who use the road as an area for activities. On average 20% of people who die in traffic accidents in developing countries are under the age of 15 [1]. The number of traffic accidents in Indonesia in 2020 as many as 100,028 incidents [1]. The same thing happened in Purbalingga Regency, Central Java, Indonesia where the number of traffic accidents increased from 2010 to 2019 [2].



Four factors that caused traffic accidents are vehicles, human error, road conditions and environment [3-4]. From the four factors, human error is a factor that often results in traffic accidents [5]. To minimize the road infrastructure deficiencies, there are three aspects, namely a forgiving road, a self-explaining road, and regulating road [6]. Mobility is one of the components that contribute to traffic accidents [7-9]. Therefore, the road safety model focuses mainly on risk factors [10]. The high number of traffic accidents indicates that there are various factors that cause accidents.

One of the factors that cause traffic accidents is the road, which includes the geometric conditions of the road [11]. Traffic accidents tend to be concentrated on certain roads. Several parameters used to analyze the causes of road accidents are road geometry, driving behavior, weather conditions, and speed limits [12]. This shows that in addition to driver error, road characteristics are also an important factor in the occurrence of traffic accidents. Road safety audit was introduced to handle the black spot location and reduce the severity of crashes, the accident cost [13-14], driving behavior [15], the generalized cost [16-17], and increased efficiency in transportation cost [18-21].

One of the efforts that can be done to reduce the traffic accidents number is by identification and handling the location of black spots. Black spot locations are areas that have a high accident rate, high risk and potential for accidents on a road section [22]. One of the methods to determine the black spot location is using the equivalent accident number and the upper control limit method. However, this method has a weakness, namely that traffic accident-prone locations can be determined after waiting for data on accidents and traffic accident victims [13, 23]. For this reason, a study using another approach is needed. Another method in determining the black spot locations without having to wait for accidents and victims is based on the road geometry facilities approach. The purpose of this research was to determine the black spot locations using road geometric facilities approach. Thus, the black spot location can be predicted before the incidence of a traffic accident occurs through the weighting of parameter road geometric facilities.

2. Method

2.1. Study location

The study was conducted on 10 (ten) arterial and collector roads in Purbalingga Regency, Central Java, Indonesia namely: Serang Village road, Selanegara Village road, Gembong Village road, Mangunegara Village road, Karanganyar Village road, Mayjend Sungkono Street Kalimanah Wetan, Bajong Village road, Bojongsari Village road, Padamara Village road and Tlahab Lor Village road.

2.2. Analysis approach

2.2.1 Equivalent accident number and upper control limit method

Accident data that has been grouped by fatality level then weighted using the equivalent accident number (EAN). The EAN weighting using a weighting formula from Road Research and Development Center Ministry of Public Work Republic of Indonesia [24]. The equivalent accident number with fatal: seriously injured: slightly injured: property damage only = 12:3:3:1 [24]. After being weighted for each level of victim fatality, then the accident equivalent number is total for each road segment.

After obtaining the EAN value for each road section, then calculate the upper control limit (UCL) value for each road section to determine which road sections are categorized as black spot locations. A road segment is declared a black spot location if the EAN value is greater than UCL ($\text{EAN} > \text{UCL}$).

2.2.2 Road geometric approach

There are six road geometric parameters used to determine the black spot locations, namely vehicle speed, road lane width, road shoulder width, road pavement width, road median width, and shoulder drop-off. Design speed is the speed chosen for planning purposes for each section of the highway such as horizontal alignment, road slopes, visibility, stopping sight distance and others [25]. The standards

for the six road geometric parameters used refers to Urban Road Geometric RSNI T-14-2004 [26], AASHTO [27], Government regulations Number 34, 2006 [28], and Law of the Republic of Indonesia Number 22 of 2009 concerning Road Traffic and Transportation [29].

Weighting intervals for road geometrics are 1 to 5 with interval 1. In this case, 1 is the best weight where the geometric conditions of the road exist and the size is in accordance with a predetermined standard. While the weight of 5 is the value with the worst condition where the geometric parameter of the road does not exist or the value exceeds the predetermined limit. For example, the vehicle speed, the higher the vehicle speed and the greater the difference with the design speed, the greater the effect on the rate of traffic accidents. This is related to the greater potential for traffic accidents for higher speeds. Mohammed in 2013 examined the effect of road geometric design characteristics on traffic accidents, mentioning several road geometric parameters that can affect traffic safety. The eight geometric parameters that influence the road are speed, lane width, number of lanes, shoulder width and type, median width and type, climbing lane length, access density, and median barrier. A reduction of 1.6 km/h from the average speed will reduce the incidence of injury by about 5%. Wider paths are theoretically associated with higher operating speeds and thus increased security. The more the number of lanes, the higher the traffic accident rate [30].

3. Result and discussion

3.1. Road geometric parameter weighting

The first road geometric parameter was vehicle speed. The vehicle speed used for weighting was based on the 85th percentile speed of all types of vehicles in the field. Five weighting intervals are set based on vehicle speed with a weighting number from 1 to 5, with interval 1. Vehicle speed weighting intervals for arterial and collector roads can be seen in Table 1.

Table 1. Vehicle speed weighting interval for arterial and collector roads

Interval of vehicle speed for arterial roads (km/h)	Weight	Interval of vehicle speed for collector roads (km/h)
≤ 60.9	1	≤ 50.9
61-66.9	2	51-55.9
67-72.9	3	56-60.9
73-78.9	4	61-65.9
≥ 79	5	≥ 66

The second road geometric parameter was the road lane width. The weighting interval was determined based on the difference in the width of the road lane in every 0.20 m multiple of the standard size. Weight 1 is the best weight where the road lane width is in accordance with the regulation standards. The road lane width weighting intervals for arterial and collector roads are presented in Table 2.

Table 2. Road lane width weighting interval for arterial and collector roads

Interval of road lane width for arterial roads (m)	Weight	Interval of road lane width for collector roads (m)
≥ 3.50	1	≥ 3.00
3.30-3.49	2	2.80-2.99
3.10-3.29	3	2.60-2.79
2.90-3.09	4	2.40-2.59
< 2.90	5	≤ 2.39

The third geometric parameter of the road was the shoulder width. The weighting interval was determined based on the difference in the width of the road shoulder compared to the standard shoulder width. Weight 1 is the best weight where the road shoulder width is in accordance with the

standard. The shoulder width weighting interval is divided into two conditions, namely for roads with sidewalks and roads without sidewalks for both arterial and collector roads as presented in Table 3.

Table 3. Shoulder width weighting intervals for arterial and collector roads with sidewalks and without sidewalks

Interval of shoulder width weighting intervals for arterial and collector roads with sidewalks (m)	Weight	Interval of shoulder width weighting intervals for arterial and collector roads without sidewalks (m)
≥ 0.25	1	≥ 2.00
0.15-0.249	2	1.20-1.999
0.10-0.149	3	0.80-1.199
0.05-0.099	4	0.40-0.799
< 0.049	5	< 0.399

The fourth road geometric parameter was the width of the sidewalk. The weighting interval was determined based on the difference between the width of the sidewalk and the width of the standard sidewalk. The weight of 1 is the best weight where the pavement condition is in accordance with the standard rules, while the weight that is worth 5 is the worst weight where the road segment does not have a sidewalk or sidewalk width is < 0.299 m. The weighting intervals for the sidewalk width for arterial and collector roads can be seen in Table 4.

Table 4. Sidewalk width weighting interval for arterial and collector roads

Interval of sidewalk width for arterial roads (m)	Weight	Interval of sidewalk width for collector roads (m)
≥ 1.50	1	≥ 1.50
0.90-1.499	2	0.90-1.499
0.60-0.899	3	0.60-0.899
0.30-0.599	4	0.30-0.599
< 0.299	5	< 0.299

The fifth road geometric parameter was the median width. The weighting interval was determined based on the difference in the road median width compared to the standard median width. Weight 1 is the best weight where the median width of the road is in accordance with the standards. The median width weighting intervals for arterial and collector roads can be seen in Table 5.

Table 5. Median width weighting interval for arterial and collector roads

Interval of median width for arterial roads (m)	Weight	Interval of median width for collector roads (m)
≥ 2.50	1	≥ 1.50
1.50-2.49	2	0.90-1.49
1.00-1.49	3	0.60-0.89
0.50-0.99	4	0.30-0.59
< 0.499	5	< 0.299

The sixth road geometric parameter was the shoulder drop-off (elevation difference between road shoulder and pavement edge). The weighting interval was determined based on the difference in elevation difference for each increment of 4 cm. Weight 1 is the best weight where the difference in elevation between the road shoulder and the edge of the pavement is < 1.99 cm. The elevation difference weighting intervals between the shoulder and the pavement edge for arterial and collector roads are presented in Table 6.

Table 6. Shoulder drop-off weighting interval for arterial and collector roads

Interval of drop-off (elevation difference between road shoulder and pavement edge) for arterial roads (cm)	Weight	Interval of drop-off (elevation difference between road shoulder and pavement edge) for collector roads (cm)
< 1.99	1	< 1.99
2.0-5.99	2	2.0-5.99
6.0-9.99	3	6.0-9.99
10-13.0	4	10-13.0
> 13.0	5	> 13.0

3.2. Black spot location based on EAN-UCL

The analysis results of the equivalent accident number and upper control limit values for ten roads in Purbalingga Regency, Central Java which are as black spot locations are shown in Table 7.

Table 7. Equivalent accident number and upper control limit values for ten roads

Name of road	Equivalent Accident Number	Upper Control Limit
Tlahab Lor Village Road, Karangreja	168	40.549
Bojongsari Village Road, Bojongsari	126	37.813
Serang Village Road, Karangreja	96	34.806
Mangunegara Village Road, Mrebet	87	34.374
Mayjend Sungkono Street Kalimanah Wetan	75	33.169
Gembong Village Road, Bojongsari	75	33.169
Selanegara Village Road, Kaligondang	75	32.749
Karanganyar Village Road, Karanganyar	72	32.853
Padamara Village Road, Padamara	69	32.531
Bajong Village Road, Bukateja	63	31.447

3.3. Black spot location based on road geometric approach

The weighting of the road geometric parameters is carried out by comparing the data of the geometric parameters of the roads measured in the field with the weighting intervals. The weighting of road geometric parameters for 10 roads can be seen in Table 8.

The results of the research, the ranking of black spot locations based on the weighting of the equivalent accident number-upper control limit method and the road geometric parameter method was different. It can be seen that the order of black spot locations tends to be not much different between two methods. For comparison, Tlahab Lor Village Road ranks first based on the EAN-UCL method with a total weight value of 168. Meanwhile, based on the road geometric parameter method, also the first ranks with a total weight value of 22. The maximum value for all parameters is 30. Meanwhile, Bajong Village Road which ranks 10th in the EAN-UCL method, changes to the 9th in the road geometric parameter.

There are several other factors that have a major influence on the occurrence of accidents on several roads which cause inconsistency of ranking results on several roads with both methods. The severity of traffic accident victims is also influenced by natural factors. The result of this study is relevant with the study of Shaheed et al that the driver's visibility, road surface conditions [31]. Natural factors, for example when it rains, will also affect the amount of vehicle speed chosen by the driver and the vehicle speed limit [32]. Operating speed has a significant contribution to the total number of crashes [33]. Tarko in 2009 examined the impact of speed on driving behavior [15]. The effect of speed on travel time by Nilsson in 1991 [5] and the determination of the maximum speed value on urban roads [34]. The road pavement type affects the road roughness value [35]. Road safety strategies potentially are improved by applying the system theory and safety models [7].

Table 8. The weighting of road geometric parameters for ten roads

Name of road	Road function	Vehicle speed (km/h)	Lane width (m)	Shoulder width (m)	Sidewalk width (m)	Median width (m)	Drop-off (cm)	Total weight
Tlahab Lor Village Road, Karangreja	Collector road	46.00	3.40	0	0	0	44.00	
Weight		1	1	5	5	5	5	22
Bojongsari Village Road, Bojongsari	Collector road	51.00	4.00	1.00	0	0	13.00	
Weight		2	1	3	5	5	4	20
Serang Village Road, Karangreja	Collector road	56.00	1.99	1.50	0	0	0	
Weight		3	5	2	5	5	1	21
Mangunegara Village Road, Mrebet	Collector road	52.00	4.00	1.00	0	0	8.00	
Weight		2	1	3	5	5	3	19
Mayjend Sungkono (to Purbalingga)	Secondary arterial	50.00	2.70	0.55	0	1.50	6.00	
Weight		1	5	4	5	2	2	19
Gembong Village Road, Bojongsari	Collector road	57.00	4.00	1.30	0	0	11.00	
Weight		3	1	2	5	5	3	19
Selanegara Village Road, Kaligondang	Collector road	53.00	3.30	0.85	0.91	0	1.00	
Weight		2	1	1	2	5	1	12
Karanganyar Village Road, Karanganyar	Collector road	56.00	2.20	1.80	0	0	0.00	
Weight		3	5	2	5	5	1	21
Padamara Village Road, Padamara	Collector road	49.00	3.00	0.50	0	0	7.00	
Weight		1	1	4	5	5	2	18
Bajong Village Road, Bukateja	Arterial road	58.00	3.50	2.00	0	0	4.00	
Weight		1	1	1	5	5	2	15

The result of the study is similar to Aljanahi et al. stated that road crashes are influenced by many factors such as road geometric design, traffic volume, vehicles speed, weather, driver's physical and mental conditions [36]. For two-lane rural highways, there is a relationship between geometric design consistency and road accidents in homogeneous traffic conditions [37]. The factors that affect the safety performance of the horizontal curve include: traffic volume, geometric features of the curves, cross section, roadside hazards, stopping sight distance, coordination between horizontal and vertical alignment, distance between curves, pavement friction and traffic control devices [38]. Super elevation, degree of curve, shoulder width and average daily traffic also contributes to road crashes [38-39]. Accident rate in horizontal curves increases monotonically and at an accelerating rate as curve radius is reduced [40]. According to AASHTO, factors that influence the safest speed depends on design features, conditions of road, traffic volumes, cross-traffic volumes, weather conditions, roadside development, spacing of intersecting roads and other factors [41-42].

In the other study, arterial roads with heavier traffic volumes and higher speed limits tended to have more severe crashes. Medians were helpful in reducing the severity of crashes [43] and reducing crash rate up to 15% [44-45]. The lower roadside hazard rate decreases the risk of more severe crashes

[46]. The horizontal curve and its degree of curvature must be considered when predicting the total crash frequency on horizontal curves [47]. In the other study, the shoulder width had a significant effect on actual speed and on perceived safe driving speed, but only when a guardrail was present [48].

4. Conclusion and further research

Based on the results of study determining the black spot locations using road geometric facilities approach, the following conclusion can be drawn:

- a. Six road geometric parameters are used to determine the black spot locations, namely vehicle speed, road lane width, road shoulder width, road pavement width, road median width, and shoulder drop-off (the difference in elevation between road shoulder and the pavement edge).
- b. There are differences in the ranking of black spot locations based on the equivalent accident number method and the road geometric parameter approach.

In the further research is conducted to determine the coefficient value of each road geometric parameter and combined with road equipment facilities.

Acknowledgments

“The authors fully acknowledged the Ministry of Education, Culture, Research and Technology Republic of Indonesia for the approved fund the Basic Research in 2021 which makes this important research viable and effective”.

References

- [1] Traffic Corps (*Korlantas Polri*) 2021 *Kecelakaan Lalu Lintas dalam Angka 2020* (Jakarta: Traffic Corps).
- [2] *Satuan Lalu Lintas* (Satlantas) Polres Purbalingga 2020 *Data Kecelakaan Lalu Lintas Tahun 2010-2019* (Purbalingga: Kepolisian Resor Purbalingga).
- [3] Treat J R, Tumbas N S, McDonald S T, Shinar D, Hume R D and Meyer R E 1977 *Tri-level Study of the Causes of Traffic Accidents* (Washington: NTHSA).
- [4] Sugiyanto G, Fadli A and Santi M Y 2017 Identification of black spot and equivalent accident number using upper control limit method *ARPJ J. Eng. Appl. Sci.* **12**(2), 528-35.
- [5] Nilsson G 1991 Speed limits, enforcement and other factors influencing speed. In Koornstra M J and Christensen J. (Eds.), *Enforcement and Rewarding: Strategies and Effects* pp. 46-50 (Netherlands: SWOV Leidschendam).
- [6] Directorate General of Highway 2006 *Kajian Kebutuhan Pelaksanaan Keselamatan Jalan di Indonesia* (Jakarta: Ministry of Public Work Republic of Indonesia).
- [7] Hughes B P, Anund A and Falkmer T 2015 System theory and safety models in Swedish, UK, Dutch and Australian road safety strategies *Accid. Anal. Prev.* **74**, 271-78. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.07.017>.
- [8] Wang X, Yuan J, Schultz G G and Fang S 2018 Investigating the safety impact of roadway network features of suburban arterials in Shanghai *Accid. Anal. Prev.* **113**, 137-48. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.01.029>.
- [9] Sugiyanto G, Jajang, and Santi M Y 2019 The impact of lowering speed limit on mobility and the environment. *AIP Conference Proceedings* **2094**(1) 020019, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1063/1.5097488>.
- [10] Schepers P, Hagenzieker M, Methorst R, Wee B V and Wegman F 2014 A conceptual framework for road safety and mobility applied to cycling safety *Accid. Anal. Prev.* **62**, 331-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.032>.
- [11] Sugiyanto G, Suciningtyas R, Jajang and Santi M Y 2020 Strategies for handling black spot area to increased road safety *ARPJ J. Eng. Appl. Sci.* **15**(9), 1101-110.
- [12] Atashafraze M and Yadollahi M M 2013 Geometric design consistency model based on speed and safety in rural highways in some European countries: A review *Inter. J. Structural Civil Eng.* **2**(2), 129-36.

- <http://www.ijscer.com/uploadfile/2015/0427/20150427034549611.pdf>.
- [13] Sugiyanto G 2017 The cost of traffic accident and equivalent accident number in developing countries (case study in Indonesia) *ARNP J. Eng. Appl. Sci.* **12**(2), 389-97.
 - [14] Sugiyanto G and Santi M Y 2017 Road traffic accident cost using human capital method (case study in Purbalingga, Central Java, Indonesia) *J. Teknol.* **79**(2), 107-16. <https://doi.org/10.11113/jt.v79.5375>.
 - [15] Tarko A P 2009 Modeling drivers' speed selection as a trade-off behavior *Accid. Anal. Prev.* **41**, 608-16. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.02.008>.
 - [16] Sugiyanto G 2016 The impact of congestion pricing scheme on the generalized cost and speed of motorcycle to the city of Yogyakarta, Indonesia *J. Eng. Appl. Sci.* **11**(8), 1740-746.
 - [17] Sugiyanto G 2018 The effect of congestion pricing scheme on the generalized cost and speed of motorcycle *Walailak J. Sci. & Tech. (WJST)* **15**(1), 95-106. <http://wjst.wu.ac.th/index.php/wjst/article/view/2347>.
 - [18] Sugiyanto G, Santosa P B, Wibowo A and Santi M Y 2016 Hub and spoke airport networks in Indonesia based on Herfindahl-Hirschmann Index (HHI) *J. Eng. Appl. Sci.* **11**(8), 1804-10.
 - [19] Sugiyanto G, Santosa P B, Jajang, Fadli A and Santi M Y 2018 Evaluation of hub-spoke airport networks in Sumatra Island, Indonesia to increase efficiency of air transportation *MATEC Web of Conference* **195**(04009), pp. 1-9. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819504009>.
 - [20] Sugiyanto G, Santosa P B, Wibowo A and Santi M Y 2015 Analysis of hub-and-spoke airport networks in Java Island, Indonesia based on cargo volume and freight ratio *Procedia Eng.* **125**, 556-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.061>.
 - [21] Sugiyanto G, Santosa P B and Santi M Y 2020 Hub and spoke airport networks in Sulawesi Island, Indonesia based on freight ratio *ARNP J. Eng. Appl. Sci.* **15**(10), 1201-209.
 - [22] Directorate General of Land Transportation 2007 *Pedoman Operasi ABIU/UPK (Accident Black spots Investigation Unit/Unit Penelitian Kecelakaan)* (Jakarta: Directorate General of Land Transportation, Ministry of Transportation Republic of Indonesia).
 - [23] Sugiyanto G, Fadli A, Suciningtyas R, Indriyati E W and Santi M Y 2019 Road safety audit at black spot area (Case study in Tlahab Lor, Karangreja, Purbalingga). *AIP Conference Proceedings* **2094**(1) 020020, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1063/1.5097489>.
 - [24] Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi 2005 *Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas: Pd.T-09-2004-B* (Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Ministry of Public Work Republic of Indonesia).
 - [25] Sukirman S 1994 *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan* (Bandung: Nova).
 - [26] Badan Standardisasi Nasional (BSN) 2004 *Geometri Jalan Perkotaan* RSNI T-14-2004 (Jakarta: Direktorat Bina Teknik).
 - [27] AASHTO 2001 *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, The American Association of State Highway and Transportation Officials (Washington DC).
 - [28] Ministry of State Secretariat of the Republic of Indonesia 2006 *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan*.
 - [29] Ministry of State Secretariat of the Republic of Indonesia 2009 *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan* (Jakarta: Ministry of State Secretariat of the Republic of Indonesia).
 - [30] Mohammed H A 2013 The influence of road geometric design element of highway safety *Inter. J. Civil Eng. Technol.* **4**(4), 146-62.
 - [31] Shaheed M S, Gkritza K, Carriquiry A L and Hallmark S L 2016 Analysis of occupant injury severity in winter weather crashes: A fully Bayesian multivariate approach *Anal. Methods Accid. Res.* **11**, 33-47. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2016.06.002>.
 - [32] Soriguera F, Martinez I, Sala M and Menendez M 2017 Effects of low speed limits on freeway traffic flow *Transp. Res. Part C: Emerg. Technol.* **77**, 257-74. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.01.024>.
 - [33] Vayalamkuzhi P and Amirthalingam V 2016 Influence of geometric design characteristics on

- safety under heterogeneous traffic flow *J. Traffic Transp. Eng. (Engl. Ed.)* **3**(6), 559-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtte.2016.05.006>.
- [34] Sugiyanto G and Malkhamah S 2018 Determining the maximum speed limit in urban road to increase traffic safety *J. Teknol.* **80**(5), 67-77. <https://doi.org/10.11113/jt.v80.10489>.
- [35] Sugiyanto G 2017 Characterization of asphalt concrete produced from scrapped tire rubber *Engineering J.* **21**(4), 193-206. <https://doi.org/10.4186/ej.2017.21.4.193>.
- [36] Aljanahi A A M, Rhodes A H, and Metcalfe A V 1999 Speed, speed limits and road traffic accident under free-flow conditions *Accid. Anal. Prev.* **31**(1/2), 161-68. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(98\)00058-X](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(98)00058-X).
- [37] Cafiso S, Graziano A D and Silvestro G D 2010 Development of comprehensive accident models for two-lane rural highways using exposure, geometry, consistency and context variables *Accid. Anal. Prev.* **42**(4), 1072-79. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.12.015>.
- [38] Aram A 2010 Effective safety factors on horizontal curves of two-lane highways *J. Appl. Sci.* **10**(22), 2814-22. <https://doi.org/10.3923/jas.2010.2814.2822>.
- [39] Dadashova B, Ramírez B A, McWilliams J M and Izquierdo F A 2016 The identification of patterns of interurban road accident frequency and severity using road geometry and traffic indicators *Transp. Res. Proc.* **14**, 4122-29. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.383>.
- [40] Elvik R 2013 International transferability of accident modification functions for horizontal curves *Accid. Anal. Prev.* **59**, 487-96. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.07.010>.
- [41] AASHTO 2011 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 6th Edition, The American Association of State Highway and Transportation Officials (Washington DC).
- [42] AASHTO 2018 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 7th Edition, The American Association of State Highway and Transportation Officials (Washington DC).
- [43] Ma M, Yan X, and Abdel-Aty M 2010 Safety analysis of urban arterials under mix-traffic patterns in Beijing *Transp. Res. Rec.* **2193**, 105-15. <https://doi.org/10.3141/2193-13>.
- [44] Frawley W E and Eisele W L 2005 Investigation of Access Point Density and Raised Medians: 27 Crash Analysis and Micro-simulation. FHWA/TX-05/04221-P1 (Texas: Texas A&M Transportation Institute).
- [45] Sawalha Z and Sayed T 2003 Statistical issues in traffic accident modeling. The 82nd Transportation Research Board Annual Meeting (Washington DC).
- [46] Haghighi N, Liu X C, Zhang G and Porter R J 2018 Impact of roadway geometric features on crash severity on rural two-lane highways *Accid. Anal. Prev.* **111**, 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.11.014>.
- [47] Gooch J P, Gayah V V and Donnell E T 2016 Quantifying the safety effects of horizontal curves on two-way, two-lane rural roads *Accid. Anal. Prev.* **92**, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.03.024>.
- [48] Ben-Bassat T and Shinar D 2011 Effect of shoulder width, guardrail and roadway geometry on driver perception and behavior *Accid. Anal. Prev.* **43**(6), 2142-52. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.06.004>.

Determining the maximum speed limit based on stopping sight distance (SSD) and risk of fatality

Cite as: AIP Conference Proceedings **2489**, 030030 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0093890>
Published Online: 29 June 2022

Gito Sugiyanto, Fadli Wirawan, Eva Wahyu Indriyati, et al.



[View Online](#)



[Export Citation](#)

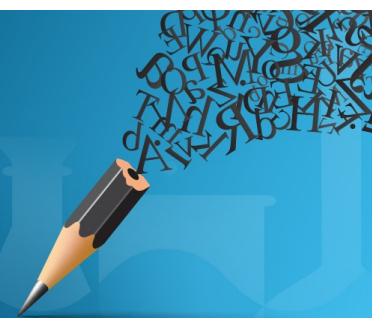


Author Services

English Language Editing

High-quality assistance from subject specialists

[LEARN MORE](#)



Determining The Maximum Speed Limit Based on Stopping Sight Distance (SSD) and Risk of Fatality

Gito Sugiyanto^{1,a)}, Fadli Wirawan¹, Eva Wahyu Indriyati¹, Yanto Yanto¹ and Mina Yumei Santi²

¹Jenderal Soedirman University, Department of Civil Engineering, Purbalingga, Central Java, Indonesia

²Health Polytechnic Ministry of Health of Yogyakarta, Mangkuyudan Street MJ III/304, Yogyakarta, Indonesia

^{a)} Corresponding author: gito.sugiyanto@unsoed.ac.id

Abstract. The implementation of speed limits to make roads, roadsides, and road-related areas safer for all road users. One of the areas with high potential to traffic accidents is residential areas which are located on the right or left side of the arterial or collector roads. Travel speed is a contributing factor in all crashes. Reductions in average travel speed across the network is the most effective and swift way to reduce road trauma and would produce significant and immediate road safety benefits. To achieve road safety targets, speed limits need to be set and enforced. The purpose of this study was to determine the value of maximum speed limit using the stopping sight distance and risk of fatality. The study locations are in three collector roads in Purbalingga Regency, Central Java, Indonesia. Based on the analysis result, the maximum speed limit based on the stopping sight distance method is 39.29 km/h for Padamara Street, 38.39 km/h for Letkol Isdiman Street and 38.09 km/h for Letnan Yusuf Street. Based on the curve of the relationship between vehicle speed and accident fatality rates issued by the Department of Planning, Transport, and Infrastructure of South Australia, the speed limit value is 42 km/h. The maximum speed limit of the vehicles proposed for the collector roads with residential area functions is 40 km/h. The future research is focused on determining the maximum speed limit value based on vehicle type and land use. Maximum speed limit values are differentiated for 2-wheeled vehicles and 4-wheeled vehicles or more.

INTRODUCTION

Traffic accidents are one of the problems in land transportation in addition to traffic jams. One of the efforts that can be done to reduce the number of traffic accidents is by limiting the maximum speed of the vehicle. This is done because most of the traffic accidents that occur are due to the factor speeding. According to the Traffic Corps Republic of Indonesia, most of the traffic accident locations in Indonesia are on roads with land use around the residential areas [1]. The number of traffic accidents in 2020 is 100,028 incidents. In addition, the number of deaths due to accidents decreased by 18%. With the death total in 2019 as many as 25,671 people, it reduces to 23,529 in 2020 [1]. Traffic accidents are caused by several factors such as vehicles, human error of road users, road conditions (geometric, pavement, horizontal alignment, etc.) and the environments [2-4]. From the four factors that cause traffic accidents, human error such as an increase in vehicle speed is a factor that often results in traffic accidents [5-6], which can even reach one-third of fatal accidents [7]. The human error highest as a cause of accidents is speeding [8-9]. Speeding increases the chance of accidents occurring [7] and the severity of traffic accident victims [10-11]. Speed limit was introduced to reduce the number of traffic accident and severity of crashes [6, 12], the cost of accident [13-14], the driving behavior [9, 15], the air pollution [16], the travel time [17], the generalized cost [18-19], the mobility [20], and increased efficiency in the cost of transportation [21-24]. A reduction of 5 km/h in average travel speed would reduce rural casualty crashes by about 30%, and urban casualty crashes by about 25% [25]. Limiting the speed of vehicles is one strategy to improve traffic safety [26]. The purpose of speed limiting is to balance mobility and safeties by ensuring safe speed limits are suitable for road conditions [10, 27]. For this reason, a vehicle speed limit value is required that is in accordance with conditions of road and traffic in residential areas.

Higher the speed of the vehicle, the higher death rate due to accidents, both involving pedestrians and other vehicles [25]. The ideal and safe speed is less than 30 km/h to avoid conflicts that could involve pedestrians and bicycles, less than 45 km/h for conflicts with vehicles from the side-impact collision, and less than 70 km/h to avoid possible conflicts with vehicles from the front or head-on collision. Traffic conflict is a condition in which one or more road users approach each other or approach another object at a certain time and place so that it causes a risk of collision if the movement cannot be stopped or changed [28]. Traffic conflicts occur because of various types of traffic flow movements. An improved crash frequency model for signalized intersections in urban road networks using conditional autoregressive model [29]. Road network patterns signal density and access densities are used to analyze the safety impacts [30].

Nowadays, the maximum speed limit setting is only determined based on the vehicle speed in the 85th percentile method [31-32]. The 85th percentile speed is the speed at or below which 85% of vehicles are observed to travel under free-flow conditions past a nominated point. This method has disadvantage because it only uses vehicle speed as the reference parameter. For this reason, another method is needed as a comparison in order to produce a more valid speed limit value. The method to be used is stopping sight distance (SSD) and risk of fatality. In the stopping sight distance method, the determination of maximum speed limit refers to SSD, free-flow speed, and road friction coefficient between the tire and road pavement surface. Kagaya et al. identified the traffic management specific to setting of speed limits implemented in Hokkaido, Japan [33]. The purpose of this study is to determine the maximum speed limit in residential areas using the stopping sight distance method and based on risk of fatality.

METHOD

Location of the Study

The study was conducted on three collector roads in Purbalingga Regency, Central Java, Indonesia namely Padamara Street (collector road near the Abdi Negara Permai Housing), Letkol Isdiman Street (collector road near the Griya Abdi Kencana Housing) and Letnan Yusuf Street (collector road near the Griya Perwira Asri Housing). On the left or right side from three collector roads are residential areas.

Analysis Approach

The method that was used in this study was stopping sight distance or SSD method and risk of fatality. Parameters used in stopping sight distance method refers to SSD, free-flow speed, and road friction coefficient between the tire and road pavement surface. The risk of fatality based on the curve of the relationship between vehicle speed and accident fatality rates issued by the Department of Planning, Transport, and Infrastructure of South Australia [25].

Stopping Sight Distance Method

According to the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), “stopping sight distance reflects a distance within which a driver can effectively see an object in the roadway and stop their vehicle before colliding with the object” [34-36]. In the stopping sight distance method, determination of the maximum speed limit value refers to the vehicles stopping sight distance [37], free-flow speed, and road friction coefficient. The friction coefficient is influenced by the vehicle speed and road roughness. The road pavement type affects the value of road roughness [38-39]. For comfort and safety in driving, every length of road section should be filled with the minimum visibility along the minimum SSD [40]. The sum of distance travelled during reaction time and braking distance becomes the minimum SSD.

The equation for calculating the value of the distance travelled during the reaction time (d_1) is:

$$d_1 = 0.287.vt \quad (1)$$

With v is vehicle speed (km/h) and t is the total reaction time (seconds).

The braking distance (d_2) is distance a vehicle will travel from the point when its brakes are fully applied to when it comes to a complete stop. The braking distance is calculated due to the effect of friction between the tires and the road surface. The equation for calculating the braking distance is:

$$d_2 = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot (f \pm G) \cdot (3.6)^2} \quad (2)$$

Where v is the vehicle speed (km/h), g is the acceleration due to gravity (m/sec²) and f is the factor of the road friction coefficient between tire and road pavement surface. To solve the polynomial function, Equation (3) and (4) are used. The equation for calculating maximum speed limit using the SSD method can be seen in Equation (5).

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad (3)$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (4)$$

$$v = \frac{-0,694 + \sqrt{0,694^2 + 4 \cdot \left(\frac{1}{254,016 \cdot (f \pm G)}\right) \cdot \left(0,694Vc + \frac{Vc^2}{254,016 \cdot (fc \pm G)}\right)}}{2 \cdot \left(\frac{1}{254,016 \cdot (f \pm G)}\right)} \quad (5)$$

Where V is the maximum speed limit of the vehicle (km/h), V_c is free-flow speed (km/h), f is the coefficient of road friction based on the design speed, f_c is the coefficient of road friction based on free-flow speed and G is slope of the road (%).

Risk of Fatality

The relationship between vehicle speed and crash severity is unequivocal and is based on the laws of physics. Biomechanical research into the capacity of the human body to absorb crash energy without significant harm suggest that safe travel speeds would ideally be less than 30 km/h in areas where conflict with people walking and cycling is possible, less than 50 km/h where side impacts are possible, and less than 70 km/h on roads where head-on collisions are possible [25]. Collision-force and risk of fatality for pedestrian and vehicles based on the curve of the relationship between vehicle speed and accident fatality rates issued by the Department of Planning, Transport, and Infrastructure of South Australia [25]. Based on the curve of the relationship between vehicle speed and accident fatality rates, if the travel speed is 30 km/h, the risk of fatality for pedestrians and cycling is 10%. The speed limit of vehicles is divided into two conditions based on traffic conflict, to get the risk of fatality 10% for the side-impact collision the speed limit is 50 km/h and 70 km/h for the head-on collisions. In aggregate terms, minor speeding is found to be more dangerous to the community than excessive speeding. The cumulative effect of a small additional risk multiplied by a high number of drivers results in more casualty crashes than the cumulative effect of a few drivers who speed by a large margin.

RESULT AND DISCUSSION

The Road Geometric Conditions and Side Friction

The road geometric data collected include the number of lanes, lanes width, shoulders width, and road terrain conditions. Padamara Street, Letnan Yusuf Street, and Letkol Isdiman Street are two lane-two way without median or 2/2 undivided road. The road geometric conditions and design speed on three roads are shown in Table 1.

TABLE 1. Road Geometric Conditions and Side Friction

Name of road	Road type	Road width (m)	Left shoulder width (m)	Right shoulder width (m)	Side friction	Design speed (km/h)	Terrain condition
Padamara street	2/2 UD	7.5	1.0	1.0	201.5 (low)	60	Flat
Letnan Yusuf	2/2 UD	7.0	1.2	1.2	299 (low)	60	Flat
Letkol Isdiman	2/2 UD	12.0	1.5	1.5	916.3 (very high)	60	Flat

Determination of the maximum speed limit using SSD method

Free-Flow Speed

Free-flow speed was influenced by the value of basic current speed, correction factor of road width, correction factor of side friction, correction factor of separation and correction factor of citizen size. The value of the correction factor for speed refers to the Indonesian Highway Capacity Manual (IHCM) 1997 [41]. Data on road width and side friction in each road section refers to Table 1, while the correction factor of citizen size is determined based on the population in Purbalingga Regency in 2020 amounting to 998,561 peoples so the value of correction factor of citizen size is 0.95. The free-flow speed for Padamara Street at 40.49 km/h, Letkol Isdiman Street is 39.56 km/h and Letnan Yusuf Street at 39.25 km/h.

Road Friction Coefficient

The value of road friction coefficient between tire and road pavement surface was calculated for two conditions, based on the design speed of road and free-flow speed. Road friction coefficient between tire and road pavement surface for three collector roads in Purbalingga Regency with a road design speed of 60 km/h is 0.153. Road friction coefficient between tire and road pavement surface based on free-flow speed can be seen in Table 2.

Maximum Speed Limit Based on Stopping Sight Distance Method

The maximum speed limit based on stopping sight distance method was determined using Equation (5). Vehicle speed limit for the three collector roads in Purbalingga are as follows:

The free-flow speed on Padamara Street is 40.49 km/h. The coefficient of road friction with a design speed of 60 km/h is 0.153 and free-flow speed (40.49 km/h) is 0.1657 and slope of the road is 0%. Obtained the maximum speed limit on Padamara Street is 39.29 km/h. The free-flow speed on Letkol Isdiman Street is 39.56 km/h. The coefficient of road friction for a design speed 60 km/h is 0.153. Road friction coefficient based on free-flow speed (39.56 km/h) is 0.1660 and the road slope is 0%. The maximum speed limit on Letkol Isdiman Street is 38.39 km/h. The free-flow speed on Letnan Yusuf Street is 39.25 km/h. The coefficient of road friction with a design speed of 60 km/h is 0.153 and based on free-flow speed (39.25 km/h) is 0.166 and the road slope is 0%. The maximum speed limit on Letnan Yusuf Street, Purbalingga is 38.09 km/h. Recapitulation of data from the maximum speed limit analysis using stopping sight distance method is shown in Table 2.

TABLE 2. Road Friction Coefficient and Maximum Speed Limit using SSD Method

Name of collector road	Design speed (km/h)	Friction coefficient based on design speed (f)	Free-flow speed (km/h)	Friction coefficient based on free-flow speed (fc)	Maximum speed limit (km/h)
Padamara street	60.00	0.153	40.49	0.1657	39.29
Letkol Isdiman	60.00	0.153	39.56	0.1660	38.39
Letnan Yusuf	60.00	0.153	39.25	0.1660	38.09

Determination of Speed Limit Using Risk of Fatality

The parameter used to determine the maximum speed limit is traffic conflict type. Traffic conflict data is obtained from surveys with cameras to record movements of vehicles that occur in the field. Recording was done during peak hour for the three roads. The data is further grouped based on the type of traffic conflict that occurs namely head-on collision, run-off-road collision, side collision, and rear-end collision. The number and types of traffic conflicts are shown in Table 3. For the Padamara Street, the type of traffic conflict that most often occurs is the side-collision type, which is 221 conflicts, for the Letnan Yusuf Street the type of conflict that most often occurs is the side-collision type, which is 434 conflicts, and for the Letkol Isdiman Street the traffic conflict type is the side-collisions as many as 287 conflicts.

TABLE 3. Traffic Conflict Type in Three Collector Road

No.	Name of road	Traffic conflict type				Total
		<i>Head-on Collision</i>	<i>Run-off-road Collision</i>	<i>Side Collision</i>	<i>Rear-end Collision</i>	
1.	Padamara Street	59	112	221	2	394
2.	Letnan Yusuf Street	42	39	434	5	520
3.	Letkol Isdiman Street	94	214	287	1	596

For Padamara Street, based on a survey in the field using speed gun bushnell, the highest speed limit value is 44 km/h. Furthermore, based on Table 3, the type of traffic conflict that most often occurs on this road is the side-collision type. The highest speed limit values then plotted in a curve of the relationship between vehicle speed and accident fatality rates issued by the Department of Planning, Transport, and Infrastructure of South Australia. The type of conflict that is used as a reference is side-collision conflict. The vehicle speed limit value for Padamara Street, Letnan Yusuf Street and Letkol Isdiman Street based on the risk of fatality is 42 km/h. Road safety strategies potentially are improved by applying system theory and safety models [42]. The implementation of speed limit in arterial and collector roads is one of the strategies to increase traffic safety. One of the factors that have a significant contribution in accidents is an operating speed [43]. Reducing the speed limit in the residential areas in Melbourne, Australia was good for safety and would make the area more pleasant [44]. Recommended the maximum speed limit value in residential areas is similar with the result of Soriguera et al. in 2017 stated that a stable flow of 1942 vehicle per hour per lane was measured with a 40 km/h speed limit in force [45].

CONCLUSION AND FUTURE RESEARCH

Based on the results of study to determine the maximum speed limit in residential area using stopping sight distance method and based on risk of fatality, the following conclusion can be drawn:

- The maximum speed limit of vehicles based on the stopping sight distance method is between 38.09-39.29 km/h and based on the curve of the relationship between vehicle speed and accident fatality rates the speed limit value is 42 km/h.
- The maximum speed limit proposed for collector roads with residential area functions on the right or left side is 40 km/h.

The future research is focused on determining the maximum speed limit value based on vehicle type and land use. The maximum speed limit values are differentiated for 2-wheeled vehicles and 4-wheeled vehicles or more.

ACKNOWLEDGMENTS

“The authors fully acknowledged the Ministry of Education, Culture, Research and Technology Republic of Indonesia for the approved fund of Basic Research in 2021 based on research contract No. 117/SP2H/LT/DRPM/2021 which makes this research viable and effective”.

REFERENCES

1. Traffic Corps Republic of Indonesia (Korlantas Polri) 2021 Kecelakaan Lalu Lintas dalam Angka 2020 (Jakarta: Traffic Corps Republic of Indonesia).
2. J.R. Treat, N.S. Tumbas, S.T. McDonald, D. Shinar, R.D. Hume, and R.E. Meyer, Tri-level Study of the Causes of Traffic Accidents, (1977).
3. G. Sugiyanto, A. Fadli, and M.Y. Santi, Identification of Black Spot and Equivalent Accident Number Using Upper Control Limit Method **12(2)** 528-35, (2017).
4. L. Astarina, G. Sugiyanto, and E.W. Indriyati, Karakteristik Kecelakaan Lalu Lintas dan Analisis Lokasi Black Spot di Kabupaten Bogor *Dinamika Rekayasa* **14(2)** 65-76, (2018).
5. G. Nilsson, Speed Limits Enforcement and Other Factors Influencing Speed. M. J. In Koornstra, and M. J. Christensen (Eds.), Enforcement and Rewarding: Strategies and Effects 46-50, (1991).
6. E. Hoareau, S. Newstead, P. Oxley, and M. Cameron, An evaluation of the 50 kph speed limit in South East Queensland **264**, (2002).

7. Organization for Economic Cooperation Development (OECD), Speed Management (Paris: Transport Research Centre, OECD and European Conference of Ministers of Transport (ECMT), (2006).
8. R. Elvik, A Restatement of The Case for Speed Limits *Transp.* **17(3)** 196-204, (2010).
9. M. Schmid-Mast, M. Sieverding, M. Esslen, K. Graber, and L. Jäncke, Masculinity Causes Speeding in Young Men *Accid. Anal.* **40** 840-2, (2008).
10. M. Haglund, and L. Aberg, Speed Choice in Relation to Speed Limit and Influences from Other Drivers *Transp. Res. Part F: Traffic Psychol Behav.* **3(1)** 39-51, (2000).
11. G. Sugiyanto, J. Jajang, and M.Y. Santi, The Impact of Lowering Speed Limit on Mobility and The Environment **020019** 1-8, (2019).
12. B.J. Russo, P.T. Savolainen, W.H. Schneider, and P.C. Anastasopoulos, Comparison of Factors Affecting Injury Severity in Angle Collisions by Fault Status Using a Random Parameters Bivariate Ordered Probit Model *Anal. Methods Accid* **2** 21-9, (2014).
13. G. Sugiyanto, The Cost of Traffic Accident and Equivalent Accident Number in Developing Countries (Case Study in Indonesia) **12(2)** 389-97, (2017).
14. G. Sugiyanto, and M.Y. Santi, Road Traffic Accident Cost Using Human Capital Method (Case study in Purbalingga, Central Java, Indonesia) *J. Teknol.* **79(2)** 107-16, (2017).
15. A.P. Tarko, Modeling Drivers' Speed Selection as a Trade-off Behavior **41** 608-16, (2009).
16. P. Delhomme, J. Chappé, K. Grenier, M. Pinto, and C. Martha, Reducing Air Pollution: A New Argument for Getting Drivers to Abide by The Speed Limit **42** 327-38, (2010).
17. R. Fuller, M. Gormley, S. Stradling, P. Broughton, N. Kinnear, C. O'Dolan, and B. Hannigan, Impact of speed Change on Estimated Journey Time: Failure of Drivers to Appreciate Relevance of Initial Speed **41(1)** 10-4, (2009).
18. G. Sugiyanto, The Impact of Congestion Pricing Scheme on The Generalized Cost and Speed of Motorcycle to The City of Yogyakarta, Indonesia **11(8)** 1740-6, (2016).
19. G. Sugiyanto, The Effect of Congestion Pricing Scheme on The Generalized Cost and Speed of Motorcycle Walailak J. Sci. & Tech. (WJST) **15(1)** 95-106, (2018).
20. P. Schepers, M. Hagenzieker, R. Methorst, B.V. Wee, and F. Wegman, A Conceptual Framework For Road Safety and Mobility Applied to Cycling Safety **62** 331-40, (2014).
21. G. Sugiyanto, P.B. Santosa, A. Wibowo, and M.Y. Santi, Hub and Spoke Airport Networks in Indonesia Based on Herfindahl-Hirschmann Index (HHI) **11(8)** 1804-10, (2016).
22. G. Sugiyanto, P.B. Santosa, J. Jajang, A. Fadli, and M.Y. Santi, Evaluation of Hub-Spoke Airport Networks in Sumatra Island, Indonesia to Increase Efficiency of Air Transportation MATEC Web of Conference **195(04009)** 1-9, (2018).
23. G. Sugiyanto, P.B. Santosa, A. Wibowo, and M.Y. Santi, Analysis of Hub-and-Spoke Airport Networks in Java Island, Indonesia Based on Cargo Volume and Freight Ratio **125** 556-563, (2015).
24. G. Sugiyanto, P.B. Santosa, and M.Y. Santi, Hub and Spoke Airport Networks in Sulawesi Island, Indonesia Based on Freight Ratio **15(10)** 1201-09, (2020).
25. Department of Planning, Transport, and Infrastructure, Speed Limit Guideline for South Australia, (2017).
26. G. Sugiyanto, R. Suciningtyas, J. Jajang, and M.Y. Santi, Strategies for Handling Black Spot Area to Increased Road Safety **15(9)** 1101-10, (2020).
27. J. Wooley, Recent Advantages of Lower Speed Limits in Australia **6** 3562-73, (2005).
28. C.J. Baguley, The British Traffic Conflict Technique **F5**, (1984).
29. K. Xie, X. Wang, K. Ozbay and H. Yang, Crash Frequency Modeling for Signalized Inter-Sections in a High-Density Urban Road Network **2** 39-51, (2014).
30. X. Wang, J. Yuan, G.G. Schultz, and S. Fang, Investigating The Safety Impact of Roadway Network Features of Suburban Arterials in Shanghai **113** 137-48, (2018).
31. G. Sugiyanto, and S. Malkhamah, Determining The Maximum Speed Limit in Urban Road to In-Crease Traffic Safety **80(5)** 67-77, (2018).
32. G. Sugiyanto, A. Fadli, R. Suciningtyas, E.W. Indriyati, and M.Y. Santi, Road Safety Audit at Black Spot Area (Case Study in Tlahab Lor, Karangreja, Purbalingga) **2094(1)** 020020 1-10, (2019).
33. S. Kagaya, S. Thanesuen, and K. Uchida, Traffic Management in Terms of Speed Limit in Hokkaido Area *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* **6** 2247-62, (2005).
34. AASHTO (2004 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 5th Edition, The American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.

35. AASHTO 2011 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 6th Edition, The American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.
36. AASHTO 2018 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 7th Edition, The American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.
37. M.S. Shaheed, K. Gkritza, A.L. Carriquiry, and S.L. Hallmark, Analysis of Occupant Injury Severity in Winter Weather Crashes: A Fully Bayesian Multivariate Approach **11** 33-47, (2016).
38. G. Sugiyanto, Characterization of Asphalt Concrete Produced from Scrapped Tire Rubber Engineering **21(4)** 193-206, (2017).
39. G. Sugiyanto, Marshall Test Characteristics of Asphalt Concrete Mixture With Scrapped Tire Rubber as a Fine Aggregate **79(2)** 55-64, (2017).
40. S. Sukirman, Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan (Bandung: Nova), (1994).
41. Direktorat Jenderal Bina Marga, Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) (Jakarta: Ministry of Public Work Republic of Indonesia), (1997).
42. B.P. Hughes, A. Anund, and T. Falkmer, System Theory and Safety Models in Swedish, UK, Dutch and Australian Road Safety Strategies **74** 271-8, (2015).
43. P. Vayalamkuzhi, and V. Amirthalingam, Influence of Geometric Design Characteristics on Safety Under Heterogeneous Traffic Flow **3(6)** 559-70, (2016).
44. B. Fildes, B. Lawrence, and J. Oxley, Low Speed Limits in Residential Areas in Melbourne, Australia, Traffic **20** S155-S157, (2019).
45. F. Soriguera, I. Martinez, M. Sala, and M. Menendez, Effects of Low Speed Limits on Freeway Traffic Flow **77** 257-74, (2017).

PAPER • OPEN ACCESS

Determining of black spot location in Purbalingga Regency using road geometric approach

To cite this article: G Sugiyanto *et al* 2021 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **847** 012019

View the [article online](#) for updates and enhancements.



240th ECS Meeting

Digital Meeting, Oct 10-14, 2021

We are going fully digital!

Attendees register for free!

REGISTER NOW



Determining of black spot location in Purbalingga Regency using road geometric approach

G Sugiyanto¹, Y A Prasetyo¹, E W Indriyati¹, Y Yanto¹ and M Y Santi²

¹Jenderal Soedirman University, Department of Civil Engineering, Purbalingga, Central Java, Indonesia

²Health Polytechnic Ministry of Health of Yogyakarta, Mangkuyudan Street MJ III/304, Yogyakarta, Indonesia

gito.sugiyanto@unsoed.ac.id

Abstract. Traffic accidents are still one of the serious problems faced by the Indonesian Government. Based on traffic accident data from Traffic Corps Republic of Indonesia the number of traffic accidents in 2020 is 100,028 incidents and the number of deaths due to accidents is 23,529 people. Traffic accidents are caused by several factors such as vehicles, human error of road users, road conditions and the environment. Road geometry is one factor that contributes to the high value of the risk of accidents. One effort to reduce the number of traffic accidents is identification and handling the black spot location. The purpose of this research was to determine the black spot locations using road geometric facilities. Thus, the black spot location can be predicted before the incidence of a traffic accident occurs through the weighting parameter road geometric. Research was conducted on arterial and collector roads in Purbalingga. Six road geometric parameters are used to determine black spot locations, namely vehicle speed, road lane width, road shoulder width, road pavement width, road median width, and shoulder drop-off (difference in elevation between road shoulder and the pavement edge). Weighting intervals for road geometrics are 1 to 5 with interval 1. As a result of this study, there are differences in the ranking of black spot locations based on the equivalent accident number method and the road geometric parameter approach. The further research is conducted to determine the coefficient value of each road geometric parameter and combined with road equipment facilities.

1. Introduction

According to data released by the United Nations about 1.3 million people every year or about 3,000 people every day die due to traffic accidents. About 90% of deaths due to road accidents occur in developing countries between the ages of 5-44 years. If there are no effective efforts to reduce the number of accidents, deaths from traffic accidents will be the fifth leading cause of death in the world with an estimated number of around 2.4 million deaths every year. According to the Traffic Corps Republic of Indonesia in 2011-2018, the accident rate of 34.48% occurred in the morning and 24.14% in the afternoon. Based on the type of vehicle that had an accident, 52.5% were motorcycles; private cars 20%, trucks 17.5% and buses 10%. Accidents that occur can involve various ages who use the road as an area for activities. On average 20% of people who die in traffic accidents in developing countries are under the age of 15 [1]. The number of traffic accidents in Indonesia in 2020 as many as 100,028 incidents [1]. The same thing happened in Purbalingga Regency, Central Java, Indonesia where the number of traffic accidents increased from 2010 to 2019 [2].



Four factors that caused traffic accidents are vehicles, human error, road conditions and environment [3-4]. From the four factors, human error is a factor that often results in traffic accidents [5]. To minimize the road infrastructure deficiencies, there are three aspects, namely a forgiving road, a self-explaining road, and regulating road [6]. Mobility is one of the components that contribute to traffic accidents [7-9]. Therefore, the road safety model focuses mainly on risk factors [10]. The high number of traffic accidents indicates that there are various factors that cause accidents.

One of the factors that cause traffic accidents is the road, which includes the geometric conditions of the road [11]. Traffic accidents tend to be concentrated on certain roads. Several parameters used to analyze the causes of road accidents are road geometry, driving behavior, weather conditions, and speed limits [12]. This shows that in addition to driver error, road characteristics are also an important factor in the occurrence of traffic accidents. Road safety audit was introduced to handle the black spot location and reduce the severity of crashes, the accident cost [13-14], driving behavior [15], the generalized cost [16-17], and increased efficiency in transportation cost [18-21].

One of the efforts that can be done to reduce the traffic accidents number is by identification and handling the location of black spots. Black spot locations are areas that have a high accident rate, high risk and potential for accidents on a road section [22]. One of the methods to determine the black spot location is using the equivalent accident number and the upper control limit method. However, this method has a weakness, namely that traffic accident-prone locations can be determined after waiting for data on accidents and traffic accident victims [13, 23]. For this reason, a study using another approach is needed. Another method in determining the black spot locations without having to wait for accidents and victims is based on the road geometry facilities approach. The purpose of this research was to determine the black spot locations using road geometric facilities approach. Thus, the black spot location can be predicted before the incidence of a traffic accident occurs through the weighting of parameter road geometric facilities.

2. Method

2.1. Study location

The study was conducted on 10 (ten) arterial and collector roads in Purbalingga Regency, Central Java, Indonesia namely: Serang Village road, Selanegara Village road, Gembong Village road, Mangunegara Village road, Karanganyar Village road, Mayjend Sungkono Street Kalimanah Wetan, Bajong Village road, Bojongsari Village road, Padamara Village road and Tlahab Lor Village road.

2.2. Analysis approach

2.2.1 Equivalent accident number and upper control limit method

Accident data that has been grouped by fatality level then weighted using the equivalent accident number (EAN). The EAN weighting using a weighting formula from Road Research and Development Center Ministry of Public Work Republic of Indonesia [24]. The equivalent accident number with fatal: seriously injured: slightly injured: property damage only = 12:3:3:1 [24]. After being weighted for each level of victim fatality, then the accident equivalent number is total for each road segment.

After obtaining the EAN value for each road section, then calculate the upper control limit (UCL) value for each road section to determine which road sections are categorized as black spot locations. A road segment is declared a black spot location if the EAN value is greater than UCL ($\text{EAN} > \text{UCL}$).

2.2.2 Road geometric approach

There are six road geometric parameters used to determine the black spot locations, namely vehicle speed, road lane width, road shoulder width, road pavement width, road median width, and shoulder drop-off. Design speed is the speed chosen for planning purposes for each section of the highway such as horizontal alignment, road slopes, visibility, stopping sight distance and others [25]. The standards

for the six road geometric parameters used refers to Urban Road Geometric RSNI T-14-2004 [26], AASHTO [27], Government regulations Number 34, 2006 [28], and Law of the Republic of Indonesia Number 22 of 2009 concerning Road Traffic and Transportation [29].

Weighting intervals for road geometrics are 1 to 5 with interval 1. In this case, 1 is the best weight where the geometric conditions of the road exist and the size is in accordance with a predetermined standard. While the weight of 5 is the value with the worst condition where the geometric parameter of the road does not exist or the value exceeds the predetermined limit. For example, the vehicle speed, the higher the vehicle speed and the greater the difference with the design speed, the greater the effect on the rate of traffic accidents. This is related to the greater potential for traffic accidents for higher speeds. Mohammed in 2013 examined the effect of road geometric design characteristics on traffic accidents, mentioning several road geometric parameters that can affect traffic safety. The eight geometric parameters that influence the road are speed, lane width, number of lanes, shoulder width and type, median width and type, climbing lane length, access density, and median barrier. A reduction of 1.6 km/h from the average speed will reduce the incidence of injury by about 5%. Wider paths are theoretically associated with higher operating speeds and thus increased security. The more the number of lanes, the higher the traffic accident rate [30].

3. Result and discussion

3.1. Road geometric parameter weighting

The first road geometric parameter was vehicle speed. The vehicle speed used for weighting was based on the 85th percentile speed of all types of vehicles in the field. Five weighting intervals are set based on vehicle speed with a weighting number from 1 to 5, with interval 1. Vehicle speed weighting intervals for arterial and collector roads can be seen in Table 1.

Table 1. Vehicle speed weighting interval for arterial and collector roads

Interval of vehicle speed for arterial roads (km/h)	Weight	Interval of vehicle speed for collector roads (km/h)
≤ 60.9	1	≤ 50.9
61-66.9	2	51-55.9
67-72.9	3	56-60.9
73-78.9	4	61-65.9
≥ 79	5	≥ 66

The second road geometric parameter was the road lane width. The weighting interval was determined based on the difference in the width of the road lane in every 0.20 m multiple of the standard size. Weight 1 is the best weight where the road lane width is in accordance with the regulation standards. The road lane width weighting intervals for arterial and collector roads are presented in Table 2.

Table 2. Road lane width weighting interval for arterial and collector roads

Interval of road lane width for arterial roads (m)	Weight	Interval of road lane width for collector roads (m)
≥ 3.50	1	≥ 3.00
3.30-3.49	2	2.80-2.99
3.10-3.29	3	2.60-2.79
2.90-3.09	4	2.40-2.59
< 2.90	5	≤ 2.39

The third geometric parameter of the road was the shoulder width. The weighting interval was determined based on the difference in the width of the road shoulder compared to the standard shoulder width. Weight 1 is the best weight where the road shoulder width is in accordance with the

standard. The shoulder width weighting interval is divided into two conditions, namely for roads with sidewalks and roads without sidewalks for both arterial and collector roads as presented in Table 3.

Table 3. Shoulder width weighting intervals for arterial and collector roads with sidewalks and without sidewalks

Interval of shoulder width weighting intervals for arterial and collector roads with sidewalks (m)	Weight	Interval of shoulder width weighting intervals for arterial and collector roads without sidewalks (m)
≥ 0.25	1	≥ 2.00
0.15-0.249	2	1.20-1.999
0.10-0.149	3	0.80-1.199
0.05-0.099	4	0.40-0.799
< 0.049	5	< 0.399

The fourth road geometric parameter was the width of the sidewalk. The weighting interval was determined based on the difference between the width of the sidewalk and the width of the standard sidewalk. The weight of 1 is the best weight where the pavement condition is in accordance with the standard rules, while the weight that is worth 5 is the worst weight where the road segment does not have a sidewalk or sidewalk width is < 0.299 m. The weighting intervals for the sidewalk width for arterial and collector roads can be seen in Table 4.

Table 4. Sidewalk width weighting interval for arterial and collector roads

Interval of sidewalk width for arterial roads (m)	Weight	Interval of sidewalk width for collector roads (m)
≥ 1.50	1	≥ 1.50
0.90-1.499	2	0.90-1.499
0.60-0.899	3	0.60-0.899
0.30-0.599	4	0.30-0.599
< 0.299	5	< 0.299

The fifth road geometric parameter was the median width. The weighting interval was determined based on the difference in the road median width compared to the standard median width. Weight 1 is the best weight where the median width of the road is in accordance with the standards. The median width weighting intervals for arterial and collector roads can be seen in Table 5.

Table 5. Median width weighting interval for arterial and collector roads

Interval of median width for arterial roads (m)	Weight	Interval of median width for collector roads (m)
≥ 2.50	1	≥ 1.50
1.50-2.49	2	0.90-1.49
1.00-1.49	3	0.60-0.89
0.50-0.99	4	0.30-0.59
< 0.499	5	< 0.299

The sixth road geometric parameter was the shoulder drop-off (elevation difference between road shoulder and pavement edge). The weighting interval was determined based on the difference in elevation difference for each increment of 4 cm. Weight 1 is the best weight where the difference in elevation between the road shoulder and the edge of the pavement is < 1.99 cm. The elevation difference weighting intervals between the shoulder and the pavement edge for arterial and collector roads are presented in Table 6.

Table 6. Shoulder drop-off weighting interval for arterial and collector roads

Interval of drop-off (elevation difference between road shoulder and pavement edge) for arterial roads (cm)	Weight	Interval of drop-off (elevation difference between road shoulder and pavement edge) for collector roads (cm)
< 1.99	1	< 1.99
2.0-5.99	2	2.0-5.99
6.0-9.99	3	6.0-9.99
10-13.0	4	10-13.0
> 13.0	5	> 13.0

3.2. Black spot location based on EAN-UCL

The analysis results of the equivalent accident number and upper control limit values for ten roads in Purbalingga Regency, Central Java which are as black spot locations are shown in Table 7.

Table 7. Equivalent accident number and upper control limit values for ten roads

Name of road	Equivalent Accident Number	Upper Control Limit
Tlahab Lor Village Road, Karangreja	168	40.549
Bojongsari Village Road, Bojongsari	126	37.813
Serang Village Road, Karangreja	96	34.806
Mangunegara Village Road, Mrebet	87	34.374
Mayjend Sungkono Street Kalimanah Wetan	75	33.169
Gembong Village Road, Bojongsari	75	33.169
Selanegara Village Road, Kaligondang	75	32.749
Karanganyar Village Road, Karanganyar	72	32.853
Padamara Village Road, Padamara	69	32.531
Bajong Village Road, Bukateja	63	31.447

3.3. Black spot location based on road geometric approach

The weighting of the road geometric parameters is carried out by comparing the data of the geometric parameters of the roads measured in the field with the weighting intervals. The weighting of road geometric parameters for 10 roads can be seen in Table 8.

The results of the research, the ranking of black spot locations based on the weighting of the equivalent accident number-upper control limit method and the road geometric parameter method was different. It can be seen that the order of black spot locations tends to be not much different between two methods. For comparison, Tlahab Lor Village Road ranks first based on the EAN-UCL method with a total weight value of 168. Meanwhile, based on the road geometric parameter method, also the first ranks with a total weight value of 22. The maximum value for all parameters is 30. Meanwhile, Bajong Village Road which ranks 10th in the EAN-UCL method, changes to the 9th in the road geometric parameter.

There are several other factors that have a major influence on the occurrence of accidents on several roads which cause inconsistency of ranking results on several roads with both methods. The severity of traffic accident victims is also influenced by natural factors. The result of this study is relevant with the study of Shaheed et al that the driver's visibility, road surface conditions [31]. Natural factors, for example when it rains, will also affect the amount of vehicle speed chosen by the driver and the vehicle speed limit [32]. Operating speed has a significant contribution to the total number of crashes [33]. Tarko in 2009 examined the impact of speed on driving behavior [15]. The effect of speed on travel time by Nilsson in 1991 [5] and the determination of the maximum speed value on urban roads [34]. The road pavement type affects the road roughness value [35]. Road safety strategies potentially are improved by applying the system theory and safety models [7].

Table 8. The weighting of road geometric parameters for ten roads

Name of road	Road function	Vehicle speed (km/h)	Lane width (m)	Shoulder width (m)	Sidewalk width (m)	Median width (m)	Drop-off (cm)	Total weight
Tlahab Lor Village Road, Karangreja	Collector road	46.00	3.40	0	0	0	44.00	
Weight		1	1	5	5	5	5	22
Bojongsari Village Road, Bojongsari	Collector road	51.00	4.00	1.00	0	0	13.00	
Weight		2	1	3	5	5	4	20
Serang Village Road, Karangreja	Collector road	56.00	1.99	1.50	0	0	0	
Weight		3	5	2	5	5	1	21
Mangunegara Village Road, Mrebet	Collector road	52.00	4.00	1.00	0	0	8.00	
Weight		2	1	3	5	5	3	19
Mayjend Sungkono (to Purbalingga)	Secondary arterial	50.00	2.70	0.55	0	1.50	6.00	
Weight		1	5	4	5	2	2	19
Gembong Village Road, Bojongsari	Collector road	57.00	4.00	1.30	0	0	11.00	
Weight		3	1	2	5	5	3	19
Selanegara Village Road, Kaligondang	Collector road	53.00	3.30	0.85	0.91	0	1.00	
Weight		2	1	1	2	5	1	12
Karanganyar Village Road, Karanganyar	Collector road	56.00	2.20	1.80	0	0	0.00	
Weight		3	5	2	5	5	1	21
Padamara Village Road, Padamara	Collector road	49.00	3.00	0.50	0	0	7.00	
Weight		1	1	4	5	5	2	18
Bajong Village Road, Bukateja	Arterial road	58.00	3.50	2.00	0	0	4.00	
Weight		1	1	1	5	5	2	15

The result of the study is similar to Aljanahi et al. stated that road crashes are influenced by many factors such as road geometric design, traffic volume, vehicles speed, weather, driver's physical and mental conditions [36]. For two-lane rural highways, there is a relationship between geometric design consistency and road accidents in homogeneous traffic conditions [37]. The factors that affect the safety performance of the horizontal curve include: traffic volume, geometric features of the curves, cross section, roadside hazards, stopping sight distance, coordination between horizontal and vertical alignment, distance between curves, pavement friction and traffic control devices [38]. Super elevation, degree of curve, shoulder width and average daily traffic also contributes to road crashes [38-39]. Accident rate in horizontal curves increases monotonically and at an accelerating rate as curve radius is reduced [40]. According to AASHTO, factors that influence the safest speed depends on design features, conditions of road, traffic volumes, cross-traffic volumes, weather conditions, roadside development, spacing of intersecting roads and other factors [41-42].

In the other study, arterial roads with heavier traffic volumes and higher speed limits tended to have more severe crashes. Medians were helpful in reducing the severity of crashes [43] and reducing crash rate up to 15% [44-45]. The lower roadside hazard rate decreases the risk of more severe crashes

[46]. The horizontal curve and its degree of curvature must be considered when predicting the total crash frequency on horizontal curves [47]. In the other study, the shoulder width had a significant effect on actual speed and on perceived safe driving speed, but only when a guardrail was present [48].

4. Conclusion and further research

Based on the results of study determining the black spot locations using road geometric facilities approach, the following conclusion can be drawn:

- a. Six road geometric parameters are used to determine the black spot locations, namely vehicle speed, road lane width, road shoulder width, road pavement width, road median width, and shoulder drop-off (the difference in elevation between road shoulder and the pavement edge).
- b. There are differences in the ranking of black spot locations based on the equivalent accident number method and the road geometric parameter approach.

In the further research is conducted to determine the coefficient value of each road geometric parameter and combined with road equipment facilities.

Acknowledgments

“The authors fully acknowledged the Ministry of Education, Culture, Research and Technology Republic of Indonesia for the approved fund the Basic Research in 2021 which makes this important research viable and effective”.

References

- [1] Traffic Corps (*Korlantas Polri*) 2021 *Kecelakaan Lalu Lintas dalam Angka 2020* (Jakarta: Traffic Corps).
- [2] *Satuan Lalu Lintas* (Satlantas) Polres Purbalingga 2020 *Data Kecelakaan Lalu Lintas Tahun 2010-2019* (Purbalingga: Kepolisian Resor Purbalingga).
- [3] Treat J R, Tumbas N S, McDonald S T, Shinar D, Hume R D and Meyer R E 1977 *Tri-level Study of the Causes of Traffic Accidents* (Washington: NTHSA).
- [4] Sugiyanto G, Fadli A and Santi M Y 2017 Identification of black spot and equivalent accident number using upper control limit method *ARPJ J. Eng. Appl. Sci.* **12**(2), 528-35.
- [5] Nilsson G 1991 Speed limits, enforcement and other factors influencing speed. In Koornstra M J and Christensen J. (Eds.), *Enforcement and Rewarding: Strategies and Effects* pp. 46-50 (Netherlands: SWOV Leidschendam).
- [6] Directorate General of Highway 2006 *Kajian Kebutuhan Pelaksanaan Keselamatan Jalan di Indonesia* (Jakarta: Ministry of Public Work Republic of Indonesia).
- [7] Hughes B P, Anund A and Falkmer T 2015 System theory and safety models in Swedish, UK, Dutch and Australian road safety strategies *Accid. Anal. Prev.* **74**, 271-78. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.07.017>.
- [8] Wang X, Yuan J, Schultz G G and Fang S 2018 Investigating the safety impact of roadway network features of suburban arterials in Shanghai *Accid. Anal. Prev.* **113**, 137-48. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.01.029>.
- [9] Sugiyanto G, Jajang, and Santi M Y 2019 The impact of lowering speed limit on mobility and the environment. *AIP Conference Proceedings* **2094**(1) 020019, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1063/1.5097488>.
- [10] Schepers P, Hagenzieker M, Methorst R, Wee B V and Wegman F 2014 A conceptual framework for road safety and mobility applied to cycling safety *Accid. Anal. Prev.* **62**, 331-40. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.032>.
- [11] Sugiyanto G, Suciningtyas R, Jajang and Santi M Y 2020 Strategies for handling black spot area to increased road safety *ARPJ J. Eng. Appl. Sci.* **15**(9), 1101-110.
- [12] Atashafraze M and Yadollahi M M 2013 Geometric design consistency model based on speed and safety in rural highways in some European countries: A review *Inter. J. Structural Civil Eng. Res.* **2**(2), 129-36.

- <http://www.ijscer.com/uploadfile/2015/0427/20150427034549611.pdf>.
- [13] Sugiyanto G 2017 The cost of traffic accident and equivalent accident number in developing countries (case study in Indonesia) *ARNP J. Eng. Appl. Sci.* **12**(2), 389-97.
 - [14] Sugiyanto G and Santi M Y 2017 Road traffic accident cost using human capital method (case study in Purbalingga, Central Java, Indonesia) *J. Teknol.* **79**(2), 107-16. <https://doi.org/10.11113/jt.v79.5375>.
 - [15] Tarko A P 2009 Modeling drivers' speed selection as a trade-off behavior *Accid. Anal. Prev.* **41**, 608-16. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.02.008>.
 - [16] Sugiyanto G 2016 The impact of congestion pricing scheme on the generalized cost and speed of motorcycle to the city of Yogyakarta, Indonesia *J. Eng. Appl. Sci.* **11**(8), 1740-746.
 - [17] Sugiyanto G 2018 The effect of congestion pricing scheme on the generalized cost and speed of motorcycle *Walailak J. Sci. & Tech. (WJST)* **15**(1), 95-106. <http://wjst.wu.ac.th/index.php/wjst/article/view/2347>.
 - [18] Sugiyanto G, Santosa P B, Wibowo A and Santi M Y 2016 Hub and spoke airport networks in Indonesia based on Herfindahl-Hirschmann Index (HHI) *J. Eng. Appl. Sci.* **11**(8), 1804-10.
 - [19] Sugiyanto G, Santosa P B, Jajang, Fadli A and Santi M Y 2018 Evaluation of hub-spoke airport networks in Sumatra Island, Indonesia to increase efficiency of air transportation *MATEC Web of Conference* **195**(04009), pp. 1-9. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819504009>.
 - [20] Sugiyanto G, Santosa P B, Wibowo A and Santi M Y 2015 Analysis of hub-and-spoke airport networks in Java Island, Indonesia based on cargo volume and freight ratio *Procedia Eng.* **125**, 556-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.061>.
 - [21] Sugiyanto G, Santosa P B and Santi M Y 2020 Hub and spoke airport networks in Sulawesi Island, Indonesia based on freight ratio *ARNP J. Eng. Appl. Sci.* **15**(10), 1201-209.
 - [22] Directorate General of Land Transportation 2007 *Pedoman Operasi ABIU/UPK (Accident Black spots Investigation Unit/Unit Penelitian Kecelakaan)* (Jakarta: Directorate General of Land Transportation, Ministry of Transportation Republic of Indonesia).
 - [23] Sugiyanto G, Fadli A, Suciningtyas R, Indriyati E W and Santi M Y 2019 Road safety audit at black spot area (Case study in Tlahab Lor, Karangreja, Purbalingga). *AIP Conference Proceedings* **2094**(1) 020020, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1063/1.5097489>.
 - [24] Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi 2005 *Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas: Pd.T-09-2004-B* (Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Ministry of Public Work Republic of Indonesia).
 - [25] Sukirman S 1994 *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan* (Bandung: Nova).
 - [26] Badan Standardisasi Nasional (BSN) 2004 *Geometri Jalan Perkotaan* RSNI T-14-2004 (Jakarta: Direktorat Bina Teknik).
 - [27] AASHTO 2001 *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, The American Association of State Highway and Transportation Officials (Washington DC).
 - [28] Ministry of State Secretariat of the Republic of Indonesia 2006 *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan*.
 - [29] Ministry of State Secretariat of the Republic of Indonesia 2009 *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan* (Jakarta: Ministry of State Secretariat of the Republic of Indonesia).
 - [30] Mohammed H A 2013 The influence of road geometric design element of highway safety *Inter. J. Civil Eng. Technol.* **4**(4), 146-62.
 - [31] Shaheed M S, Gkritza K, Carriquiry A L and Hallmark S L 2016 Analysis of occupant injury severity in winter weather crashes: A fully Bayesian multivariate approach *Anal. Methods Accid. Res.* **11**, 33-47. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2016.06.002>.
 - [32] Soriguera F, Martinez I, Sala M and Menendez M 2017 Effects of low speed limits on freeway traffic flow *Transp. Res. Part C: Emerg. Technol.* **77**, 257-74. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.01.024>.
 - [33] Vayalamkuzhi P and Amirthalingam V 2016 Influence of geometric design characteristics on

- safety under heterogeneous traffic flow *J. Traffic Transp. Eng. (Engl. Ed.)* **3**(6), 559-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtte.2016.05.006>.
- [34] Sugiyanto G and Malkhamah S 2018 Determining the maximum speed limit in urban road to increase traffic safety *J. Teknol.* **80**(5), 67-77. <https://doi.org/10.11113/jt.v80.10489>.
- [35] Sugiyanto G 2017 Characterization of asphalt concrete produced from scrapped tire rubber *Engineering J.* **21**(4), 193-206. <https://doi.org/10.4186/ej.2017.21.4.193>.
- [36] Aljanahi A A M, Rhodes A H, and Metcalfe A V 1999 Speed, speed limits and road traffic accident under free-flow conditions *Accid. Anal. Prev.* **31**(1/2), 161-68. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(98\)00058-X](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(98)00058-X).
- [37] Cafiso S, Graziano A D and Silvestro G D 2010 Development of comprehensive accident models for two-lane rural highways using exposure, geometry, consistency and context variables *Accid. Anal. Prev.* **42**(4), 1072-79. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.12.015>.
- [38] Aram A 2010 Effective safety factors on horizontal curves of two-lane highways *J. Appl. Sci.* **10**(22), 2814-22. <https://doi.org/10.3923/jas.2010.2814.2822>.
- [39] Dadashova B, Ramírez B A, McWilliams J M and Izquierdo F A 2016 The identification of patterns of interurban road accident frequency and severity using road geometry and traffic indicators *Transp. Res. Proc.* **14**, 4122-29. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.383>.
- [40] Elvik R 2013 International transferability of accident modification functions for horizontal curves *Accid. Anal. Prev.* **59**, 487-96. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.07.010>.
- [41] AASHTO 2011 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 6th Edition, The American Association of State Highway and Transportation Officials (Washington DC).
- [42] AASHTO 2018 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets 7th Edition, The American Association of State Highway and Transportation Officials (Washington DC).
- [43] Ma M, Yan X, and Abdel-Aty M 2010 Safety analysis of urban arterials under mix-traffic patterns in Beijing *Transp. Res. Rec.* **2193**, 105-15. <https://doi.org/10.3141/2193-13>.
- [44] Frawley W E and Eisele W L 2005 Investigation of Access Point Density and Raised Medians: 27 Crash Analysis and Micro-simulation. FHWA/TX-05/04221-P1 (Texas: Texas A&M Transportation Institute).
- [45] Sawalha Z and Sayed T 2003 Statistical issues in traffic accident modeling. The 82nd Transportation Research Board Annual Meeting (Washington DC).
- [46] Haghighi N, Liu X C, Zhang G and Porter R J 2018 Impact of roadway geometric features on crash severity on rural two-lane highways *Accid. Anal. Prev.* **111**, 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.11.014>.
- [47] Gooch J P, Gayah V V and Donnell E T 2016 Quantifying the safety effects of horizontal curves on two-way, two-lane rural roads *Accid. Anal. Prev.* **92**, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.03.024>.
- [48] Ben-Bassat T and Shinar D 2011 Effect of shoulder width, guardrail and roadway geometry on driver perception and behavior *Accid. Anal. Prev.* **43**(6), 2142-52. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.06.004>.