



**KOMITE NASIONAL KESELAMATAN TRANSPORTASI
REPUBLIK INDONESIA**

LAPORAN AKHIR

KNKT.18.03.04.01

Laporan Investigasi Kecelakaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan

**KECELAKAAN TUNGGAL MOBIL ELF E-7548-PB TERGULING
DI JALAN RAYA SUBANG CIATER KABUPATEN SUBANG
PROVINSI JAWA BARAT
12 MARET 2018**



2019

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkah-Nya, Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) telah menyelesaikan Laporan Akhir Investigasi Kecelakaan Transportasi Mobil Elf E-7548-PB Terguling di Jalan Raya Subang Ciater Kabupaten Subang Provinsi Jawa Barat yang terjadi pada tanggal 12 Maret 2018.

Laporan final ini, memuat rekomendasi keselamatan yang disusun berdasarkan informasi fakta dan analisis fakta penyebab kecelakaan serta kesimpulan penyebab yang paling memungkinkan terjadinya kecelakaan transportasi. Rekomendasi keselamatan ini dibuat sebagai masukan dan saran tindak lanjut pihak-pihak terkait untuk perbaikan dan pencegahan terjadinya kecelakaan dengan faktor penyebab yang sama di masa mendatang.

Oleh karena itu rekomendasi keselamatan ini wajib ditindaklanjuti dan wajib melaporkan perkembangan tindak lanjut rekomendasi kepada Ketua KNKT sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 62 Tahun 2013 Tentang Investigasi Kecelakaan Transportasi, dengan harapan agar dapat meningkatkan keselamatan transportasi di masa mendatang.

Laporan Investigasi Kecelakaan Transportasi dan Rekomendasi Keselamatan ini merupakan hasil kinerja KNKT dalam melaksanakan tugas dan tanggung jawab investigasi kecelakaan transportasi, untuk digunakan sebagai referensi dalam upaya memperbaiki kekurangan baik sarana, prasarana maupun sistim manajemen transportasi dalam upaya meningkatkan keselamatan transportasi nasional di masa mendatang.

Jakarta, Februari 2019

KETUA KOMITE NASIONAL
KESELAMATAN TRANSPORTASI



SOERJANTO TIAHJONO

DASAR HUKUM

Laporan ini diterbitkan oleh **Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT)** Republik Indonesia Jalan Medan Merdeka Timur 5 Lantai 3 Jakarta 10110 Indonesia pada tahun 2019 berdasarkan :

1. Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 62 Tahun 2013 tentang Investigasi Kecelakaan Transportasi;
3. Peraturan Presiden Nomor 2 Tahun 2012 tentang Komite Nasional Keselamatan Transportasi.

Keselamatan merupakan pertimbangan utama Komite untuk mengusulkan rekomendasi keselamatan sebagai hasil suatu investigasi dan penelitian.

Komite menyadari bahwa dalam melaksanakan suatu rekomendasi kasus yang terkait dapat menambah biaya operasional dan manajemen instansi/pihak terkait.

Para pembaca sangat disarankan untuk menggunakan informasi laporan KNKT ini hanya untuk meningkatkan dan mengembangkan keselamatan transportasi;

Laporan KNKT tidak dapat digunakan sebagai dasar untuk menuntut dan menggugat di hadapan pengadilan manapun.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DASAR HUKUM	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR SINGKATAN.....	vii
PENDAHULUAN.....	1
SINOPSIS.....	1
1. INFORMASI FAKTUAL	2
1.1 KRONOLOGIS	2
1.2 KORBAN	3
1.3 KERUSAKAN KENDARAAN	3
1.4 KERUSAKAN LAINNYA	5
1.5 INFORMASI AWAK MOBIL ELF	5
1.5.1 Pengemudi	5
1.6 INFORMASI KENDARAAN BERMOTOR.....	6
1.6.1 Mobil Elf	6
1.7 INFORMASI CUACA	9
1.8 INFORMASI PRASARANA & PERLENGKAPAN JALAN SERTA LINGKUNGAN	9
1.8.1 Prasarana Jalan	9
1.8.2 Perlengkapan Jalan	10
1.8.3 Lingkungan.....	15
1.9 INFORMASI ORGANISASI DAN MANAJEMEN	16
1.10 INFORMASI TAMBAHAN	20
1.10.1 Informasi Saksi-Saksi.....	20
1.10.2 Informasi Perundang-undangan	21
a. Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.....	21
b. Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2014 Tentang Angkutan Jalan.....	22
c. Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2017 Tentang Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan	22
1.10.3 Minyak Rem	23
2. ANALISIS.....	24

2.1	UMUM	24
2.2	Perilaku dan Kompetensi Pengemudi.....	24
2.3	Desain Geometrik Jalan.....	25
2.4	Perlengkapan Jalan	25
2.5	Prasarana dan Lingkungan.....	25
2.6	Fenomena Vapor Lock	26
2.7	Static Stability Factor (SSF)	26
2.8	Sabuk Keselamatan.....	26
2.9	Sistem Manajemen Keselamatan Bagi Perusahaan Angkutan Umum	27
3.	KESIMPULAN	28
3.1	Temuan-Temuan.....	28
3.2	Faktor-Faktor Yang Berkontribusi Terjadinya Kecelakaan	29
3.3	Penyebab Terjadinya Kecelakaan.....	30
4.	TINDAKAN KESELAMATAN	31
5.	REKOMENDASI.....	32
5.1	Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Kementerian Perhubungan.....	32
5.2	Korps Lalu Lintas Kepolisian RI (Korlantas Polri).....	32
5.3	Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan.....	33
5.4	Pemerintah Provinsi Jawa Barat	33
5.5	Pemerintah Kabupaten Subang.....	34
5.6	PT. Elang Cakra Ekspres	34
6.	LAMPIRAN	35
6.1	Surat tanggapan dari PT. Isuzu Astra Motor Indonesia (IAMI).....	35
6.2	Surat Ketua KNKT ke Kapolres Subang.....	37
6.3	Kajian Risiko Rollover Pada Mobil Elf.....	38
6.4	Uji Simulasi Crashworthiness pada Rancang Bangun Karoseri.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta tempat terjadinya kecelakaan.....	2
Gambar 2. Tampak depan kerusakan mobil elf E-7548-PB.....	3
Gambar 3. Tampak samping kiri kerusakan mobil elf E-7548-PB.	4
Gambar 4. Tampak samping kanan kerusakan mobil elf E-7548-PB.	4
Gambar 5. Tampak belakang kerusakan mobil elf E-7548-PB.....	5
Gambar 6. Kerusakan rambu <i>chevron</i>	5
Gambar 7. Posisi tuas rem tangan tertarik penuh.	7
Gambar 8. Tuas Transmisi diposisi gigi-4.	7
Gambar 9. Kondisi tempat duduk penumpang tidak ada sabuk keselamatan.	8
Gambar 10. Stiker samping mobil elf E-7548-PB No. Uji IM-25260.	8
Gambar 11. Profil Turunan Emen.	9
Gambar 12. Potongan memanjang jalan Turunan Emen.....	10
Gambar 13. Potongan melintang jalan Turunan Emen.	10
Gambar 14. Fasilitas perlengkapan jalan 2 km sebelum lokasi kecelakaan.....	11
Gambar 15. Rambu lalu lintas 500 meter sebelum mobil elf terguling.	12
Gambar 16. Rambu lalu lintas dekat lokasi mobil elf terguling.....	13
Gambar 17. Marka jalan dan pita penggaduh di jalur pendekat lokasi rawan kecelakaan. Jumlah lajur ada 3 lajur (2 lajur tanjakan dan 1 turunan).....	14
Gambar 18. <i>Warning Light</i> dan rambu peringatan di jalur pendekat lokasi rawan kecelakaan	14
Gambar 19. Lingkungan sepanjang Jalan Raya Subang Ciater Kabupaten Subang.	15
Gambar 20. Kondisi <i>drainase</i> Jalan Turunan Emen.	15
Gambar 21. Perawatan dan <i>service</i> mobil bus	17
Gambar 22. Bus Pariwisata jumlah kursi 15 sd 17.....	18
Gambar 23. Ruang penumpang tidak ada sabuk keselamatan	18
Gambar 24. Bus Pariwisata jumlah kursi 20	19
Gambar 25. Ruang penumpang tidak ada sabuk keselamatan	20

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data jumlah dan rincian korban.	3
---	---

DAFTAR SINGKATAN

WIB	: Waktu Indonesia Barat
RSUD	: Rumah Sakit Umum Daerah
Puskesmas	: Pusat Kesehatan Masyarakat
KM	: Kilometer
CC	: Centimeter Cubic
SIM	: Surat Ijin Mengemudi
TNKB	: Tanda Nomor Kendaraan Bermotor
SRUT	: Sertifikat Registrasi Uji Type
KBWU	: Kendaraan Bermotor Wajib Uji
JBB	: Jumlah Berat Yang Diperbolehkan
JB	: Jumlah Berta Yang Diijinkan
MST	: Muatan Sumbu Terberat
UPUBKB	: Unit Pelayanan Uji Berkala Kendaraan Bermotor
UU	: Undang-Undang
Permen PU	: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum
LLAJ	: Lalu Lintas Angkutan Jalan
FTMD ITB	: Fakultas Teknis Mesin dan Dirgantara Institut Teknologi Bandung
PP	: Peraturan Pemerintah
Permenhub	: Peraturan Menteri Perhubungan
KLLAJ	: Keselamatan Lalu Lintas Angkutan Jalan

PENDAHULUAN

SINOPSIS

Hari Senin tanggal 12 Maret 2018 pukul 06.00 WIB Mobil Bus Sedang E-7548-PB (selanjutnya disebut mobil elf) berangkat dari rumah makan Taman Selera di Indramayu menuju tempat wisata Kawah Ratu Gunung Tangkuban Perahu yang berjarak $\pm$ 65 km. Penumpang mobil elf adalah pegawai rumah makan yang berjumlah 15 orang. Rombongan tiba di lokasi pukul 10.00 WIB.

Setelah 2 jam berwisata rombongan kembali ke Indramayu. Mobil elf melewati jalan kawasan wisata Gunung Tangkuban Perahu sejauh 1 km. Selanjutnya mobil elf memasuki Jalan Raya Subang yang geometrik jalannya menurun panjang dan curam (kelandaian 5,5 %-15,57 %). Setelah berjalan sejauh 1 km mobil elf tiba di Turunan Emen, pengemudi memperlambat mobil elf dengan cara menginjak pedal rem utama terus menerus. Saat itu tuas pemindah daya berada pada posisi gigi-4. Mobil elf tetap meluncur dan bergerak zig zag/tak terkendali. Setelah itu, pengemudi mengaktifkan rem parkir dengan tarikan penuh, ban tergelincir/slip dan mobil terlontar.

Akibatnya, mobil elf terguling di tikungan gabungan balik arah, membentur aspal dan terseret sejauh $\pm$ 2 meter, menabrak tiang *chevron* hingga berputar 180⁰. Kecelakaan terjadi sekitar pukul 12.00 WIB dan saat cuaca tidak hujan. Kecelakaan ini mengakibatkan korban luka berat 4 orang dan luka ringan 12 orang.

Faktor-faktor yang berkontribusi terjadinya kecelakaan tunggal mobil elf E-7548-PB terguling adalah :

1. Mobil elf melewati Jalan Raya Subang yang geometrik jalannya menurun panjang dan curam (menurun 5,5 % sd 15,57%).
2. Pengemudi memperlambat mobil elf dengan cara menginjak pedal rem utama terus menerus dan tidak melakukan *engine breaking*/pengereman mesin untuk membantu perlambatan kendaraan. Saat itu tuas pemindah daya berada pada posisi gigi-4.
3. Pengemudi mengaktifkan rem parkir dengan tarikan penuh, ban tergelincir/slip dan mobil terlontar.

Berdasarkan hasil investigasi dan analisis dapat disimpulkan bahwa penyebab mobil elf terguling adalah ketidakmampuan mengenal dan mengelola potensi bahaya dan risiko yaitu saat melewati jalan menurun panjang dan curam (menurun 5,5 % sd 15,57%) pengemudi menurunkan kecepatan dengan cara menginjak pedal rem utama terus menerus dan tidak melakukan *engine breaking* sehingga efek pengereman berkurang (berpotensi fenomena *vapor lock*). Akibatnya mobil elf terguling saat pengemudi mengaktifkan rem parkir secara penuh di tikungan gabungan balik arah.

Hasil dari investigasi ini KNKT menerbitkan rekomendasi keselamatan kepada Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Kementerian Perhubungan, Korps Lalu Lintas Kepolisian RI, Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan, Pemerintah Provinsi Jawa Barat, Pemerintah Kabupaten Subang, PT. Isuzu Astra Motor Indonesia (IAMI) dan PT. Elang Cakra Ekspres.

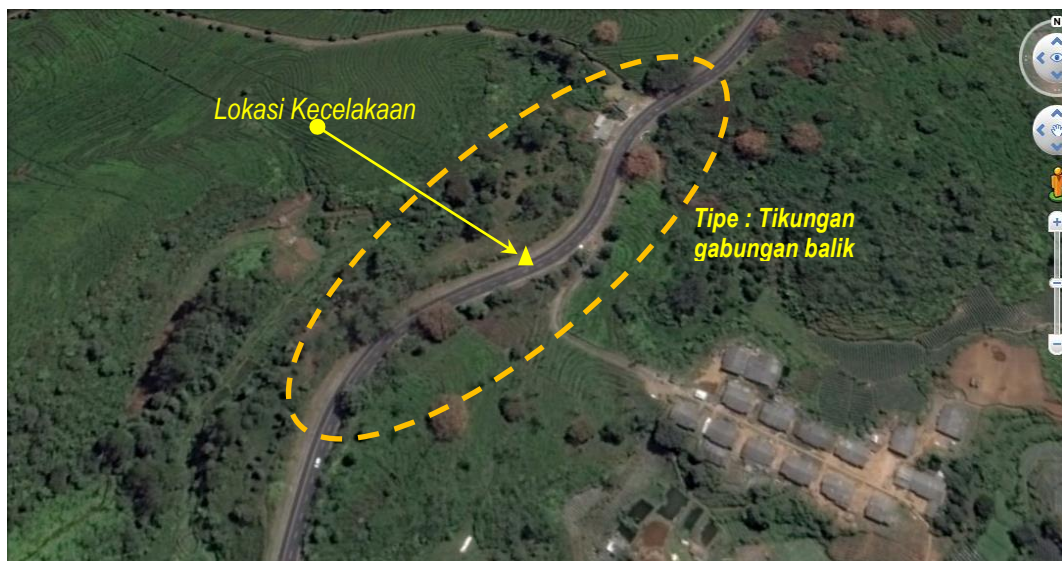
1. INFORMASI FAKTUAL

1.1 KRONOLOGIS

Hari Senin tanggal 12 Maret 2018 pukul 06.00 WIB Mobil Bus Sedang E-7548-PB (selanjutnya disebut mobil elf) berangkat dari rumah makan Taman Selera di Indramayu menuju tempat wisata Kawah Ratu Gunung Tangkuban Perahu yang berjarak $\pm$ 65 km. Penumpang mobil elf adalah pegawai rumah makan yang berjumlah 15 orang. Rombongan tiba di lokasi pukul 10.00 WIB.

Setelah 2 jam berwisata rombongan kembali ke Indramayu. Mobil elf melewati jalan kawasan wisata Gunung Tangkuban Perahu sejauh 1 km. Selanjutnya mobil elf melewati Jalan Raya Subang yang geometrik jalannya menurun panjang dan curam (kelandaian 5,5 %-15,57 %). Setelah berjalan sejauh 1 km mobil elf tiba di Turunan Emen, pengemudi memperlambat mobil elf dengan cara menginjak pedal rem utama terus menerus. Saat itu tuas pemindah daya berada pada posisi gigi-4. Mobil elf tetap meluncur dan bergerak zig zag/tak terkendali. Setelah itu, pengemudi mengaktifkan rem parkir dengan tarikan penuh, ban tergelincir/slip dan mobil terlontar.

Akibatnya, mobil elf terguling di tikungan gabungan balik arah, membentur aspal dan terseret sejauh $\pm$ 2 meter, menabrak tiang *chevron* hingga berputar 180⁰. Kecelakaan terjadi sekitar pukul 12.00 WIB dan saat cuaca tidak hujan.



Gambar 1. Peta tempat terjadinya kecelakaan.

Setelah terjadinya kecelakaan, masyarakat sekitar dan petugas kepolisian yang berada dekat lokasi melakukan evakuasi terhadap para korban dengan memakai mobil *ambulance* ke RSUD Subang dan Puskesmas Cagak. Kecelakaan ini mengakibatkan korban luka berat 4 orang dan luka ringan 12 orang.

1.2 KORBAN

Rincian data korban dapat dilihat dari tabel berikut.

Tabel 1. Data jumlah dan rincian korban.

Uraian	Meninggal	Luka berat	Luka ringan	Total
Awak Kendaraan	-	-	1	1
Penumpang	-	4	11	15
Total	-	4	12	16

1.3 KERUSAKAN KENDARAAN



Gambar 2. Tampak depan kerusakan mobil elf E-7548-PB.



Gambar 3. Tampak samping kiri kerusakan mobil elf E-7548-PB.



Gambar 4. Tampak samping kanan kerusakan mobil elf E-7548-PB.



Gambar 5. Tampak belakang kerusakan mobil elf E-7548-PB.

1.4 KERUSAKAN LAINNYA



Gambar 6. Kerusakan rambu *chevron*.

1.5 INFORMASI AWAK MOBIL ELF

1.5.1 Pengemudi

Umur	: 32 tahun
Jenis Kelamin	: Laki-laki
SIM	: (data tidak didapatkan)
Pengalaman Kerja	: (data tidak didapatkan)

1.6 INFORMASI KENDARAAN BERMOTOR

1.6.1 Mobil Elf

Jenis Kendaraan	:	MOBIL BUS SEDANG
Jumlah Kursi Penumpang	:	15 ORANG
Merek/Tipe/Tahun Pembuatan	:	ISUZU / NHR55 / 2016
Isi Silinder	:	2.771 cc
Nomor Rangka	:	MHCNHR55EGJ07507
Nomor Mesin	:	M070507
Nomor Kendaraan	:	E-7548-PB
Warna TNKB	:	KUNING
Karoseri	:	GUNUNG MAS
No. SRUT	:	047074/GMB-SRUT/DRDJ-SPD/XI/16
Nomor Uji Berkala	:	IM 25260 (KBWU KAB. INDRAMAYU)
Masa Berlaku Uji Berkala	:	SD 22 JUNI 2018
Konfigurasi Sumbu	:	1.1
Ukuran Ban	:	235/75/R15
JBB	:	5.100 kg
JB1	:	4.590 kg
MST	:	2.697 kg
Kelas Jalan Terendah	:	III

Hasil Pemeriksaan :

a. Sistem Pengereman

Sistem rem Isuzu NHR 55 memakai sistem *hydrolic brake* dan vakum *booster*.
Kondisi rem tangan tertarik secara penuh.



Gambar 7. Posisi tuas rem tangan tertarik penuh.

b. Pemindah Daya

Isuzu NHR 55 mempunyai perpindahan kecepatan sampai dengan transmisi gigi 5 dan gigi mundur. Sesaat pasca kecelakaan tuas pemindah daya berada di transmisi gigi 4.



Gambar 8. Tuas Transmisi diposisi gigi-4.

c. Ruang Penumpang

Jumlah tempat duduk penumpang sebanyak 15 kursi. Desain tempat duduk penumpang tidak terdapat sabuk keselamatan / *safety belt*.



Gambar 9. Kondisi tempat duduk penumpang tidak ada sabuk keselamatan.

d. Administrasi Mobil Elf

Mobil elf E-7548-PB terdaftar KBWU di UPUBKB Kabupaten Indramayu Nomor Uji IM-25260.



Gambar 10. Stiker samping mobil elf E-7548-PB No. Uji IM-25260.

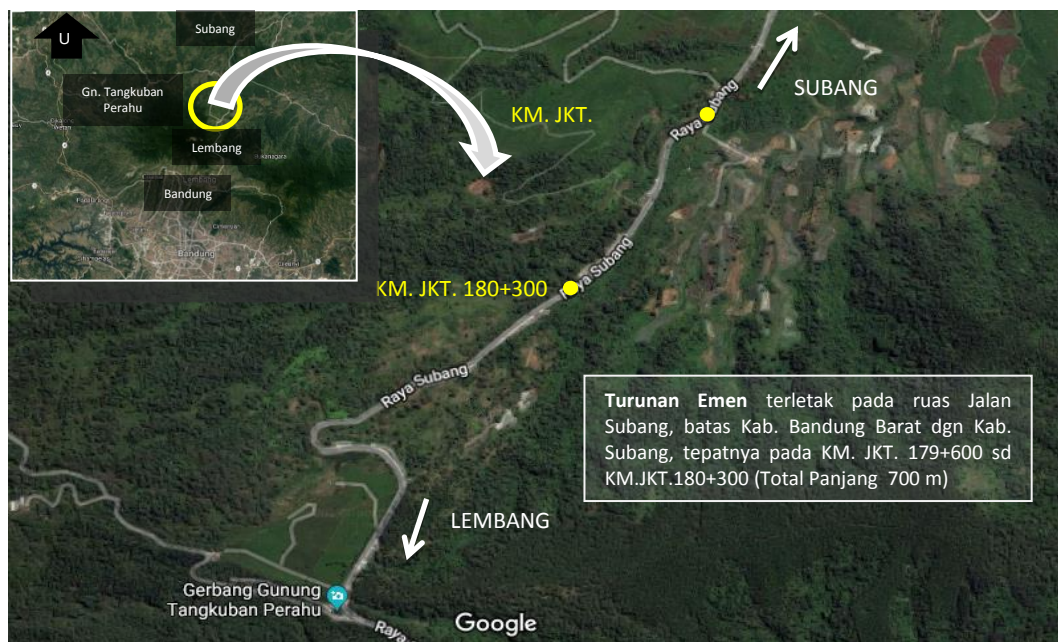
1.7 INFORMASI CUACA

Menurut informasi dari warga setempat, cuaca pada saat kecelakaan tidak hujan.

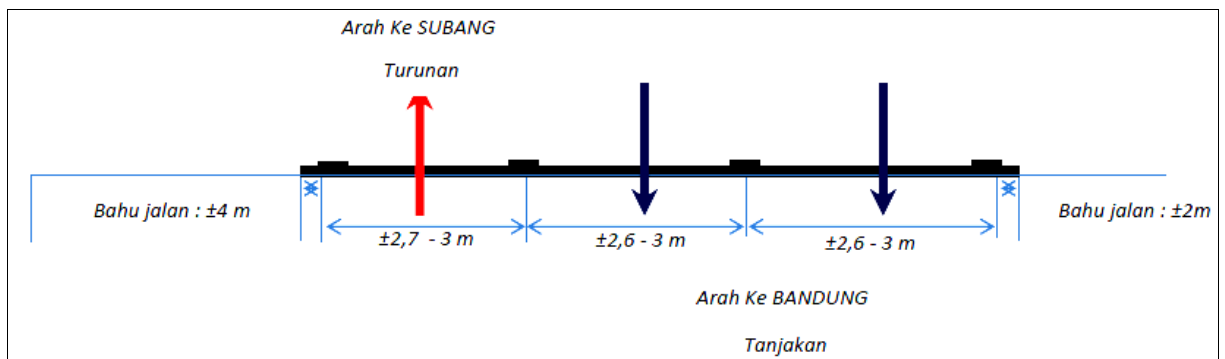
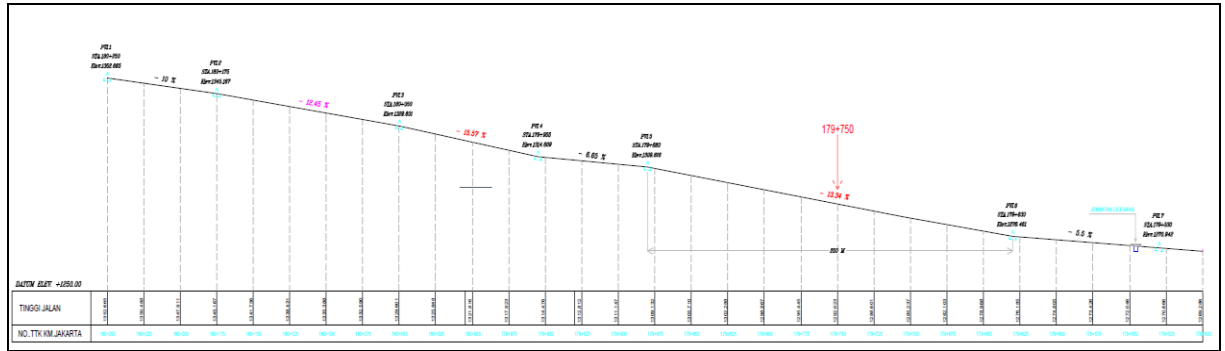
1.8 INFORMASI PRASARANA & PERLENGKAPAN JALAN SERTA LINGKUNGAN

1.8.1 Prasarana Jalan

Nama Jalan	: Jalan Raya Subang Kabupaten Subang Jawa Barat
Kelas Jalan	: II
Status Jalan	: Jalan Provinsi
Fungsi Jalan	: Kolektor primer
Lebar jalan lokasi kejadian kecelakaan	: Lebar lajur menurun 2,7 sd 3 meter dan lebar 2 lajur pendakian 2,6 sd 3 meter.
Lebar Bahu Jalan	: 1 sd 4 meter
Pola Arus Lalu Lintas	: 2 jalur, 3 lajur (2 lajur lalu lintas tanjakan & 1 lajur lalu lintas turunan tanpa median)
Konstruksi Perkerasan Jalan	: Aspal
Kualitas Permukaan Jalan	: Baik
Kondisi Permukaan Jalan	: Rata
Tipe perkerasan bahu jalan	: Batu lepas
Jari jari tikungan	: ± 40 meter
Superelevasi	: 9% s.d 10%
Geometrik Jalan (alinyemen vertikal)	: Menurun 5,5 % sd 15,57%



Gambar 11. Profil Turunan Emen.



1.8.2 Perlengkapan Jalan

2 Km sebelum mobil elf terguling terdapat fasilitas kelengkapan dan perlengkapan jalan (Gambar 14) :

- Peringatan turunan sepanjang 3 km
- Peringatan jalan berkelok
- Peringatan jalan turunan
- Larangan kendaraan menyiap
- Peringatan berhati-hati
- Peringatan rem kendaraan berfungsi baik



Gambar 14. Fasilitas perlengkapan jalan 2 km sebelum lokasi kecelakaan.

Sistem perambuan 500 meter sebelum mobil elf terguling (Gambar 15) :

- a. Peringatan jalan berkelok
- b. Peringatan jalan turunan
- c. Peringatan kurangi kecepatan di lokasi rawan kecelakaan



Gambar 15. Rambu lalu lintas 500 meter sebelum mobil elf terguling.

Kondisi rambu dan marka di lokasi terjadinya kecelakaan (Gambar 16) :

- a. Ada rambu batasan kecepatan 40 km/jam.
- b. Informasi LRK (Lokasi Rawan Kecelakaan)
- c. Larangan kendaraan menyalip dan marka garis penuh
- d. Ada pemasangan rambu pengarah tikungan (*safety action* Dishubprop Jabar)



Gambar 16. Rambu lalu lintas dekat lokasi mobil elf terguling.



Gambar 17. Marka jalan dan pita penggaduh di jalur pendekat lokasi rawan kecelakaan. Jumlah lajur ada 3 lajur (2 lajur tanjakan dan 1 turunan)



Gambar 18. *Warning Light* dan rambu peringatan di jalur pendekat lokasi rawan kecelakaan

1.8.3 Lingkungan

Jalan Raya Subang Ciater Kabupaten Subang Propinsi Jawa Barat merupakan daerah perbukitan dan perkebunan teh di kanan-kiri jalan.



Gambar 19. Lingkungan sepanjang Jalan Raya Subang Ciater Kabupaten Subang.



Gambar 20. Kondisi *drainase* Jalan Turunan Emen.

1.9 INFORMASI ORGANISASI DAN MANAJEMEN

Operator/ Pemilik : PT. ELANG CAKRA EKSPRESS

Alamat : Jalan Raya Dampoe Awang Perumahan Dampoe Awang Puri
Regency Ruko A2 No.7 Karangampel Kab. Indramayu Jawa Barat

PT. ELANG CAKRA EXPRESS TOUR & TRAVEL merupakan perusahaan yang bergerak di bidang penyediaan jasa transportasi terutama menangani persewaan mobil, baik untuk jangka pendek (*short term*) maupun jangka panjang (*long term*).

Visi :

- Menjadi perusahaan yang berkelas dan professional dengan mengutamakan keselamatan, kenyamanan, kepuasan dan siap melayani konsumen sampai ketempat tujuan.
- Menjadi biro perjalanan wisata yang bermutu dan terbaik, menjadi mitra bagi masyarakat umum.

Misi :

- Menyediakan jasa pelayanan dibidang pariwisata yang berkualitas.
- Meningkatkan kecenderungan pelanggan dengan menetapkan kualitas layanan yang terbaik.
- Mengembangkan usaha pariwisata di Jawa Barat dan umumnya Indonesia.
- Menciptakan lapangan kerja yang luas bagi masyarakat sekitar.
- Mengembangkan sumber daya manusia.
- Menerapkan tata kelola perusahaan yang baik dan handal serta professional.

Struktur Organisasi PT. ELANG CAKRA EKSPRESS yaitu sebagai berikut :

1. PENASEHAT : H. ADE HARIRI
2. KOMISARIS : H. MUH. ZAENUDIN
3. DIREKTUR UTAMA : WAHYUDIN, SE
4. DIR. OPERASIONAL : IMRON ROSADI, SE
5. DIR. TEKNIK : AHMAD TIRTOMULYO
6. IT SUPPORT SYSTEM : FATCHAN RIYANTO
7. LEGAL OFFICER : AFIF, SH



Gambar 21. Perawatan dan service mobil bus

Layanan Bus Pariwisata

PT. ELANG CAKRA EKSPRESS mempunyai banyak armada kendaraan yang siap mengantar pelanggan sampai ke tempat tujuan.

Jenis kendaraan yang di milikipun terdiri dari microbus short dan microbus long.

1. MICROBUS SHORT

Type	: Microbus
Jenis Mobil	: Isuzu Elf Short
Jumlah Kursi	: 15 , 16 , 17
Harga Sewa (1 hari / 24 jam)	: Rp. █████, - (No Driver)
Harga Sewa (12 jam)	: Rp. █████, - (No Driver)
Fasilitas	: AC , TV , Full Music , dll



Gambar 22. Bus Pariwisata jumlah kursi 15 sd 17



Gambar 23. Ruang penumpang tidak ada sabuk keselamatan

2. MICROBUS LONG

Type	: Microbus
Jenis Mobil	: Isuzu Elf Long
Jumlah Kursi	: 20
Harga Sewa (1 hari / 24 jam)	: Rp. [REDACTED],- (No Driver)
Harga Sewa (12 jam)	: Rp. [REDACTED],- (No Driver)
Fasilitas	: AC , TV , Full Music , dll



Gambar 24. Bus Pariwisata jumlah kursi 20



Gambar 25. Ruang penumpang tidak ada sabuk keselamatan

(<https://www.ecaexpress.id/page/about-us>).

1.10 INFORMASI TAMBAHAN

1.10.1 Informasi Saksi-Saksi

a. Saksi 1, Penumpang mobil elf, Laki-laki usia 23 tahun memberikan keterangan sebagai berikut :

Saksi 1 posisi duduk di belakang pengemudi. Pukul 06.00 WIB berangkat dari rumah makan Taman Selera di Indramayu menuju tempat wisata Kawah Ratu Tangkuban Perahu. Pengemudi adalah mantan pegawai rumah makan yang diperintah untuk menyewa mobil bus, kondisi pengemudi saat itu nampak sehat dan mobil dalam keadaan baik. Pukul 10.00 WIB tiba di tujuan dan berwisata selama 2 (dua) jam. Pengemudi istirahat dan tidur di mobil. Pukul 12.00 WIB perjalanan pulang melewati jalan Subang, mobil elf bergerak terasa kencang. Pada saat di Turunan Emen, pengemudi menurunkan kecepatan dengan menginjak pedal rem namun tidak berfungsi dan dibantu dengan rem tangan. Akhirnya mobil terguling ke sebelah kiri jalan dan terseret.

Selama perjalanan tidak ada keluhan pengemudi mengenai mobil. Pengemudi di setiap jalan menanjak selalu terlambat memindahkan transmisi. Akibatnya mobil berhenti di tanjakan kemudian pengemudi berusaha memindahkan gigi transmisi. Pengemudi belum biasa membawa mobil elf. Pengemudi terbiasa mengendarai mobil penumpang pribadi. Cuaca tidak hujan pada saat kejadian.

b. Saksi 2, Pemilik warung kopi, Laki-laki usia 55 tahun memberikan keterangan sebagai berikut :

Saksi 2 menolong para korban tergulingnya mobil elf yang diantaranya adalah pengemudi. Kondisi pengemudi saat itu menurut saksi terluka ringan. Pengemudi elf menceritakan kepada saksi bahwa saat pedal rem diinjak terasa membal dan tidak berfungsi serta gigi persneling 4 tidak bisa diturunkan dan akhirnya pengemudi mengaktifkan rem tangan.

1.10.2 Informasi Perundang-undangan

a. Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan

Pasal 77

(1) Setiap orang yang mengemudikan Kendaraan Bermotor di Jalan wajib memiliki Surat Izin Mengemudi sesuai dengan jenis Kendaraan Bermotor yang dikemudikan.

(2) Surat Izin Mengemudi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) terdiri atas 2 (dua) jenis: a. Surat Izin Mengemudi Kendaraan Bermotor perseorangan; dan b. Surat Izin Mengemudi Kendaraan Bermotor Umum.

(4) Untuk mendapatkan Surat Izin Mengemudi Kendaraan Bermotor Umum, calon Pengemudi wajib mengikuti pendidikan dan pelatihan Pengemudi angkutan umum.

Pasal 82

Surat Izin Mengemudi untuk Kendaraan Bermotor Umum sebagaimana dimaksud dalam Pasal 77 ayat (2) huruf b digolongkan menjadi: a. Surat Izin Mengemudi A Umum berlaku untuk mengemudikan kendaraan bermotor umum dan barang dengan jumlah berat yang diperbolehkan tidak melebihi 3.500 (tiga ribu lima ratus) kilogram; b. Surat Izin Mengemudi B I Umum berlaku untuk mengemudikan mobil penumpang dan barang umum dengan jumlah berat yang diperbolehkan lebih dari 3.500 (tiga ribu lima ratus) kilogram; dan c. Surat Izin Mengemudi B II Umum berlaku untuk mengemudikan Kendaraan penarik atau Kendaraan Bermotor dengan menarik kereta tempelan atau gandengan dengan berat yang diperbolehkan untuk kereta tempelan atau gandengan lebih dari 1.000 (seribu) kilogram.

Pasal 86

(1) Surat Izin Mengemudi berfungsi sebagai bukti kompetensi mengemudi.

Pasal 141

(1) Perusahaan Angkutan Umum wajib memenuhi standar pelayanan minimal yang meliputi: a. keamanan; b. keselamatan; c. kenyamanan; d. keterjangkauan; e. kesetaraan; dan f. keteraturan.

b. Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2014 Tentang Angkutan Jalan

Pasal 94

Perusahaan Angkutan Umum wajib membuat, melaksanakan, dan menyempurnakan sistem manajemen keselamatan dengan berpedoman pada rencana umum nasional keselamatan lalu lintas dan angkutan jalan.

Pasal 95

Kendaraan Bermotor Umum harus dilengkapi dengan alat pemberi informasi kecelakaan lalu lintas ke pusat kendali sistem informasi dan komunikasi lalu lintas dan Angkutan jalan.

c. Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2017 Tentang Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan

Pasal 12

(1) Pelaksanaan dan pengendalian RUNK LLAJ, RAK LLAJ Kementerian/Lembaga, RAK LLAJ Provinsi, dan RAK LLAJ Kabupaten/Kota dilakukan secara terkoordinasi oleh penanggung jawab pilar keselamatan dengan menggunakan Manajemen KLLAJ. (2) Manajemen KLLAJ sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi: a. pencapaian sasaran atau hasil yang diinginkan; b. pelaksanaan tindakan langsung secara sinergi; dan c. pemberian dukungan fungsi.

Pasal 13

(1) Pencapaian sasaran atau hasil yang diinginkan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 12 ayat (2) huruf a berupa penurunan tingkat fatalitas akibat kecelakaan dan biaya sosial sebagai dampak kecelakaan lalu lintas.

(2) Penurunan fatalitas akibat kecelakaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan dengan melaksanakan tindakan langsung secara sinergi melalui:

- a. pemenuhan persyaratan laik fungsi jalan;*
- b. pemenuhan persyaratan keselamatan kendaraan bermotor;*
- c. pemenuhan persyaratan penyelenggaraan kompetensi pengemudi kendaraan bermotor;*
- d. penegakan hukum ketentuan keselamatan berlalu lintas; dan*
- e. penanganan korban kecelakaan.*

Pasal 16

(1) Sistem Manajemen Keselamatan Perusahaan Angkutan Umum meliputi:

- a. komitmen dan kebijakan;*
- b. pengorganisasian;*
- c. manajemen bahaya dan risiko;*
- d. fasilitas pemeliharaan dan perbaikan kendaraan bermotor;*
- e. dokumentasi dan data;*

- f. peningkatan kompetensi dan pelatihan;
- g. tanggap darurat;
- h. pelaporan kecelakaan internal;
- i. monitoring dan evaluasi; dan
- j. pengukuran kinerja.

(2) Sistem Manajemen Keselamatan Perusahaan Angkutan Umum sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan oleh petugas atau unit yang bertanggung jawab di bidang sistem manajemen keselamatan angkutan umum.

Pasal 22

Peningkatan kompetensi dan pelatihan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 16 ayat (1) huruf f berupa:

- a. terpenuhinya persyaratan kompetensi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan; dan
- b. adanya program pelatihan bagi tenaga kerja sesuai dengan kebutuhan terutama bidang pekerjaan yang mengandung risiko tinggi secara berkala.

Pasal 23

Tanggap darurat sebagaimana dimaksud dalam Pasal 16 ayat (1) huruf g berupa standar prosedur operasi untuk menghadapi setiap keadaan darurat yang meliputi: a. pengembangan dan penerapan manajemen tanggap darurat; b. identifikasi semua potensi keadaan darurat yang mungkin timbul dalam kegiatan operasi; dan c. sistem manajemen krisis dan tanggap darurat.

Pasal 25

Monitoring dan evaluasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 16 ayat (1) huruf i merupakan kegiatan tinjau ulang yang dilakukan secara berkala dalam waktu 3 (tiga) bulan untuk mengetahui kelemahan dan kelebihan pelaksanaan keselamatan dalam perusahaan.

1.10.3 Minyak Rem

Tim investigasi tidak berhasil mendapatkan sampel minyak rem di mobil elf yang tergulir, guna bahan uji lab terkait nilai titik didih yang dialami minyak rem mobil elf. Hal ini dikarenakan surat Ketua KNKT (terlampir) ke Kapolres Subang guna pengambilan sampel minyak rem hingga saat ini belum ada jawaban.

2. ANALISIS

2.1 UMUM

Analisis dilakukan berdasarkan fakta dan informasi yang berhasil dikumpulkan serta mempertimbangkan pernyataan para saksi. Pada kasus kecelakaan ini, analisis dilakukan dengan menggunakan suatu metode pendekatan asumsi yang sesuai dengan pokok permasalahan. Dengan demikian, faktor-faktor yang berkontribusi pada terjadinya kecelakaan dapat dirumuskan kemudian.

Dengan demikian isu-isu yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

- a. Perilaku dan Kompetensi Mengemudi
- b. Desain Geometrik Jalan
- c. Perlengkapan Jalan
- d. Prasarana dan Lingkungan
- e. Fenomena *Vapoor Lock*
- f. *Static Stability Factor* (SSF)
- g. Sabuk Keselamatan

Serta isu lain yang membutuhkan perbaikan dengan tujuan peningkatan keselamatan di moda transportasi jalan.

2.2 Perilaku dan Kompetensi Pengemudi

Selama perjalanan menuju tempat wisata Kawah Ratu Tangkuban Perahu, perilaku pengemudi di setiap jalan menanjak selalu terlambat memindahkan transmisi. Akibatnya mobil berhenti di tanjakan kemudian pengemudi berusaha memindahkan gigi transmisi. Begitu pula saat perjalanan pulang melewati jalan menurun panjang dan curam, pengemudi menurunkan kecepatan dengan cara menginjak pedal rem utama terus menerus dan tidak melakukan *engine breaking*/pengereman mesin untuk membantu perlambatan kendaraan. Dari perilaku diatas dapat dilihat bahwa pengemudi kurang terampil sehingga pemenuhan kompetensi tidak optimal.

Selain itu terdapat temuan bahwa saat melewati turunan emen pengemudi mengerem mendadak/mengaktifkan rem parkir secara penuh tidak dengan cara bertahap, padahal saat kecepatan tinggi dapat mengakibatkan ban tergelincir/slip. Tindakan pengemudi ini adalah termasuk tindakan yang berisiko.

Perilaku kurang terampil dan tindakan berisiko tinggi justru terkadang tidak disadari, bahkan dianggap sebagai hal biasa. Pola pikir (*attitude*) dan kebiasaan (*behaviour*) ini sangat berbahaya atau bisa berakibat fatal bila tanpa didukung oleh pemahaman terhadap keselamatan.

Temuan lainnya, pengemudi belum biasa membawa mobil elf, yang biasa dikendarai adalah mobil penumpang pribadi. Umumnya, pabrikan mobil mendesain mobil dengan meringankan kemudi serta respon mesin terhadap gerakan pengemudi. Dengan begitu,

kecelakaan yang terjadi akibat kesalahan pengemudi dapat diperkecil seminimal mungkin. Tentu, pengemudi tetap saja harus menguasai kendaraan dengan baik sehingga *input* yang diberikan oleh pengemudi tetap seimbang dengan laju kendaraan. Seorang pengemudi harus memiliki kemampuan mengenal potensi bahaya dan risiko di jalan (*risk hazard*). Mereka juga harus mampu mengelola atau *manage* risiko dari aktivitas atau tindakannya (*risk management*).

Akibat ketidakmampuan mengenal dan mengelola potensi bahaya dan risiko, seorang pengemudi cenderung mengambil tindakan berisiko (*high risk*). Oleh karena itu, sertifikasi pengemudi diperlukan sesuai ketentuan UU No. 22 Tahun 2009 Pasal 77 Ayat 4 dimana untuk memperoleh SIM Kendaraan umum maka seorang pengemudi wajib mengikuti pendidikan dan pelatihan pengemudi angkutan umum.

2.3 Desain Geometrik Jalan

Seperti sudah dianalisa di Laporan Investigasi Kecelakaan LLAJ Tergulingnya Bus Pariwisata F-7959-A bahwa berdasarkan Permen PU No. 19/PRT/M Tahun 2011 Tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan, idealnya lebar jalur Turunan Emen minimal 3,5 meter, dan tipe jalan 4/2-T.

Seandainya adanya keterbatasan untuk memenuhi persyaratan sesuai Permen PU tersebut di atas, guna mengurangi risiko kecelakaan untuk jangka pendek sebaiknya dilakukan penyediaan jalur tambahan untuk pergerakan arus lalu lintas kendaraan menurun ke arah Subang untuk sepeda motor selebar 2,5 – 3 meter dengan pelebaran ke bahu jalan. Jangka medium yaitu normalisasi geometrik (tikungan dan *slope* pemanjang) dan pembangunan jalur jalan baru.

Kondisi kendaraan umumnya usia diatas 5 tahun dan monitoring rutin kondisi kelaikan kendaraan untuk perjalanan jauh oleh operator/pemilik umumnya kurang mendapatkan perhatian yang serius, risiko kegagalan dalam pengurangan kecepatan kendaraan makin tinggi. Maka perlu pemasangan/penyediaan jalur penyelamat pada lokasi yang tepat.

2.4 Perlengkapan Jalan

Seperti sudah dianalisa di Laporan Investigasi Kecelakaan LLAJ Tergulingnya Bus Pariwisata F-7959-A mengingat jari-jari tikungan ± 40 meter, maka kecepatan maksimum ± 35 km/jam dan melihat ada kecenderungan pengguna jalan sering mengabaikan etika berlalulintas, serta masih beroperasinya kendaraan dengan usia di atas 5 tahun, maka sebaiknya dipasang rambu batasan kecepatan 30 km/jam menggantikan rambu batasan kecepatan lama (40 km/jam); anjuran pemindahan transmisi rendah pada lokasi tertinjau dan larangan menyiap.

2.5 Prasarana dan Lingkungan

Berdasarkan penelusuran di lapangan, pada titik-titik tertentu di turunan emen terdapat *drainase* yang kondisinya rusak. Kondisi *drainase* (Gambar 21) yang rusak harus segera diperbaiki guna mencegah adanya genangan air di badan jalan.

Temuan lain terkait drainase di turunan emen adalah kondisinya yang terbuka. Guna mendukung penambahan lajur sepeda motor maka sebaiknya drainase yang terbuka dijadikan drainase tertutup (gorong-gorong).

2.6 Fenomena *Vapor Lock*

Pada saat di Turunan Emen, pengemudi menurunkan kecepatan dengan menginjak pedal rem utama namun tidak berfungsi dan dibantu dengan rem tangan. Gejala rem tidak efektif atau kurang pakem tidak hanya kasus dimana rem tidak bekerja setiap pedal rem diinjak, tetapi juga kasus ketika efektifitas rem lemah melawan gaya tekan atau pedal remnya tak terasa.

Fenomena pemudaran atau terjadi penguncian uap/*vapor lock*, resin yang terdapat pada bahan gesek dari *pad* dan sepatu rem menghasilkan gas ketika temperatur *pad* dan sepatu rem meningkat. Fungsi rem menurun jika gas yang berfungsi sebagai pelumas mengurangi koefisien gesek. Fenomena pemudaran ini cenderung terjadi selama periode awal karena *pad* dan sepatu rem memiliki kondisi yang tepat untuk menghasilkan gas. Pengemudi tidak mendapatkan reaksi apapun dari pedal rem dan efek pengereman akan berkurang ketika tercipta gelembung pada minyak rem. Gelembung ini terbentuk ketika panas pada *pad* dan sepatu rem berpindah ke minyak rem dan mengakibatkan minyak rem mendidih. Kondisi yang menyebabkan uap tertahan pada minyak rem yaitu setelah laju kendaraan dihentikan suhu unit rem tidak dapat diturunkan oleh aliran udara atau minyak rem lama tidak diganti.

2.7 *Static Stability Factor (SSF)*

Perbaikan keselamatan dan mengurangi risiko cedera jangan hanya berkonsentrasi pada perilaku pengemudi dan sistem jalan. Perlu adanya keselamatan berkelanjutan yaitu keamanan dan persyaratan kelaikan kendaraan untuk mengurangi risiko cedera/kematian.

Penelitian Robertson/Kelley memberi penekanan pada perhitungan yang dikenal sebagai *Static Stability Factor (SSF)*. SSF adalah perhitungan sederhana, yaitu setengah lebar lintasan kendaraan dibagi dengan pusat gravitasinya ($T/2H$). Semakin rendah SSF, semakin tinggi risiko kendaraan berguling. Penelitian Robertson/Kelley menunjukkan bahwa SSF kendaraan adalah metrik statistik yang kuat dalam menentukan kemungkinan rollover. Rollover adalah peristiwa kompleks yang tidak dapat sepenuhnya dihilangkan, dan bahwa penurunan besar dalam kematian akibat rollover akan memerlukan pendekatan multidisiplin, seperti pemasangan label keamanan untuk membantu konsumen memilih kendaraan, lebih banyak penelitian tentang dinamika karakteristik rollover, meningkatkan perlindungan penghuni rollover, sabuk pengaman yang lebih baik, informasi penggunaan sabuk pengaman dan persyaratan.

Berdasarkan penelitian KNKT, FTMD ITB dan Puslitbang Kemenhub bahwa disepakati tindakan diambil adalah meningkatkan perlindungan penghuni *rollover* dengan penguatan *superstructure*. Dengan demikian, *survival space* dapat dipertahankan ketika mobil elf terguling.

2.8 Sabuk Keselamatan

Berdasarkan Permenhub Nomor 28 Tahun 2015 dan Permenhub Nomor 29 Tahun 2015 diatur bahwa kendaraan bermotor umum tidak dalam trayek maupun dalam trayek wajib memenuhi sabuk keselamatan minimal 2 (dua) titik (jangkar) pada semua tempat duduk. Temuan investigasi memperlihatkan bahwa pada mobil elf tidak terpasang sabuk

keselamatan pada semua tempat duduk terkecuali hanya di kursi pengemudi dan kursi penumpang paling depan. Hal ini berkontribusi pada korban karena saat mobil elf terguling, penumpang tidak terikat ke kursi guna mengurangi risiko cedera.

Untuk itu maka perlu penerapan aturan sabuk keselamatan pada saat pengajuan Rancang Bangun Karoseri, proses SRUT dan uji berkala.

2.9 Sistem Manajemen Keselamatan Bagi Perusahaan Angkutan Umum

Sistem Manajemen Keselamatan Perusahaan Angkutan Umum adalah bagian dari manajemen perusahaan angkutan umum berupa tata kelola keselamatan yang dilakukan oleh perusahaan angkutan umum secara komprehensif dan terkoordinasi dalam rangka mewujudkan keselamatan dan mengelola risiko kecelakaan.

Mobil elf E-7548-PB adalah kendaraan bermotor angkutan orang yang memiliki tempat duduk lebih dari 8 (delapan) orang, termasuk untuk pengemudi dan yang beratnya lebih dari 3.500 (tiga ribu lima ratus) kg, maka SIM B I Umum yang berlaku untuk mengemudikannya. Berdasarkan kesaksian bahwa pengemudi mobil elf adalah mantan pegawai rumah makan yang diperintah untuk menyewa mobil elf, dan info *website* tertera harga sewa microbus per hari tanpa pengemudi. Hal ini berisiko terhadap keselamatan dan keamanan penumpang, dikarenakan SIM pengemudi yang dimiliki tidak terawasi kesesuaiannya dengan jenis kendaraan bermotor yang dikemudikan. Seharusnya PT. Elang Cakra Ekspres menyediakan pengemudi berkompetensi dan memiliki SIM sesuai jenis kendaraan bermotor. Konsumen tidak diperbolehkan untuk mengemudikan mobil bus yang disewa dan tujuan wisata termasuk rute perjalanan harus diketahui.

3. KESIMPULAN

3.1 Temuan-Temuan

1. Hari Senin tanggal 12 Maret 2018 pukul 06.00 WIB Mobil Bus Sedang E-7548-PB (selanjutnya disebut mobil elf) berangkat dari rumah makan Taman Selera di Indramayu menuju tempat wisata Kawah Ratu Gunung Tangkuban Perahu yang berjarak ± 65 km. Penumpang mobil elf adalah pegawai rumah makan yang berjumlah 15 orang.
2. Mobil elf melewati Jalan Raya Subang yang geometrik jalannya menurun panjang dan curam (kelandaian 5,5 %-15,57 %). Pengemudi memperlambat mobil elf dengan cara menginjak pedal rem utama terus menerus. Saat itu tuas pemindah daya berada pada posisi gigi-4. Mobil elf tetap meluncur dan bergerak zig zag/tak terkendali. Setelah itu, pengemudi mengaktifkan rem parkir dengan tarikan penuh, ban tergelincir/slip dan mobil terlontar.
3. Mobil elf terguling di tikungan gabungan balik arah, membentur aspal dan terseret sejauh ± 2 meter, menabrak tiang *chevron* hingga berputar 180^0 . Kecelakaan terjadi sekitar pukul 12.00 WIB dan saat cuaca tidak hujan.
4. Kecelakaan ini mengakibatkan korban luka berat 4 orang dan luka ringan 12 orang.
5. Perilaku pengemudi di setiap jalan menanjak selalu terlambat memindahkan transmisi. Saat perjalanan pulang pengemudi menurunkan kecepatan dengan cara menginjak pedal rem utama terus menerus/tidak melakukan *engine breaking* di jalan menurun panjang dan curam. Perilaku kurang terampil dan tindakan berisiko tinggi justru terkadang tidak disadari, bahkan dianggap sebagai hal biasa. Pola pikir (*attitude*) dan kebiasaan (*behaviour*) ini sangat berbahaya atau bisa berakibat fatal bila tanpa didukung oleh pemahaman terhadap keselamatan. Sertifikasi pengemudi diperlukan sesuai ketentuan UU No. 22 Tahun 2009 Pasal 77 Ayat 4 dimana untuk memperoleh SIM Kendaraan umum maka seorang pengemudi wajib mengikuti pendidikan dan pelatihan pengemudi angkutan umum.
6. Berdasarkan Permen PU No. 19/PRT/M Tahun 2011 Tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan, idealnya lebar jalur Turunan Emen minimal 3,5 meter, dan tipe jalan 4/2-T. Jangka pendek sebaiknya dilakukan penyediaan jalur tambahan untuk pergerakan arus lalu lintas kendaraan menurun ke arah Subang untuk sepeda motor selebar 2,5 – 3 meter dengan pelebaran ke bahu jalan. Jangka medium yaitu normalisasi geometrik (tikungan dan *slope* pemanjangan) dan pembangunan jalur jalan baru.
7. Kondisi kendaraan umumnya usia diatas 5 tahun dan monitoring rutin kondisi kelaikan kendaraan untuk perjalanan jauh oleh operator/pemilik umumnya kurang mendapatkan perhatian yang serius, risiko kegagalan dalam pengurangan kecepatan kendaraan makin tinggi. Maka perlu pemasangan/penyediaan jalur penyelamat pada lokasi yang tepat.
8. Mengingat Jari-jari tikungan Turunan Emen ± 40 meter, maka kecepatan maksimum ± 35 km/jam dan melihat ada kecenderungan pengguna jalan sering mengabaikan etika

berlalu lintas, serta masih beroperasinya kendaraan dengan usia di atas 5 tahun, maka sebaiknya dipasang rambu batasan kecepatan 30 km/jam menggantikan rambu batasan kecepatan lama (40 km/jam), anjuran pemindahan transmisi rendah pada lokasi tertinjau dan larangan menyiap.

9. Kondisi *drainase* yang rusak harus segera diperbaiki guna mencegah adanya genangan air di badan jalan. Temuan lain terkait drainase di turunan emen adalah kondisinya yang terbuka. Guna mendukung penambahan lajur sepeda motor maka sebaiknya drainase yang terbuka dijadikan drainase tertutup (gorong-gorong).
10. Pengemudi menurunkan kecepatan dengan menginjak pedal rem utama namun tidak berfungsi. Kondisi yang menyebabkan uap tertahan pada minyak rem yaitu setelah laju kendaraan dihentikan suhu unit rem tidak dapat diturunkan oleh aliran udara atau minyak rem lama tidak diganti.
11. SSF adalah perhitungan sederhana, yaitu setengah lebar lintasan kendaraan dibagi dengan pusat gravitasinya ($T/2H$). Semakin rendah SSF, semakin tinggi risiko kendaraan berguling. Berdasarkan penelitian KNKT, FTMD ITB dan Puslitbang Kemenhub bahwa disepakati tindakan diambil adalah meningkatkan perlindungan penghuni *rollover* dengan penguatan *superstructure*. Dengan demikian, *survival space* dapat dipertahankan ketika mobil elf terguling.
12. Perlu penerapan aturan sabuk keselamatan pada saat pengajuan Rancang Bangun Karoseri, proses SRUT dan uji berkala.
13. Pengemudi mobil bus adalah mantan pegawai rumah makan yang diperintah untuk menyewa mobil bus, dan info *website* tertera harga sewa microbus per hari tanpa pengemudi. Hal ini berisiko terhadap keselamatan dan keamanan penumpang, dikarenakan SIM pengemudi yang dimiliki tidak terawasi kesesuaiannya dengan jenis kendaraan bermotor yang dikemudikan. Seharusnya PT. Elang Cakra Ekspres menyediakan pengemudi berkompentensi dan memiliki SIM sesuai jenis kendaraan bermotor. Konsumen tidak diperbolehkan untuk mengemudikan mobil bus yang disewa dan tujuan wisata termasuk rute perjalanan harus diketahui.

3.2 Faktor-Faktor Yang Berkontribusi Terjadinya Kecelakaan

1. Mobil elf melewati Jalan Raya Subang yang geometrik jalannya menurun panjang dan curam (menurun 5,5 % sd 15,57%).
2. Pengemudi memperlambat mobil elf dengan cara menginjak pedal rem utama terus menerus dan tidak melakukan *engine breaking*/pengereman mesin untuk membantu perlambatan kendaraan. Saat itu tuas pemindah daya berada pada posisi gigi-4.
3. Pengemudi mengaktifkan rem parkir dengan tarikan penuh, ban tergelincir/slip dan mobil terlontar.

3.3 Penyebab Terjadinya Kecelakaan

Berdasarkan hasil investigasi dan analisis dapat disimpulkan bahwa penyebab mobil elf terguling adalah ketidakmampuan mengenal dan mengelola potensi bahaya dan risiko yaitu saat melewati jalan menurun panjang dan curam (menurun 5,5 % sd 15,57%) pengemudi menurunkan kecepatan dengan cara menginjak pedal rem utama terus menerus dan tidak melakukan *engine breaking* sehingga efek pengereman berkurang (berpotensi fenomena *vapor lock*). Akibatnya mobil elf terguling saat pengemudi mengaktifkan rem parkir secara penuh di tikungan gabungan balik arah.

4. TINDAKAN KESELAMATAN

Penyusunan laporan akhir Investigasi Kecelakaan Transportasi tergulingnya mobil bus sedang/mobil elf E-7548-PB, tim investigasi telah meminta tanggapan dan/atau masukan dari regulator, operator, pabrikan sarana transportasi, dan pihak terkait lainnya.

Rekomendasi keselamatan yang diberikan kepada PT. Isuzu Astra Motor Indonesia (IAMI), yaitu sebagai berikut :

“ Mengingat potensi *rollover* microbus yang cenderung tinggi, maka perlu penguatan *super structure* microbus untuk memperkecil intrusi struktur pada ruang penumpang saat terjadi *rollover*. Mensyaratkan kepada perusahaan karoseri yang membangun rumah-rumah mobil elf untuk menambah *gusset* pada sambungan atap dinding dan lantai dinding dengan penempatan strategis”.

PT. Isuzu Astra Motor Indonesia (IAMI) telah memberikan 7 (tujuh) tanggapan dan/atau masukan (terlampir). Sesuai PP.62/2013 tentang Investigasi Kecelakaan Transportasi bahwa operator, pabrikan sarana transportasi, dan pihak terkait lainnya wajib melaporkan perkembangan tindak lanjut rekomendasi kepada Ketua Komite Nasional Keselamatan Transportasi.

5. REKOMENDASI

Berdasarkan kesimpulan di atas dan agar tidak terjadi kecelakaan dengan penyebab yang sama di masa yang akan datang, maka direkomendasikan hal-hal sebagai berikut :

5.1 Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Kementerian Perhubungan

1. Mengingat potensi *rollover* microbus yang cenderung tinggi, maka perlu penguatan *super structure* mobil bus untuk memperkecil intrusi struktur pada ruang penumpang saat terjadi *rollover*. Mensyaratkan kepada perusahaan karoseri yang membangun rumah-rumah mobil bus untuk menambah *gusset*/pelat sambung pada sambungan atap dinding dan lantai dinding dengan penempatan strategis. Rancangan teknis ini dilakukan bertujuan untuk mencegah risiko kematian dan cedera yang timbul dari operasi mobil bus (PM.33/2018 Tentang Pengujian Tipe Kendaraan Bermotor pasal 41).
2. Menciptakan operasi layanan bus yang aman dengan perbaikan terus menerus dalam sistem manajemen keselamatan untuk meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap keselamatan transportasi mobil bus dan adanya budaya keselamatan diantara penyedia layanan bus (komersil dan non komersil).
3. Menerapkan tindakan khusus untuk mencegah kecelakaan lalu lintas jalan, meminimalkan risiko cedera yaitu *speed management* berupa pemasangan *speed camera* serta penegakan sangsi terhadap pelanggaran batas kecepatan.
4. Pemastian penerapan aturan sabuk keselamatan kendaraan bermotor umum minimal 2 (dua) titik (jangkar) pada semua tempat duduk sesuai Permenhub Nomor 28 Tahun 2015 dan Permenhub Nomor 29 Tahun 2015 pada saat penelitian rancang bangun dan rekayasa kendaraan Bermotor, penelitian dan pemeriksaan kesesuaian fisik kendaraan bermotor dan pelaksanaan uji berkala.
5. Kontrol alkohol dan manajemen obat pada pekerja keselamatan bus melalui persyaratan bagi operator untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan manajemen alkohol dan obat-obatan.
6. Akreditasi lembaga pendidikan dan pelatihan mengemudi guna pemenuhan kompetensi dan sertifikasi pengemudi kendaraan bermotor umum.

5.2 Korps Lalu Lintas Kepolisian RI (Korlantas Polri)

Pelaksanaan UU 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Pasal 77 ayat (4) Untuk mendapatkan Surat Izin Mengemudi Kendaraan Bermotor Umum, calon pengemudi wajib mengikuti pendidikan dan pelatihan pengemudi angkutan umum; ayat (5) Pendidikan dan pelatihan sebagaimana dimaksud pada ayat (4) hanya diikuti oleh orang yang telah memiliki Surat Izin Mengemudi untuk Kendaraan Bermotor perseorangan. Sehingga fungsi surat izin mengemudi sebagai bukti kompetensi mengemudi dapat terpenuhi.

5.3 Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan

Penetapan norma, standar, pedoman, kriteria, dan prosedur penyelenggaraan pendidikan dan pelatihan mengemudi guna pemenuhan kompetensi dan sertifikasi pengemudi kendaraan bermotor umum sebagai panduan untuk Lembaga Sertikat Profesi/LSP.

5.4 Pemerintah Provinsi Jawa Barat

Laporan akhir dan rekomendasi keselamatan tergulingnya Bus Pariwisata Premium Passion F-7959-AA di turunan emen yang terjadi pada tanggal 10 Februari 2018 sudah diberikan kepada :

1. Dinas Bina Marga dan Penataan Ruang Provinsi Jawa Barat :

- a. Segera merealisasikan pembangunan Jalur Penyelamat sebanyak 3 (tiga) titik pada KM.JKT.179+600 sampai dengan KM.JKT.182+000.
- b. Jangka pendek dibuat jalur tambahan untuk pergerakan arus lalu lintas kendaraan menurun ke arah Subang untuk sepeda motor selebar 2,5–3 meter dengan pelebaran ke bahu jalan. Berdasarkan Permen PU No. 19/PRT/M Tahun 2011 Tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan, idealnya lebar lajur Turunan Emen minimal 3,5 meter, dan tipe jalan 4/2-T. Slope memanjang daerah turunan yang cukup panjang memacu laju kendaraan makin cepat, ketersediaan lajur turunan hanya 1 (satu) lajur dengan lebar yang relatif sempit ($\pm 2,8$ meter), lalu lintas tercampur roda dua dan roda empat, kendaraan lambat & cepat, tipe tikungan berganda balik arah dengan sisipan bagian lurus sangat pendek < 10 m yang harusnya > 20 m, rambu batasan kecepatan dengan kondisi slope memanjang $> 15\%$ dan radius tikungan 40 m terlalu besar (40 km/jam).
- c. Jangka medium normalisasi geometrik (tikungan dan slope memanjang) dan pembangunan jalur jalan baru. Mengingat kondisi geometrik yaitu prasarana jalan tidak memenuhi persyaratan teknis berupa tikungan ganda balik arah, slope memanjang/turunan dan radius tikungan, berisiko terjadinya kecelakaan maka penanganan.

2. Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Barat :

- a. Kecenderungan laju kecepatan kendaraan meningkat di daerah jalan turunan dan pengemudi hanya menggunakan rem utama untuk mengendalikan kecepatan kendaraan. Perlu informasi untuk segera menurunkan kecepatan sesuai dengan kondisi geometrik jalan yang tepat guna yaitu pemasangan rambu batasan kecepatan yang dipasang secara bertahap 40 km/jam sampai dengan 30 km/jam, anjuran pemindahan transmisi gigi rendah pada lokasi tertinjau, info tikungan ganda dan larangan menyiap;
- b. Melakukan pemasangan penerangan jalan umum yang diutamakan pada daerah rawan kecelakaan;
- c. Melakukan pemasangan *guardrail* pada lokasi-lokasi yang memiliki perbedaan ketinggian.

5.5 Pemerintah Kabupaten Subang

Laporan akhir dan rekomendasi keselamatan tergulingnya Bus Pariwisata Premium Passion F-7959-AA di turunan emen yang terjadi pada tanggal 10 Februari 2018 :

1. Menertibkan media informasi, iklan, pepohonan, atau benda-benda lain yang menghalangi keberadaan rambu lalu lintas. Sesuai dengan Permenhub No 13 Tahun 2014 Tentang Rambu Lalu Lintas pasal 64 ayat 2.
2. Melaksanakan pemeriksaan kendaraan di jalan sesuai dengan PP No. 80 Tahun 2012 Tentang Tata Cara Pemeriksaan Kendaraan Bermotor Di Jalan Dan Penindakan Pelanggaran Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan.
3. Melakukan penataan dan peninjauan kembali keberadaan warung-warung di sepanjang daerah rawan kecelakaan.

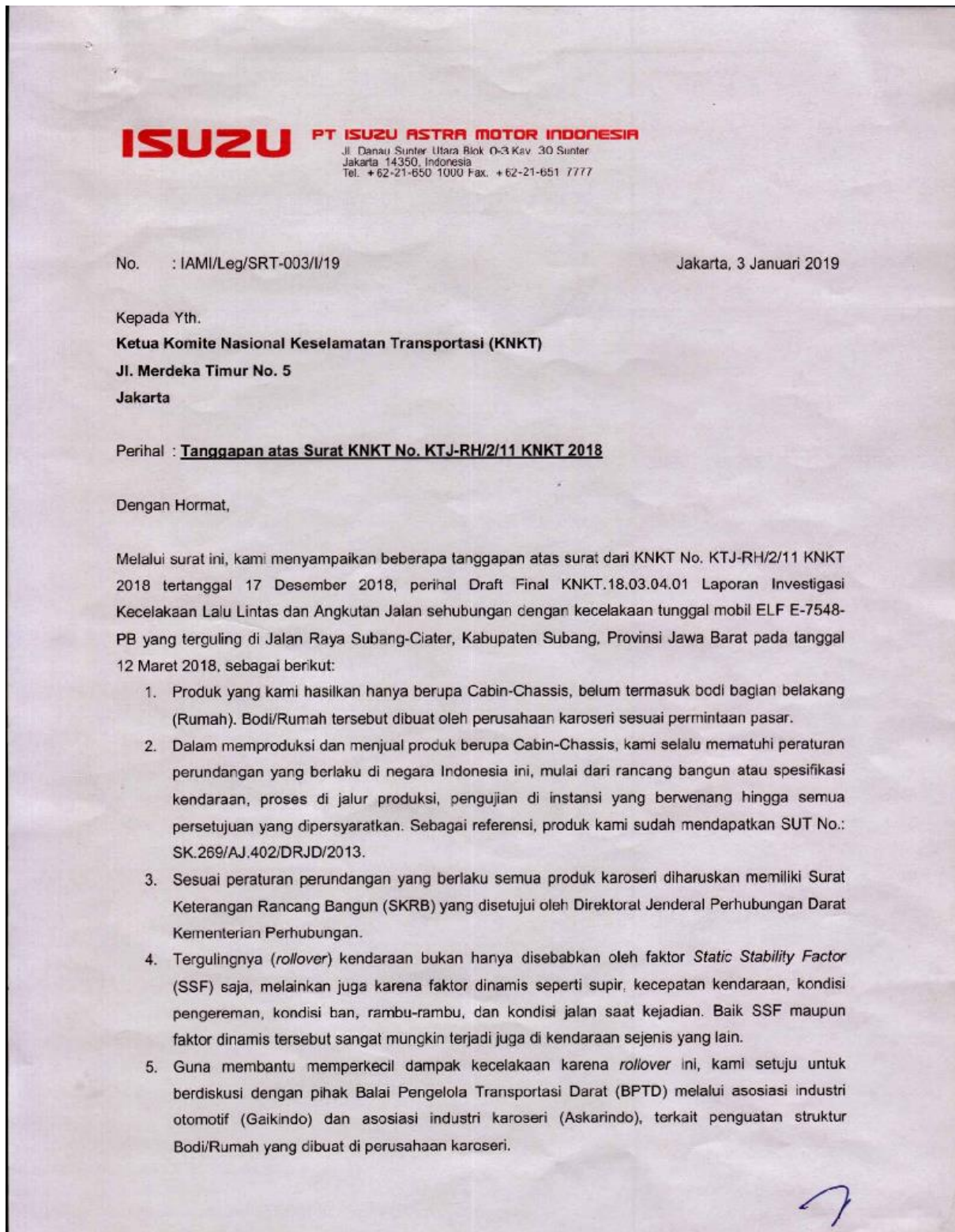
5.6 PT. Elang Cakra Ekspres

1. Melaksanakan Permenhub Nomor 28 Tahun 2015 dan Permenhub Nomor 29 Tahun 2015 diatur bahwa kendaraan bermotor umum tidak dalam trayek maupun dalam trayek wajib memenuhi sabuk keselamatan minimal 2 (dua) titik (jangkar) pada semua tempat duduk.
2. Melakukan tata kelola keselamatan secara komprehensif dan terkoordinasi dalam rangka mewujudkan keselamatan dan mengelola risiko kecelakaan.
3. Menyediakan pengemudi berkompotensi dan memiliki SIM sesuai jenis kendaraan bermotor. Konsumen tidak diperbolehkan untuk mengemudikan mobil bus yang disewa dan tujuan wisata termasuk rute perjalanan harus diketahui.

Demikian agar dapat diperhatikan sebagai masukan untuk keputusan kebijakan tindak lanjut dalam rangka memperbaiki tingkat keselamatan lalu lintas dan angkutan jalan di masa akan datang.

6. LAMPIRAN

6.1 Surat tanggapan dari PT. Isuzu Astra Motor Indonesia (IAMI)



ISUZU

PT ISUZU ASTRA MOTOR INDONESIA

Jl. Danau Sunter Utara Blok O-3 Kav. 30 Sunter
Jakarta 14350, Indonesia
Tel. +62-21-650 1000 Fax. +62-21-651 7777

Atas saran yang dituangkan dalam Laporan Draft Final KNKT.18.03.04.01 mengenai penerapan *counter measure rollover*:

6. Electronic Stability Control (ESC) dan Tire Pressure Monitoring System (TPMS) secara prinsip dasar teknis di otomotif dapat diimplementasikan dengan memperhatikan faktor-faktor lain diantaranya faktor SSF kendaraan.
7. Penguatan *super structure* untuk memperkecil intrusi pada saat *rollover*, kami melalui Gaikindo akan meningkatkan koordinasi dengan Askarindo perihal peningkatan keamanan rancang bangun.

Demikian tanggapan kami, semoga menjadi pertimbangan KNKT dalam pembuatan laporan finalnya.

Atas perhatian dan kerja samanya kami ucapkan terima kasih.

Salam,

PT Isuzu Astra Motor Indonesia


Priadi Rakhman
Service Division Head

Tembusan: Presiden Direktur PT Isuzu Astra Motor Indonesia

6.2 Surat Ketua KNKT ke Kapolres Subang

	KOMITE NASIONAL KESELAMATAN TRANSPORTASI	
	Jl. Medan Merdeka Timur No. 5 Jakarta 10110 INDONESIA	Phone : (021) 351 7606 (021) 384 7801 Fax : (021) 351 7606
	Website : www.dephub.go.id/knkt Email : knkt@dephub.go.id	

Nomor : *KRJ/4/23 knkt 2018* Jakarta, *7* Agustus 2018
Klasifikasi : -
Lampiran : -
Perihal : Test Lab Minyak Rem Mobil Elf E-7548-PB

Kepada
Yth. KEPALA KEPOLISIAN SUBANG
di
SUBANG

1. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 62 Tahun 2013 tentang Investigasi Kecelakaan Transportasi bahwa Investigasi Kecelakaan Transportasi adalah kegiatan penelitian terhadap penyebab kecelakaan transportasi dengan cara pengumpulan, pengolahan, analisis, dan penyajian data secara sistematis dan objektif agar tidak terjadi kecelakaan transportasi dengan penyebab yang sama.
2. Sehubungan kecelakaan tergulingnya mobil Elf E-7548-PB hari Senin tanggal 12 Maret 2018 di Jalan Raya Subang (Turunan Emen), maka kami akan melakukan test laboratorium minyak rem mobil Elf tersebut di Laboratorium Kimia Dasar Departemen Kimia ITB.
3. Untuk itu akan ditugaskan Tim Investigasi Keselamatan LLAJ ke Polres Subang guna melaksanakan hal tersebut di atas.
4. Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

**KETUA KOMITE NASIONAL
KESELAMATAN TRANSPORTASI**

SOERJANTO TJAHJONO

Tembusan:
Kepala Kepolisian Daerah Jawa Barat.

"Keselamatan dan Keamanan Transportasi Merupakan Tujuan Bersama"

6.3 Kajian Risiko Rollover Pada Mobil Elf



ITB

Kajian Resiko Rollover Pada Kendaraan Isuzu NHR 55 (15 dan 20 Penumpang)



AGENDA



ITB

- Latar belakang
- Tujuan dan manfaat
- Statistik kecelakaan di Indonesia
- Pengumpulan data dan referensi rollover
- Model dan analisa potensi rollover NHTSA
- Data Kendaraan Isuzu NHR
- Perhitungan SSF (Static Stability Factor) dan Reskio Rollover
- Kesimpulan dan saran



SIGIT P. SANTOSA

EDUCATION:

- Ingenieur, Ir – ITB (1991),
- Master of Science of Mechanical Engineering, MSME – MIT (1997),
- Doctor of Science, Sc.D – MIT (1999)

GM – North America Product Development (1999 – 2012)

Faculty Staff, Faculty of Mechanical and Aerospace Engineering, ITB (2013 – Now)

Chairman NCSTT – National Center for Sustainable Transportation Technology

Director – CCR Electric Based Transportation Technology Development

Contact: sigit,santosa@ftmd.itb.ac.id

+62 811 211 9994



Professional Background



2003	2004	2005	2006	2007
				
Cadillac XLR Senior Engineer	Corvette C6 Senior Lead Eng.	Corvette Z06 Senior Lead Eng.	Cadillac DTS/ Buick Lucerne PTL – Team Leader	Chevy HHR PTL – Team Leader
2007-2009	2010	2011	2012	2013-Now
				
Senior PTL: Chevy Equinox GMC Terrain CREC – Canada GMM - Mexico	EGM: GMK – Korea Chevy Cruze Compact SUV Mini Car Small Car	EGM: Chevy Volt. Chevy Sonics Chevy Spark NG Compact SUV NG Compact	EGM: Cadillac ELR GMK – Korea GME – Germany PATAC – China NG EREV/Hybrid NG Mini	PI – Principal Investigator Railink Product Dev. LRT Kapsul Electric Based Transportation



- Kecelakaan Transportasi di Indonesia yang semakin meningkat
- Jumlah kendaraan yang meningkat tajam
- Peningkatan jumlah bus pariwisata mencapai 9.6%
- Kecelakaan bus mencapai 11 setiap 100 bus di Indonesia
- Kecelakaan jenis rollover memiliki tingkat fatalitas yang tinggi
- Data dari NHTSA: Passenger Van dengan 15 penumpang memiliki kecenderungan rollover 3x dari kendaraan penumpang

29-Nov-18

AE-3100

5



NTSB

SAFETY ALERT

National Transportation Safety Board

★ 15-Passenger Vans

***Follow these safety precautions if you own
or ride in a 15-passenger van***

The grim facts

- Between 1994 and 2004, there were 1,512 fatal crashes involving 15-passenger vans.
- A total of 642 of these were single-vehicle crashes; 515 of the vehicles rolled over.
- In 2004 alone, 120 occupants of 15-passenger vans died in crashes involving these vehicles.
- More than half of the 15-passenger vans involved in single-vehicle accidents rolled over, compared to one-third of passenger cars.
- Eighty-one percent of crash-related occupant deaths in 15-passenger vans occur in single-vehicle rollover accidents.



TUJUAN KEGIATAN :

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan kajian tingkat resiko dan peluang kecelakaan guling (rollover) pada kendaraan bus.

MANFAAT KEGIATAN:

Penelitian ini akan bermanfaat untuk memberikan masukan terhadap industri dan regulator tentang potensi kecelakaan rollover dan strategi *countermeasure* kendaraan untuk mengurangi resiko rollover

29-Nov-18

AE-3100

7

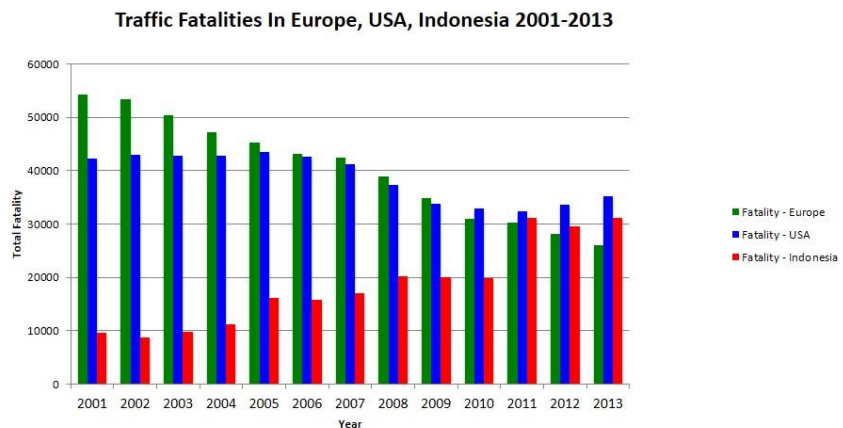


Traffic Fatality di US, EU, Indonesia



ITB

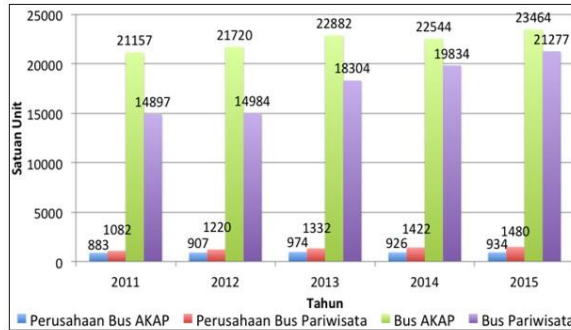
- Tingkat fatalitas traffic accident di Indonesia yang terus meningkat
- Dramatic reduction in EU, US due to regulation upgrade



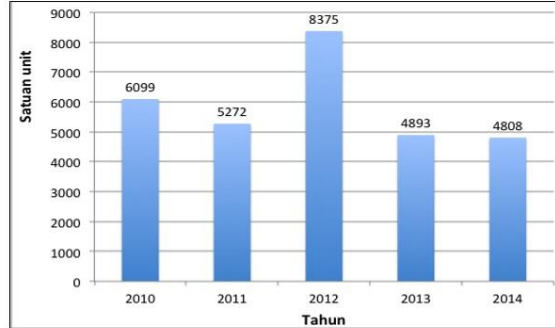
29-Nov-18

AE-3100

8



Jumlah Bus



Jumlah Kecelakaan Bus

29-Nov-18

AE-3100

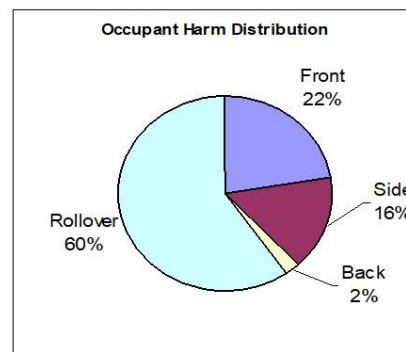
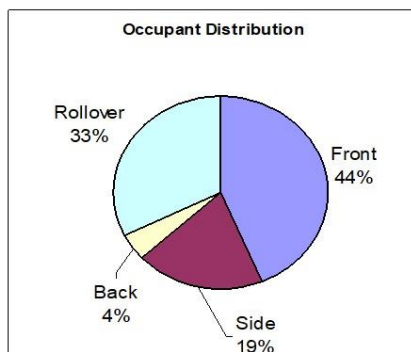
9



Rollover Event – SUV/BUS Class



ITB

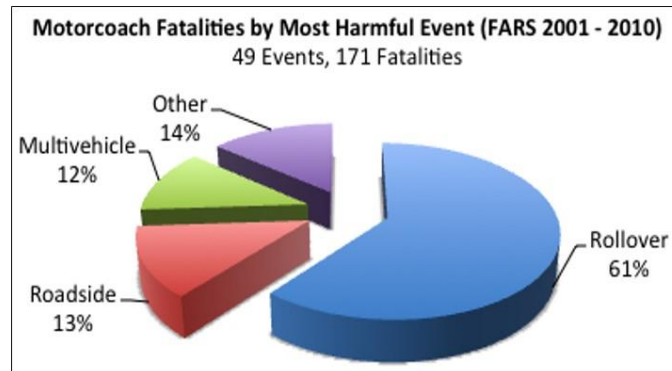


- Data Source: **Compact Utilities** (equipped with front airbag(s)) in 1995-2004 NASS-CDS

29-Nov-18

AE4043-6403

10



29-Nov-18

AE-3100

11



NHTSA Model untuk Rollover



ITB

- NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) menggunakan variasi data statistik untuk mengkaji perilaku rollover suatu kendaraan
- Dari berbagai studi data yang dilakukan, terdapat korelasi yang kuat antara parameter Static Stability Factor (SSF) dengan resiko kecelakaan rollover

$$SSF = \frac{T}{2H}$$

- T = lebar track, H = ketinggian center of gravity (cog)

29-Nov-18

AE-3100

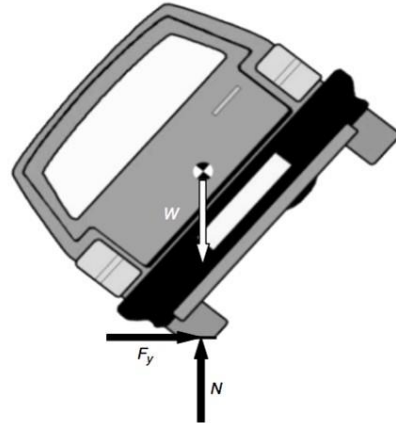
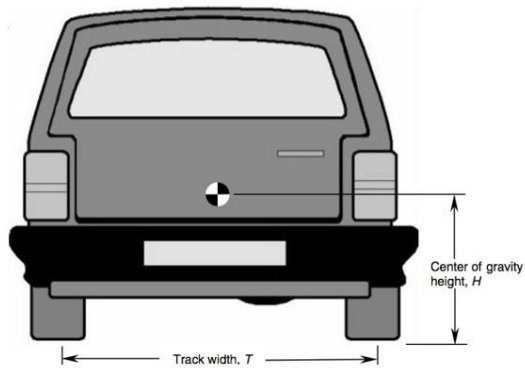
12



SSF : Static Stability Factor = $SSF = T/2H$



ITB



29-Nov-18

AE-3100

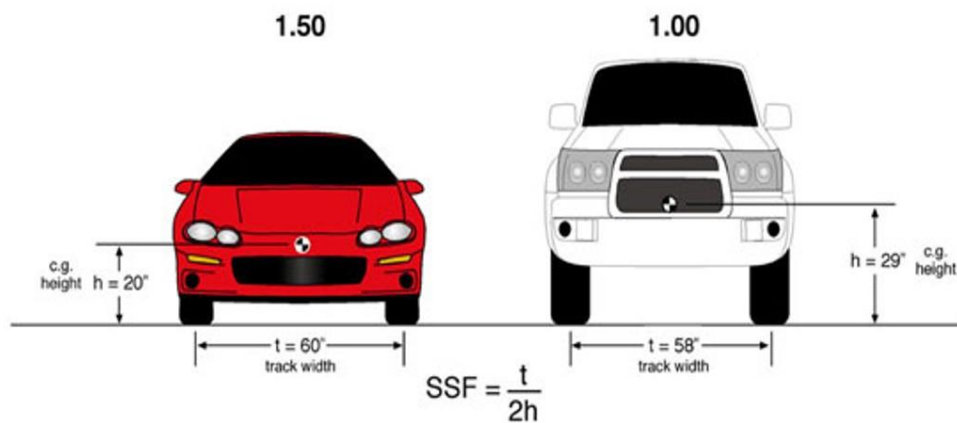
13



SSF: Typical Values



ITB



29-Nov-18

AE-3100

14



4 Data utama yang digunakan NHTSA dalam analisa kecelakaan rollover:

- 1) *State Data System (SDS)*
- 2) *Fatality Analysis Reporting System (FARS)*
- 3) *General Estimates System (GES)*, dan
- 4) *Crashworthiness Data System (CDS)*.

29-Nov-18

AE-3100

15



Sumber Data Rollover



ITB

Database	Key Features	Data on Rollover Crashes
State Data System (SDS)	- Contains police-reported crash data collected in 17 states - Crash files developed and maintained by responsible agency in each state	- Large amount of rollover crash data available - Need to be aware of state-to-state differences in road characteristics, driver use patterns, and reporting practices
Fatality Analysis Reporting System (FARS)	- Data for all fatal crashes in the country occurring on public roads - Data obtained from police crash reports, driver licensing files, vehicle registration files, hospital records, and other sources - Used to generate NHTSA's annual publication <i>Traffic Safety Facts</i>	- Moderate number of rollover crashes - Restriction to fatal crashes limits use for examining propensity of vehicles to roll over under the full range of possible collision types
General Estimates System (GES)	- Part of National Automotive Sampling System (NASS); became operational in 1988 - Approximately 50,000 crashes included annually - Data acquired from sample of police-reported crashes in 400 jurisdictions within 60 areas across the United States - Can be used to produce national estimates of crash-related safety problems at all levels of injury severity, from property-damage-only to fatal	- System relies on sampling, so number of rollover crashes is relatively small compared with datasets within SDS database - Estimates of rollover rates, injury severity, and other characteristics associated with rollover crashes should provide reasonable national estimates of the problem, provided the sampling is not biased
Crashworthiness Data System (CDS)	- Part of NASS - Includes detailed postcrash data collected by trained investigators 4,000-5,000 crashes included annually, selected randomly from a sample of national jurisdictions; includes all levels of injury severity - Data acquisition includes detailed review of crash site, examination of vehicle(s) involved, review of medical records of injured, and interviews with crash victims - Expensive to develop	- Contains most-detailed crash data available in any national file, including an entire subset of variables associated with rollover - Does not contain sufficient numbers of rollover crashes to be useful for modeling analysis - Used by NHTSA to assess relative frequencies of "investigator defined" tripped and untripped rollovers

29-Nov-18

16



- Analisis FARS 1999 → 82% kecelakaan rollover disebabkan oleh kecelakaan tunggal akibat rollover
- Dari data GES → Pada kurun waktu 1995 – 1999, terdapat 241.000 kecelakaan rollover tiap tahunnya. Dari jumlah diatas, 85% (205.000) merupakan kecelakaan tunggal/rollover dengan 46.000 fatalitas
- NHTSA menggunakan data dari 6 provinsi untuk memodelkan keelakaan rollover: Florida, Maryland, Missouri, North Carolina, Pennsylvania, Utah.
- NHTSA mengidentifikasi 100 jenis kendaraan untuk dijadikan sampling dan perhitungan SSF

29-Nov-18

AE-3100

17



TABLE 3-2 Single-Vehicle Crash Frequencies for Six States Included in Modeling Analysis

State	Calendar Year of Data					Total
	1994	1995	1996	1997	1998	
Florida	6,174	8,295	9,552	10,766	10,832	45,619
Maryland	3,795	4,296	5,079	4,957	4,974	23,101
Missouri	6,001	7,464	8,988	8,957	9,620	41,030
North Carolina	8,555	10,674	12,880	13,609	12,866	58,584
Pennsylvania	9,303	11,143	13,530	14,885	^a	48,861
Utah	1,499	1,731	1,955	2,338	2,476	9,999
Total	35,327	4,3603	51,984	55,512	40,768	227,194

^a1998 data for Pennsylvania were not used because they did not contain curve and grade variables.

SOURCE: *Federal Register* 2001.

29-Nov-18

AE-3100

18

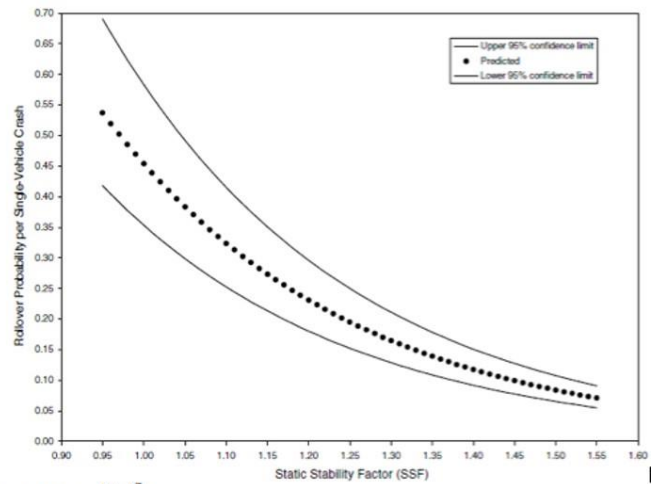


NHTSA Model: Probabilitas Rollover



ITB

- NHTSA Menggunakan model exponential untuk menghitung potensi rollover vs. SSF



$$P(Y=1|Z=z, X=x) = 1/[1 + \exp(-\alpha_0 - \alpha_1 z_1 - \alpha_2 z_2 - \beta x)]$$

29-Nov-18

AE-3100

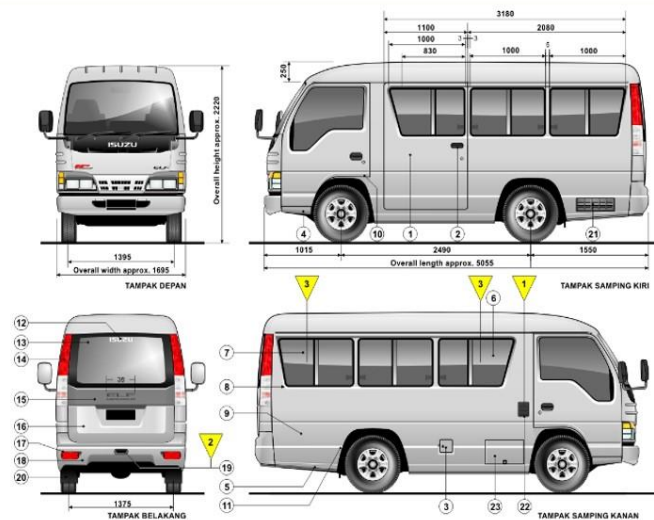
19



DATA GEOMETRY ISUZU NHR 15



ITB



29-Nov-18

AE-3100

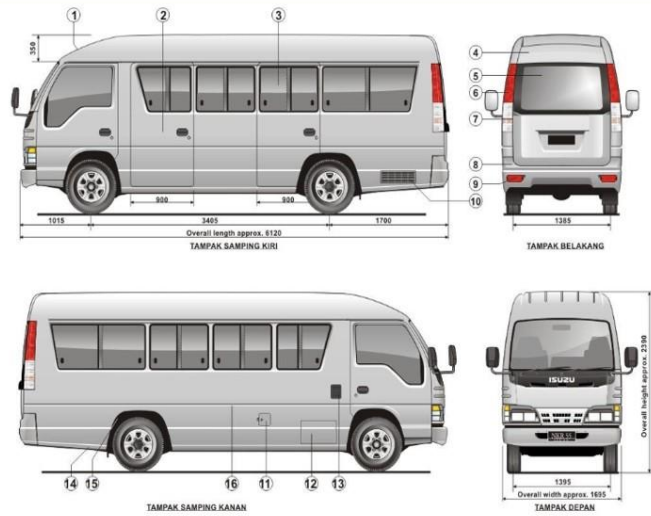
20



DATA GEOMETRY ISUZU NHR 20



ITB



29-Nov-18

AE-3100

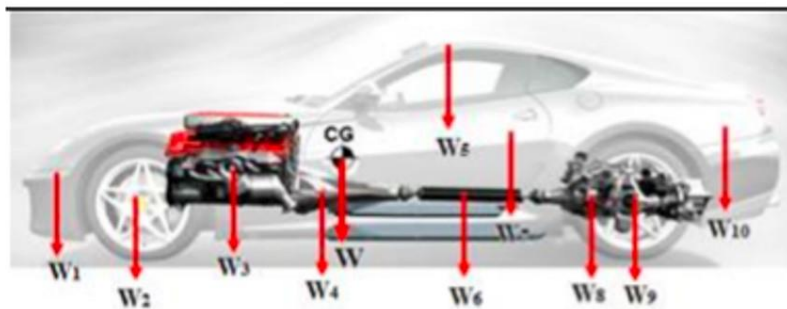
21



Perhitungan Center of Gravity (CoG)



ITB



- Perhitungan CoG →

$$W \cdot X_{CG} = (W_1 \cdot X_1 + W_2 \cdot X_2 + W_3 \cdot X_3 + W_4 \cdot X_4 + W_5 \cdot X_5 + \dots) \quad (2)$$

29-Nov-18

AE-3100

22



Perhitungan CoG Isuzu NHR 15



ITB

No	Component	Weight (kg)	Distance from front part (mm)		Multiple operation	
			x	h	Wx	Wh
1	Atap	15	2780.06	2076.25	41700.88	31143.70
2	2 Roda depan	16.33	1011.73	378.30	16520.87	6177.37
3	2 Roda belakang	16.33	3505.00	360.70	57234.27	5890.05
4	Bagasi Belakang	400	4744.87	1005.87	1897947.21	402346.04
5	Engine	230	1354.84	580.06	311612.90	133413.49
6	Transmisi	200	1513.20	510.26	302639.30	102052.79
7	Shaft	200	2762.46	439.88	552492.67	87976.54
8	Driver	95	904.80	640.00	85955.94	60800.00
9	Penumpang 1	95	904.80	640.00	85955.94	60800.00
10	Penumpang 2	95	904.80	640.00	85955.94	60800.00
11	Penumpang 3	95	2244.25	640.00	213204.03	60800.00
12	Penumpang 4	95	2244.25	640.00	213204.03	60800.00
13	Penumpang 5	95	2244.25	640.00	213204.03	60800.00
14	Penumpang 6	95	2974.25	640.00	282554.03	60800.00
15	Penumpang 7	95	2974.25	640.00	282554.03	60800.00
16	Penumpang 8	95	2974.25	640.00	282554.03	60800.00
17	Penumpang 9	95	3674.25	640.00	349054.03	60800.00
18	Penumpang 10	95	3674.25	640.00	349054.03	60800.00
19	Penumpang 11	95	3674.25	640.00	349054.03	60800.00
20	Penumpang 12	95	4374.25	640.00	415554.03	60800.00
21	Penumpang 13	95	4374.25	640.00	415554.03	60800.00
22	Penumpang 14	95	4374.25	640.00	415554.03	60800.00
23	Penumpang 15	95	4374.25	640.00	415554.03	60800.00
24	Tangki	63	2623.92	468.85	165306.85	29537.59

Tabel 4. 2 CoG 15 penumpang

Center of Gravity Coordinate	
x	h
2931.60	665.75



PERHITUNGAN SSF DAN RESIKO ROLLOVER



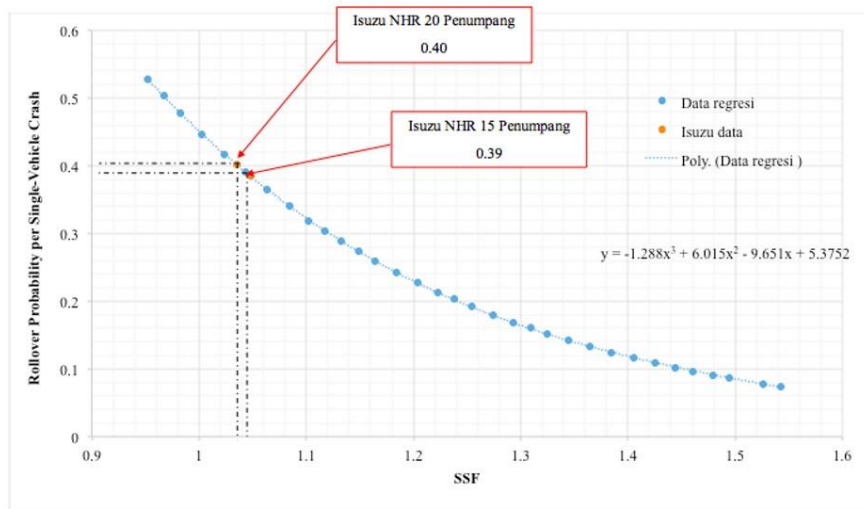
ITB

Tabel 4. 5 Perhitungan SSF

Isuzu Elf NHR 55	y (mm)	t (mm)	h (mm)	2h (mm)	SSF
15 seats	665.75	1395	665.75	1331.50	1.05
20 seats	673.78	1395	673.78	1347.57	1.04

Tabel 4. 6 Rollover Probability

SSF	Rollover Probability
1.05	0.39
1.04	0.40



29-Nov-18

AE-3100

25



KESIMPULAN



ITB

- Perhitungan resiko rollover dilakun dengan menggunakan metoda SSF (static stability factor) dibanding kan dengan data empiris kecelakaan rollover yang ada
- Kendaraan Isuzu NHR 15 dan 20 penumpang memiliki resiko rollover sebesar 42%

29-Nov-18

AE-3100

26



- Mengingat potensi rollover kendaraan bus yang cenderung tinggi, maka perlu dilakukan penerapan countermeasure rollover seperti electronic stability control (ESC), penguatan struktur, dan tire pressure monitoring system (TPMS)
- Penguatan super struktur bus untuk memperkecil intrusi struktur pada ruang penumpang pada saat rollover
- Secara bertahap, perlu dilakukan penguatan regulasi keselamatan berbasis simulasi/pengujian untuk melindungi penumpang saat terjadi kecelakaan rollover



TERIMA KASIH

6.4 Uji Simulasi Crashworthiness pada Rancang Bangun Karoseri

Uji Simulasi *Crashworthiness* Pada Rancang Bangun Karoseri Kendaraan Angkutan Bus di Indonesia

FAKULTAS TEKNIK MESIN DAN DIRGANTARA
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG



1.

Outline

1. Latar belakang
2. Analisis keamanan struktur berdasarkan:
 - a. Uji numerik *roof crush* dengan metode energi (UN ECE R66)
 - b. Uji numerik *roof crush* dengan metode gaya (FMVSS 216)
 - c. Uji numerik bus berguling (UN ECE R66)
3. Usulan penguatan struktur
4. Kesimpulan

2

Kecelakaan Bus Rukun Sayur, Palikanci



11 orang meninggal, 12 orang luka berat, 30 orang luka ringan

Leksmono, KNKT, “Salah satu faktor yang menyebabkan 11 orang tersebut tewas adalah berkurangnya survival space bus.”

3

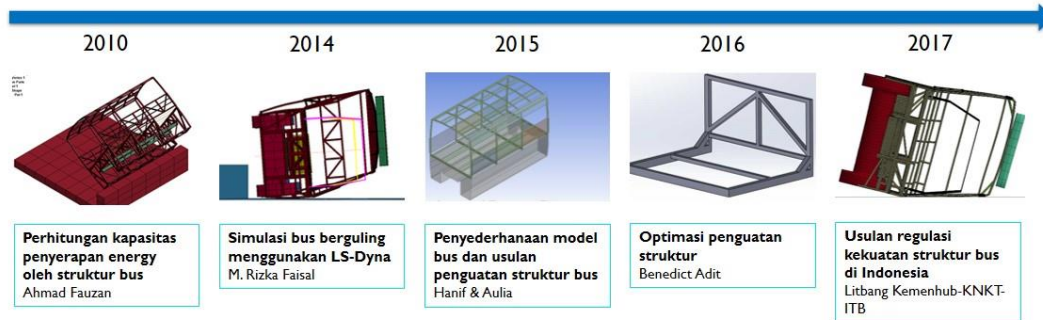
<http://regional.kompas.com/read/2015/07/14/14451031/Foto-foto.Kecelakaan.Bus.Rukun.Sayur.di.Tol.Palikanci.11.Orang.Tewas>

Tujuan Penelitian

1. Mengembangkan metode pemodelan sistem struktur kendaraan bus dan sub-sistem perlindungan penumpang dengan menggunakan metode simulasi numerik
2. Mengembangkan metodologi dan standar assessment untuk uji tipe kendaraan bus dengan menggunakan metode simulasi numerik
3. Mengembangkan optimasi solusi perbaikan struktur dan komponen bus yang dapat memenuhi kriteria keselamatan akibat mode kecelakaan terguling (*rollover*)

4

Penelitian mengenai kekuatan bus dalam mode kecelakaan berguling oleh ITB



5

Pengujian Kekuatan Struktur Bus Dengan Dan Tanpa Penguat

Metode pengujian:

- Pengujian numerik *roof crush* dengan metode energi
- Pengujian numerik *roof crush* dengan metode gaya
- Pengujian numerik bus berguling

Model bus:

- All New Legacy SR-2 (Kategori Bus Besar)
- Data geometri bus diberikan oleh Laksana Karoseri

Perangkat lunak yang digunakan:

- Solidworks (model shell 3D), LS-Prepost (penyiapan input), LS-Dyna (*numeric solver*)

6

Sasis

Model / Pabrikan	RK8J / Hino
Tipe	Ladder-shaped, channel section side rails
Lebar sasis	870 mm

Mesin

Tipe	Diesel enam silinder segaris, Turbocharged & intercooled
Displacement	7.684 L
Tenaga / Torsi	206 kW pada 2.400 rpm / 824 Nm pada 1.500 rpm
Transmisi	Manual enam kecepatan
Wheelbase	6.000 mm

Distribusi Berat

Berat Gandar Depan	1.125 kg
Berat Gandar Belakang	3.695 kg
Berat Superstruktur	1.529,97 kg
Berat AC	160 kg
Berat Bahan Bakar (240L)	177,6 kg
Berat Kursi (59 Kursi)	560,5 kg
Berat Kosong Total	7248,07 kg

Superstruktur Bus

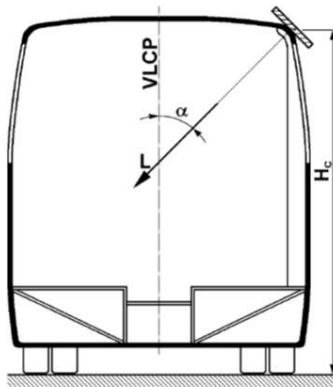
Tipe	Baja profil kotak
Material	STKM 13B

All New Legacy SR-2



7

REGULASI ROLLOVER BUS



Kriteria lulus uji:

1. Roof Crush Metode Energi, **UNECE R66**. (Eropa)

Energi yang diserap saat deformasi mengintrusi ruang sisa harus lebih tinggi dari 75% energi potensial bus

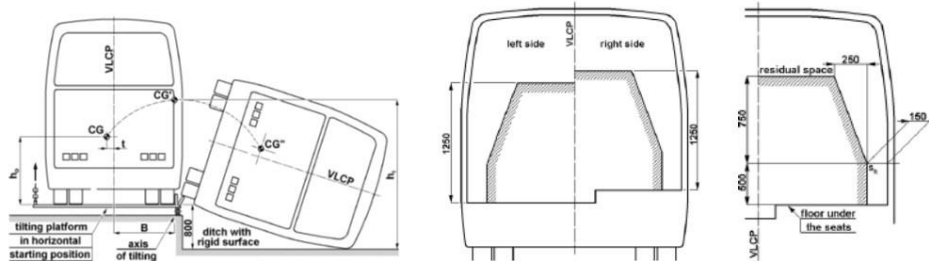
$$E_{min} = 0,75 M g \Delta h$$

2. Roof Crush Metode Gaya, **FMVSS 216**. (US)

Gaya reaksi pada pelat penekan harus lebih besar dari 1,5 x berat bus sebelum perpindahan pelat kaku mencapai 127 mm

8

3. UNECE R66: Bus Berguling

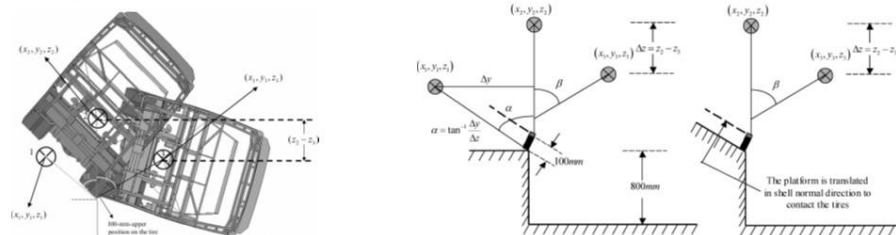


Mengacu pada UNECE R66

Kriteria lulus uji : Ruang sisa tidak terintrusi

9

Menentukan Kecepatan Impak: Gerakan Pendulum



Mengacu pada konsep kekekalan energi

$$M g h = \frac{1}{2} M v^2$$

Massa penumpang = 68 kg, kondisi belted sehingga 50% massa penumpang diperhitungkan (UN ECE R66)

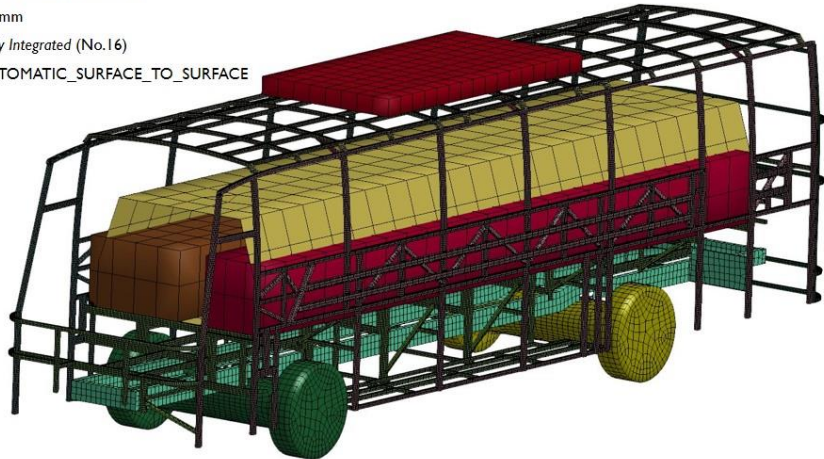
Didapatkan $v = 4,01 \text{ m/s}$

10

M.A. Guler, 2007. International Journal of Crashworthiness

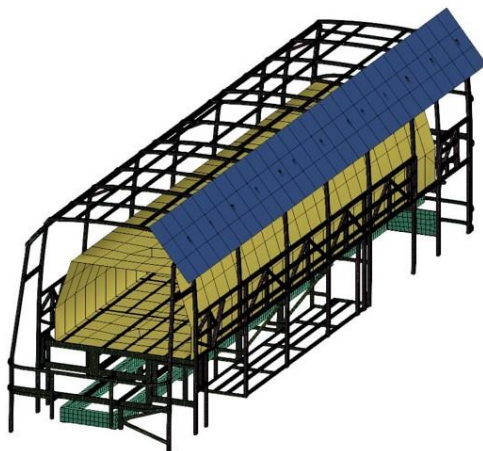
Model Komputasi

Tipe elemen : quadrilateral shell element
Ukuran elemen : 20 mm
Formulasi elemen : Fully Integrated (No.16)
Kontak Bus-Ground dan Bus-Plate : AUTOMATIC_SURFACE_TO_SURFACE



11

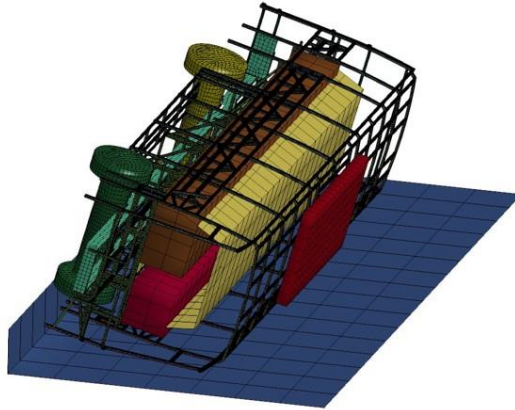
Model Roofcrush



Rigid plate (biru) bergerak dengan constant displacement menekan superstruktur bus

12

Model Bus Berguling



Bus berguling menabrak tanah (rigid) dengan kecepatan sesuai perpindahan CG. Deformasi superstruktur kemudian diamati untuk melihat keamanan superstruktur bus.

13

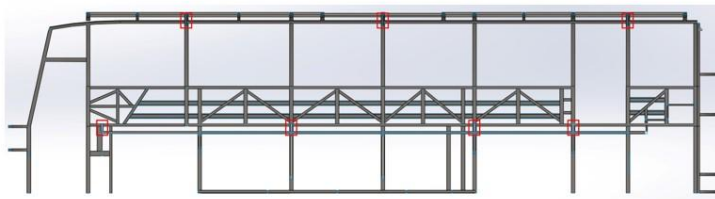
Usulan Penguat Struktur



Gusset pada sambungan atap-dinding dan lantai-dinding

Sudut gusset 40° pada antara lantai dengan gusset dan 55° antara dinding dengan gusset

Penempatan penguat diselang-seling

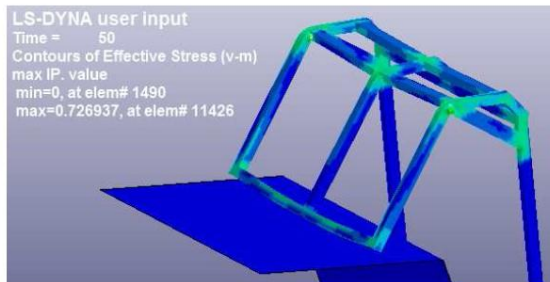


14

Validasi Model

Menggunakan metode elemen hingga mengacu pada penelitian “*Florida Standard for Crashworthiness and Safety Evaluation of Paratransit Buses*”

Komponen dari bagian dinding-atap dan dinding-lantai dari superstruktur bus diuji dengan memberikan gaya static dan melihat momen yang terjadi



15

Hasil pengujian sambungan dinding-atap

HASIL SIMULASI NUMERIK

16

Energi yang Harus Diserap (UNECE R66)

$$E_{min} = 0.75 M g \Delta h$$

1. Kondisi Kosong

$$E_{min} = 0,75 (7248,07)(0,00981)(578,79) = \mathbf{30.865,41 \text{ J}}$$

2. Kondisi Penuh (47 Penumpang)

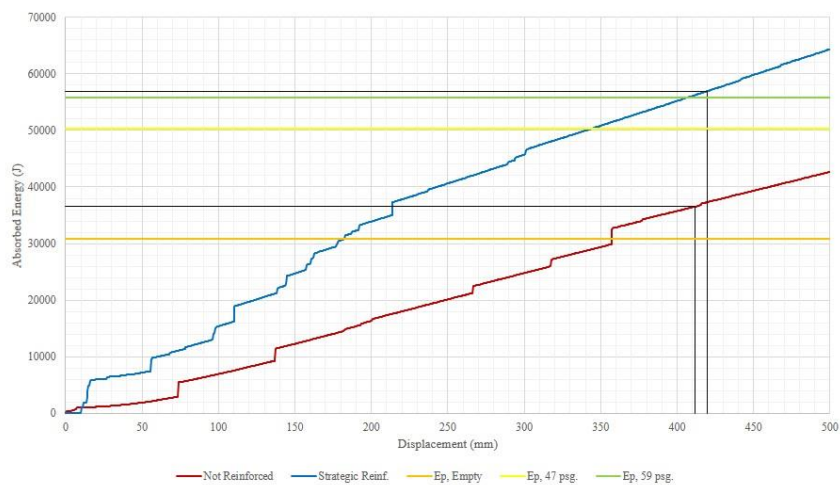
$$E_{min} = 0,75 (8732,07)(0,00981)(782,02) = \mathbf{50.242,14 \text{ J}}$$

3. Kondisi Penuh (59 Penumpang)

$$E_{min} = 0,75 (9254,07)(0,00981)(819,46) = \mathbf{55.794,67 \text{ J}}$$

17

Hasil Uji Numerik Roofcrush (Metode Energi, UNECE R66)



Dengan Penguat

$$Ud_{rs2} = 420 \text{ mm}$$

$$E_{rs2} = 56.938 \text{ J}$$

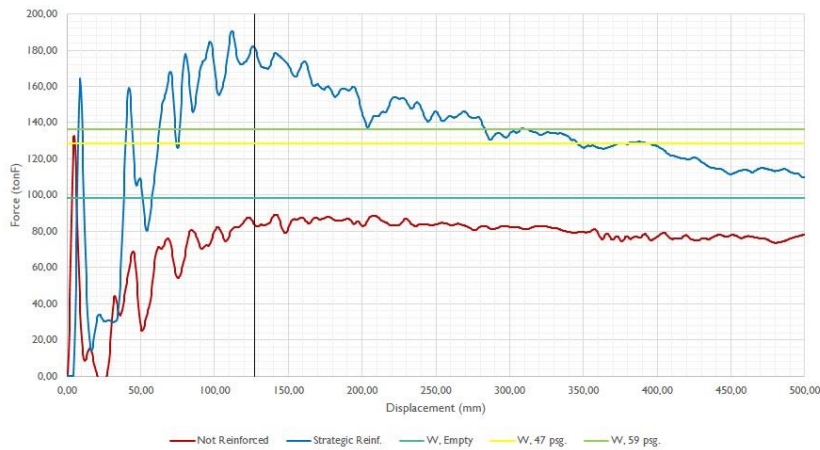
Baseline

$$Ud_{nr} = 412 \text{ mm}$$

$$E_{nr} = 36.566 \text{ J}$$

18

Hasil Uji Numerik Roofcrush (Metode Gaya, FMVSS 216)



Dengan Penguat

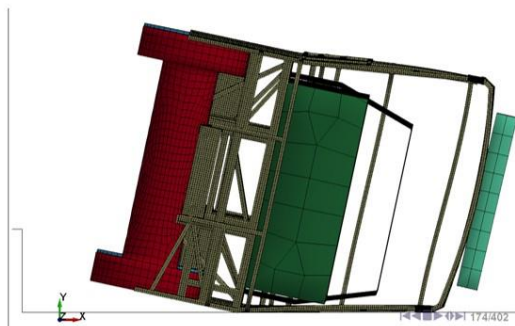
Struktur dapat menahan gaya lebih dari 1,5x berat penuh bus (59 penumpang)

Baseline

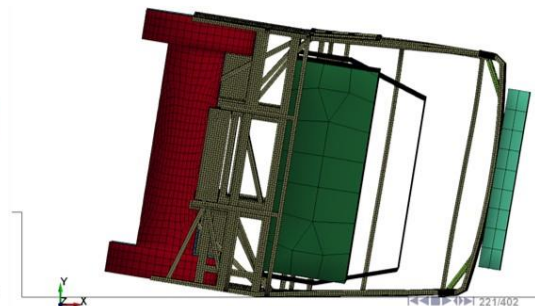
Struktur tidak dapat menahan gaya lebih dari 1,5x berat kosong bus

19

Hasil : 47 Penumpang, Baseline vs Dengan Penguat



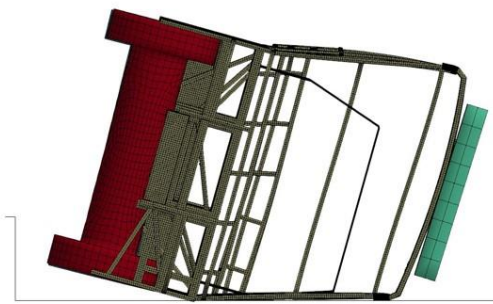
Baseline (Jarak ke R.Sisa: 37,6 mm)



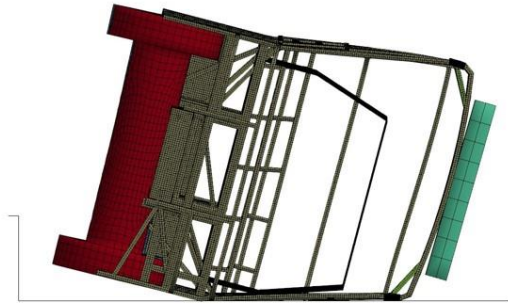
Dengan Penguat (Jarak ke R.Sisa: 75,2 mm)

20

Hasil : 59 Penumpang, Baseline vs Dengan Penguat

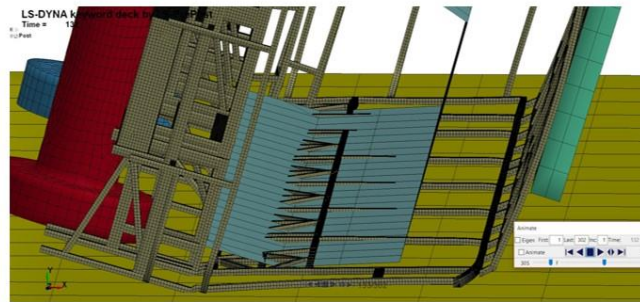


Baseline (Intrusi: 15,3 mm)

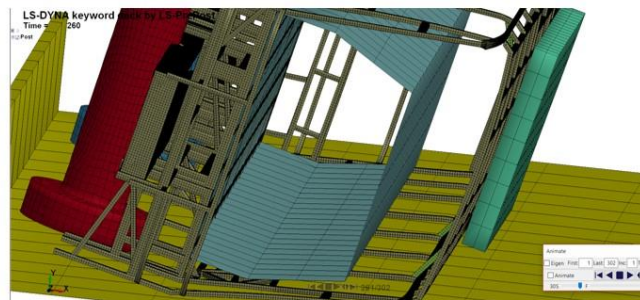


Dengan Penguat (Jarak ke R.Sisa: 1 mm)

21



Baseline



Dengan Penguat

23

Kesimpulan

Hasil Pengujian Numerik Struktur Bus

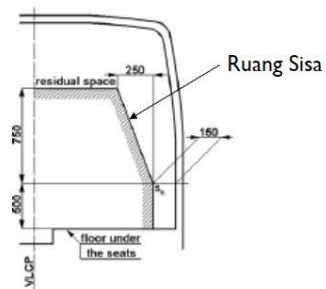
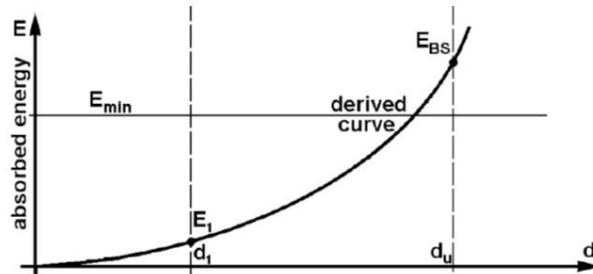
	Baseline	Struktur dengan penguat strategis
UNECE R66 Kosong	✓	✓
UNECE R66 47 Penumpang	✗	✓
UNECE R66 59 Penumpang	✗	✓
FMVSS 216 Kosong	✗	✓
FMVSS 216 47 Penumpang	✗	✓
FMVSS 216 59 Penumpang	✗	✓
Rollover 47 Penumpang	✓	✓
Rollover 59 Penumpang	✗	✓

Metode uji tipe menggunakan pengujian numerik telah dibuat

Usulan penguatan struktur berupa gusset pada sambungan atap-dinding dan lantai-dinding dengan penempatan strategis

24

Pengujian Numerik *Roof Crush* dengan Metode Energi



Energi yang diserap saat deformasi mengintrusi ruang sisa harus lebih tinggi dari 75% energi potensial bus

$$E_{min} = 0,75 M g \Delta h$$

26

Pengujian Numerik *Roof Crush* dengan Metode Gaya



FMVSS 216a

Application:

Vehicles with a GVWR ≤ 4536 kg

Applied Force:

for vehicles with a GVWR ≤ 2722 kg:

$F = 3,0 \times \text{GVWR} \times 9,8 \text{ m/s}^2$

for vehicles with a GVWR > 2722 kg:

$F = 1,5 \times \text{GVWR} \times 9,8 \text{ m/s}^2$

Feed Rate: $\leq 13 \text{ mm/s}$

Double Sided Test

Requirements:

Platen displacement $\leq 127 \text{ mm}$

Load on headform located at head position of 50% male $\leq 222 \text{ N}$

Phase-In for GVWR ≤ 2722 kg:

Manufacturing Period	%*
01.09.2012-30.08.2013	25%
01.09.2013-30.08.2014	50%
01.09.2014-30.08.2015	75%
on or after 01.09.2015	100%

* in % of the production of the respective period or in % of the average production of the 3 previous years

Introduction for GVWR > 2722 kg: 01.09.2016

27

Usulan Regulasi

UU No. 22 Tahun 2009

- a) Identifikasi dan registrasi kendaraan bermotor
- b) Pendidikan lalu lintas
- c) Rekayasa lalu lintas dan hukum transportasi jalan raya
- d) Penegakan hukum transportasi jalan raya
- e) Persyaratan teknis dan laik jalan
 - a) Emisi
 - b) Tingkat kebisingan
 - c) Kemampuan pengereman
 - d) ...
- f) Sertifikasi

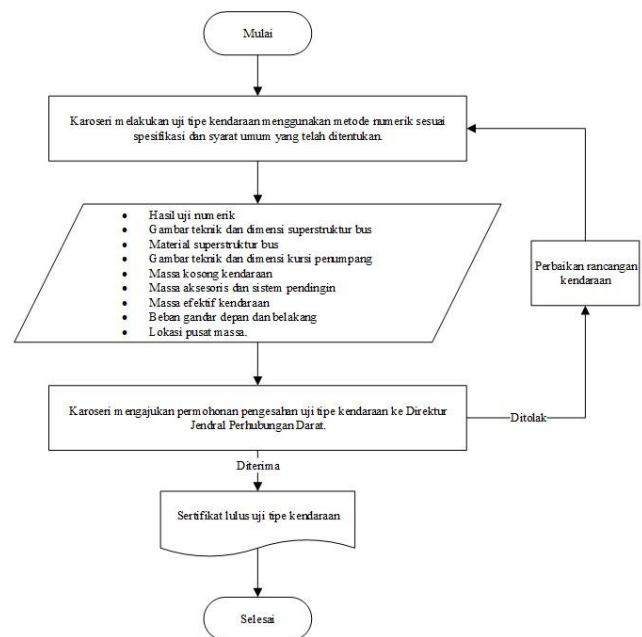
Regulasi yang dibuat merupakan adaptasi dari UNECE R66 dan FMVSS 216

Usulan regulasi terdiri dari dua bagian:

- Regulasi
 - Ruang Lingkup
 - Definisi dan Istilah
 - Pengesahan
 - Spesifikasi dan Syarat Umum
 - Modifikasi Kendaraan Lulus Uji
- Metode
 - Prosedur pengujian numerik *roof crush* dengan metode energi
 - Prosedur pengujian numerik *roof crush* dengan metode gaya
 - Prosedur pengujian numerik bus berguling

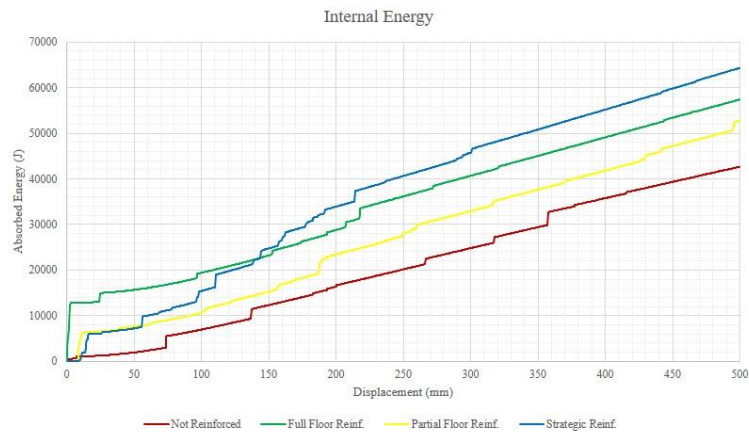
28

Diagram Alur Pengesahan Uji Tipe Kendaraan



29

Perbandingan Energi yang Diserap pada Lokasi Penguat yang Berbeda



30

KOMITE NASIONAL KESELAMATAN TRANSPORTASI REPUBLIK INDONESIA

Jl. Medan Merdeka Timur No.5 Jakarta 10110 INDONESIA

Phone : (021) 351 7606 / 384 7601 Fax : (021) 351 7606 Call Center : 0812 12 655 155

website 1 : <http://knkt.dephub.go.id/webknkt/> website 2 : <http://knkt.dephub.go.id/knkt/>

email : knkt@dephub.go.id

ISBN
BARCODE