



**KOMITE NASIONAL KESELAMATAN TRANSPORTASI  
REPUBLIK INDONESIA**

**FINAL**  
**KNKT.15.02.02.01**

**LAPORAN INVESTIGASI KECELAKAAN LALU LINTAS DAN ANGKUTAN**

**KECELAKAAN TUNGGAL TERGULINGNYA MOBIL BUS**

**PO. SANG ENGON B-7222-KGA**

**DI JL. TOL JATINGALEH KM 9+300 SEMARANG**

**JAWA TENGAH**

**JUM'AT, 20 FEBRUARI 2015**



**2017**

## DASAR HUKUM

Laporan ini diterbitkan oleh **Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT)**, Lantai 3, Kementerian Perhubungan, Jalan Medan Merdeka Timur No. 5, Jakarta 10110, Indonesia, pada tahun 2017 berdasarkan:

1. Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 62 Tahun 2013 tentang Investigasi Kecelakaan Transportasi;
4. 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 dihadapan peradilan manapun.*

---

# DAFTAR ISI

---

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INFORMASI FAKTUAL</b> .....	<b>2</b>
1.1 Kronologi.....	2
1.2 Korban.....	5
1.3 Informasi Kendaraan.....	5
1.3.1 Data Mobil Bus.....	5
1.3.2 Kerusakan Mobil Bus.....	5
1.3.3 Data Awak Kendaraan.....	8
1.3.3.1 Data Pengemudi.....	8
1.4 Informasi Benturan, Jejak Ban, dan Goresan.....	8
1.5 Kerusakan Prasarana Jalan dan Perlengkapannya.....	10
1.6 Informasi Prasarana, Sarana, dan Lingkungan.....	12
1.6.1 Prasarana Jalan Raya.....	12
1.6.2 Fasilitas Pendukung Jalan.....	14
1.6.3 Sarana Mobil Bus B-7222-KGA.....	16
1.6.4 Lingkungan Jalan.....	17
1.7 Organisasi dan Manajemen.....	17
1.8 Cuaca.....	17
1.9 Saksi – Saksi.....	17
1.9.1 Saksi I, Pengemudi, Laki-laki, 55 tahun.....	17
1.9.2 Saksi II, Penumpang, Laki-laki. 51 tahun.....	18
1.10 Informasi Lainnya.....	18
1.11 Informasi Tambahan.....	18
1.10.1 Undang-undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.....	18
<b>2. ANALISIS</b> .....	<b>22</b>
2.1. Umum.....	22
2.2. Kelelahan Pengemudi.....	22
2.3. Performa Mengemudi Saat Kondisi Kritis.....	23
2.4. Dinamika Kendaraan Menjelang Terjadinya Kecelakaan.....	24
2.5. Administrasi Teknis Kendaraan.....	27
2.6. Teknik Mengemudi Pada Jalur <i>Highway Ramp</i> .....	27

2.7.	Kelengkapan Dan Perlengkapan Jalan di Jalur <i>Highway Ramp</i> .....	27
2.8.	Kondisi Lingkungan di Lokasi Terjadinya Kecelakaan .....	28
<b>3.</b>	<b>KESIMPULAN</b> .....	<b>29</b>
3.1	Temuan .....	29
3.2	Faktor yang berkontribusi .....	30
3.3	Penyebab Terjadinya Kecelakaan .....	30
<b>4.</b>	<b>TINDAKAN KESELAMATAN</b> .....	<b>31</b>
<b>5.</b>	<b>REKOMENDASI</b> .....	<b>32</b>
<b>6.</b>	<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>33</b>
5.1.	Aspek Tidak Tidur dan Bekerja Pada Malam Hari.....	33
5.2.	Pengaruh Kurangnya Kualitas Tidur Seseorang Terhadap Kinerja Mengemudi .....	34
5.3.	Terminologi Kelelahan dan Mengantuk .....	38
5.4.	Simulasi Dinamika Kendaraan Dalam Memprediksi Kecepatan Sesaat Mobil Bus .....	38
5.5.	Teknologi Marka Untuk Mengurangi Kecepatan Kendaraan.....	44
<b>7.</b>	<b>REFERENSI</b> .....	<b>48</b>

---

## DAFTAR GAMBAR

---

Gambar 1. Rencana perjalanan mobil bus yang akan menuju Sendang Nyatnono, Ungaran. ....	2
Gambar 2. Kondisi mobil bus setelah terjadinya kecelakaan.....	3
Gambar 3. Lokasi tebing yang tertabrak mobil bus (di jalur berlawanan arah). ....	4
Gambar 4. Lokasi terjadinya kecelakaan. ....	4
Gambar 5. Bagian kompartemen penumpang mobil bus yang mengalami rusak berat .....	6
Gambar 6. Kondisi bagian sebelah kanan mobil bus setelah terjadinya kecelakaan.....	6
Gambar 7. Kondisi bagian depan mobil bus setelah terjadinya kecelakaan. ....	7
Gambar 8. Kondisi bagian belakang mobil bus setelah terjadinya kecelakaan.....	7
Gambar 9. Jejak ban di lokasi terjadinya kecelakaan.....	8
Gambar 10. Rekonstruksi jejak ban yang ditemukan sebelum mobil bus.....	9
Gambar 11. Prediksi ilustrasi terjadinya kecelakaan.....	10
Gambar 12. Median jalan ( <i>Barrier</i> ) yang ditabrak oleh mobil bus.....	11
Gambar 13. Bagian atas median jalan yang gompal. ....	11
Gambar 14. Goresan pada permukaan dan marka tepi jalan. ....	12
Gambar 15. Rambu <i>chevron</i> yang tertabrak mobil bus.....	12
Gambar 16. Blueprint <i>interchange</i> Ramp A, B, C, D Tol Jatingaleh. ....	13
Gambar 17. Rambu peringatan jalan menikung (rambu <i>chevron</i> ). ....	14
Gambar 18. Rambu batas kecepatan 40 km/jam sekitar 80 meter sebelum lokasi kecelakaan.....	15
Gambar 19. Kondisi ruas jalan tol Jatingaleh arah menuju Ungaran/Solo.....	15
Gambar 20. Dimensi tinggi median tengah.....	16
Gambar 21. Kondisi lingkungan ruas <i>highway ramp</i> Tol Jatingaleh – Ungaran. ....	16
Gambar 22. Mobil bus berhasil diberhentikan ketika pengereman dilakukan sebelum.....	26
Gambar 23. Jejak ban mobil bus ketika dilakukan pada saat melewati tikungan terakhir. ....	26
Gambar 24. Bagan interaksi antara komponen-komponen dalam dinamika kendaraan. ....	40
Gambar 25. Simulasi dinamika kendaraan menggunakan TruckSim mulai dari 100 m.....	42
Gambar 26. Pola jejak ban hasil simulasi.....	42
Gambar 27. Section A-C jalur <i>highway ramp</i> dari Tembalang Ke Ungaran. ....	43
Gambar 28. Plot kecepatan longitudinal mobil bus terhadap posisi pergerakan di jalur .....	43

---

## DAFTAR TABEL

---

Tabel 1. Data jumlah dan rincian korban .....	5
Tabel 2. Waktu kerja pengemudi. ....	17

---

## DAFTAR SINGKATAN

---

CVR	: <i>Cockpit Voice Recorder</i>
COG	: <i>Center of Gravity</i>
Dr	: Dokter
EDR	: <i>Event Data Recorder</i>
FDR	: <i>Flight Data Recorder</i>
JBI	: Jumlah Berat yang Diiijinkan
KNKT	: Komite Nasional Keselamatan Transportasi
LLAJ	: Lalu Lintas Angkutan Jalan
LPJU	: Lampu Penerangan Jalan Umum
PO	: Perusahaan Otobus
PJU	: Penerangan Jalan Umum
PP	: Peraturan Pemerintah
STNK	: Surat Tanda Nomor Kendaraan
SIM	: Surat Izin Mengemudi
UU	: Undang-Undang
WIB	: Waktu Indonesia Barat

---

# PENDAHULUAN

---

## SINOPSIS

Pada hari Kamis, 19 Februari 2015 Mobil Bus PO. Sang Engon B-7222-KGA (yang selanjutnya disebut mobil bus) disewa oleh para penumpangnya yang berdomisili di Bojonegoro untuk membawa mereka mengikuti pengajian Habib Lutfi di Pekalongan. Mobil bus mengangkut penumpang sebanyak 64 orang termasuk pengemudi dan pembantu pengemudi. Rombongan berangkat dari Bojonegoro menuju Pekalongan pukul 16.00 WIB.

Pada pukul 16.30 WIB mobil bus tiba di Padangan (sebelum Cepu), kemudian setelah rombongan melaksanakan shalat Magrib perjalanan dilanjutkan kembali pukul 18.30 WIB. Pukul 19.30 WIB mobil bus tiba di Blora dan rombongan memutuskan untuk menunaikan shalat Isya. Pada pukul 20.00 WIB mobil bus kembali melakukan perjalanan menuju ke Pekalongan.

Pada hari Jum'at, 20 Februari 2015 pukul 04.30 WIB mobil bus tiba di Pekalongan. Setelah beristirahat, rombongan mengikuti pengajian Habib Lutfi pada pukul 08.00 WIB s.d. pukul 10.00 WIB. Dan pengemudi mobil bus beristirahat dalam mobil bus dari pukul 04.30 WIB s.d 10.30 WIB. 30 menit kemudian setelah pengajian selesai yakni pada pukul 10.30 WIB, rombongan melanjutkan perjalanan kembali untuk pulang ke Bojonegoro. Pukul 11.00 WIB, mobil bus tiba di Gringsing dan rombongan berhenti untuk membeli madu (oleh-oleh).

Setelah selesai membeli oleh-oleh perjalanan dilanjutkan kembali dan sekitar pukul 12.00 WIB mobil bus berada di Kendal. Sekitar pukul 12.45 WIB, mobil bus tiba di Tol Jatingaleh, Semarang. Mobil bus berjalan dengan kecepatan rata-rata sekitar 60-80 km/jam. Sekitar 300 meter sebelum lokasi kecelakaan, dengan kondisi jalan menurun, mobil bus berjalan dengan kecepatan sekitar 90 km/jam. Tanpa mengurangi kecepatan, mobil bus menyiapkan mobil minibus Avanza di tikungan sekitar 200 meter sebelum lokasi terjadinya kecelakaan.

100 meter sebelum lokasi kecelakaan, dengan kondisi jalan menurun dan menikung ke arah kiri (dari arah Krapyak), mobil bus masih melaju kencang dan saat di tikungan tajam tepatnya 50 meter sebelum lokasi kecelakaan, mobil bus kehilangan kendali lalu menabrak median jalan (barrier dari beton) tepat pada KM 9+300 Tol Jatingaleh dan terguling (*roll-over*) dengan posisi roda bagian sisi kiri menghadap ke atas. Selanjutnya mobil bus meluncur menuju lajur berlawanan arah dan berhenti setelah menabrak tebing pada jalur berlawanan arah. Kecelakaan terjadi pada pukul 13.00 WIB. Kecelakaan tersebut mengakibatkan 18 orang meninggal dunia, dan juga mengakibatkan 46 orang luka-luka. Pada saat kejadian kecelakaan, cuaca terang dan kondisi arus lalu lintas di ruas jalan tersebut tidak padat.

Investigasi memutuskan faktor yang berkontribusi dalam kecelakaan ini adalah tingkat kelelahan yang tinggi pada pengemudi, kecepatan mobil bus di ruas *highway ramp* yang melebihi ambang batas kecepatan design, kapasitas muatan penumpang mobil bus yang melebihi kapasitas maksimum, gradien jalan Tol Jatingaleh arah ke Semarang 200 m sebelum TKP yang kemiringannya tidak sesuai dengan standar ketentuan geometrik jalan tol.

Hasil dari investigasi ini KNKT menerbitkan rekomendasi yang ditujukan kepada Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Barat, Dinas Perhubungan Kota Bekasi, PT. Jasamarga (Persero) Tbk., serta Manajemen PO. Bus Sang Engon.



# 1. INFORMASI FAKTUAL

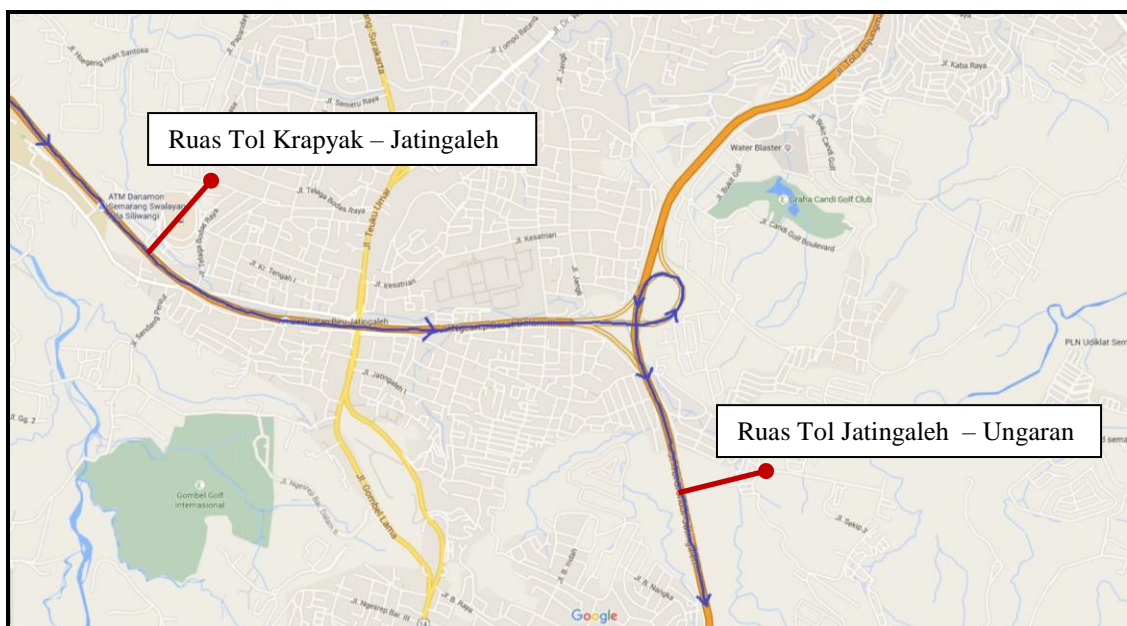
## 1.1 Kronologi

Pada hari Kamis, 19 Februari 2015 Mobil Bus PO. Sang Engon B-7222-KGA (yang selanjutnya disebut mobil bus) disewa oleh para penumpangnya yang berdomisili di Bojonegoro untuk membawa mereka mengikuti pengajian Habib Lutfi di Pekalongan. Mobil bus mengangkut penumpang sebanyak 64 orang termasuk pengemudi dan pembantu pengemudi. Rombongan berangkat dari Bojonegoro menuju Pekalongan pukul 16.00 WIB.

Pukul 16.30 WIB mobil bus tiba di Padangan (sebelum Cepu), kemudian setelah rombongan melaksanakan shalat Magrib perjalanan dilanjutkan kembali pukul 18.30 WIB. Pukul 19.30 WIB mobil bus tiba di Blora dan rombongan memutuskan untuk menunaikan shalat Isya. Pada pukul 20.00 WIB mobil bus kembali melakukan perjalanan menuju ke Pekalongan.

Pada hari Jum'at, 20 Februari pukul 04.30 WIB mobil bus tiba di Pekalongan. Rombongan kemudian melakukan shalat subuh dan beristirahat di Masjid Raya Pekalongan. Setelah beristirahat, rombongan mengikuti pengajian Habib Lutfi pada pukul 08.00 s.d. pukul 10.00 WIB. Dan pengemudi mobil bus beristirahat dalam mobil bus dari pukul 04.30 WIB s.d 10.30 WIB. 30 menit kemudian setelah pengajian selesai yakni pada pukul 10.30 WIB, rombongan melanjutkan perjalanan kembali untuk pulang ke Bojonegoro. Pukul 11.00 WIB, mobil bus tiba di Gringsing dan rombongan berhenti untuk membeli madu (oleh-oleh).

Setelah selesai membeli oleh-oleh perjalanan dilanjutkan kembali dan sekitar pukul 12.00 WIB mobil bus berada di Kendal. Saat itu pengemudi menawarkan rombongan untuk menunaikan shalat Jum'at di salah satu masjid yang ada di Kendal namun rombongan menolak dan memutuskan untuk melaksanakan shalat Dzuhur di masjid yang berada di Sendang Nyatnyono, Ungaran (Gambar 1).



**Gambar 1. Rencana perjalanan mobil bus yang akan menuju Sendang Nyatnyono, Ungaran.**

Sekitar pukul 12.45 WIB, mobil bus tiba di Tol Jatingaleh, Semarang. Mobil bus berjalan dengan kecepatan rata-rata sekitar 60-80 km/jam. Sekitar 300 meter sebelum lokasi kecelakaan, dengan kondisi jalan menurun, mobil bus berjalan dengan kecepatan sekitar 90 km/jam. Tanpa mengurangi kecepatan, mobil bus menyalip mobil minibus Avanza di tikungan sekitar 200 m sebelum lokasi terjadinya kecelakaan.

100 meter sebelum lokasi kecelakaan, dengan kondisi jalan menurun dan menikung ke arah kiri (dari arah Krapyak), mobil bus masih melaju kencang dan saat di tikungan tajam (tikungan kedua) tepatnya 50 meter sebelum lokasi kecelakaan (Gambar 16), mobil bus kehilangan kendali lalu menabrak median jalan (*barrier* dari beton) tepat pada KM 9+300 Tol Jatingaleh dan terguling (*roll-over*) dengan posisi roda bagian sisi kiri menghadap ke atas. Selanjutnya mobil bus meluncur menuju lajur berlawanan arah dan berhenti setelah menabrak tebing pada jalur berlawanan arah (Gambar 2, Gambar 3).

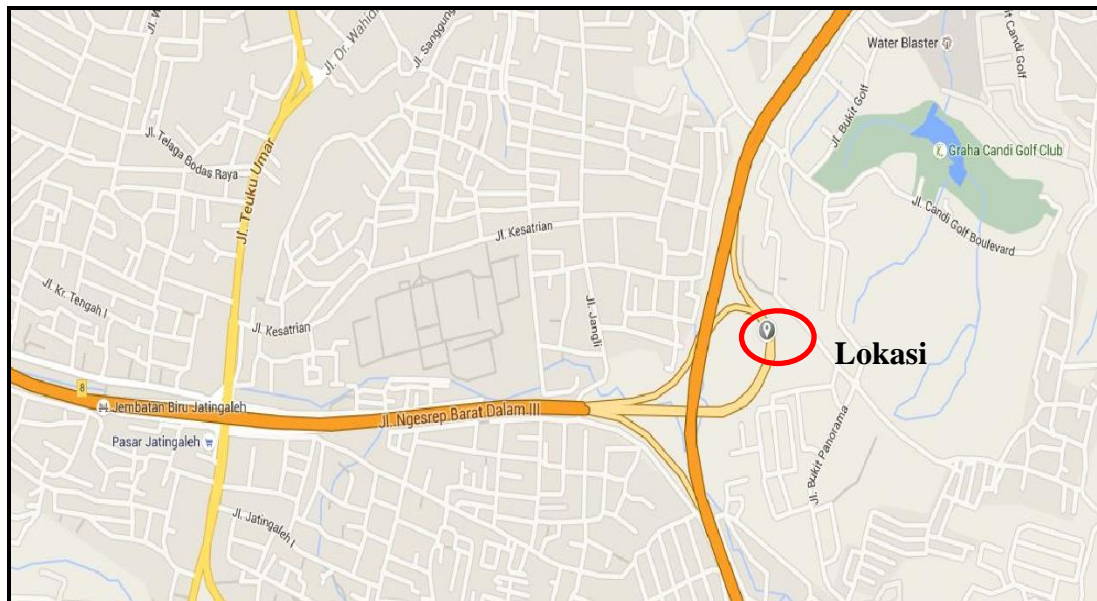


**Gambar 2. Kondisi mobil bus setelah terjadinya kecelakaan.**



**Gambar 3. Lokasi tebing yang tertabrak mobil bus (di jalur berlawanan arah).**

Akibat dari kejadian tersebut, bagian dinding kanan dan atap mobil bus rusak parah. Mobil bus mengalami kecelakaan pada jalur *highway ramp* dari Tol Krapyak-Jatingaleh menuju Tol Jatingaleh-Sronдол (Gambar 4). Kecelakaan terjadi pada pukul 13.00 WIB.



**Gambar 4. Lokasi terjadinya kecelakaan.**

Pada saat kejadian kecelakaan, cuaca terang dan kondisi arus lalu lintas di ruas jalan tersebut tidak padat.

Kecelakaan tersebut mengakibatkan 18 orang meninggal dunia, dengan rincian 16 orang meninggal dunia di lokasi kecelakaan dan 2 (dua) orang meninggal di rumah sakit. Selain itu juga mengakibatkan 21 orang luka berat dan 25 orang luka ringan.

Seluruh korban kecelakaan baik yang meninggal dunia maupun luka-luka dievakuasi dan dirawat di sejumlah rumah sakit di Semarang yaitu RS Kariadi, RS Bhayangkara, RS Sultan Agung dan RS Elisabeth. Pengemudi mobil bus mengalami luka ringan dan dirawat di RS Bhayangkara, Semarang.

## 1.2 Korban

Korban akibat kecelakaan adalah 18 orang meninggal dunia, 21 orang luka berat dan 25 orang luka ringan. Rincian korban dicantumkan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1. Data jumlah dan rincian korban**

KORBAN			Jumlah Total
Kondisi	Awak	Penumpang	
Meninggal	0	18	18
Luka Berat	0	21	21
Luka Ringan	1	24	25

## 1.3 Informasi Kendaraan

### 1.3.1 Data Mobil Bus

Merk	: Mercedes
Tipe	: OH 1526
Tahun Pembuatan	: 2012
No. Mesin	: 906998U1004295
No. Rangka	: MHL 368006CJ002422
Bahan Bakar	: Solar
Jumlah Tempat Duduk	: 45
No. Kendaraan	: B-7222-KGA
No. Uji Berkala	: BKS-132137
Masa Berlaku STNK	: 2 Mei 2018 (Sumber : Samsat Kota Bekasi)
Masa Berlaku Uji Berkala	: 16 November 2014 (Sumber : Dishub Kota Bekasi)

### 1.3.2 Kerusakan Mobil Bus

Mobil bus B-7222-KGA mengalami kerusakan cukup berat setelah benturan dengan tebing (Gambar 5, Gambar 6). Adapun kerusakan tersebut adalah pada bagian dinding sebelah kanan dan atap kendaraan rusak berat (Gambar 6). Terlihat pada gambar

tersebut bahwa dinding mobil banyak mengalami goresan seragam dengan sudut kemiringan  $45^\circ$  terhadap dimensi panjang mobil bus. Selain itu, terdapat goresan memanjang disertai dengan deformasi (penyok) yang berlokasi di atas roda kendaraan (Gambar 6).



Gambar 5. Bagian kompartemen penumpang mobil bus yang mengalami rusak berat akibat benturan dengan tebing.



Gambar 6. Kondisi bagian sebelah kanan mobil bus setelah terjadinya kecelakaan.

Bagian atas mobil bus juga mengalami deformasi. Apabila dilihat dari depan mobil bus, terlihat bahwa atap mobil bus turun kebawah sehingga tinggi mobil bus berkurang drastis. Secara langsung, *survival space* penumpang turut mengalami pengurangan secara signifikan. Deformasi yang terjadi pada bagian atas mobil bus dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 berikut.



Gambar 7. Kondisi bagian depan mobil bus setelah terjadinya kecelakaan.



Gambar 8. Kondisi bagian belakang mobil bus setelah terjadinya kecelakaan.

### 1.3.3 Data Awak Kendaraan

#### 1.3.3.1 Data Pengemudi

Umur	:	55 tahun
Jenis Kelamin	:	Laki-laki
Kewarganegaraan	:	Indonesia
SIM	:	B II Umum
Pengalaman Mengemudi	:	35 tahun
Masa Berlaku SIM s.d.	:	3 Desember 2019

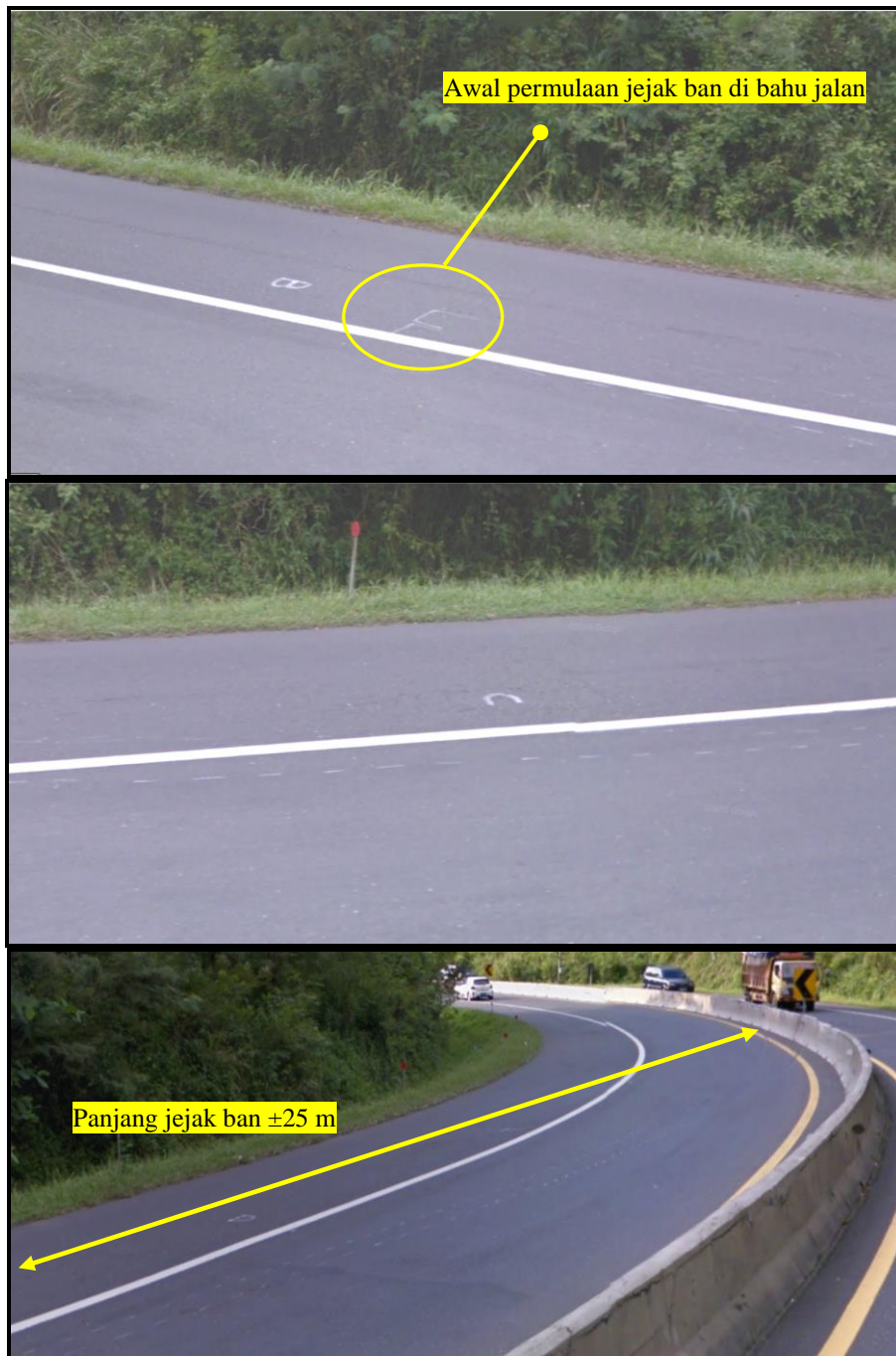
### 1.4 Informasi Benturan, Jejak Ban, dan Goresan

Sebelum berhenti karena menabrak tebing, mobil bus diindikasikan bergerak dari jalur tol arah perjalanan Jatingaleh ke Ungaran ke jalur lawan arahnya kemudian membentur separator / median jalan, terguling dan terseret di permukaan jalan pada jalur lawan arah perjalanan semula. Terdapat beberapa temuan terkait dengan kejadian kecelakaan diantaranya terdapat kerusakan pada permukaan bagian atas median jalan, jejak ban di permukaan jalan, serta goresan/*scratch* di lajur berlawanan dekat lokasi berhentinya mobil bus. Sebelum menabrak tebing, mobil bus juga menabrak satu buah rambu *chevron* sehingga tiang rambu tersebut patah.

Berdasarkan pengamatan di lokasi tempat kecelakaan, ditemukan bekas jejak ban (*skidmark*) sepanjang  $\pm 25$  meter sebelum lokasi median jalan yang rusak karena diprediksi terbentur oleh mobil bus. Dilihat dari arah perjalanan mobil bus, jejak ban ini berawal dari lajur lambat kemudian mengarah ke lajur cepat dan berakhir di median jalan (Gambar 9, Gambar 10).



Gambar 9. Jejak ban di lokasi terjadinya kecelakaan.



**Gambar 10. Rekonstruksi jejak ban yang ditemukan sebelum mobil bus menabrak median jalan (sumber : Google Street View data April 2015)**

Kemudian terdapat temuan kerusakan bagian atas median jalan diujung jejak ban yang mengarah ke median tersebut. Dari pengukuran terlihat bahwa panjang kerusakan permukaan median adalah sepanjang mobil bus ukuran besar ( $\pm 12$  m). Median jalan yang mengalami kerusakan terbentang diantara jejak ban yang ditemukan.

Temuan selanjutnya adalah terkait dengan goresan, ditemukan adanya permukaan jalan yang mengalami banyak goresan di dekat lokasi terhentinya mobil bus. Berdasarkan pengamatan di lapangan, goresan terjadi secara memanjang mulai dari



median tengah hingga bahu luar jalan. Dari pengukuran, panjang sebaran goresan adalah sekitar panjang proyeksi mobil bus yang melintang dengan sudut  $45^\circ$  (Gambar 14). Hal ini cocok dengan goresan yang terjadi pada dinding kanan mobil bus yang terlihat pada Gambar 6. Berdasarkan informasi benturan, jejak ban, dan goresan, prediksi ilustrasi terjadinya kecelakaan dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



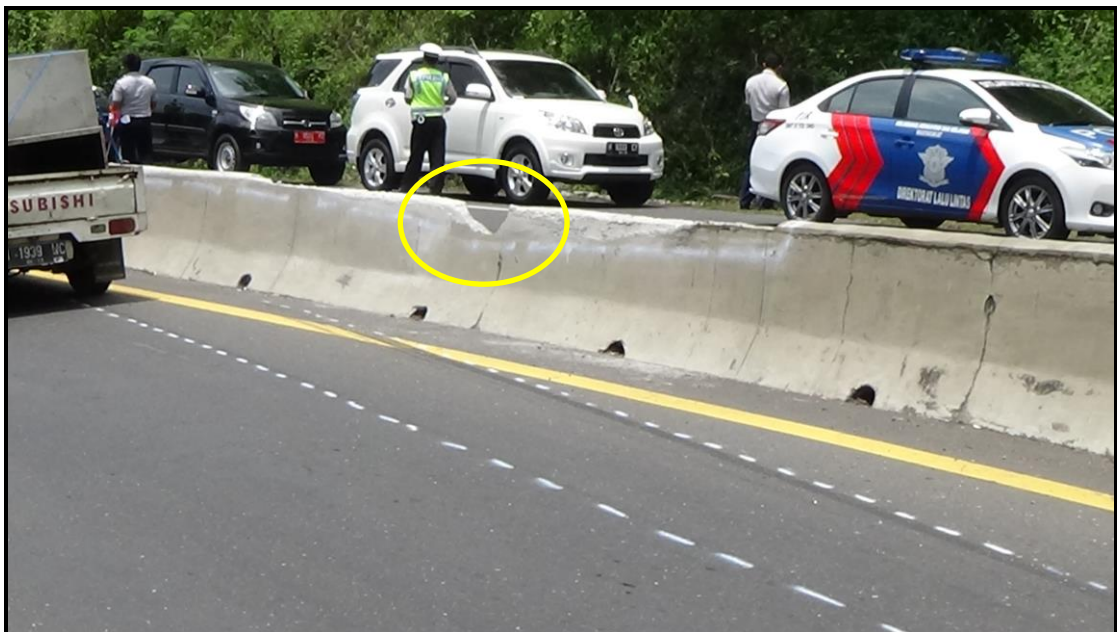
Gambar 11. Prediksi ilustrasi terjadinya kecelakaan.

### 1.5 Kerusakan Prasarana Jalan dan Perlengkapannya

Sebelum membentur tebing, mobil bus yang menabrak median jalan (*barrier*) menyebabkan kerusakan pada permukaan atas median (Gambar 12). Permukaan median jalan bagian atas yang tertabrak menjadi pecah-pecah dan ada di beberapa titik yang permukaannya gompal (Gambar 13).



Gambar 12. Median jalan (*Barrier*) yang ditabrak oleh mobil bus.



Gambar 13. Bagian atas median jalan yang gompal.

Permukaan jalan yang tergores oleh mobil bus juga mengalami kerusakan namun tidak hanya bersifat minor (tidak parah). Goresan yang terjadi tidak terlalu dalam, jalan masih aman untuk dilewati kendaraan. Di beberapa titik terdapat marka tepi yang pudar karena tergores mobil bus. Goresan pada permukaan jalan dan marka tepi dapat dilihat pada Gambar 14 berikut.



**Gambar 14. Goresan pada permukaan dan marka tepi jalan.**

Khusus untuk rambu *chevron* yang tertabrak, secara umum untuk papan rambu dan catnya masih dalam keadaan baik. Papan rambu tidak penyok dan hanya terdapat sedikit goresan namun tidak terlalu berpengaruh pada penampilan. Hanya saja tiang penyangga patah (Gambar 15).



**Gambar 15. Rambu *chevron* yang tertabrak mobil bus.**

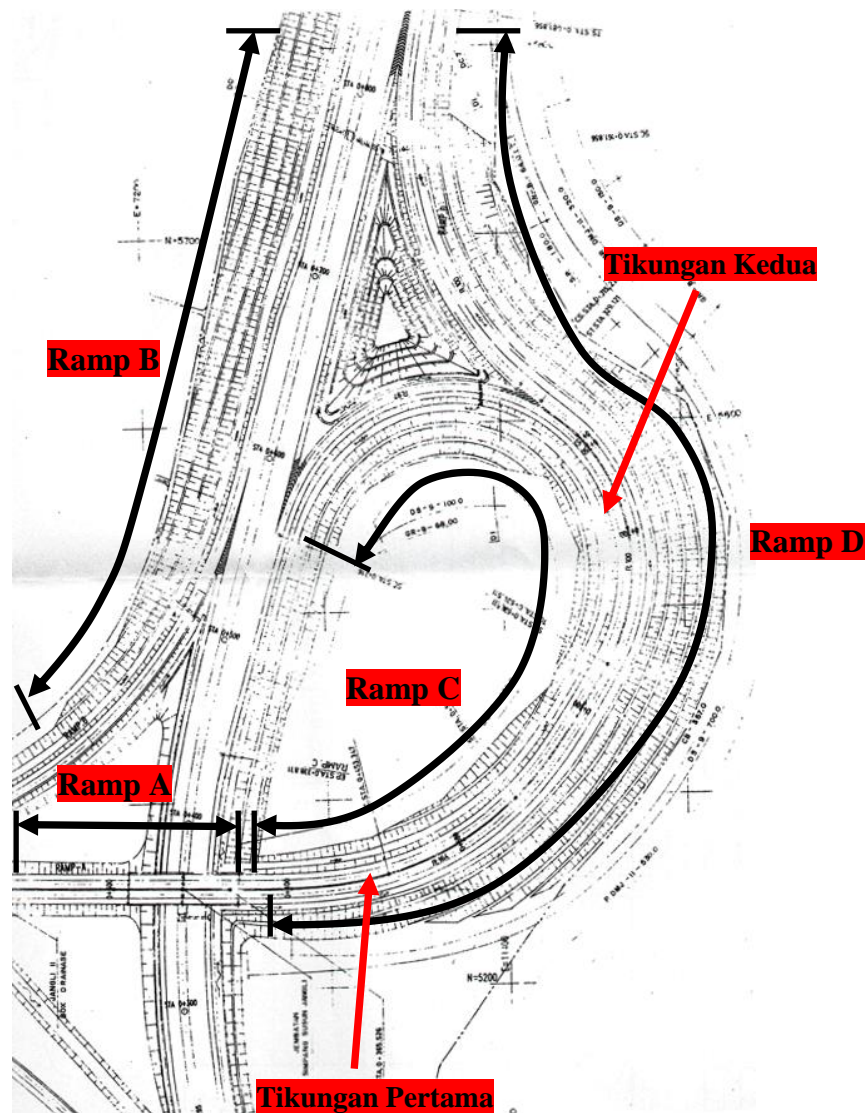
## **1.6 Informasi Prasarana, Sarana, dan Lingkungan**

### **I.6.1 Prasarana Jalan Raya**

Nama Jalan	: Jalan Tol Jatingaleh KM 9+300
Kelas Jalan	: I (satu)
Status Jalan	: Nasional
Fungsi Jalan	: Arteri Primer
Lebar Jalan	: 4.5 meter per arah

- Lebar Bahu Jalan : 3 meter (arah Ungaran)
- Pola Arus Lalu Lintas : 2 jalur (arah Ungaran/Solo dan arah Krapyak)
- Konstruksi Perkerasan Jalan : Aspal
- Kualitas Permukaan Jalan : Baik
- Kondisi Permukaan Jalan : Rata
- Tipe Perkerasan Bahu Jalan : Aspal

Jalan tol tempat terjadinya kecelakaan merupakan *highway ramp* dengan jenis khusus *exit ramp*. Fungsinya adalah sebagai jalur *interchange* yang menghubungkan jalur Krapyak – Jatingaleh menuju jalur Jatingaleh – Sron dol. Rute yang dilewati mobil bus adalah *highway ramp* yang bermula dari Ramp A menuju Ramp C. Kecelakaan terjadi di tikungan kedua Ramp C (Gambar 16).



Gambar 16. Blueprint interchange Ramp A, B, C, D Tol Jatingaleh (Sumber : PT. Jasamarga. Tbk.).

## I.6.2 Fasilitas Pendukung Jalan

Pada jarak 400 meter sebelum dan sesudah titik terjadinya kecelakaan dari arah perjalanan mobil bus :

- 1) Terdapat rambu peringatan jalan menikung (rambu *chevron*), lihat Gambar 17;
- 2) Terdapat rambu batas kecepatan 40 km/jam sebelum dan sesudah tikungan tajam (Gambar 18);
- 3) Terdapat batas/marka tepi jalan (Gambar 19);
- 4) Terdapat median jalan (*barrier* beton) standar dengan ketinggian 81 cm (Gambar 20);
- 5) Terdapat lampu penerangan jalan (Gambar 21);
- 6) Tidak ditemukan rambu-rambu posisi KM;
- 7) Tidak terdapat *guardrail* pada lokasi terjadinya kecelakaan.



Gambar 17. Rambu peringatan jalan menikung (rambu *chevron*).



Gambar 18. Rambu batas kecepatan 40 km/jam sekitar 80 meter sebelum lokasi kecelakaan (sumber : Google Street View)



Gambar 19. Kondisi ruas jalan tol Jatingaleh arah menuju Ungaran/Solo.



Gambar 20. Dimensi tinggi median tengah.



Gambar 21. Kondisi lingkungan ruas *highway ramp* Tol Jatingaleh – Ungaran.

### I.6.3 Sarana Mobil Bus B-7222-KGA

Hasil pemeriksaan teknis kendaraan :

1. Pedal rem berada dalam kondisi baik (tidak rusak);
2. Service brake berada dalam kondisi baik (berfungsi dengan normal);
3. Relay valve berada dalam kondisi baik (tidak ada kebocoran angin);
4. Camber rem depan berada dalam kondisi baik (berfungsi normal);
5. Camber rem belakang berada dalam kondisi baik (berfungsi normal);
6. Selang-selang angin berada dalam kondisi baik (tidak ada yang bocor);
7. Kampas rem berada dalam kondisi baik (masih tebal / original);

8. Celah kampas rem dengan tromol berada dalam kondisi baik (standar 0,7 mm);
9. *Shock absorber, stabilizer*, pegas depan dan belakang berada dalam kondisi baik (tidak rusak);
10. Roda kemudi (*steering wheel*), *long-tie rod*, *drag link* berada dalam kondisi baik (tidak rusak).

#### **I.6.4 Lingkungan Jalan**

Lingkungan ruas jalan tol Jatingaleh merupakan perbukitan dengan semak belukar dan pepohonan (Gambar 21).

#### **1.7 Organisasi dan Manajemen**

Operator/ Pemilik : PO Sang Engon (fariadi)  
 Alamat : Desa Jono Kec. Temayang Kab. Bojonegoro, Jawa Timur.

#### **1.8 Cuaca**

Pada saat kejadian kecelakaan, cuaca terang dan kondisi arus lalu lintas di ruas jalan tersebut tidak padat.

#### **1.9 Saksi – Saksi**

##### **1.9.1 Saksi I , Pengemudi, Laki-laki, 55 tahun**

**Saksi memberikan keterangan yang intinya sebagai berikut:**

Kamis, 19 Februari 2015, pukul 17.30 WIB saksi I menjemput rombongan pengajian terdiri dari ibu-ibu, bapak-bapak dan anak-anak berangkat dari Dander, Bojonegoro menuju Pekalongan. Saksi I menyampaikan bahwa yang bersangkutan pernah mengemudi di PO Margo Joyo (Bus AKAP) dari tahun 1980 s/d 2014. Saksi I baru mengemudikan Mobil Bus PO. Sang Engon sebanyak 3 (tiga) kali. Namun saksi I cukup familiar terhadap rute yang dilalui. Saksi I juga memberikan keterangan tentang waktu kerja dan waktu istirahat sepanjang perjalanan sebelum terjadinya kecelakaan. (Lihat Tabel 2)

**Tabel 2. Waktu kerja pengemudi.**

No	Tanggal	Waktu	Lama Mengemudi	Lama Istirahat
1.	19 Februari 2015	16.00 WIB – 16.30 WIB	0.5 jam	2 jam
		18.30 WIB – 19.30 WIB	1 jam	0.5 jam
		20.00 WIB – 04.30 WIB	8.5 jam	-
2	20 Februari 2015	04.30 WIB – 10.30 WIB	-	6 jam
		10.30 WIB – 11.00 WIB	0.5 jam	0.5 jam
		11.30 WIB s.d kejadian	1.5 jam	
Total			12 jam	9 jam



## 1.9.2 Saksi II, Penumpang, Laki-laki. 51 tahun

### Saksi memberikan keterangan yang intinya sebagai berikut;

Berangkat dari Dander, Bojonegoro menuju Pekalongan pada hari Kamis, 19 Februari 2015 pukul 16.00 WIB membawa 62 orang dewasa dan 5 anak-anak. Sekitar pukul 13.00 WIB tiba di ruas jalan Tol Jatingaleh KM 9+300. Menjelang lokasi terjadinya kecelakaan, kecepatan mobil bus sekitar 80 – 90 km/jam. Kondisi jalan menikung ke kiri dan dengan tidak mengurangi kecepatan, pengemudi mencoba untuk menyiap Avanza. Penumpang mobil yang berada di bagian belakang sebelah kiri tidak mendapat duduk sehingga berdiri.

Saksi II mengatakan bahwa pengemudi mengemudikan mobil bus pada ruas jalan menjelang lokasi terjadinya kecelakaan seperti mengemudikan kendaraan kecil. Saksi II dalam kondisi sadar saat mobil bus menabrak tebing.

## 1.10 Informasi Lainnya

Temuan terkait hasil investigasi di lapangan :

1. Posisi jejak ban sepanjang  $\pm 25$  meter dimulai setelah suatu tikungan;
2. Posisi terakhir gigi *persnelling* mobil bus menunjukkan gigi 5.
3. Kecepatan kendaraan saat menjelang terjadinya kecelakaan pada tikungan terakhir 50 m menjelang lokasi keluar jalurnya mobil bus adalah  $\pm 94$  km/jam. Pembahasan mengenai prediksi kecepatan sesaat ini dapat dilihat pada subbab 6.4.
4. Hasil survei di lapangan 15 bulan setelah kejadian, kecepatan rata-rata kendaraan pada pukul 13.00 WIB di lokasi terjadinya kecelakaan adalah lebih besar dari 40 km/jam.

## 1.11 Informasi Tambahan

### 1.10.1 Undang-undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan

- Pasal 77

(1) *Setiap pengusaha wajib melaksanakan ketentuan waktu kerja.*

(2) *Waktu kerja sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) meliputi:*

- a. *7 (tujuh) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 6 (enam) hari kerja dalam 1 (satu) minggu; atau*
- b. *8 (delapan) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 5 (lima) hari kerja dalam 1 (satu) minggu.*

(3) *Ketentuan waktu kerja sebagaimana dimaksud dalam ayat (2) tidak berlaku bagi sektor usaha atau pekerjaan tertentu.*

(4) *Ketentuan mengenai waktu kerja pada sektor usaha atau pekerjaan tertentu sebagaimana dimaksud dalam ayat (3) diatur dengan Keputusan Menteri.*

- Pasal 78

(1) *Pengusaha yang mempekerjakan pekerja/buruh melebihi waktu kerja sebagaimana dimaksud dalam Pasal 77 ayat (2) harus memenuhi syarat:*

- a. *ada persetujuan pekerja/buruh yang bersangkutan; dan*

- b. waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (tiga) jam dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu
  - (2) Pengusaha yang mempekerjakan pekerja/buruh melebihi waktu kerja sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) wajib membayar upah kerja lembur.
  - (3) Ketentuan waktu kerja lembur sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) huruf b tidak berlaku bagi sektor usaha atau pekerjaan tertentu.
  - (4) Ketentuan mengenai waktu kerja lembur dan upah kerja lembur sebagaimana dimaksud dalam ayat (2) dan ayat (3) diatur dengan Keputusan Menteri.
- Pasal 79
- (1) Pengusaha wajib memberi waktu istirahat dan cuti kepada pekerja/buruh.
  - (2) Waktu istirahat dan cuti sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), meliputi:
    - a. istirahat antara jam kerja, sekurang kurangnya setengah jam setelah bekerja selama 4 (empat) jam terus menerus dan waktu istirahat tersebut tidak termasuk jam kerja;
    - b. istirahat mingguan 1 (satu) hari untuk 6 (enam) hari kerja dalam 1 (satu) minggu atau 2 (dua) hari untuk 5 (lima) hari kerja dalam 1 (satu) minggu;
    - c. cuti tahunan, sekurang kurangnya 12 (dua belas) hari kerja setelah pekerja/buruh yang bersangkutan bekerja selama 12 (dua belas) bulan secara terus menerus; dan
    - d. istirahat panjang sekurang-kurangnya 2 (dua) bulan dan dilaksanakan pada tahun ketujuh dan kedelapan masing-masing 1 (satu) bulan bagi pekerja/buruh yang telah bekerja selama 6 (enam) tahun secara terus-menerus pada perusahaan yang sama dengan ketentuan pekerja/buruh tersebut tidak berhak lagi atas istirahat tahunannya dalam 2 (dua) tahun berjalan dan selanjutnya berlaku untuk setiap kelipatan masa kerja 6 (enam) tahun.
  - (3) Pelaksanaan waktu istirahat tahunan sebagaimana dimaksud dalam ayat (2) huruf c diatur dalam perjanjian kerja, peraturan perusahaan, atau perjanjian kerja bersama.
  - (4) Hak istirahat panjang sebagaimana dimaksud dalam ayat (2) huruf d hanya berlaku bagi pekerja/buruh yang bekerja pada perusahaan tertentu.
  - (5) Perusahaan tertentu sebagaimana dimaksud dalam ayat (4) diatur dengan Keputusan Menteri.

#### **1.10.2 Undang-undang Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Bagian Ketiga Waktu Kerja Pengemudi Pasal 90 yaitu:**

- (1) Setiap Perusahaan Angkutan Umum wajib mematuhi dan memberlakukan ketentuan mengenai waktu kerja, waktu istirahat, dan pergantian Pengemudi Kendaraan Bermotor Umum sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (2) Waktu kerja bagi Pengemudi Kendaraan Bermotor Umum sebagaimana dimaksud pada ayat (1) paling lama 8 (delapan) jam sehari.

- (3) *Pengemudi Kendaraan Bermotor Umum setelah mengemudikan Kendaraan selama 4 (empat) jam berturut-turut wajib beristirahat paling singkat setengah jam.*
- (4) *Dalam hal tertentu Pengemudi dapat dipekerjakan paling lama 12 (dua belas) jam sehari termasuk waktu istirahat selama 1 (satu) jam.*

### **1.10.3 PP No. 44 Tahun 1993 tentang Kendaraan dan Pengemudi**

#### *Waktu Kerja, Waktu Istirahat dan Pergantian Pengemudi*

##### *Pasal 240*

- (1) *Untuk menjamin keselamatan lalu lintas dan angkutan di jalan, perusahaan angkutan umum wajib mematuhi ketentuan mengenai waktu kerja dan waktu istirahat bagi pengemudi kendaraan umum.*
- (2) *Waktu kerja bagi pengemudi kendaraan umum sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) adalah 8 (delapan) jam sehari.*
- (3) *Pengemudi kendaraan umum setelah mengemudikan kendaraan selama 4 (empat) jam berturut-turut, harus diberikan istirahat sekurang-kurangnya setengah jam.*
- (4) *Dalam hal-hal tertentu pengemudi sebagaimana dimaksud dalam ayat (2) dapat dipekerjakan menyimpang dari waktu kerja 8 (delapan) jam sehari, tetapi tidak boleh lebih dari 12 (dua belas) jam sehari termasuk istirahat 1 (satu) jam.*
- (5) *Penyimpangan waktu kerja sebagaimana dimaksud dalam ayat (4) tidak berlaku bagi pengemudi kendaraan umum yang mengemudikan kendaraan umum angkutan antar kota.*
- (6) *Pengemudi kendaraan umum wajib mematuhi ketentuan waktu kerja dan waktu istirahat sebagaimana dimaksud dalam ayat (2), ayat (3), ayat (4), dan ayat (5).*

##### *Pasal 241*

- (1) *Pengusaha angkutan umum yang mengoperasikan kendaraannya lebih dari waktu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 240 ayat (2) dan ayat (4) harus menyediakan pengemudi pengganti.*
- (2) *Pengusaha angkutan umum harus melakukan penggantian pengemudi dengan pengemudi pengganti setelah jangka waktu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 240 ayat (2) dan ayat (4) dilampaui.*

##### *Pasal 242*

*Penyimpangan waktu kerja dan penggantian pengemudi sebagaimana dimaksud dalam pasal 240 dan pasal 241 diatur lebih lanjut oleh Menteri yang bertanggung jawab di bidang ketenagakerjaan setelah mendengar pendapat Menteri.*

### **1.10.4 Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 13 Tahun 2014 Tentang Rambu Lalu Lintas**

#### *Pasal 33*

- (1) *Penempatan dan pemasangan Rambu Lalu Lintas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 31 huruf a harus memperhatikan:*

- a. *desain geometrik jalan;*
  - b. *karakteristik lalu lintas;*
  - c. *kelengkapan bagian konstruksi jalan;*
  - d. *kondisi struktur tanah;*
  - e. *perlengkapan jalan yang sudah terpasang;*
  - f. *konstruksi yang tidak berkaitan dengan Pengguna Jalan; dan*
  - g. *fungsi dan arti perlengkapan jalan lainnya.*
- (2) *Penempatan dan pemasangan Rambu Lalu Lintas sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus pada ruang manfaat jalan.*
- (3) *Penempatan Rambu Lalu Lintas sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus sesuai dengan jarak penempatan, ketinggian penempatan, jenis rambu, ukuran daun rambu, serta ukuran huruf, angka, dan simbol.*

---

## 2. ANALISIS

---

### 2.1. Umum

Analisis disusun berdasarkan fakta dan isu keselamatan yang berhasil dikumpulkan, serta dengan mempertimbangkan pernyataan saksi yang relevan terhadap kejadian kecelakaan. Pada tahap lanjut, pendekatan asumsi dan perhitungan mekanika juga turut digunakan untuk mengetahui penyebab serta faktor-faktor apa saja yang berkontribusi terhadap terjadinya kecelakaan.

Khusus untuk kinerja sistem pengereman tidak dibahas mendalam pada bab analisis karena dari hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa sistem pengereman berfungsi dengan baik. Demikian juga dari hasil pemeriksaan visual terhadap kedalaman alur ban masih sesuai dengan ketentuan yang berlaku (min 1 mm). Selanjutnya, analisis difokuskan pada isu-isu penting terkait kejadian kecelakaan diantaranya:

- a. Kelelahan pengemudi
- b. Performa mengemudi saat kondisi kritis
- c. Dinamika kendaraan menjelang terjadinya kecelakaan
- d. Administrasi teknis kendaraan
- e. Teknik mengemudi pada jalur *highway ramp*
- f. Kelengkapan dan perlengkapan jalan di jalur *highway ramp*
- g. Kondisi lingkungan di lokasi terjadinya kecelakaan

### 2.2. Kelelahan Pengemudi

Berdasarkan keterangan yang diperoleh dari pengemudi mobil bus tentang catatan waktu kerja pengemudi diperoleh bahwa total waktu kerja pengemudi mobil bus dalam perjalanan dari Bojonegoro ke Pekalongan adalah pada tanggal 19 Februari s.d 20 Februari 2015 adalah 10 jam (lihat tabel 2). Dari tabel 2 terlihat bahwa waktu kerja pengemudi tidak sesuai dengan Undang-Undang Ketenagakerjaan nomor 13 Tahun 2003 yang membatasi jam kerja maksimum 8 (delapan) jam sehari.

Waktu kerja pengemudi sebenarnya juga diatur dalam Undang-Undang nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan pada pasal 90 ayat (2), namun pada pasal 90 ayat (4) justru dibuka peluang untuk mengemudikan hingga 12 jam dalam hal tertentu. Sebelum PP nomor 44 Tahun 1993 tentang Kendaraan dan Pengemudi digantikan oleh PP nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan, interpretasi Pasal 90 ayat (4) UU nomor 22 Tahun 2009 masih dibatasi oleh Pasal 240 ayat (5) dari PP nomor 44 Tahun 1993 yang mengatur mengenai jam kerja maksimal pengemudi bus antar kota yaitu 8 (delapan) jam.

Selain jam kerja pengemudi melebihi waktu yang ditentukan, pengemudi bekerja mengemudikan kendaraannya semalaman. Tabel 2 memperlihatkan bahwa pengemudi mengemudikan kendaraannya selama 8,5 jam tanpa berhenti mulai dari pukul 20.00 WIB malam hingga pukul 04.30 WIB pagi hari.

Berdasarkan penelitian, mengemudikan kendaraan semalaman penuh pada siklus jam tidur manusia normal (*natural circadian rhythm*) berpotensi menimbulkan rasa kantuk

yang luar biasa (subbab 6.1). Apabila dipaksakan untuk terus mengemudi maka kemungkinan besar pengemudi akan mengalami *microsleep*. Selain itu mengemudi semalam penuh juga menimbulkan kelelahan (*fatigue*) pada pengemudi yang bersangkutan. Tidak tidurnya pengemudi juga dapat menimbulkan berbagai gangguan hormonal sehingga dengan kombinasi kelelahan yang terjadi dapat menimbulkan penurunan daya tubuh pengemudi. Pengemudi yang begadang dan telah mengemudi semalam penuh dapat menderita sakit kepala, pusing-pusing, demam, dll.

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan maka pengemudi yang telah mengemudi semalam penuh harus digantikan oleh pengemudi pengganti. Jika ingin kembali mengemudi, pengemudi yang mengalami kelelahan dan kantuk yang luar biasa tersebut harus beristirahat penuh dengan tidur yang berkualitas hingga kelelahan dan kantuk hilang. Mengenai ketentuan pergantian pengemudi juga diatur oleh PP nomor 44 Tahun 1993 pasal 241 dimana :

- (1) Pengusaha angkutan umum yang mengoperasikan kendaraannya lebih dari waktu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 240 ayat (2) dan ayat (4) harus menyediakan pengemudi pengganti.
- (2) Pengusaha angkutan umum harus melakukan penggantian pengemudi dengan pengemudi pengganti setelah jangka waktu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 240 ayat (2) dan ayat (4) dilampaui.

### **2.3. Performa Mengemudi Saat Kondisi Kritis**

Berdasarkan penelitian, terdapat jumlah waktu tidur ideal untuk orang dewasa yakni 7 jam per malamnya (subbab 6.2). Selain itu, tidur yang dilakukan haruslah berkualitas sehingga apabila pengemudi telah mengalami siklus tidur yang sempurna (NREM 1, NREM 2, NREM 3, NREM, 4, REM) maka ketika bangun kelelahan yang dialami akan hilang serta tubuh akan menjadi terasa segar termasuk organ mata akan terasa rileks. Tidur yang berkualitas juga akan membuat emosi pengemudi menjadi stabil.

Pada kasus kecelakaan ini, diketahui bahwa pengemudi beristirahat selama 6 jam mulai dari Pukul 04.30 WIB – 10.30 WIB. Selain itu, pengemudi mobil bus tidur di dalam bus.

Dari temuan waktu istirahat pengemudi serta perbandingannya dengan standar ketentuan minimum waktu tidur terlihat bahwa waktu tidur pengemudi masih kurang selama 1 jam. Kurangnya waktu tidur tersebut akan mengakibatkan tidak optimalnya tubuh untuk melakukan proses *recovery*. Selain itu kualitas tidur pengemudi yang tidur di dalam bus juga belum tentu mendapatkan jaminan. Posisi tidur yang tidak lurus, suhu ruangan yang terlampau panas, kurangnya sirkulasi udara akan memperburuk kualitas tidur. Pengemudi yang tidur dalam bus juga rentan mengalami gangguan ketika tidur (tidurnya terusik) karena mobil bus mudah diakses oleh para penumpang untuk menaruh atau mengambil barang.

Kurangnya waktu tidur dapat berdampak secara signifikan apabila terakumulasi. Seperti yang dibahas secara lengkap pada subbab 6.2, akumulasi kurang tidur perharinya seseorang dapat menimbulkan efek yang sama seperti kurang tidurnya

seseorang dalam satu hari (tidur terbatas, begadang). Akan tetapi, dalam kasus ini tidak terdapat data mengenai jadwal kerja mingguan pengemudi sehingga tidak diketahui apakah pada saat kejadian pengemudi mengalami efek akumulasi kurangnya waktu tidur.

Walaupun demikian, kurangnya waktu tidur pada saat kejadian tetap memberikan pengaruh yang cukup signifikan. Dengan hanya tidur selama 6 jam, kelelahan tubuh yang terjadi akibat begadang semalam penuh belum dapat teratasi. Apalagi jika kualitas tidurnya buruk, penurunan tingkat kelelahan pasca tidur menjadi lebih kecil.

Bersama-sama dengan potensi timbulnya gangguan hormon tubuh, kurangnya waktu tidur pengemudi dapat menyebabkan timbulnya sakit kepala sehingga secara keseluruhan mengakibatkan berkurangnya reaksi tubuh jika dibandingkan ketika dalam keadaan cukup tidur; berkurangnya kemampuan untuk berpikir jernih (konsentrasi) sehingga sulit untuk melakukan proses mengingat, memproses informasi, dan melakukan pengambilan keputusan; menyebabkan peningkatan emosi (mudah marah); serta terjadinya penurunan kemampuan untuk mengemudikan kendaraan.

Jadi dapat disimpulkan bahwa saat pengemudi mengemudikan kendaraan pada pukul 10.30 WIB sampai terjadinya kecelakaan, pengemudi telah mengalami penurunan konsentrasi dan ketidakstabilan emosi sehingga mengemudikan kendaraan dengan kecepatan tinggi di jalur *highway ramp*. Kemudian terdapat ketidaktepatan dalam pengambilan keputusan untuk menyiap kendaraan lain di tikungan tajam, serta kehilangan kendali saat di tikungan yang diakibatkan penurunan reaksi tubuh (waktu reaksi meningkat). Akhirnya, mobil bus tidak dapat dibelokkan, melewati median permanen lalu masuk ke jalur berlawanan, dan menabrak tebing.

#### **2.4. Dinamika Kendaraan Menjelang Terjadinya Kecelakaan**

Pada saat kejadian, ditemukan posisi akhir perseneling mobil bus berada pada tuas pemindah daya (perseneling) gigi 5 (lima). Temuan lain terkait dengan dinamika kendaraan menjelang terjadinya kecelakaan adalah jejak ban (*skidmark*) sekitar 50 meter menjelang lokasi bus menabrak median tengah jalan. Kendaraan juga dimuati penumpang melebihi kapasitas tempat duduknya. Selain itu, terdapat bekas luka atau pecahan pada bagian atas median jalan yang menunjukkan bahwa median telah tertabrak mobil bus (Gambar 12) serta pasangan goresan memanjang dan deformasi pada bagian kanan mobil bus (Gambar 6). Berdasarkan temuan tersebut dan temuan-temuan lainnya maka dapat disimulasikan dinamika kendaraan (subbab 6.4) pada saat kejadian. Kemudian dari hasil simulasi didapatkan kecepatan sesaat mobil bus saat di tikungan tajam adalah sebesar  $\pm 94$  km/jam.

Besaran kecepatan sesaat ini sudah melebihi batas kecepatan di jalur *highway ramp*. Sesuai dengan rambu batas kecepatan, kecepatan maksimal kendaraan saat melintas di *highway ramp* tidak boleh melebihi 40 km/jam. Dengan kata lain, mobil bus sudah *overspeed*.

Berdasarkan teori Newton (2010), semakin besar kecepatan kendaraan maka akan semakin besar gaya sentripetal yang dibutuhkan untuk membelokkan kendaraan. Apabila kendaraan berkecepatan tinggi tersebut dibelokkan pengemudi dengan radius

belok yang kecil atau dibelokkan dengan sangat cepat dengan sudut putar kemudi besar maka kendaraan akan berbelok dengan gaya sentripetal yang sangat besar. Jika gaya sentripetal yang terjadi tidak mampu diimbangi oleh *wheel grip*, kendaraan dapat melintir (*skidding*).

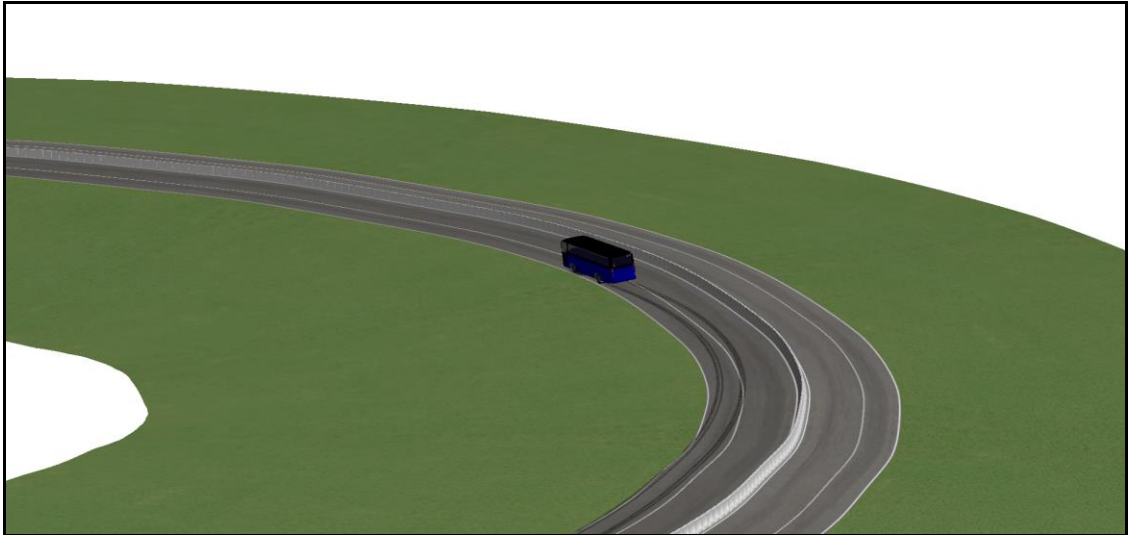
Namun pada kasus kecelakaan ini, *skidding* tidak terjadi. Mobil bus yang *overspeed* keluar jalur menabrak median jalan disebabkan oleh hal lain. Berdasarkan simulasi dinamika kendaraan (subbab 6.4), mobil bus keluar jalur diprediksi karena pengemudi lambat bereaksi untuk membelokkan mobil saat di tikungan. Dengan waktu *preview* pengemudi yang diset 2,5 detik, simulasi dinamika kendaraan menunjukkan terjadinya pergerakan kendaraan yang sesuai dengan bukti-bukti temuan di lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesa kekurangan tidur pengemudi mobil bus PO Sang Engon B-7222-KGA dapat menyebabkan penurunan performa pengemudi (subbab 2.3) adalah terbukti.

Pada parameter yang lain, temuan jumlah massa penumpang yang melebihi kapasitas tempat duduk (*overcapacity*) juga berkontribusi terhadap dinamika kendaraan (Gillespie, 1992). Berat keseluruhan penumpang termasuk lokasi titik beratnya akan mempengaruhi inersia total mobil bus. Ketika berbelok di tikungan tajam, inersia mobil bus pada titik beratnya menimbulkan gaya sentrifugal yang membuat mobil bus *rolling* ke sisi kanan (sisi kiri mobil bus terangkat). Semakin tinggi kecepatan kendaraan maka semakin besar *rolling* yang terjadi. Hal ini dibuktikan melalui simulasi dinamika kecelakaan mobil bus pada kondisi *overspeed* (subbab 6.4) serta bukti temuan di lapangan dimana hanya jejak ban kanan mobil bus yang terlihat di tikungan jalan.

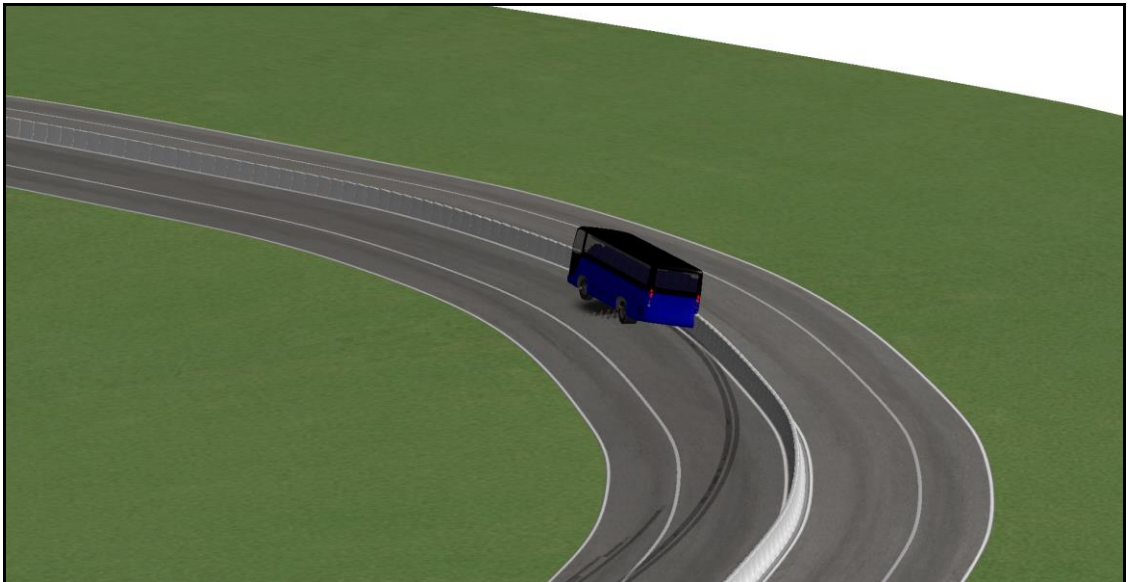
Kemudian temuan di lapangan juga menunjukkan bahwa pada saat melewati median jalan (*Barrier*), mobil bus meninggalkan jejak/bekas berupa terkikisnya permukaan median sedalam 7 cm dengan panjang  $\pm 12$  m. Selain itu, terdapat bekas gesekan memanjang disertai dengan deformasi pada dinding sebelah kanan mobil bus (Gambar 6). Namun deformasi pada dinding bus tidak terlalu parah. Hal ini menunjukkan bahwa mobil bus terguling setelah menabrak median jalan.

Pada aspek dinamika lainnya, dilakukan atau tidaknya pengereman juga mempengaruhi pergerakan kendaraan (Permana, 2014). Berdasarkan simulasi dinamika yang dilakukan pada kasus ini, apabila pengereman secara mendadak dilakukan sebelum tikungan maka hasilnya adalah mobil bus dapat dihentikan ketika mobil bus berbelok sehingga tidak menabrak median jalan (Gambar 22). Apabila pengereman secara mendadak dilakukan setelah tikungan maka hasilnya adalah mobil bus menabrak median jalan namun lokasi serta pola dan panjang jejak ban yang ditimbulkan tidak serupa dengan temuan di lapangan (Gambar 23). Kesimpulannya adalah pengemudi tidak sempat untuk melakukan pengereman ketika mobil bus berkecepatan tinggi berbelok tajam, sehingga mobil bus hanya sempat dibelokkan untuk mengikuti tikungan terakhir namun tidak berhasil.





**Gambar 22. Mobil bus berhasil diberhentikan ketika pengereman dilakukan sebelum tikungan terakhir.**



**Gambar 23. Jejak ban mobil bus ketika dilakukan pada saat melewati tikungan terakhir.**

Dapat disimpulkan bahwa secara dinamika, kondisi *highway ramp* dengan kemiringan vertikal 3% dan kemiringan horizontal (*superelevasi*) 1,5% didesain untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang terjadi pada kendaraan yang berbelok dengan kecepatan desain 40 km/jam. Akan tetapi, mobil bus yang *overcapacity* ternyata dikemudikan dengan kecepatan tinggi  $\pm 94$  km/jam (*overspeed*) dan juga terlambat untuk dibelokkan pada tikungan tajam. Akibatnya, mobil terhempas ke arah kanan (keluar jalur) dengan ban kiri terangkat (mulai terguling), menabrak bagian atas median jalan dengan tepat pada bagian di atas roda sisi kanan mobil bus, lalu terguling, masuk ke jalur berlawanan, dan berakhir dengan menabrak tebing.

## 2.5. **Administrasi Teknis Kendaraan**

Masa berlaku uji berkala mobil bus sudah melewati batas waktu yang ditentukan. Hal ini ditunjukkan dari kartu induk KBWU Dishub Kota Bekasi bahwa pelaksanaan uji berkala terakhir tertera tanggal 16 Mei 2014. Ditinjau dari aspek administratif, mobil bus tersebut telah habis masa berlaku uji berkalanya.

Pada saat kejadian, mobil bus membawa penumpang sebanyak 64 orang termasuk pengemudi. Hal ini menunjukkan bahwa mobil bus membawa penumpang melebihi kapasitas jumlah tempat duduk sebanyak 45 orang tidak termasuk pengemudi.

## 2.6. **Teknik Mengemudi Pada Jalur *Highway Ramp***

Jalur *highway ramp* ruas jalan tol Krapyak-Jatingaleh KM 9+300 merupakan jalan perbukitan dengan kontur jalan menikung dan menurun dengan radius tikungan sebesar 78 m dan kemiringan vertikal rata-rata sebesar 3% serta kemiringan horizontal rata-rata sebesar 1,5%. Jalur *highway ramp* ruas jalan tol tersebut mempunyai batas kecepatan maksimum 40 km/jam.

Pada jalur *highway ramp* seperti ini, pengemudi harus cakap, mengenal medan dan konsentrasi serta mematuhi rambu batas kecepatan dalam mengemudikan kendaraan. Selain itu, karena jalur jalan hanya terdiri dari lajur utama dan bahu jalan maka tidak diperkenankan untuk menyiap kendaraan lain dari bahu jalan.

## 2.7. **Kelengkapan Dan Perlengkapan Jalan di Jalur *Highway Ramp***

Pada kasus ini mobil bus terguling setelah menabrak median jalan (subbab 2.4). Apabila diamati, ukuran median jalan hanya setinggi roda mobil bus (81 cm). Dengan lokasi titik berat mobil bus yang jauh lebih tinggi dibandingkan tinggi median jalan (ketinggian COG mobil bus > 1250 mm, terlampir pada subbab 6.4) menyebabkan terjadinya momen ketika mobil bus membentur median jalan. Kemudian, momen yang terjadi menyebabkan mobil bus terguling (*rolling*) melewati median jalan dan masuk ke jalur berlawanan arah.

Agar mobil bus tidak terguling ketika membentur median jalan maka median jalan perlu untuk ditinggikan. Dengan demikian, apabila mobil bus dan sejenisnya yang memiliki ketinggian COG yang sama ketika berbelok mengalami kehilangan kendali, pergerakan kendaraan yang mengarah ke lajur berlawanan dapat diredam dan kendaraan tetap berada di lajurnya (tidak mengalami *rolling*).

Pada jalur *highway ramp* ruas jalan tol Krapyak-Jatingaleh KM 9+300 terdapat rambu *chevron* dan batas kecepatan, namun penempatannya perlu ditinjau kembali termasuk dari sisi jumlah. Memperhatikan tingkat kerawanan terhadap kemungkinan terjadinya kecelakaan maka pada jalan tersebut perlu dilengkapi dengan teknologi yang dapat menjaga pengemudi agar lebih waspada pada saat melintasi jalur *highway ramp* tersebut. Salah satu teknologi yang dapat diaplikasikan untuk mengurangi kecepatan di jalur *highway ramp* adalah marka melintang yang dibahas secara lengkap pada subbab 6.5.

## **2.8. Kondisi Lingkungan di Lokasi Terjadinya Kecelakaan**

Lingkungan jalur *highway ramp* ruas jalan tol Krapyak-Jatingaleh tempat terjadinya kecelakaan merupakan perbukitan dengan semak belukar dan pepohonan. Saat kejadian, jalur *highway ramp* ruas jalan Tol Jatingaleh berada dalam kondisi sepi/lengang. Hal ini dapat mengakibatkan seorang pengemudi terpacu untuk mengemudikan kendaraannya dengan kecepatan tinggi.

---

## 3. KESIMPULAN

---

### 3.1 Temuan

- a. Pada hari Kamis, 19 Februari 2015 Mobil Bus PO. Sang Engon B-7222-KGA disewa oleh rombongan yang berdomisili di Bojonegoro untuk membawa mereka mengikuti pengajian Habib Lutfi di Pekalongan;
- b. Kecelakaan terjadi pada pukul 13.00 WIB;
- c. Pada saat kejadian kecelakaan, cuaca terang dan kondisi arus lalu lintas di ruas jalan tersebut tidak padat.
- d. Pengemudi mengemudikan kendaraan dengan kecepatan sekitar 90 km/jam. Posisi terakhir tuas pemindah daya (persneling) mobil bus berada pada posisi gigi 5;
- e. Dalam perjalanan dari Bojonegoro ke Pekalongan, pengemudi mengemudikan kendaraan selama 10 jam. 8.5 jam diantaranya dilakukan pada malam hari hingga pagi hari (Pukul 20.00 s.d. 04.30 WIB) tanpa beristirahat.
- f. Pengemudi mengalami kurang tidur karena hanya beristirahat 6 jam (Pukul 04.30 s.d. Pukul 10.00 WIB) setelah mengemudikan kendaraan semalam penuh sehingga tidak optimal untuk proses *recovery* tubuh terhadap kelelahan yang terjadi.
- g. Kekurangan tidur pada pengemudi mengakibatkan penurunan konsentrasi, ketidakstabilan emosi, ketidaktepatan pengambilan keputusan, serta penurunan reaksi tubuh.
- h. Mobil bus membawa muatan sebanyak 64 orang termasuk pengemudi. Jumlah ini melebihi kapasitas yang ditentukan. Kapasitas jumlah tempat duduk penumpang maksimum kendaraan mobil bus sebanyak 45 tempat duduk tidak termasuk pengemudi.
- i. Terdapat temuan jejak ban/*skidmark* 50 meter menjelang lokasi terjadinya kecelakaan;
- j. Masa berlaku uji berkala kendaraan mobil bus telah habis. Masa uji berkala berlaku sampai dengan 16 November 2014. Kecelakaan terjadi pada tanggal 20 Februari 2015;
- k. Kecelakaan mengakibatkan 18 orang meninggal dunia, dengan rincian 16 orang meninggal dunia di lokasi kecelakaan dan 2 (dua) orang meninggal di rumah sakit. Selain itu juga mengakibatkan 21 orang luka berat dan 25 orang luka ringan;
- l. Waktu kerja pengemudi adalah tidak sesuai dengan UU No. 22 Tahun 2009 Lalu Lintas dan Angkutan Jalan pasal 90 ayat 2 dan juga PP No. 44 Tahun 1993 tentang Kendaraan dan Pengemudi pasal 240. Selain itu juga tidak sesuai dengan UU No 13 Tahun 2003 tentang Ketenaga Kerjaan pasal 77, 78, dan 79. Untuk memastikan kebugaran pengemudi maka perlu ditaati peraturan mengenai pengemudi pengganti. Perlu dicatat bahwa PP No. 44 Tahun 1993 tentang Kendaraan dan Pengemudi telah digantikan dengan PP 55 Tahun 2012 yang hanya mengatur tentang kendaraan.

### 3.2 Faktor yang berkontribusi

1. Dalam perjalanan dari Bojonegoro ke Pekalongan, pengemudi mengemudikan kendaraan selama 10 jam dimana 8.5 jam diantaranya dilakukan malam hari tanpa beristirahat
2. Proses *recovery* tubuh tidak optimal akibat kurang tidurnya pengemudi menyebabkan penurunan konsentrasi, ketidakstabilan emosi, ketidaktepatan pengambilan keputusan, serta penurunan reaksi tubuh. saat kondisi kritis.
3. Pengemudi mengendarai kendaraan dengan kecepatan tinggi sekitar 94 km/jam. Posisi terakhir tuas pemindah daya (persneling) mobil bus berada pada posisi gigi 5;
4. *Highway ramp* ruas jalan Tol Jatingaleh dalam kondisi sepi/lengang. Kondisi ini mengakibatkan seorang pengemudi mengemudikan kendaraan dengan kecepatan tinggi.
5. Mobil bus membawa muatan sebanyak 64 orang termasuk pengemudi. Jumlah ini melebihi kapasitas yang ditentukan. Kapasitas jumlah tempat duduk penumpang maksimum kendaraan mobil bus sebanyak 45 tempat duduk tidak termasuk pengemudi.

### 3.3 Penyebab Terjadinya Kecelakaan

Dari hasil investigasi ditemukan bahwa penyebab terjadinya kecelakaan adalah kurang tidurnya pengemudi setelah semalam penuh mengemudikan kendaraan mengakibatkan terjadinya penurunan konsentrasi, ketidakstabilan emosi, ketidaktepatan pengambilan keputusan, serta penurunan reaksi tubuh saat kondisi kritis sehingga mobil bus yang *overcapacity* dikemudikan dengan kecepatan yang melebihi batas kecepatan yang ditetapkan serta tidak bisa dikendalikan saat melewati tikungan tajam di *highway ramp* KM 9+300 Tol Jatingaleh. Akibatnya, mobil terhempas ke arah kanan (keluar jalur) dengan ban kiri terangkat (mulai terguling), menabrak bagian atas median jalan dengan tepat pada bagian di atas roda sisi kanan mobil bus, lalu terguling, masuk ke jalur berlawanan, dan berakhir dengan menabrak tebing.

---

## 4. TINDAKAN KESELAMATAN

---

Hingga laporan ini diterbitkan, KNKT telah menerima tindakan keselamatan yang dilakukan oleh PT. Jasamarga, Tbk. (Persero) selaku operator pemilik Jalan Tol Jatingaleh. Tindakan keselamatan terkait dengan kejadian kecelakaan adalah :

1. Ditinggikannya median jalan (*barrier*)  $\pm 40$  cm sehingga ketinggian median jalan menjadi  $\pm 120$  cm;
2. Pemasangan rambu peringatan untuk mengurangi kecepatan di awal *highway ramp* dan menjelang tikungan;
3. Pemasangan rambu tikungan memutar ke kiri;
4. Reposisi rambu-rambu tikungan tajam ke kiri yang menjadi satu dengan rambu batas kecepatan 40 km/jam;
5. Pemasangan *marka profile* pada marka pembatas lajur utama dan bahu jalan.

---

## 5. REKOMENDASI

---

Untuk mencegah terjadinya kecelakaan dengan penyebab yang sama disampaikan rekomendasi kepada pihak-pihak terkait sebagai berikut:

### 1. Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Kementerian Perhubungan

Menerapkan peraturan untuk melakukan pemasangan perangkat pencatat data seperti *blackbox* pada kendaraan umum agar pergerakan kendaraan dapat dievaluasi jika dibutuhkan serta mempermudah proses investigasi keselamatan transportasi jika terlibat kecelakaan di kemudian hari.

### 2. Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Barat

- a. Melakukan sosialisasi tentang keselamatan berlalulintas kepada pengusaha-pengusaha angkutan, baik PO Bus maupun mobil barang.
- b. Berkoordinasi dengan Polda Jawa Barat untuk melaksanakan pembinaan terhadap para pengusaha PO Bus maupun mobil barang yang ada di wilayahnya.

### 3. Dinas Perhubungan Kota Bekasi

- a. Melakukan audit terhadap sistem manajemen operasional PO Bus yang berada di wilayah pembinaanya terutama pada peninjauan jam kerja pengemudi.
- b. Melaksanakan pengujian kendaraan bermotor sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
- c. Pemeriksaan teknis terhadap kendaraan mobil bus yang akan diberangkatkan dari terminal pemberangkatan.

### 4. PT. Jasamarga (Persero) Tbk.

- a. Memasang rambu-rambu peringatan batas kecepatan dan rambu-rambu peringatan untuk menurunkan kecepatan pada lokasi *highway ramp* di ruas Tol Jatingaleh dan di ruas-ruas tol lainnya yang merupakan kepemilikan PT. Jasamarga sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 13 Tahun 2014 dimana rambu-rambu yang terpasang harus mudah diidentifikasi pengemudi.
- b. Melengkapi ruas-ruas jalan Tol Jatingaleh yang terindikasi *black spot* dengan suatu peralatan pengukur kecepatan.
- c. Menerapkan teknologi (teknologi marka, dsb) yang dapat menjaga pengemudi agar lebih waspada dan mengikuti batas kecepatan baik pada saat melintasi *highway ramp* di jalan tol Jatingaleh maupun *highway ramp* di ruas-ruas tol lainnya yang merupakan kepemilikan PT. Jasamarga.

### 5. Manajemen PO. Bus Sang Engon

- a. Menerapkan sistem manajemen keselamatan (*safety management system / SMS*);
- b. Menyediakan pengemudi cadangan untuk durasi mengemudi bus antar kota yang melebihi jam kerja maksimum serta ;
- c. Memperhatikan batas waktu habisnya masa uji berkala armada busnya;
- d. Segera melengkapi surat-surat administrasi kendaraan seperti: BPKB, STNK, ijin usaha bus pariwisata, serta kartu pengawasan bus yang sah secara hukum.

---

## 6. LAMPIRAN

---

### 6.1. Aspek Tidak Tidur dan Bekerja Pada Malam Hari

Manusia mempunyai siklus tubuh tertentu dan berproses secara terus menerus selama 24 jam sepanjang hidupnya. Proses biologis ini sering disebut juga sebagai *circadian rhythm*. *Circadian rhythm* melibatkan metabolisme tubuh serta perilaku psikologis dan kebiasaan manusia yang terkait dengan siklus lingkungan sekitarnya. Metabolisme tubuh dan perilaku manusia akan mempengaruhi pola hidup seseorang termasuk kapan seseorang ingin tidur.

Normalnya, jam biologis seseorang pada malam hari dimulai dari pukul 21.00 dengan diawali proses sekresi Melatonin oleh tubuh. Melatonin akan memicu rasa kantuk pada seseorang sehingga memacu seseorang untuk tidur. Kemudian proses metabolisme selanjutnya pada pukul 22:30 tubuh sudah memulai untuk melakukan metabolisme pembuangan racun. Puncaknya adalah pada pukul 01.00 s.d. 03.00 hati berfungsi maksimal membuang racun-racun dalam tubuh. Biasanya seseorang yang menahan kantuk pada malam hari tidak akan kuat menahan dorongan untuk tidur pada rentang waktu ini karena hati membutuhkan banyak darah untuk melakukan proses metabolismenya.

Seseorang yang memaksakan diri tidak tidur semalaman untuk mengerjakan pekerjaannya akan mendapatkan banyak resiko baik itu terkait dengan performa tubuh maupun kesehatan. Menurut Price (2011), tidak tidur semalaman dapat menyebabkan seseorang mengalami rasa kantuk yang luar biasa (*excessive sleepiness*) serta kelelahan (*fatigue*). Hal ini akan berbahaya manakala pekerjaan yang dilakukan membutuhkan pengambilan keputusan yang tepat seperti halnya pekerjaan polisi maupun petugas medis. Boyle et al. (2008) dalam Kyle (2016) menyatakan bahwa *excessive sleepiness* dapat menyebabkan seseorang mengalami kehilangan konsentrasi dan kantuk sesaat (*microsleep*). Kelelahan menimbulkan pengurangan kemampuan kognitif serta refleksi seseorang disamping juga menimbulkan lemasnya tubuh dan meningkatnya emosi seseorang.

Pada pekerjaan rutinitas sehari-hari seperti mengemudi, tidak terlepas bahayanya ketika seseorang tidak tidur semalaman. *Microsleep* seringkali menjadi penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan hasil penelitian National Highway Traffic Safety Administration, faktor mengantuknya pengemudi diperkirakan merupakan faktor penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas dari 72000 kejadian yang menimbulkan jumlah korban 800 orang meninggal dunia dan 44000 orang luka-luka pada Tahun 2013 (Almendra, 2015).

Di sisi kesehatan, dampak tidak tidur semalaman dapat menyebabkan gangguan hormon. Salah satu contoh adalah hormon pertumbuhan yang seharusnya terbentuk untuk perbaikan sel tubuh rusak menjadi terganggu. Hormon lainnya justru dapat terpacu untuk diproduksi secara berlebihan seperti hormon yang terkait dengan metabolisme glukosa. Bersama-sama dengan kelelahan yang terjadi gangguan hormon dapat menyebabkan kerentanan seseorang terhadap suatu penyakit. Tidak jarang setelah semalaman suntuk tidak tidur seseorang dapat mengalami pilek, demam, pusing maupun berbagai gejala penyakit lainnya.



Seseorang dapat saja merubah jam biologisnya agar dapat bekerja sepanjang malam. Pergeseran waktu biologis tidur dirubah dengan suatu pola untuk menerapkan tidur di waktu siang hari dalam suatu ruangan kondusif (gelap) dan bekerja di malam hari dalam lingkungan yang penuh cahaya (*bright light*). Pola ini diterapkan selama seminggu dan hasilnya adalah perubahan jam biologis sehingga di malam hari dapat bekerja dengan tanpa mengalami gangguan kantuk.

Namun pergeseran jam biologis tidak dapat dilakukan pada pekerja yang bekerja dengan *shift* campuran (*shift* siang dan malam). Hal ini karena tubuh membutuhkan waktu untuk beradaptasi saat menyesuaikan jam biologis dengan jadwal kerja. Apabila dipaksakan akan membahayakan karena nantinya akan ditemukan pekerja terkantuk-kantuk saat bekerja di *shift* malam.

Tentunya, pola kegiatan yang mengharuskan seseorang untuk bekerja pada malam hari mempunyai dampak kesehatan jangka panjang yang cukup serius. Berdasarkan penelitian, seseorang yang sering bekerja pada *shift* malam secara terus menerus bertahun-tahun akan memiliki resiko terkena obesitas dan diabetes dan yang terparah adalah terkena penyakit jantung serta kanker seperti kanker payudara (Balch, 2015).

Hal ini harus menjadi *concern* bagi pekerja yang bersangkutan serta perusahaan yang mempekerjakan tentang bagaimana jaminan kesehatan serta tunjangan kesehatan bagi pekerja. Perusahaan harus mampu memberikan tunjangan kesehatan seperti makanan, suplemen vitamin agar pekerja yang bekerja di shift malam tidak sakit. Apabila terkena penyakit, perusahaan harus mampu untuk memberikan biaya perawatan di rumah sakit sehingga pekerja cepat kembali pulih termasuk kompensasi jika penyakitnya termasuk penyakit berat. Dengan demikian, perusahaan dapat memberikan jaminan bahwa semua pekerja tetap memiliki kondisi fisik sehat dan bugar yang secara langsung juga akan meningkatkan produktivitas perusahaan serta keselamatan dalam bekerja.

## **6.2. Pengaruh Kurangnya Kualitas Tidur Seseorang Terhadap Kinerja Mengemudi**

Tidur merupakan salah satu hal terpenting dalam kehidupan manusia. Pada waktu tidur, tubuh akan memulihkan diri dari penat dan lelah sehingga badan kembali terasa segar. Namun demikian, agar kondisi tubuh pasca tidur menjadi optimum maka perlu diperhatikan kualitas tidur seseorang.

Kualitas tidur tidak semata-mata ditentukan berdasarkan jumlah waktu ketika tidur namun terdapat suatu persyaratan yang harus dipenuhi ketika seseorang tidur. Selain tentunya tempat tidur dan posisi tidur yang memenuhi syarat tertentu, tidurnya seseorang harus memenuhi tahapan-tahapan tertentu dan jumlah siklus tidur optimal. Agnew Jr, et al. (1966) menyatakan bahwa terdapat 5 tahap yang harus dialami agar menghasilkan tidur yang berkualitas :

- a. Tahap NREM 1  
Merupakan tahap awal dari tidur ringan. Pada tahap ini terdapat suatu kondisi transisi dimana seseorang berada diantara bangun dan tertidur. Apabila dibangunkan pada tahap ini, seseorang akan mudah terbangun. Pada kebanyakan orang, tahap 1 berlangsung mulai dari 5 hingga 10 menit.
- b. Tahap NREM 2  
Pada tahap ini, terdapat beberapa reaksi tubuh diantaranya terhentinya pergerakan bola mata, menurunnya suhu tubuh, serta melambatnya detak jantung. Selanjutnya tubuh akan memasuki tahap tidur dalam. Tahap NREM 2 berlangsung selama kurang lebih 20 menit. Seseorang yang berada pada tahap ini masih mudah untuk terbangun.
- c. Tahap NREM 3  
Tahapan dimana merupakan permulaan tidur dalam (*deep sleep*). Pada tahap ini seseorang akan sulit untuk dibangunkan (Arden, J.B., dan Linford, L., 2008) dan jika dipaksakan bangun maka yang bersangkutan akan mengalami kebingungan untuk beberapa menit. Tahap NREM 3 akan berlangsung selama 15-20 menit.
- d. Tahap NREM 4  
Tahap NREM 4 merupakan tahapan tidur dalam kelanjutan dari tahap NREM 3. Pada tahap ini reaksi tubuh lebih intens dibandingkan tahap NREM 3. Sama sekali tidak ada aktivitas dari mata dan otot di beberapa bagian tubuh. Berdasarkan penelitian, tahapan NREM 4 dapat terjadi mulai dari 30 s.d. 45 menit sejak pertama kali tertidur. Dibutuhkan stimulus yang kuat untuk membangunkan orang yang telah tertidur pada tahap NREM 4.
- e. Tahap REM  
Tahap REM merupakan tahapan yang terjadi setelah tidur seseorang melewati tahap NREM 4. Pada tahap ini terjadi reaksi tubuh yang ditandai dengan peningkatan tekanan darah dan denyut nadi serta tidak teratur dan meluasnya frekuensi pernapasan. Selain itu, pada tahap REM juga ditandai dengan adanya pergerakan mata, serta munculnya mimpi yang tampak seperti nyata (*Lucid Dream*). Gejala nyata yang jelas saat periode REM adalah terlihatnya otot kecil yang mengalami kejang-kejang dan juga hilangnya kekuatan otot besar / terasa lemas (Aserinsky E, dan Kleitman N., 1953). Pada tahap ini, seseorang lebih sulit untuk dibangunkan ketimbang ketika yang bersangkutan berada pada tahap NREM 4. Tahap REM tercapai  $\pm$  90 menit dari awal seseorang tidur.

Lebih lanjut, untuk siklus tidur yang normal pada umumnya mengikuti pola : tahap NREM 1 – Tahap NREM 2 – Tahap NREM 3 – Tahap NREM 4 – Tahap NREM 3 – Tahap NREM 2 – Tahap REM. Seseorang akan mengalami rata-rata 5 siklus tidur ketika tidur dengan durasi 8 jam per malam (Gordon, 2013 dan Walcutt, 2013).

Terkait dengan tahapan tidur, terdapat pengaruh yang sangat penting terhadap *recovery* tubuh bagi seseorang yang mengalami 5 tahapan secara sempurna. Ketika seseorang telah mencapai tahap NREM 3 (*deep sleep*) maka terjadi relaksasi otot secara menyeluruh yang dibarengi dengan penurunan tekanan darah. Selain itu pada tahap ini dimulai proses perbaikan jaringan yang rusak, pertumbuhan jaringan baru, penumbuhan tulang dan otot, serta penguatan sistem kekebalan tubuh. Kemudian jika seseorang mencapai tahap

NREM 4 maka di dalam tubuhnya akan terjadi penurunan tonus otot sehingga relaksasi otot lebih intens termasuk pada mata. Pada tahap ini juga terjadi penurunan sekresi lambung. Selanjutnya, pada tahap REM akan terjadi penyegaran otak dan relaksasi syaraf sehingga keseimbangan mental seseorang akan terjaga (menurunkan emosi). Selain itu berdasarkan penelitian, tahap REM akan membantu kemampuan manusia dalam proses pembelajaran, adaptasi, pengingatan (*memory gaining*) serta meningkatkan kreativitas (Greer, 2004).

Ada kalanya seseorang dinyatakan tidurnya tidak berkualitas karena jumlah waktu tidurnya kurang. Oleh karena itu, terkait dengan tidur yang berkualitas terdapat jumlah waktu tidur ideal yang harus dipenuhi agar seseorang tidak dinyatakan mengalami kurang tidur. Berdasarkan penelitian, waktu ideal untuk orang dewasa tidur adalah 7 jam per malam (Hirshkowitz, Max et al., 2014). Waktu tidur minimum tersebut diperlukan agar seseorang dapat mengikuti tahapan proses tidur yang berkualitas dan jumlah siklus tidur yang optimal sehingga proses *recovery* tubuh keseluruhan akan terjadi dengan sempurna.

Terdapat suatu konsekuensi apabila seseorang mengalami gangguan tidur secara teknis. Terganggunya proses ketika melewati tahapan tidur serta terpotongnya jumlah waktu tidur optimal merupakan bentuk gangguan teknis tidur yang dimaksud (Mercola, 2014). Efek gangguan teknis ini akan semakin parah manakala terdapat gangguan tidur lainnya yang berupa non teknis seperti gangguan kejiwaan (*stress*, depresi, halusinasi, dsb), penyakit (*sleep disorder*, *insomnia*, dsb), dll.

Telah diketahui bahwa agar tidur seseorang berkualitas, proses tidur seseorang yang melewati 5 tahapan harus berjalan sempurna. Akan tetapi, dalam prosesnya kadangkadangkang terdapat berbagai macam gangguan yang menyebabkan seseorang terbangun ketika tidur. Apabila seseorang masih berada pada tahap NREM 1 dan NREM 2 maka ketika ada gangguan yang bersangkutan masih mudah untuk bangun. Dan selanjutnya dengan kadar melatonin yang ada maka dapat mudah kembali untuk tidur.

Akan tetapi jika seseorang terbangun pada tahap NREM 3,4 atau tahap *deep sleep* maka akan timbul gejala disoriented (gelagapan, bingung) selama beberapa menit (Hall, 1998). Setelah itu yang bersangkutan harus mulai lagi dari tahap NREM 1 hingga mencapai tahap NREM 3,4 (*deep sleep*) hingga tahap REM padahal waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tahapan-tahapan yang penting tersebut adalah 30 – 90 menit. Sedangkan tahap NREM 3,4 dan REM adalah tahapan-tahapan yang penting untuk *recovery* tubuh baik fisik maupun mental.

Gangguan teknis berikutnya terkait dengan gangguan tidur adalah terpotongnya waktu tidur yang optimal. Berbagai hal disinyalir menjadi penyebab terjadinya pengurangan waktu tidur seseorang. Kemacetan lalu lintas, jadwal kerja, jadwal sekolah, jadwal kuliah memaksa seseorang untuk bangun lebih pagi. Selain itu, penggunaan alat elektronik serta koneksi internet (media sosial, transaksi bisnis online, dsb) juga dapat menyebabkan terganggunya jadwal tidur seseorang. Selain tentunya menimbulkan medan magnet (EMF), penggunaan peralatan elektronik dan gadget yang terkoneksi dengan internet menyebabkan pikiran seseorang tidak dapat diistirahatkan untuk tidur serta menurunkan produksi melatonin. Dengan demikian, penggunaan berbagai perangkat elektronik menjelang tidur merupakan suatu dilema karena di era modern ini manusia dan teknologi

menjadi sesuatu hal yang tidak terpisahkan, selama 24 jam teknologi selalu terkoneksi dengan penggunaannya.

Dua hal kendala teknis mengenai gangguan tidur yang telah dibahas di atas akan menyebabkan waktu tidur seseorang terpotong setiap harinya. Berdasarkan penelitian, satu hari orang terpotong waktu tidurnya secara akumulasi akan menyebabkan seseorang lebih depresi, lelah, dan galau (Kahn et al., 2014). Efek negatif ini tidak akan jauh berbeda dibandingkan dengan efek yang dialami oleh seseorang yang mempunyai waktu tidur terbatas (total 4 jam tanpa gangguan). Ketika dilakukan tes secara *online*, terpotongnya waktu tidur akibat gangguan teknis juga menyebabkan terjadinya penurunan semangat dan motivasi serta meningkatkan kesalahan saat melakukan pengerjaan tes.

Dapat disimpulkan bahwa terpotongnya waktu tidur secara akumulatif akan menimbulkan efek negatif seperti halnya kekurangan tidur seseorang dalam satu hari (tidur terbatas) diantaranya : berkurangnya waktu reaksi jika dibandingkan ketika dalam keadaan cukup tidur; berkurangnya kemampuan untuk berpikir jernih sehingga sulit untuk melakukan proses mengingat, memproses informasi, dan melakukan pengambilan keputusan; menyebabkan peningkatan emosi (mudah marah); serta menurunkan daya kekebalan tubuh (imunitas) sehingga rentan terhadap berbagai penyakit kronis. Hal ini akan berbahaya bagi seseorang yang melakukan kegiatan yang beresiko seperti mengemudi, menggunakan peralatan berat, melakukan operasi, dsb.

Secara jangka panjang, akumulatif kurangnya waktu tidur akan berdampak secara nyata pada kesehatan seseorang. Berdasarkan penelitian, kurangnya waktu tidur secara akumulatif akan menyebabkan peningkatan kemunculan gen yang terkait dengan peradangan, rangsangan kekebalan tubuh, diabetes, resiko kanker, dan stres (BBC News Magazine, 2013). Selain itu terganggunya tidur atau gangguan tidur secara akumulatif dapat juga:

1. Meningkatkan resiko penyakit jantung.
2. Membahayakan otak karena terhentinya produksi sel-sel otak yang baru. *Corticosterone* (hormon stres) meningkat seiring dengan kurangnya tidur. Pembentukan sel-sel otak baru di *hippocampus* menjadi berkurang.
3. Mengurangi kemampuan tubuh untuk mempertahankan berat badan atau menjaga berat ideal tubuh. Metabolisme tubuh untuk merubah suatu keadaan tubuh pada suatu kondisi berat badan tertentu terpengaruh. Proses produksi *leptin* yang membuat tubuh merasa kenyang gagal dilakukan sedangkan proses produksi *ghrelin* yang memacu rasa lapar meningkat.
4. Berkontribusi pada sebuah keadaan pre-diabetes membuat seseorang terus menerus merasa lapar sehingga berpengaruh terhadap penambahan berat badan.
5. Mempercepat pertumbuhan tumor. Kekurangan tidur menyebabkan terhambatnya pembentukan hormon melatonin sementara melatonin mencegah pembentukan sel-sel kanker. Melatonin akan memicu sel kanker untuk menghancurkan diri sendiri. Selain itu hormon ini juga mengganggu pasokan darah baru tumor yang dibutuhkan untuk pertumbuhan cepat sel tumor tersebut.

6. Berkontribusi pada penuaan dini karena terjadinya gangguan produksi hormon pertumbuhan. Hormon ini diproduksi oleh kelenjar dibawah otak (*pituitary gland*) saat fase tidur dalam (*deep sleep*) serta saat melakukan latihan dengan interval intensitas tinggi (*high intensity interval training*).
7. Meningkatkan tekanan darah.
8. Meningkatkan resiko kematian yang diakibatkan oleh penyebab apapun.

### 6.3. Terminologi Kelelahan dan Mengantuk

Dr. Andreas Prasadja, seorang narasumber pada suatu diskusi yang diselenggarakan oleh IBC (*Independent Bikers Community*) dengan tema ”*Mengantuk itu Bahaya*”, menyatakan bahwa terdapat perbedaan definisi antara mengantuk dan kelelahan. *Fatigue* atau kelelahan dapat diartikan bahwa tubuh membutuhkan waktu untuk beristirahat sejenak. Apabila seseorang mengalami kelelahan maka dirinya belum tentu harus tidur. Seseorang dapat saja mengatasi kelelahan yang timbul dengan menghirup udara segar atau melakukan sesuatu yang dapat mengalihkan perhatian.

Mengantuk berbeda hal dengan kelelahan. Mengantuk adalah suatu fase dimana seseorang akan berkurang tingkat kesadarannya dikarenakan tubuhnya membutuhkan waktu untuk beristirahat total, berhenti dari semua kegiatan yang dilakukan. Mengantuknya seseorang menandakan bahwa tubuhnya memerlukan tidur untuk beristirahat.

Seseorang yang sudah mengantuk dapat diartikan bahwa yang bersangkutan kurang tidur. Akan tetapi, kurang tidurnya seseorang bukan berarti jam tidur seseorang tersebut sedikit. Terdapat banyak kasus ditemukan dimana seseorang yang sudah tidur selama 7 (tujuh) jam pada malam hari namun keesokan harinya masih tetap mengantuk. Dengan demikian, terdapat berbagai hal yang dapat menyebabkan seseorang mengantuk selain kurang tidurnya seseorang.

Salah satu contoh penyebab mengantuknya seseorang yang terkait dengan masalah tidur adalah mengenai berkualitas atau tidaknya tidur seseorang. Kualitas tidur seseorang yang baik adalah jika dilakukan dalam posisi yang sesuai dengan ketentuan serta jika dilakukan di tempat tidur yang sesuai dengan ukuran postur badannya. Lain halnya apabila seorang pengemudi tidur di tempat peristirahatan. Kualitas tidurnya belum tentu terjamin apalagi jika posisi tidurnya dilakukan sambil duduk.

Terdapat efek negatif dari kurang tidurnya seseorang. Reaksi dan konsentrasi dapat menurun secara drastis. Bahaya terhadap keselamatan dapat timbul dari efek negatif ini terutama jika terjadi pada seorang pengemudi kendaraan. Menurunnya reaksi dan konsentrasi dapat berakibat pada terjadinya kesalahan dalam pengambilan keputusan atau melakukan tindakan antisipasi terhadap kondisi kritis yang ada di jalan. Selain membahayakan diri sendiri, pengemudi yang mengantuk juga dapat membahayakan pengguna jalan yang lain.

### 6.4. Simulasi Dinamika Kendaraan Dalam Memprediksi Kecepatan Sesaat Mobil Bus

Kecepatan sesaat merupakan satu diantara berbagai parameter penting yang perlu diketahui pada pergerakan kendaraan. Terjadinya dinamika kendaraan yang tidak seharusnya yang menyebabkan terjadinya kecelakaan dapat bermula dari kecepatan sesaat kendaraan yang melebihi aturan yang ditetapkan. Kendaraan bergerak keluar jalur, terguling, ataupun tidak mudah diberhentikan merupakan berbagai akibat dari kecepatan sesaat yang terlampaui tinggi (*overspeeding*). Tingkat fatalitas tinggi yang disebabkan

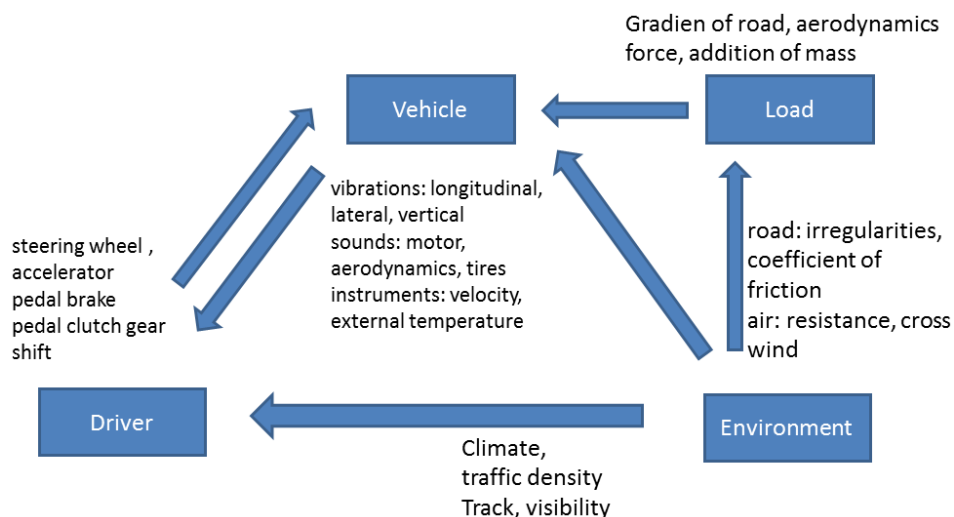
tidak berfungsinya berbagai perangkat pelindung kendaraan (*crashworthiness*) ataupun juga perlengkapan keselamatan jalan (*guardrail, cushion*) sangat erat kaitannya dengan kecepatan sesaat kendaraan sebelum terjadinya benturan.

Permasalahan utama pada kendaraan di Indonesia terutama kendaraan umum adalah tidak dilengkapinya kendaraan dengan perangkat pencatat kecepatan kendaraan (*blackbox*). Hal ini akan sangat menyulitkan terutama apabila terjadi kecelakaan dimana tidak ada kesaksian ataupun rekaman CCTV pergerakan kendaraan sesaat sebelum terjadinya kecelakaan. Prediksi kecepatan sesaat menjadi sesuatu hal yang rumit dan menyulitkan sehingga proses investigasi suatu kecelakaan lalu lintas membutuhkan waktu yang sangat lama.

Walaupun demikian, dinamika kendaraan sebagai suatu disiplin ilmu dapat digunakan jembatan untuk menginvestigasi kecelakaan yang terjadi termasuk prediksi suatu kecepatan sesaat. Berdasarkan teori, luas wilayah lingkup dinamika kendaraan utamanya terdiri atas 4 bagian komponen yakni : pengemudi, kendaraan, beban, dan lingkungan (Rill, 2006). Pengemudi adalah sebagai komponen yang memberikan input pada kendaraan agar kendaraan dapat bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan. Komponen kendaraan akan merespons input dari pengemudi dan bergerak untuk merespons input yang diberikan. Beban adalah suatu komponen yang akan berinteraksi dengan kendaraan dan mempengaruhi performa atau kinerja dari pergerakan kendaraan. Komponen lingkungan dapat mempengaruhi komponen pengemudi, kendaraan, dan beban. Lingkungan sifatnya sebagai penentu performa ketiga komponen yang dipengaruhi. Parameter lingkungan disini adalah meliputi *track* pergerakan kendaraan, kepadatan lalu lintas, cuaca, dan jarak pandang (*visivility*).

Permana (2014:17) menyatakan :

*Interaksi akan terjadi pada keempat komponen dinamika kendaraan. Interaksi yang ada dapat bersifat saling pengaruh-mempengaruhi atau hanya searah. Interaksi antara komponen pengemudi dan kendaraan merupakan interaksi yang saling pengaruh-mempengaruhi. Performa kendaraan dapat menjadi input bagi pengemudi untuk membuat suatu keputusan, begitu pula sebaliknya pergerakan kendaraan sebagai output dihasilkan dari input tindakan pengemudi dalam merespons suatu kondisi. Untuk interaksi antara komponen lingkungan ke komponen pengemudi, komponen lingkungan ke komponen beban, komponen beban ke komponen kendaraan adalah interaksi yang bersifat searah. Artinya interaksi tersebut tidak dapat saling pengaruh-mempengaruhi. Hubungan interaksi antara 4 komponen dinamika kendaraan digambarkan pada Gambar 24.*



**Gambar 24. Bagan interaksi antara komponen-komponen dalam dinamika kendaraan (Sumber : Permana (2014)).**

Pada kasus kecelakaan ini, ilmu dinamika kendaraan dapat diimplementasikan untuk merekonstruksi terjadinya kecelakaan. Simulasi dinamika kendaraan merupakan salah satu cara untuk mengetahui apa yang terjadi pada kendaraan yang dilintaskan pada suatu lintasan tertentu (Permana, 2014). Momen kunci peristiwa kecelakaan adalah bermula dari pergerakan mobil bus yang bergerak keluar jalur menabrak median jalan.

Pada kejadian kecelakaan dapat dipahami bahwa mobil bus dengan massa tertentu yang bergerak dengan kecepatan tertentu melewati suatu lengkungan jalur tol akan mendapat gaya sentrifugal. Gaya ini akan menyebabkan terhempasnya mobil bus ke arah menjauhi gerakan membeloknya mobil bus. Besaran gaya sentrifugal yang terjadi tentunya akan sebanding dengan kecepatan sesaat mobil bus saat berbelok. Pertanyaan selanjutnya adalah bagaimana pergerakan kendaraan sesungguhnya yang terjadi sebelum kendaraan mulai terhempas sehingga rangkaian cerita akan menjadi cocok secara keseluruhan.

Untuk merekonstruksi terjadinya kecelakaan hingga didapatkan kecepatan sesaat maka diperlukan berbagai bukti-bukti dan temuan investigasi. Berdasarkan informasi benturan, jejak ban, dan goresan pada subbab 1.4 didapatkan bahwa terdapat kemungkinan pergerakan kendaraan yang posisinya berada pada bahu jalan. Setelah menabrak median jalan kemudian mobil bus terbalik dengan sisi kanan mobil bus berada di permukaan jalan. Selanjutnya mobil bus terseret, meluncur menuju tebing, dan terhenti setelah bertabrakan dengan tebing.

Hasil wawancara juga menunjukkan hal-hal signifikan yang dapat menunjukkan kemungkinan pergerakan kendaraan, diantaranya :

- a. Beberapa saat sebelum mobil bus melewati tikungan terakhir, mobil bus tidak mengurangi kecepatan dan menyiap kendaraan lain (Mobil Avanza);
- b. Pengemudi menyiap kendaraan lain di tikungan;
- c. Pengemudi mengemudikan kendaraan seperti mengemudikan kendaraan kecil.

Kemudian berdasarkan bukti-bukti di lapangan yang telah dibahas dan juga informasi lain yang terdapat pada subbab 1.10. poin 1 dan 2 maka terdapat suatu asumsi rangkaian kejadian kecelakaan sebagai berikut :

1. Posisi mobil Avanza berada di lajur utama jalan;
2. Mobil bus menyiap mobil Avanza pada lajur bahu jalan;
3. Sambil menyiap dengan kecepatan tinggi, mobil bus menikung ke arah kiri;
4. Terkena gaya sentrifugal yang sebanding dengan kecepatan sesaat ketika menikung, mobil bus terhempas ke arah median jalan namun pengemudi tetap berusaha membelokkan kendaraan. Hal ini dibuktikan dengan kemunculan jejak ban yang bermula dari bahu jalan (Gambar 10).

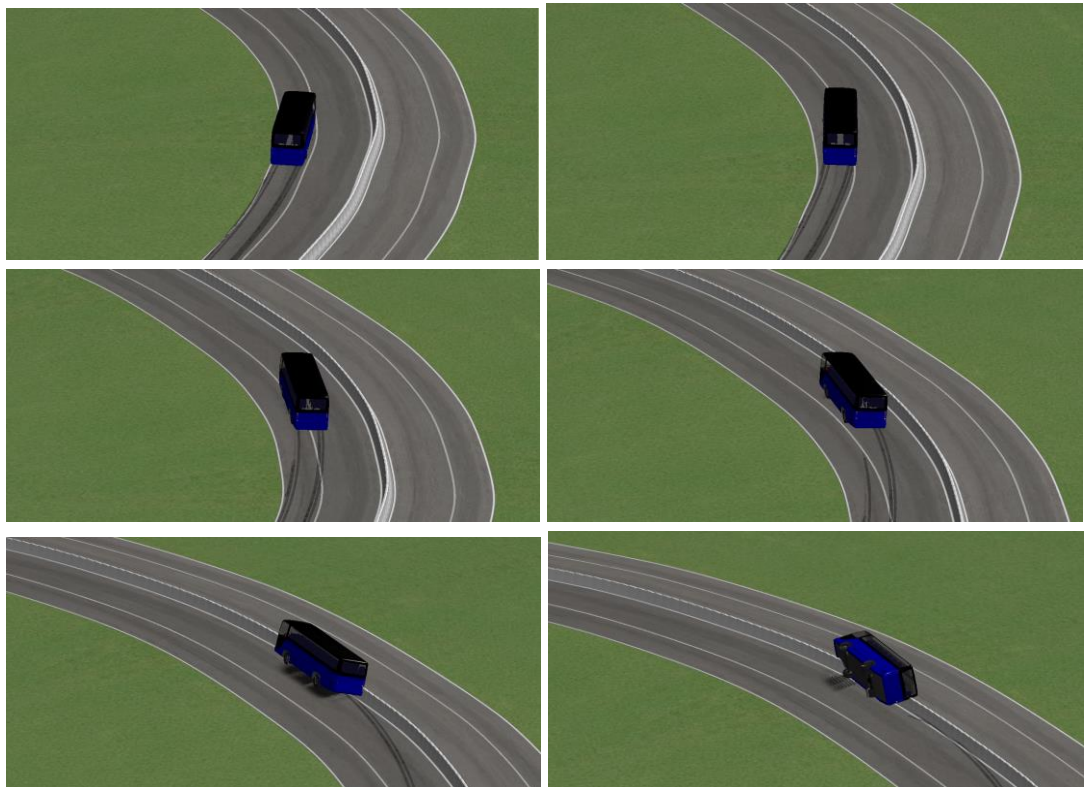
Langkah selanjutnya adalah membuktikan asumsi rangkaian kejadian dengan mensimulasikan dinamika kendaraan menggunakan *software* khusus (TruckSim ®). Penggunaan *software* harus mempertimbangkan secara detil aspek-aspek komponen dinamika kendaraan mulai dari pengemudi, kendaraan, beban, dan lingkungan. Penjabaran komponen dinamika kendaraan pada simulasi pergerakan kendaraan dapat dirangkum sebagai berikut :

- a. Pengemudi  
Waktu reaksi pengemudi di bawah normal ( $t_{preview} > 1$  detik). Kendaraan dikemudikan pada bahu jalan. Mobil bus dikemudikan pada kecepatan tinggi dengan besaran akselerasi diasumsikan 0.2 (menjelang tikungan).
- b. Kendaraan  
Mobil bus sesuai dengan spesifikasi teknis yakni Mercedes OH 1526. Kinerja sistem pengereman normal. Lokasi ketinggian COG diperkirakan 1250 mm dari permukaan tanah.
- c. Beban  
Mobil bus dipenuhi 64 orang penumpang. Massa penumpang terdistribusi merata serta berat rata-rata penumpang diasumsikan 60 kg. Selain itu diasumsikan masing-masing penumpang membawa oleh-oleh dengan berat 10 kg. Oleh oleh ditaruh di bagasi atas. Lokasi titik berat beban penumpang diperkirakan 2395 mm dan beban barang bawaan diperkirakan 3205 mm.
- d. Lingkungan  
Cuaca tidak hujan sehingga koefisien gesek jalan adalah koefisien gesek normal kering dengan besaran koefisien  $\mu = 0,85$ . Track pergerakan kendaraan adalah pada *highway ramp section* A-C arah Tembalang ke Ungaran. Kondisi lalu lintas diasumsikan lengang.

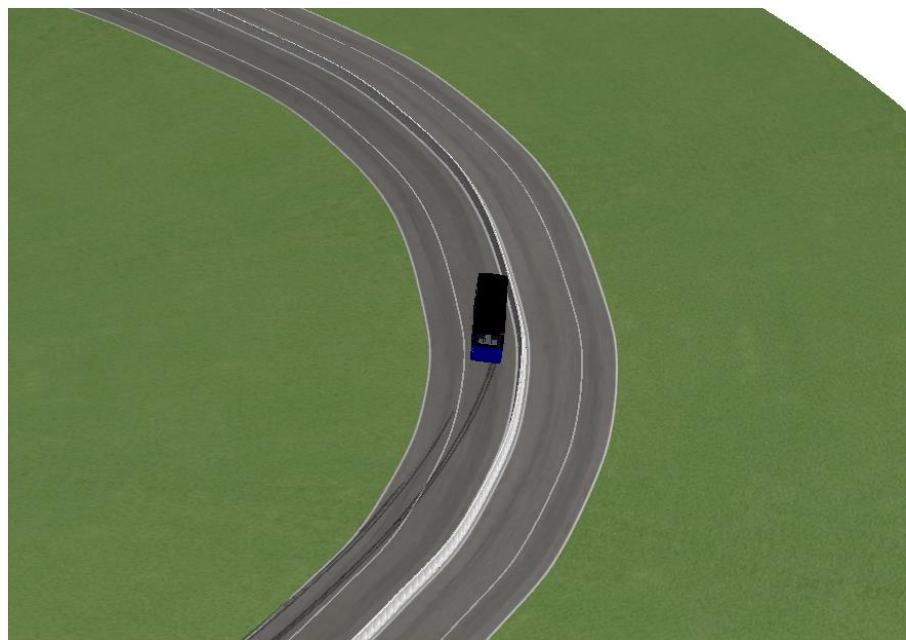
Untuk prosedur simulasi adalah dimulai pada sekitar 130 meter (posisi saat mobil bus diprediksi mulai menyiap kendaraan lain) sebelum titik tikungan kedua (Gambar 27). Pada posisi *start*, mobil bus berada pada lajur bahu jalan. Kemudian kendaraan disimulasikan untuk bergerak mengikuti lajur jalan dan menikung sambil berakselerasi karena menyiap kendaraan lain. Selanjutnya validasi dilakukan sehingga pola gerakan kendaraan ketika keluar jalur mengikuti bukti-bukti temuan di lapangan.

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa mobil bus tidak dapat dikendalikan dan keluar jalur ketika mobil bus berada pada tikungan dengan kecepatan sesaat  $\pm 94$  km/jam. Pola pergerakannya adalah sesuai dengan bukti-bukti temuan di lapangan. Pola jejak ban hasil simulasi (Gambar 26) juga serupa dengan jejak ban mobil bus pada Gambar 9.

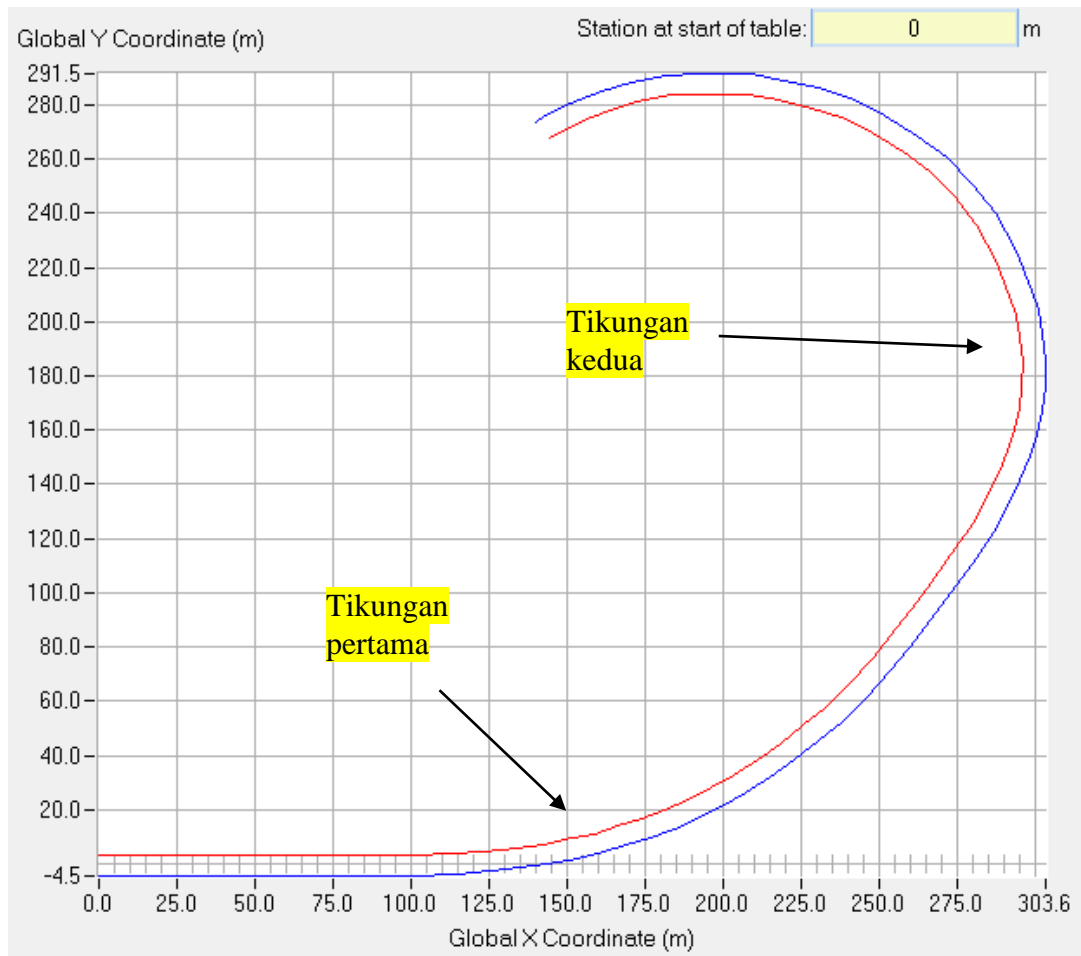




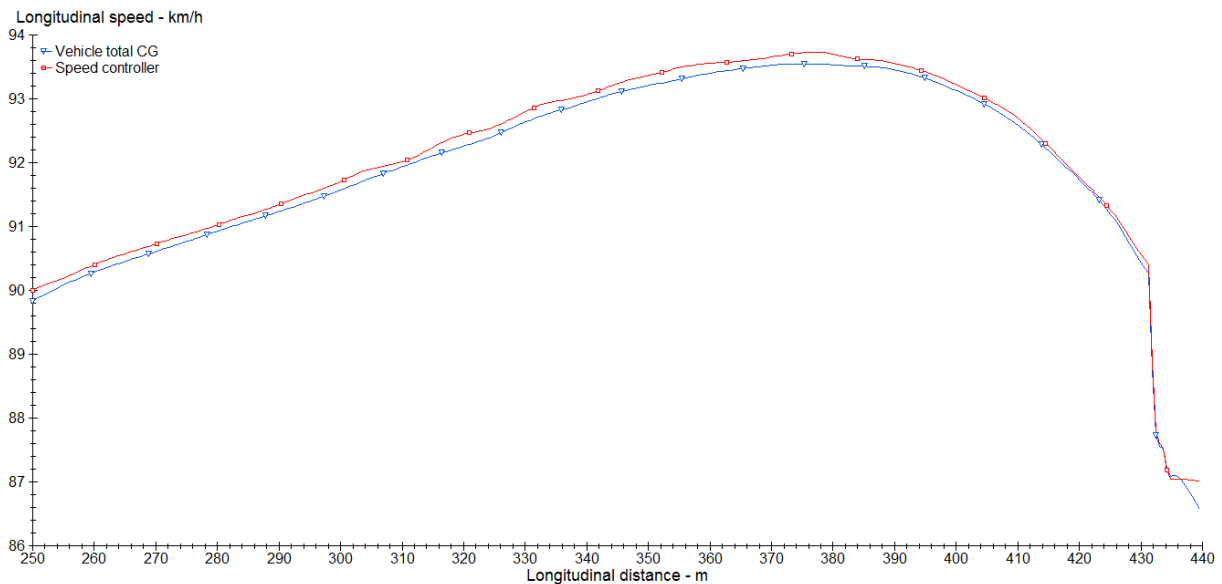
**Gambar 25. Simulasi dinamika kendaraan menggunakan TruckSim mulai dari 100 m menjelang tikungan kedua / tikungan terakhir mobil bus dengan kecepatan sesaat 90 km/jam.**



**Gambar 26. Pola jejak ban hasil simulasi.**



Gambar 27. Section A-C jalur *highway ramp* dari Tembalang Ke Ungaran.



Gambar 28. Plot kecepatan longitudinal mobil bus terhadap posisi pergerakan di jalur *highway ramp* section A-C (posisi 250 m section A-C ekuivalen dengan 130 meter menjelang tikungan kedua / tikungan akhir mobil bus).

## 6.5. Teknologi Marka Untuk Mengurangi Kecepatan Kendaraan

Terdapat penelitian yang membahas aplikasi teknologi marka jalan yang dapat diterapkan pada ruas jalan tol termasuk juga *highway ramp* (Martindale dan Urlich, 2010). Penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi marka melintang efektif dalam menurunkan kecepatan. Berikut adalah risalah eksekutif mengenai hasil penelitian tersebut :

*Speeding is a significant cause of safety problems on New Zealand roads. As speed mitigation measures, road signs and markings are the most cost-effective and widely implemented, but the abundance of signs being used has created a clutter effect, reducing their effectiveness. Alternative devices, whereby the road layout and its associated features can subconsciously inform a driver of the upcoming road conditions, are desired. One such device identified in overseas trials and studies is the speed perceptual countermeasure, transverse road marking.*

*Transverse road markings can be defined as a series of marked (either flat or raised) transverse bars placed across the road in the direction of traffic flow. They are used to assist in raising driver awareness of risk through perceptual optical effects, thus encouraging drivers to reduce their speed in anticipation of an upcoming hazard. The purpose of this report, undertaken in 2008 2010, was to establish an understanding of how transverse road markings affect driver behaviour and speeds in varying environments, and how they can be applied to reduce risk from speeding on hazard approaches in a New Zealand context. This was achieved by undertaking a literature review, and developing and applying a transverse road marking arrangement at two New Zealand field trial sites.*

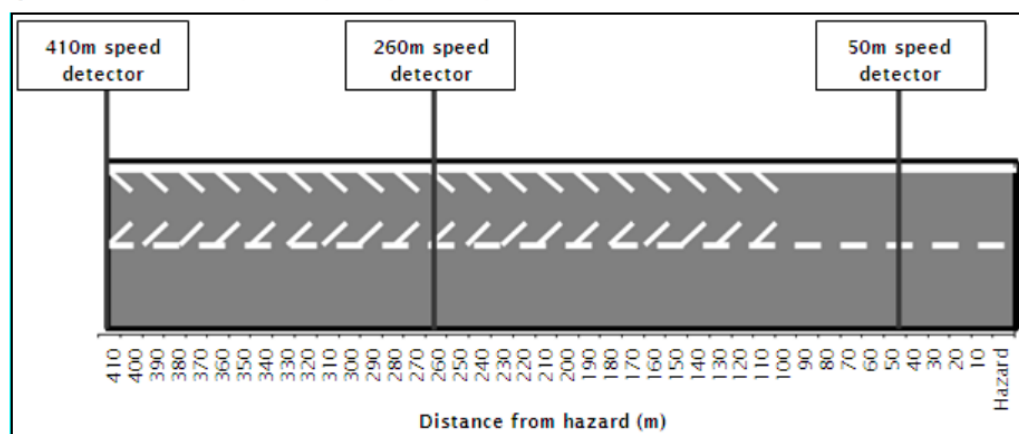
*A review of available national and international literature identified that transverse road markings could be beneficial as a speed mitigation device. Reductions in mean and 85th percentile vehicle speeds were typically observed on hazard approaches after the implementation of a variety of different transverse road marking arrangements. In addition, some studies found a reduction in accident levels at the hazard itself.*

*No specific mention of transverse road marking was found in New Zealand legislation, design guidelines or standards, and no transverse road marking arrangement has been applied in New Zealand prior to this project. However, marking arrangements trialled within driving simulators have shown promise for applications in high-speed rural environments. In the United Kingdom (UK), the primary user of this device, a logarithmically decreasing arrangement has been applied to some motorway roundabouts and off-ramp slips. Transverse markings have also been assessed in Australia on approaches to rural intersections through field trials and driving simulators. This research found that constantly spaced arrangements could display similar speed reduction properties to those of their UK counterparts. As New Zealand's infrastructure typically lacks the large-scale motorway facilities seen in the UK, transverse markings appear to present a greater opportunity to reduce fatal and serious injury crashes caused by speeding on rural hazard approaches, including those leading up to bridges and intersections.*

A methodology for two field trials was developed. It was determined that providing continuity between the field trial methodology and previous New Zealand research would be beneficial. A modified marking arrangement (figure ESI) was adopted:

- Line arrangement: 100mm transverse bars extending at a 60° angle over 1.0m from the edgeline and centreline
- Line spacing: Transverse bars placed at an even 3m spacing for approximately 300m, ending 110m prior to the hazard
- Line colours: White reflectorised road marking in accordance with NZ Transport Agency specifications
- Evaluation: A before-and-after assessment of vehicle operating speeds travelling towards each trial site hazard using a four-second headway. Speeds assessed at three locations within the hazard approach for seven continuous days two weeks prior to, two weeks after and six months after the installation of the marking treatment

Figure ESI Visual concept of adopted layout and speed detector locations



Two transverse road marking trial sites were established in high-speed rural environments, where a reduction in speed is required to safely negotiate the following hazards:

- the southbound approach to the Kimberley/Arapaepae Road intersection on State Highway 57 (SH57)
- the eastbound approach to the Waihenga River Bridge on State Highway 53 (SH53).

Table ESI shows the short- and long-term vehicle speed results. The significance of the mean speed changes was assessed using a full-factorial univariate analysis of variance (ANOVA) with a 95% confidence interval.

The mean and 85th percentile speeds decreased at both treatment sites as vehicles approached either the bridge or intersection hazard. This occurred whether the transverse lines were installed or not. Regardless of the variation between the short- and long-term speed changes, the main effects of the markings were to reduce vehicle speed at the start of the treatment, 410m from the hazard. Consequently, one can assume that the transverse lines have created an alerting property; drivers have reacted to the markings as they are first observed and have entered into the marking treatment at a lower speed out of precaution. Excluding the long-term result found at

SH57, vehicle speeds in the short- and long-term were at levels similar to those recorded pre-installation at the midpoint of both marking treatments. It is possible that during the first 150m of the treatment, drivers became accustomed to the presence of the lines and exhibited a habitual response. Based on the long-term speed data, 50m from each hazard, it was found that vehicles arrive at lower speeds than they did prior to the installation of the lines. One possible reason for this is that the heightened perception of risk induced upon entering the marking treatment better prepared drivers to identify the visual cues associated with either the bridge or intersection hazard.

In addition to the overall speed results, ANOVA was used to determine whether any variations in the speed change trends were present between the weekday/weekend periods. In this way, it would be possible to estimate if the markings were more influential on commuter (weekday) or occasional (weekend) drivers. The speed change trends were also reviewed for light and heavy vehicles to see if the markings had varied effects on drivers of different vehicle classes. The analysis concluded that the change in mean vehicle speed was unrelated to either of the two factors. Transverse markings had the same effect on both commuter and occasional drivers travelling through the treatment. Likewise, the markings had the same effect on drivers of either light or heavy vehicles.

Table ES1 Overall speed results for each trial site

Period	Statistic	Distance from hazard		
		410m	260m	50m
<b>SH57 Arapaepae Road/Kimberley Road intersection</b>				
Before installation	Mean speed (km/h)	91.0	80.6	56.0
	85th percentile (km/h)	103.3	95.0	69.4
2 weeks after	Mean speed (km/h)	89.7	80.0	57.6
	85th percentile (km/h)	102.2	94.7	69.9
Short- term speed change	Marginal mean speed (km/h)	- 1.3*	- 0.6	1.6*
	85th percentile (km/h)	- 0.8*	- 0.3	0.5*
6 months after	Mean speed (km/h)	87.1	77.8	53.2
	85th percentile (km/h)	100.0	92.5	67.1
Long- term speed change	Marginal mean speed (km/h)	- 3.9*	- 2.7*	- 2.8*
	85th percentile (km/h)	- 3.3*	- 2.5*	- 2.3*
<b>SH53 Waihenga River Bridge</b>				
Before installation	Mean speed (km/h)	82.3	82.3	78.8
	85th percentile (km/h)	97.4	96.5	90.8
2 weeks after	Mean speed (km/h)	79.7	83.1	78.6
	85th percentile (km/h)	94.5	97.2	91.6
Short- term speed change	Marginal mean speed (km/h)	- 2.6*	0.9	- 0.2
	85th percentile (km/h)	- 2.9*	0.7	0.8
6 months after	Mean speed (km/h)	70.1	83.5	70.7
	85th percentile (km/h)	94.2	99.7	84.6
Long- term speed change	Marginal mean speed (km/h)	- 12.2*	1.2	- 8.1*
	85th percentile (km/h)	- 3.2*	3.2	- 6.2*

\*speed change is statistically significant

*The literature review and field trials demonstrated that transverse road markings could be used as a practical speed mitigation device on high-speed, rural hazard approaches in New Zealand. Statistically significant mean speed reductions were determined at intervals within the transverse marking treatment. Consequently, it is recommended that further trials be conducted to allow for more accurate and empirical evidence to be collected. This will allow a standardised procedure for transverse road marking in New Zealand to be formalised. If these trials are undertaken, consideration should be given to methodological improvements, such as a reduction of the treatment length, and of the distance between the start and finish of the markings prior to the hazard. More visually pronounced lines may also increase the size of the speed reduction. This could be achieved by increasing the widths of the transverse bars to around 500mm and by increasing the spacing gap.*

*In summary, the overall success or failure of transverse road markings as an accident prevention measure should not be purely based on the changes in vehicle speed. Because of the limited time available for this trial, the hypothesis that a positive relationship possibly exists between reduced travel speed and a reduction in speed-related crashes has been assumed. The markings effect on safety through a reduced accident history will be a more telling statistic to judge their overall effectiveness by.*

---

## 7. REFERENSI

---

Agnew Jr., H. W., Webb, W.B., dan Williams R.L. 1966. *The First Night Effect: An Eeg Study of Sleep*.

Almendrala, Anna. 2015. *Driving Home After A Night Shift Is Way More Scary Than You Thought*, The Huffington Post. [http://www.huffingtonpost.com/entry/driving-after-a-night-shift-is-seriously-dangerous-confirms-study\\_us\\_5679ed6ce4b06fa6887f6533](http://www.huffingtonpost.com/entry/driving-after-a-night-shift-is-seriously-dangerous-confirms-study_us_5679ed6ce4b06fa6887f6533), [diakses November 2016]

Arden, J.B., dan Linford, L. 2008. *Brain-Based Therapy with Adults: Evidence-based Treatment for Everyday Practice*, John Wiley & Sons Publisher.

Aserinsky E, dan Kleitman N. 1953. *Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep*. Science. 118:273-274.

Balch, Oliver. 2015. *A Hard Day's Night: The Hidden Health Risks of Working The Night Shift*. <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2015/oct/28/night-shift-three-million-workers-health-risks-obesity-cancer-diabetes> [diakses November 2016]

BBC News Magazine. 2013, *How Much Can An Extra Hour's Sleep Change You?* <http://www.bbc.com/news/magazine-24444634> [diakses November 2016]

Gillespie, T. D., 1992, *Fundamental of Vehicle Dynamic*, SAE, Inc.

Gordon, A. M. 2013. *Your Sleep Cycle Revealed*. <https://www.psychologytoday.com/blog/between-you-and-me/201307/your-sleep-cycle-revealed> [diakses November 2016]

Greer, Mark. 2004. *Strengthen Your Brain by Resting It*. Monitor Staff : July/August 2004, Vol 35, No. 7, Print version: page 60.

Hirshkowitz, Max et al. 2014. *National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary*. Journal. Elsevier B.V.

Kahn, Fridenson, Lerer, Bar-Haim, Sadeh. 2014. *Effects Of One Night Of Induced Night-Wakings Versus Sleep Restriction On Sustained Attention And Mood: A Pilot Study*. Elsevier B.V.

Kyle, Simon. 2016. *What Happens If a Person Does Not Sleep*. <https://www.sleepio.com/articles/sleep-science/what-happens-if-a-person-does-not-sleep/> [diakses November 2016]

Martindale, A., dan Urlich, C. 2010. *Effectiveness of transverse road markings on reducing vehicle speeds*. NZ Transport Agency research report 423

Mercola, Joseph M. 2014. *Study: Interrupted Sleep May Be as Harmful as No Sleep at All*. [http://articles.mercola.com/sites/articles/archive/2014/07/24/interrupted-sleep.aspx#\\_edn4](http://articles.mercola.com/sites/articles/archive/2014/07/24/interrupted-sleep.aspx#_edn4) [diakses November 2016]

Newton, Isaac. 2010. *The principia : mathematical principles of natural philosophy*. [S.l.]: Snowball Pub. p. 10. ISBN 978-1-60796-240-3.

Permana, Dwi Bakti. 2014. *Analisis Penyebab Terjadinya Kecelakaan Di Jalan Tol Menggunakan Software Car Simulator (Carsim) Berdasarkan Basis Data Kecelakaan, Studi Kasus : Kecelakaan Kendaraan Niaga di Km 96+500 Tol Cipularang*. Tesis. Institut Teknologi Bandung

Price, Michael. 2011. *The Risk of Night Work*. Monitor Staff, January 2011, Vol 42, No. 1 Print version: page 38. <http://www.apa.org/monitor/2011/01/night-work.aspx> [diakses November 2016]

Richard, Hall. 1998. *Stages of Sleep*. Psychology World. [https://web.mst.edu/~psyworld/sleep\\_stages.htm](https://web.mst.edu/~psyworld/sleep_stages.htm) [diakses November 2016]

Rill, G. 2006. *Vehicle Dynamic 's Lecture Notes*, Fachhochschule Regensburg University of Applied Science Hochschule Für Technik Wirtschaft Soziales

Walcutt, D. 2013. *Stages of Sleep*. Psych Central. <http://psychcentral.com/lib/stages-of-sleep/> [diakses November 2016]



**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](mailto:knkt@dephub.go.id)

