



FORUM GURU BESAR
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG



Orasi ilmiah Guru Besar Institut Teknologi Bandung



KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN Kajian Aspek Kelelahan dan Perilaku

Profesor Hardianto Iridiastadi

Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Bandung

Aula Barat ITB
17 Februari 2024

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
KAJIAN ASPEK KELELAHAN DAN PERILAKU

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN

KAJIAN ASPEK KELELAHAN DAN PERILAKU

Prof. Hardianto Iridiastadi

17 Februari 2024
Aula Barat ITB



Hak cipta © pada penulis dan dilindungi Undang-Undang

Hak penerbitan pada ITB Press

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh bagian dari buku ini tanpa izin dari penerbit

Orasi Ilmiah Guru Besar Institut Teknologi Bandung:

KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN:

KAJIAN ASPEK KELELAHAN DAN PERILAKU

Penulis : Prof. Hardianto Iridiastadi

Reviewer : Prof. Yassierli

Editor Bahasa : Rina Lestari

Cetakan I : 2024

ISBN : 978-623-297-408-1

e-ISBN : 978-623-297-409-8 (PDF)

ITB PRESS

© Gedung STP ITB, Lantai 1,
Jl. Ganesa No. 15F Bandung 40132
☎ +62 22 20469057
🌐 www.itbpress.id
✉ office@itbpress.id
Anggota Ikapi No. 043/JBA/92
APPTI No. 005.062.1.10.2018

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt., karena atas perkenan-Nya buku orasi ilmiah ini dapat diselesaikan pada waktunya. Tulisan pada buku ini merupakan pemikiran dan kumpulan riset yang telah penulis lakukan, yang sesungguhnya dapat terlaksana dengan dorongan dan doa dari orang tua (alm), ayahanda Poedjiadi Soemodimedjo dan ibunda Anna Poedjiadi. Penulis menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya atas dorongan yang tiada henti dan pengorbanan tanpa lelah dari keluarga tercinta, khususnya istri (Fadjar Dewi Yanti) dan putri semata wayang (Sarah Afiyah Hastuti Iridiastadi).

Pemikiran dan riset yang penulis lakukan dimotivasi oleh tingginya angka kecelakaan di jalan raya. Pemerintah telah mengeluarkan Rencana Umum Nasional Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (RUNK) 2021-2040, yang berisi strategi nasional dalam memitigasi permasalahan kecelakaan di jalan raya. Namun demikian, strategi yang baik seperti ini tidak dapat berjalan tanpa dukungan riset keselamatan yang komprehensif. Berbagai riset yang ada selama ini masih relatif minim, khususnya yang mengkaji faktor manusia (seperti kelelahan dan perilaku). Buku orasi ini berisi sejumlah penelitian yang sudah dilakukan di bidang keselamatan transportasi jalan, dengan aspek manusia sebagai fokus kajian. Buku ini juga memuat rencana riset ke depan yang dapat dilakukan oleh para peneliti keselamatan transportasi. Walaupun mungkin tidak seberapa, semoga tulisan hasil riset yang singkat ini dapat memiliki kontribusi dalam membantu pengembangan sistem transportasi jalan raya yang aman, nyaman, dan berkualitas. Terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyusun buku ini.

Bandung, Februari 2024

Hardianto Iridiastadi

SINOPSIS

Dalam 10 tahun terakhir, kecelakaan lalu lintas dan angkutan jalan di Indonesia telah merengut sekitar 3-4 nyawa, suatu fenomena yang sangat memprihatinkan yang selayaknya mendapatkan perhatian serius dari berbagai pemangku kepentingan. Bab 1 pada buku ini menjelaskan gambaran ruang lingkup permasalahan keselamatan lalu lintas dan angkutan jalan. Beberapa isu keselamatan yang bersifat kontekstual juga dipaparkan, termasuk isu kecelakaan lalu lintas yang melibatkan pengguna sepeda motor, kendaraan angkutan barang (truk), dan kecelakaan di jalan tol.

Bab 2 pada buku ini memuat konsep dasar kelelahan, teknik evaluasi, serta strategi mitigasi kelelahan. Konsep dasar kelelahan menarik untuk dikaji, karena pengertian kelelahan dapat berbeda dari satu peneliti ke peneliti lain. Kelelahan merupakan fenomena yang mudah dirasakan, tetapi tidak mudah didefinisikan secara operasional. Kelelahan dapat bersifat kontekstual, dan mudah dipengaruhi oleh latar belakang kultural dan kebiasaan lokal.

Salah satu aspek penting dari faktor manusia adalah perilaku saat mengemudikan kendaraan. Dua pendekatan utama yang lazim digunakan dalam menggali perilaku dijelaskan di Bab 3, termasuk penggunaan kuesioner serta gambaran riil perilaku di lapangan yang diperoleh melalui *naturalistic study*. Pendekatan ini masih sangat jarang dimanfaatkan, namun dipercaya memiliki kekuatan dan kedalaman informasi yang relatif tinggi.

Buku ini diakhiri dengan bab yang memuat rekomendasi serta arah riset, khususnya dalam memahami peran faktor manusia dan keterkaitannya dengan kecelakaan di jalan raya. Bab terakhir ini diharapkan dapat dimanfaatkan oleh para pemangku kepentingan dalam merumuskan strategi mitigasi yang diperlukan dalam menurunkan angka kecelakaan lalu lintas. Bab ini juga diharapkan dapat memotivasi para peneliti lain dalam mengembangkan knowledge tentang kontribusi faktor manusia pada terjadinya kecelakaan lalu lintas dan angkutan jalan.

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
SINOPSIS	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kecelakaan Melibatkan Sepeda Motor	4
1.3 Kecelakaan Lalu Lintas Melibatkan Truk	10
1.4 Kecelakaan di Jalan Tol.....	13
2. KELELAHAN DAN KECELAKAAN JALAN RAYA	17
2.1 Konsep Dasar Kelelahan	17
2.2 Kajian Kelelahan di Indonesia	18
2.3 Mitigasi Kelelahan	22
3. PERILAKU MENGENAL	25
3.1 Identifikasi Perilaku Melalui Kuesioner.....	25
3.2 <i>Naturalistic Driving Study</i>	26
4. REKOMENDASI DAN ARAH RISET.....	29
4.1 Rekomendasi.....	29
4.2 Arah Riset	30
PENUTUP	39
UCAPAN TERIMA KASIH.....	41
DAFTAR PUSTAKA.....	43
CURRICULUM VITAE.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Prinsip dasar pengembangan RUNK LLAJ	4
Gambar 2	Fatalitas berdasarkan pengguna jalan di dunia 2018 (WHO, 2022).	5
Gambar 3	Taksonomi indikator okular	19
Gambar 4	Perbandingan indikator <i>saccadic</i> untuk kondisi terjaga (atas) dan kondisi lelah (bawah)	20
Gambar 5	<i>Keyword network</i> dan <i>overlay visualization</i>	32

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Statistik kecelakaan sepeda motor di Indonesia	6
Tabel 2	Indikator analisa statistik kecelakaan sepeda motor di Indonesia	7
Tabel 3	Faktor yang memengaruhi kecelakaan sepeda motor dan tingkat keparahan	8
Tabel 4	Peluang penelitian keselamatan sepeda motor	33
Tabel 5	Peta jalan penelitian	33

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecelakaan lalu lintas merupakan salah satu isu penting yang dihadapi oleh hampir semua negara di dunia, baik di negara maju maupun negara berkembang. Berdasarkan Global Status Report on Road Safety (WHO, 2018), setiap tahun kecelakaan lalu lintas dan jalan raya berdampak pada hilangnya 1,35 juta jiwa serta cedera yang dialami oleh 50 juta orang di seluruh dunia. Kecelakaan lalu lintas merupakan penyebab kematian nomor satu bagi mereka yang berusia muda (5 – 29 tahun), dan memiliki dampak yang sangat buruk bagi negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Laporan tersebut menunjukkan data tingkat kematian di negara berpenghasilan rendah yang tiga kali lipat lebih besar bila dibandingkan dengan negara-negara berpenghasilan tinggi. Bila menggunakan indeks jumlah kematian per 100.000 penduduk per tahun, Afrika menempati posisi pertama dengan nilai 26,6, sedangkan Eropa memiliki statistik terbaik dengan nilai 9,3. Negara-negara di Asia Tenggara secara rata-rata memiliki nilai 20,7, kedua tertinggi di dunia.

Melalui konsensus, strategi besar telah disusun (WHO, 2018) untuk menurunkan tingkat kematian akibat kecelakaan lalu lintas di seluruh dunia. Penguatan legislasi dan penegakkan peraturan menjadi salah satu pendekatan utama dalam memitigasi permasalahan kecelakaan lalu lintas. Selain itu, sejumlah target telah ditetapkan untuk dicapai dalam kurun waktu 10 tahun (2020 – 2030), melalui lima (5) pilar utama (*road safety management, safe roads and mobility, safe vehicles, safe road users, dan post-crash response*). Sejumlah program diusulkan dalam konsensus tersebut, seperti mengelola kecepatan kendaraan di jalan raya melalui peraturan nasional. Hal ini didasarkan atas fenomena di mana kenaikan kecepatan kendaraan sebesar 1% memiliki keterkaitan erat dengan peningkatan jumlah kematian sebesar 4% serta kenaikan jumlah cedera sebesar 3%. Program tambahan lainnya dalam mengurangi kecelakaan adalah dengan mengelola permasalahan pengemudi yang mabuk, peningkatan kesadaran dalam penggunaan helm, penggunaan sabuk keselamatan, serta penekanan pada aspek perilaku (distraksi atau penggunaan obat-obatan). Perlu digarisbawahi bahwa dampak positif dari

strategi di atas masih belum memenuhi harapan, dan isu keselamatan transportasi jalan raya masih tetap merupakan tantangan besar di seluruh dunia. Namun demikian, laporan ini juga mencantumkan harapan positif bahwa perbaikan akan dapat lebih mudah dicapai melalui peningkatan kolaborasi internasional.

Senada dengan isu yang dihadapi di berbagai negara di dunia, keselamatan transportasi di Indonesia juga telah berada pada tahap yang sangat memprihatinkan. Buku Statistik Transportasi Darat 2022 (BPS, 2023) menunjukkan peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang cukup besar, yang diikuti dengan jumlah kecelakaan lalu lintas yang signifikan. Di 2022, jumlah kendaraan bermotor adalah sebanyak lebih dari 148,3 juta unit (~60% berada di Jawa), dengan 125,3 juta unit (84,5%) adalah sepeda motor. Fenomena ini mungkin dapat dipahami mengingat banyak sekali masyarakat yang memerlukan mobilitas tinggi, namun keadaan sosio-ekonomi mereka tidak memungkinkan untuk membeli mobil penumpang, serta juga didukung oleh kenyataan di mana transportasi publik yang bersifat massal masih belum tersedia secara luas, murah, dengan pelayanan yang berkualitas. Pada buku tersebut dilaporkan rata-rata pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor per tahun antara 2018 – 2022 adalah sebesar 4,05%. Pada kurun waktu tersebut, rata-rata tingkat pertumbuhan sepeda motor menempati urutan pertama sebesar 4,11% per tahun, diikuti dengan pertumbuhan mobil penumpang sebesar 3,73% per tahun. Pertumbuhan jumlah truk per tahun adalah 3,68%, diikuti oleh rata-rata pertumbuhan bus sebesar 2,23%.

Pada kurun waktu 2018 – 2022, jumlah kecelakaan lalu lintas dan angkutan jalan dilaporkan meningkat dengan rata-rata sebesar 6,3% per tahun (BPS, 2023). Di 2022, jumlah kecelakaan mendekati 140,000, sedangkan jumlah kematian adalah sebesar lebih dari 28 ribu orang (setara dengan kurang lebih 3 – 4 orang meninggal dunia per jam yang disebabkan oleh kecelakaan lalu lintas!). Perlu digarisbawahi bahwa lampiran Peraturan Presiden Nomor 1 Tahun 2022 mencantumkan 81% dari jumlah yang meninggal dunia adalah para pengguna sepeda motor. Lampiran tersebut juga mencantumkan data kecelakaan di perlintasan sebidang, dengan data 2020 menunjukkan jumlah insiden (kereta api ditemper orang/kendaraan) sebanyak 689 kejadian, dengan total korban meninggal lebih dari 370 orang.

Kerugian material yang disebabkan oleh kecelakaan lalu lintas dapat mencapai lebih dari 280 miliar rupiah per tahun. Secara ekonomi, dampak ikutan lainnya (material dan non-material, langsung maupun tidak langsung) dapat merupakan jumlah yang sangat besar. Dampak buruk ini dapat mencakup biaya kesehatan dan pemulihan, turunnya produktivitas kerja, kerusakan sarana/prasarana dan lingkungan, serta beban sosial yang harus ditanggung oleh keluarga korban, masyarakat, serta negara. Kerugian ekonomi berdasarkan estimasi Asian Development Bank (ADB) adalah sekitar 3% dari PDB nasional.

Data-data di atas menunjukkan pentingnya sebuah strategi besar yang bersifat komprehensif, dan dapat secara efektif memitigasi kecelakaan lalu lintas pada skala nasional. Sejumlah pemangku kepentingan telah berusaha keras memiliki peran dan berkontribusi secara aktif dalam meningkatkan keselamatan transportasi nasional. Di awal 2022, pemerintah melalui Peraturan Presiden Nomor 1 Tahun 2022 telah menetapkan Rencana Umum Nasional Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (RUNK LLAJ), yang berisi strategi nasional sepanjang 2021 – 2040 (Gambar 1). Mengikuti WHO (2018), RUNK LLAJ juga menerapkan lima pilar (sistem, jalan, kendaraan, pengguna jalan, serta penanganan korban kecelakaan) sebagai program keselamatan nasional. Program strategis ini mencakup pengembangan kebijakan dan peraturan, kerja sama antarkementerian dan institusi pemerintah, kerja sama lintas sektoral, serta pengembangan peran penting yang melibatkan pemerintah daerah. Program-program yang telah dicanangkan oleh pemerintah diprediksi telah berhasil menurunkan tingkat kematian per 10,000 kendaraan sebesar 42%; namun demikian, capaian indeks jumlah kematian per 100,000 penduduk (2016 – 2020) masih jauh dari target yang telah dicanangkan.

Faktor manusia memiliki peran penting atas terjadinya kecelakaan di jalan raya, dengan kontribusi yang dapat mencapai 75-90%. Angka ini, namun demikian, dapat berbeda dari satu negara ke negara lain. Dua aspek utama dari faktor manusia sering kali dibahas di literatur, termasuk aspek kelelahan dan perilaku saat mengemudikan kendaraan bermotor (dijelaskan di Bab 2 dan Bab 3). Kedua aspek ini tidak mudah untuk didefinisikan secara operasional, dan memiliki keterkaitan erat dengan latar belakang kultural dan kebiasaan sehari-hari. Kecelakaan lalu lintas juga tidak terlepas dari jenis alat transportasi yang terlibat, maupun jenis jalan yang digunakan. Pada bagian

selanjutnya di bab ini akan dijelaskan secara ringkas kecelakaan yang melibatkan sepeda motor, kendaraan bermotor angkutan barang (truk), serta kecelakaan yang terjadi di jalan bebas hambatan.



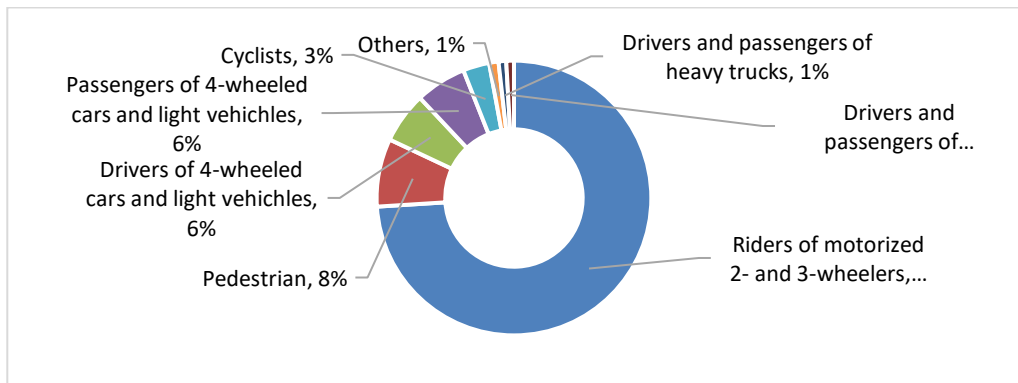
Gambar 1 Prinsip dasar pengembangan RUNK LLAJ

1.2 Kecelakaan Melibatkan Sepeda Motor

Keselamatan pengendara sepeda motor menjadi perhatian utama di banyak negara berkembang (Susilo dkk., 2015). Di negara berkembang, sepeda motor menjadi penyumbang sebagian besar lalu lintas di jalan (Dandona dkk., 2006). Sepeda motor menjadi sarana transportasi yang diminati di Asia, terutama Asia Tenggara karena memiliki keunggulan dalam hal keterjangkauan (*affordability*), fleksibilitas (*flexibility*) dan kemampuan manuver (*manoeuvrability*) di jalan sempit khas di negara Asia Tenggara (Susilo dkk., 2015). Namun demikian, sepeda motor memiliki perlindungan yang minim (Rezapour dkk., 2020), sehingga dalam kejadian kecelakaan maka pengendara sepeda motor memiliki risiko kematian 27 kali lebih tinggi dibandingkan pengemudi kendaraan bermotor lain yang dilindungi oleh sabuk pengaman dan *airbag* saat terjadi kecelakaan, misalnya tabrakan (Li dkk., 2021a).

World Health Organization (WHO) dalam *Global Status Report on Road Safety 2018* melaporkan fatalitas kecelakaan jalan raya 1,3 juta per tahun dan berdampak signifikan pada usia 5–29 tahun (WHO, 2022). WHO juga melaporkan fatalitas korban kecelakaan jalan raya berdasarkan pengguna jalan seperti ditampilkan pada Gambar 2. Gambar ini menunjukkan tingkat fatalitas korban kecelakaan yang melibatkan sepeda motor baik roda 2 dan roda 3 yang mencapai 75%. Kondisi ini terutama terjadi di negara berkembang berpenghasilan rendah dan menengah (WHO, 2022; Syahriza, 2019; Ang dkk., 2020). Thailand, Indonesia, dan Kamboja merupakan tiga negara berkembang di Asia Tenggara dengan tingkat fatalitas kecelakaan sepeda motor sebesar

(berturut-turut) 73%, 74%, dan 74%. Angka ini akan terus meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dan peningkatan jumlah penggunaan sepeda motor pada lima tahun terakhir 2017 – 2021.



Gambar 2 Fatalitas berdasarkan pengguna jalan di dunia 2018 (WHO, 2022).

Data mentah maupun data statistik kecelakaan lalu lintas merupakan komponen penting yang dapat digunakan sebagai basis dalam mengembangkan arah mitigasi. Sangat disayangkan bahwa data-data ini (yang disimpan oleh Kepolisian RI) sifatnya adalah rahasia, dan tidak dapat diakses secara terbuka. Hal ini tentu menyulitkan para peneliti keselamatan transportasi, karena beberapa informasi penting (seperti faktor penyebab atau mekanisme terjadinya kecelakaan) tidak mudah diperoleh, yang sesungguhnya penting dalam menuntun arah penelitian yang perlu dilakukan.

Data jumlah penduduk dan jumlah sepeda motor dapat diperoleh secara daring dari website Badan Pusat Statistik <https://www.bps.go.id/id> dari 2017 sampai 2021. Data terkait kecelakaan lalu lintas di Indonesia cukup sulit didapatkan secara daring. Beberapa situs daring yang menampilkan data kecelakaan sepeda motor tidak mencantumkan sumber yang jelas. Website resmi Korlantas POLRI menampilkan data harian kecelakaan lalu lintas, namun tidak menampilkan secara detail kendaraan yang terlibat dalam kecelakaan, data per bulan ataupun per tahun. Melalui upaya yang panjang dan prosedur yang tidak mudah, data mentah kecelakaan lalu lintas yang melibatkan sepeda motor akhirnya dapat diperoleh di 2022. Tabel 1 **Error! Reference source not found.** menampilkan rangkuman statistik kecelakaan sepeda motor di Indonesia dan tujuh pulau.

Tabel 1 Statistik kecelakaan sepeda motor di Indonesia

		2017	2018	2019	2020	2021	Rata-rata kenaikan
Indonesia	#Penduduk	261.890.900	265.015.300	268.074.300	270.204.000	272.682.400	1,0%
	#Sepeda motor	100.114.459	106.836.995	112.771.136	115.023.039	121.149.304	4,9%
	#Kecelakaan	101.941	142.305	154.971	130.269	136.318	9,3%
	#Fatalitas	27.165	34.360	31.470	29.779	31.359	4,5%
Jawa	#Penduduk	148.173.100	149.635.600	151.061.500	151.591.300	152.787.800	0,8%
	#Sepeda motor	59.436.758	63.334.913	67.033.394	68.387.436	71.356.117	4,7%
	#Kecelakaan	61.988	85.556	99.720	83.304	86.499	10,5%
	#Fatalitas	15.031	18.794	17.966	16.632	17.633	4,8%
Kalimantan	#Penduduk	15.924.100	16.209.800	16.491.700	16.625.800	16.817.400	1,4%
	#Sepeda motor	7.333.772	8.099.673	8.404.542	8.578.818	9.113.663	5,6%
	#Kecelakaan	3.096	4.200	4.427	3.999	45.11	11,0%
	#Fatalitas	1.464	1.936	1.710	1.643	1.873	7,7%
Maluku	#Penduduk	2.954.000	3.006.400	3.058.700	3.131.800	3.161.800	1,7%
	#Sepeda motor	420.901	458.236	498.175	512.233	516.616	5,3%
	#Kecelakaan	578	797	654	600	624	3,9%
	#Fatalitas	227	365	318	325	295	10,2%
Nusa Tenggara	#Penduduk	14.489.400	14.677.400	14.863.500	14.963.100	15.140.400	1,1%
	#Sepeda motor	5.436.194	5.777.121	6.138.551	6.253.250	6.627.781	5,1%
	#Kecelakaan	4.827	8.019	8.213	5.612	6.055	11,2%
	#Fatalitas	1.478	1.945	1.898	1.512	1.323	-0,9%
Papua	#Penduduk	4.180.600	4.260.000	4.338.900	5.437.800	5.512.200	7,6%
	#Sepeda motor	609.738	627.659	647.594	673.138	723.820	4,4%
	#Kecelakaan	1.507	2.586	1.678	2.291	1.782	12,7%
	#Fatalitas	304	498	235	355	327	13,5%
Sulawesi	#Penduduk	19.219.200	19.461.600	19.699.800	19.896.900	20.077.000	1,1%
	#Sepeda motor	5.711.793	6.124.243	6.523.266	6.660.565	7.090.694	5,6%
	#Kecelakaan	12.582	17.031	14.422	11.520	13.260	3,8%
	#Fatalitas	2.327	3.014	2.580	2.480	2.621	4,2%
Sumatera	#Penduduk	56.950.500	57.764.500	58.560.200	58.557.300	59.185.800	1,0%
	#Sepeda motor	21.165.303	22.415.150	23.525.614	23.957.599	25.720.613	5,0%
	#Kecelakaan	17.363	24.116	25.857	22.943	23.587	9,4%
	#Fatalitas	6.334	7.808	6.763	6.832	7.287	4,4%

Tabel 1 memperlihatkan bahwa Pulau Jawa mendominasi data statistik kecelakaan sepeda motor. Data Pulau Jawa pada 2021 menunjukkan jumlah penduduk 152.787.800 orang yang setara dengan 56% seluruh penduduk Indonesia. Kepemilikan sepeda motor mencapai 71.356.117 unit yang setara dengan 58,9% seluruh sepeda motor di Indonesia. Tingginya jumlah penduduk dan sepeda motor sejalan dengan jumlah kecelakaan sepeda motor yang terjadi, yaitu sebanyak 86.499 kejadian yang setara dengan 63,5% seluruh

kecelakaan sepeda motor di Indonesia. Berdasarkan Tabel 1 **Error! Reference source not found.**, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan indikator analisis statistik kecelakaan sepeda motor di Indonesia. Rangkuman hasil perhitungan indikator berupa indeks kecelakaan per 10.000 sepeda motor dan per 100.000 penduduk, indeks fatalitas per 10.000 sepeda motor dan per 100.000 penduduk, indeks fatalitas per kecelakaan, tingkat keparahan korban dan kerugian materiel dan imateriel ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Indikator analisa statistik kecelakaan sepeda motor di Indonesia

Indikator	Paling Banyak / Paling Besar (rata-rata 2017-2021)		Paling Sedikit / Paling Kecil (rata-rata 2017-2021)	
Jumlah Kecelakaan	Jawa	83.413	Maluku	651
Indeks Kecelakaan per 10.000 Sepeda Motor	Papua	30,10	Kalimantan	4,86
	Sulawesi	21,59		
Indeks Kecelakaan per 100.000 Penduduk	Sulawesi	70,0	Maluku	21,3
Jumlah Kematian (Fatalitas)	Jawa	17.211	Maluku	306
			Papua	344
Indeks Fatalitas per 10.000 Sepeda Motor	Maluku	6,36	Kalimantan	2,08
Indeks Fatalitas per 100.000 Penduduk	Sulawesi	13,2	Papua	7,37
Kematian (Fatalitas) per Kecelakaan	Maluku	0,47	Sulawesi	0,19
	Kalimantan	0,43	Papua	0,17
% Kematian (Fatalitas) terhadap korban nasional	Jawa	8,12%	Maluku	0,14%
% Luka Berat	Sumatera	2,82%	Maluku	0,15%
% Luka Ringan	Jawa	49,08%	Maluku	0,33%
Kerugian Materiiil	Jawa	Rp67.531.838.530	Maluku	Rp2.551.849.980
Kerugian Imateriil	Papua	Rp5.765.771.700	Maluku	Rp114.410.000

Berbagai studi umumnya sepakat bahwa tingkat keparahan dari sebuah kecelakaan lalu lintas dapat dikategorikan menjadi fatalitas (kematian), cedera berat, cedera ringan dan tidak ada cedera (Cunto & Ferreira, 2016; Islam dkk., 2016; Islam & Brown, 2017). Literatur umumnya menunjukkan empat faktor yang memengaruhi terjadinya kecelakaan, yaitu faktor manusia/pengendara, jalan, kendaraan, dan lingkungan. Tabel 3 berikut ini memberikan gambaran bagaimana para peneliti mencoba mengklasifikasi perilaku pengemudi sepeda motor.

Tabel 1 Faktor yang memengaruhi kecelakaan sepeda motor dan tingkat keparahan

No	Peneliti	Pengendara			Jalan		Kendaraan		Lingkungan	
		Karakteristik	Perilaku	Kondisi	Karakter	Ukuran Mesin	Kondisi Kendaraan	Cuaca	Cahaya	Waktu
1	Jimenez dkk., 2015				Jalan Perkotaan, Jalan Pedesaan					
2	Barzegar dkk., 2020	Usia, Jenis kelamin, Pekerjaan								
3	Manan dkk., 2018				Jalan Arteri, Jalan Konektor					
4	Wu dkk., 2018									
5	Yamaguchi dkk., 2018	Kepemilikan SIM								
6	Halbersberg dan Lemer, 2019	Usia								
7	Rome dkk., 2016		APD							
8	Uttra dkk., 2020a		Error, Stunt, APD							
9	Bui dkk., 2020		Error, Violation, APD, Alcohol dan Speed							

No	Peneliti	Pengendara			Jalan		Kendaraan			Lingkungan	
		Karakteristik	Perilaku	Kondisi	Karakter	Ukuran Mesin	Kondisi Kendaraan	Cuaca	Cahaya	Waktu	
10	Vajari dkk., 2020	Usia, Jenis kelamin						Cuaca			Waktu
11	Asgharpour dkk., 2021	Usia, Jenis kelamin									
12	Farid dan Ksaibati, 2021	Usia	Speeding	Basah, Berlubang	Persimpangan, Jalur Cepat, Jalur Lambat						
13	Islam M., 2021	Usia									
14	Lemonakis dkk., 2021							Cuaca			Cahaya
15	Li dkk., 2021a	Usia						Ukuran Mesin (cc)	Usia kendaraan (tahun)		
16	Li dkk., 2021b	Jenis kelamin, Pekerjaan, Pendidikan									
17	Se dkk., 2021				Jalan Perkotaan, Jalan Pedesaan						Cahaya Waktu
18	Truong dkk., 2021		Alkohol								Cuaca

1.3 Kecelakaan Lalu Lintas Melibatkan Truk

Kecelakaan truk merupakan salah satu jenis kecelakaan di jalan raya yang berdampak serius karena mengakibatkan cedera dan kerusakan barang yang mengakibatkan kerugian ekonomi. Beberapa riset tentang kecelakaan di dunia telah banyak dilakukan. Riset-riset tersebut untuk mengkaji dampak kecelakaan yang melibatkan truk di jalan raya. Merujuk pada data yang dikeluarkan oleh United States Department of Transportation (USDOT) dan Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA), kecelakaan truk yang mengakibatkan kematian meningkat 16% dan mengakibatkan cedera meningkat 43% dari 2009 hingga 2012 (McManus dkk., 2016). Pada 2016, kecelakaan yang melibatkan truk besar dan mengakibatkan kerusakan properti mencapai 367 ribu kejadian, mengakibatkan luka fatal mencapai lebih dari 3 ribu kejadian, dan mengakibatkan cedera hampir lebih dari 10 ribu kejadian (FMCSA, 2020). Di Amerika Serikat, pada 2013, kerugian secara ekonomi akibat kecelakaan truk dan bus mencapai USD 87 miliar dan pada 2016 kerugian tersebut mengalami peningkatan mencapai USD 134 miliar. Kerugian tersebut mencakup kematian, hilangnya produktivitas, pelayanan darurat, asuransi, dan pengeluaran (santunan) untuk pekerja yang terlibat kecelakaan (Park dkk., 2017; FMCSA, 2020). Selain Amerika Serikat, Korea Selatan merupakan negara maju yang berkontribusi pada kecelakaan yang melibatkan truk dan bus. Pada 2010-2014, kecelakaan di Korea Selatan mencapai lebih dari 114 ribu kejadian dan pada 2013 kerugian ekonomi mencapai USD 3,8 Miliar (Park dkk., 2017).

India sebagai negara berkembang mengeklaim perusahaan truk di negara tersebut melayani 65% dari total angkutan barang (Mahajan dkk., 2019). Mengacu pada laporan National Crime Record Bureau (NCRB), pada 2015, di India tercatat 19,4% truk yang mengangkut barang-barang komersial mengalami kecelakaan yang mengakibatkan kematian (Mahajan dkk., 2019). Di Tanzania, pada sebuah populasi, kecelakaan yang menyebabkan kematian cenderung dinyatakan rendah, tetapi kecelakaan yang menyebabkan kematian dan melibatkan pengemudi dan kendaraan truk cenderung sangat tinggi (Kircher & Andersson, 2015). Melalui survei di negara berkembang, risiko kecelakaan berkaitan dengan ketidakpedulian pemilik perusahaan truk. Mereka ingin mencapai profit tinggi, sehingga para pengusaha truk memaksa pengemudi untuk berkendara dengan kecepatan berlebihan, bekerja terlalu lama, dan saat mengalami kelelahan dipaksa masih

berkendara, serta mengabaikan aturan keselamatan berkendara (Zhang dkk., 2016). Meskipun pertumbuhan truk di negara berkembang tidak terlalu tinggi, tetapi tingkat kematian akibat kecelakaan yang melibatkan truk, cukup tinggi.

Di Indonesia, truk atau mobil barang merupakan moda angkutan darat paling dominan digunakan karena faktor geografis. Sebagai negara kepulauan hampir 70% muatan di Indonesia diangkut oleh truk (TAF, 2008; Wicaksono dkk., 2021). Pertumbuhan angkutan barang (truk) berdasarkan perkiraan bukan paling dominan (pada 2005 dari total 47.6 juta kendaraan sekitar 10% adalah truk). Transportasi barang (logistik) di Indonesia masih didominasi oleh angkutan jalan atau transportasi darat (TAF, 2008; Kemenhub, 2012). Sama halnya dengan negara berkembang lainnya, Indonesia juga penyumbang kematian akibat kecelakaan yang melibatkan truk. Kecelakaan yang terjadi di Indonesia diakibatkan oleh truk berdasarkan data statistik mencapai rata-rata 11.2% pada 2010 hingga 2014. Kecelakaan yang terjadi khusus di jalan tol mencapai 46% dan didominasi oleh kendaraan non-golongan 1 (kendaraan besar). Padahal, jumlah kendaraan besar hanya 8% dari total kendaraan yang melintas (Santosa dkk., 2017; Pahrevi, 2020). Kerugian akibat kecelakaan berdampak pada pengemudi secara langsung (berhentinya waktu bekerja) dan perusahaan. Perusahaan mengalami kerugian karena meningkatkan biaya kompensasi kesehatan dan biaya perbaikan akibat kerusakan truk. Pada 2021 kerugian materi yang dialami oleh negara akibat kecelakaan mencapai hingga Rp241 miliar dengan 12% didominasi oleh angkutan barang atau truk (Sari dkk., 2015; Dihni, 2021). Hal serupa dengan negara maju, kecelakaan truk di Indonesia berdampak serius, karena menimbulkan korban jiwa dan kerugian ekonomi yang tidak sedikit.

Sudah banyak penelitian di negara maju dilakukan untuk memahami ruang lingkup kecelakaan yang melibatkan truk. Penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi permasalahan kecelakaan yang melibatkan truk. Melalui penelitian ruang lingkup kecelakaan, faktor penyebab terjadinya kecelakaan dapat diidentifikasi. Penelitian National Academies Sciences Engineering Medicine (NASEM) (2016) melansir faktor inisial awal yang berisiko menyebabkan kecelakaan melibatkan truk di antaranya faktor manusia (pengemudi), kendaraan, *carrier* (perusahaan truk), dan lingkungan berkendara. Sementara, Peneliti Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA) (2020) menambahkan adanya faktor situasional sebagai penyebab kecelakaan truk. Hammond dkk. (2017) melalui investigasi

yang mendalam terkait kecelakaan lalu lintas melaporkan faktor manusia menyumbang sekitar 71%-93%, faktor lingkungan menyumbang sekitar 12%-34% dan faktor kendaraan menyumbang sekitar 12%-34%. Hal tersebut menguatkan faktor manusia merupakan faktor paling dominan sebagai penyebab terjadinya kecelakaan. Berdasarkan laporan penelitian FMCSA (2021) bahwa faktor paling dominan yang memengaruhi kecelakaan adalah faktor pengemudi. Laporan penelitian Malaysian Institute of Road Safety (MIROS) (2021) melansir penyebab kecelakaan pada truk adalah kecepatan (*speeding*), *risky driving*, dan kelelahan (*fatigue*). Semua faktor tersebut berkaitan dengan faktor pengemudi. Beberapa penelitian terdahulu mengungkapkan kecelakaan yang terjadi diakibatkan truk dan yang menjadi penyebab utama adalah faktor manusia.

Kondisi di Indonesia berbeda dengan di negara maju, tingkat kecelakaan dan kematian yang tinggi serta penelitian yang masih minim, sehingga belum banyak diketahui ruang lingkup kecelakaan yang melibatkan truk. Faktor kendaraan seperti *over dimension over load* (ODOL) atau kelebihan muatan dan dimensi berakibat pada kendaraan yang tidak seimbang dan sering menjadi penyebab kecelakaan karena truk tidak berada pada lintasannya. Selain itu, kecelakaan yang melibatkan truk terjadi karena kondisi kendaraan yang sering mengalami rem blong. ODOL sering mengakibatkan kendaraan truk melaju dengan kecepatan rendah, sehingga tidak sedikit kecelakaan yang terjadi apalagi jika berada di ruas jalan tol. Faktor manusia sebagai penyebab dominan yang melibatkan kecelakaan truk dipengaruhi aspek psikologis atau biasa berhubungan dengan perilaku/sikap pengemudi seperti kemarahan dan sikap impulsif. Pengemudi juga sering mencari perhatian dengan cara melanggar hukum atau melakukan sensasi, seperti berkendara secara ugal-ugalan.

Isu paling menarik adalah terkait faktor kecelakaan yang melibatkan truk di Indonesia karena pihak perusahaan truk (*carrier*) atau biasa juga disebut dengan manajemen pengelolaan truk. Pihak manajemen sering kali tidak mengatur jam kerja atau jarak tempuh pengemudi dalam berkendara, walaupun sudah diatur melalui undang-undang, pada kenyataannya pihak manajemen tidak memberlakukan hal tersebut. Isu ekonomi atau pengupahan terhadap pengemudi sangat menjadi perhatian, karena sering ditemukan bahwa pengemudi hanya dibayar per trip (perjalanan). Sementara jika pengemudi tidak melakukan perjalanan, perusahaan tidak akan

membayar. Pihak manajemen truk juga sering mengabaikan pemeliharaan atau pengecekan kendaraan truk secara berkala. Selain itu, pengemudi pun ikut mendukung untuk tidak ikut mengecek kondisi kendaraan saat hendak berkendara. Hal itulah yang menyebabkan kecelakaan tidak dapat dihindarkan. Isu lain terkait kesehatan pengemudi, beberapa manajemen selain BUMN, pemerintah atau swasta terkadang tidak mengecek kondisi kesehatan saat mulai berkendara. Bahkan, pengemudi truk tidak diatur dengan aturan khusus dan hanya disamakan dengan tenaga kerja pada umumnya. Isu-isu yang terjadi merupakan fenomena unik yang mungkin tidak dimiliki oleh negara maju atau berkembang lainnya.

1.4 Kecelakaan di Jalan Tol

Pemerintah Indonesia melakukan pembangunan jalan tol dengan sangat pesat. Pembangunan ini dilaksanakan sejak tahun 1978 hingga tahun 2020. Sebanyak 54 ruas jalan tol sudah beroperasi di Indonesia. Ruas jalan tol pertama yang beroperasi adalah ruas jalan tol Jakarta- Bogor- Ciawi (Jagorawi) dengan panjang 50 km dan dikelola oleh Badan Usaha Jalan Tol (BUJT) PT Jasa Marga (Persero) Tbk. Ruas jalan tol di Indonesia terbagi menjadi ruas jalan tol Trans Jawa, Non Trans Jawa, Jabodetabek (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi) dan Trans Sumatera. Total panjang jalan tol pada periode tahun 2015-2018 adalah 782,8 km dan bertambah 1.070 km pada tahun 2019 (Badan Pengatur Jalan Tol, 2019b).

Indonesia sudah mengatur kelengkapan fasilitas dan aturan berkendara di jalan tol pada Undang-Undang dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia tahun 2009 No. 22 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan, penyedia jalan tol dan perlengkapan jalan (rambu lalu lintas, marka jalan, alat penerangan jalan, alat pemberi isyarat lalu lintas, alat pengawasan, pengaman jalan dan fasilitas pendukung lainnya) disediakan oleh BUJT. Pasal 108 menyatakan bahwa penggunaan jalur kanan di jalan tol hanya untuk kendaraan dengan kecepatan yang tinggi. Sementara itu pasal 115 menyatakan bahwa pengemudi dilarang melebihi batas kecepatan. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 tahun 2013 pasal 23 ayat 4 mengatur terkait batas kecepatan berkendara di jalan tol yaitu batas kecepatan terendah adalah 60 km/jam dan batas kecepatan tertinggi adalah 100 km/jam.

Ruas jalan tol yang beroperasi di Indonesia sudah dilengkapi oleh fasilitas, perlengkapan jalan dan aturan berkendara, namun jumlah kecelakaan di jalan tol masih mengalami peningkatan. Rata-rata kecelakaan yang terjadi sejak tahun 1978 hingga tahun 2019 sebanyak 3735 kecelakaan per tahun pada 47 ruas jalan tol Indonesia. Jumlah kecelakaan di ruas jalan tol Trans Jawa pada tahun 2019 sebanyak 343 kecelakaan (Badan Pengatur Jalan Tol, 2019a). Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019, jumlah kecelakaan di ruas jalan tol Jagorawi pada tahun 2018 sebanyak 141 kecelakaan kemudian meningkat menjadi 142 kecelakaan pada tahun 2019. Sedangkan jumlah kecelakaan pada tahun 2019 untuk ruas jalan tol Jakarta-Tangerang adalah 131, Jakarta-Cikampek adalah 365 dan Cawang-Tomang-Cengkareng adalah 70 kecelakaan.

Jenis kecelakaan di jalan tol meliputi kecelakaan sendiri (kecelakaan yang tidak melibatkan kendaraan lain seperti tergelincir, pecah ban, dan kendaraan terbakar akibat *overheat*), menabrak objek tetap, menabrak rintangan, menabrak penyebrang, menabrak kendaraan berhenti, tabrak depan-depan, tabrak depan-samping, tabrak samping-samping, tabrak depan-belakang (tabrak belakang) (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016; Jasa Marga, 2019). Sebanyak 56% dari 52 tabrakan dengan kendaraan lain pada tahun 2019 dan 53% dari 32 tabrakan dengan kendaraan lain pada Januari 2020-Oktober 2020 yang terjadi di ruas jalan tol Jagorawi adalah jenis kecelakaan tabrak belakang (Jasa Marga, 2019).

Menurut Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT), saat ini sudah terdapat 2657 km total jalan tol yang beroperasi dengan 70 ruas tol, 23 ruas tol yang masih dalam tahap konstruksi, dan terdapat 58 Badan Usaha Jalan Tol (BUJT) di Indonesia (Badan Pengatur Jalan Tol, 2023). Kemudian berdasarkan data kecelakaan dari POLDA Jawa Barat menunjukkan jenis kecelakaan yang paling sering terjadi di jalan tol adalah kecelakaan tabrak belakang. Hal ini dibuktikan dengan sebesar 67% dari 66 kecelakaan pada tahun 2020 di ruas jalan tol Cikampek-Purwakarta-Padalarang (Cipularang) dan Jakarta-Cikampek adalah jenis kecelakaan tabrak belakang (Kepolisian Republik Indonesia, 2023).

Penelitian di berbagai negara maju telah banyak dilakukan, dengan harapan dapat membantu memitigasi kecelakaan di jalan bebas hambatan. Sejumlah penelitian tersebut berusaha untuk memodelkan risiko kecelakaan tabrak belakang untuk memahami faktor risiko penyebab yang berkontribusi

dan membuat mitigasi risiko kecelakaan tabrak belakang lebih terarah. Penelitian yang ada meliputi survei, pemodelan, eksperimen laboratorium, eksperimen lapangan, dan kajian lapangan terkait tabrak belakang. Penelitian terdahulu menunjukkan sejumlah faktor yang menyebabkan tabrak belakang yaitu pengemudi, kendaraan, dan lingkungan. Faktor pengemudi (kelelahan, perilaku, pengalaman mengemudi dan usia) merupakan faktor penyebab yang memiliki peran terbesar pada terjadinya kecelakaan tabrak belakang. Sementara itu faktor penyebab lainnya dapat disebabkan oleh faktor kendaraan (jenis, transmisi, kondisi, fitur), dan lingkungan (meliputi waktu berkendara, cuaca, dan kondisi jalan).

2. KELELAHAN DAN KECELAKAAN JALAN RAYA

2.1 Konsep Dasar Kelelahan

Kelelahan merupakan salah satu faktor dominan penyebab terjadinya kecelakaan, baik di sektor transportasi darat maupun di berbagai sektor angkutan lainnya. Kelelahan dipercaya memiliki kaitan yang cukup erat (dapat mencapai 40%) dengan terjadinya kecelakaan di jalan raya (Markus & Rosekind, 2017). Berbagai definisi, konsep, faktor-faktor penyebab, maupun manifestasi dan strategi mitigasi terkait kelelahan telah banyak dilaporkan di literatur (Phillips, 2015). Williamson dkk. (2011), sebagai contoh, menjelaskan secara luas dan lengkap definisi, mekanisme terjadinya kelelahan, cara evaluasinya, serta keterkaitannya dengan peningkatan risiko kecelakaan. Perlu dicatat bahwa definisi dan konsep kelelahan tidak selalu diterima secara universal. Johns (1998) membedakan antara kelelahan dan kantuk; istilah 'kantuk' bahkan dibedakan menjadi 'sleepiness' dan 'drowsiness', yang mungkin tidak mudah untuk dicarikan padanannya dalam Bahasa Indonesia. May dan Baldwin (2009) juga menyebutkan bahwa *fatigue* merupakan istilah yang tidak dapat didefinisikan dengan baik, dan setiap definisi dapat memiliki mekanisme penyebabnya masing-masing. Terlepas dari perbedaan ini, kelelahan (dan kantuk) dipercaya sebagai salah satu faktor utama penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas dan angkutan jalan.

Berbagai riset melaporkan faktor-faktor yang memiliki peran penting atas terjadinya kelelahan saat mengemudikan kendaraan bermotor. Studi Williamson dkk. (2011) secara umum menjelaskan tiga (3) faktor utama penyebab terjadinya kelelahan, termasuk durasi (dan kualitas) tidur, kapan (*time of day*) aktivitas mengemudi dilakukan, serta konteks/karakteristik pekerjaan mengemudi (misal monoton vs. dinamis). Khusus untuk angkutan barang, sejumlah kelelahan dipengaruhi oleh sejumlah aspek, seperti durasi mengemudi yang panjang, kondisi kesehatan yang buruk, serta durasi istirahat yang tidak memadai (Rashmi & Marisamynathan, 2023). Peneliti lain (May & Baldwin, 2009) membagi faktor penyebab kelelahan atas dua kelompok, yaitu faktor-faktor yang terkait dengan aspek tidur (*sleep-related factor*) serta faktor-faktor pekerjaan (*task-related factor*) yang dapat menyebabkan kelelahan. Review yang dilakukan oleh Di Millia dkk. (2011) melaporkan aspek-aspek demografi (usia, jenis kelamin, kondisi sosio-

ekonomi) yang memiliki keterkaitan erat dengan terjadinya kelelahan dan risiko kecelakaan.

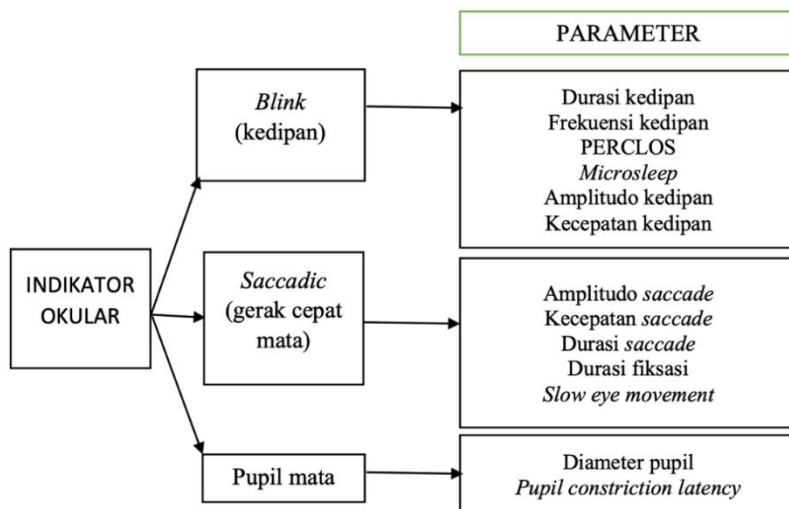
Sejumlah metode telah banyak digunakan dalam mengevaluasi kelelahan di sektor transportasi darat (Jap dkk. 2011; Johns, 1998; 2011; Schleicher dkk., 2008; Williamson dkk., 2011). Metode yang bersifat subjektif (*self-reported response*) antara lain mencakup *Karolinska Sleepiness Scale* (KSS), *Epworth Sleepiness Scale* (ESS), *Visual Analogue Scale*, serta *Johns Drowsiness Scale* (JDS). Kelelahan dapat secara objektif dievaluasi dengan melihat performansi saat mengemudi, seperti kecepatan pengereman serta perubahan posisi lateral kendaraan, maupun melalui *secondary task performance* seperti *psychomotor vigilance task* (PVT) atau *sustained attention test* (SAT). Pendekatan objektif lainnya yang sering digunakan pada eksperimen laboratorium adalah perubahan parameter dari sinyal elektroensefalografi (EEG), perubahan pergerakan mata (oculomotor), serta perubahan gerak tubuh ataupun perubahan karakteristik muka, seperti menguap atau (frekuensi dan durasi) kedipan mata.

2.2 Kajian Kelelahan di Indonesia

Untuk konteks di Indonesia, sejumlah penelitian telah dilakukan yang menginvestigasi kelelahan dan kantuk yang dialami oleh pengemudi mobil. Pada skala laboratorium, Zuraida dkk. (2022) mengkaji kelelahan dengan mengevaluasi respons subjektif dari partisipan serta melihat perubahan pada sinyal EEG. Kelelahan terjadi sebagai fungsi dari durasi mengemudi serta kekurangan waktu tidur. Hal ini dicirikan oleh adanya peningkatan nilai KSS serta perubahan karakteristik sinyal teta dan beta, khususnya di area temporal.

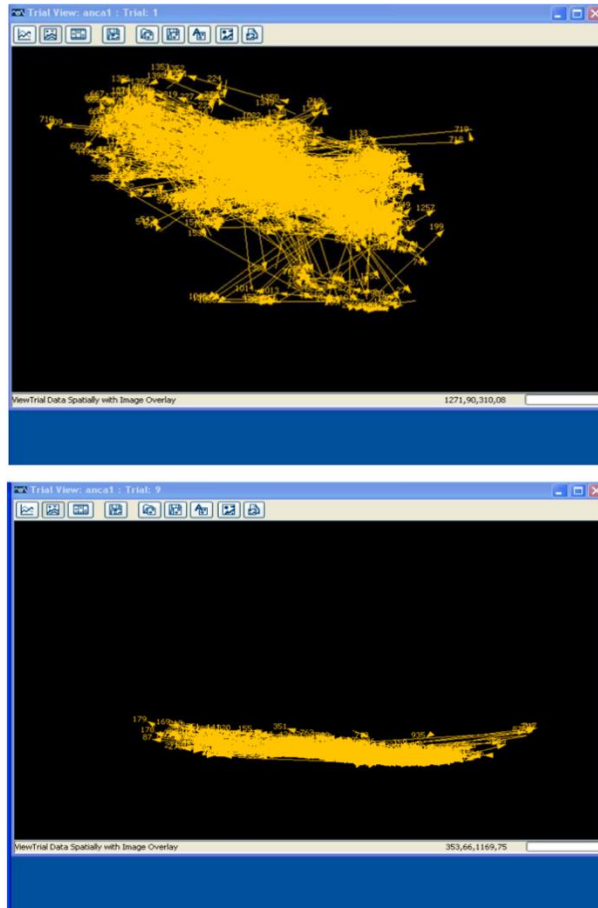
Penelitian Puspasari dkk. (2019) mengkaji kelelahan mengemudi dengan menggunakan indikator okular. Indikator okular ini terdiri dari parameter durasi kedipan, frekuensi kedipan, *Percentage of Eyelid Closure* (PERCLOS), *microsleep*, *saccadic* (amplitudo, kecepatan, dan durasi), *Slow Eye Movement* (SEM), durasi fiksasi, dan diameter pupil, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 3 (taksonomi indikator okular). Selain itu, indikator validasi kelelahan digunakan oleh studi ini yang terdiri dari indikator subjektif (*Karolinska Sleepiness Scale* dan *Swedish Occupational Fatigue Inventory*), indikator kinerja (*line crossing* dan *Psychomotor Vigilance Task*).

Penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian eksperimen menggunakan simulator mengemudi, dengan melakukan manipulasi pada karakteristik pekerjaan berupa faktor *time of day*, durasi tidur, dan kepadatan lalu lintas. Pada faktor *time of day*, partisipan dibagi berdasarkan aktivitas mengemudi di pagi hari dan malam hari. Sementara pada faktor durasi tidur (baik kondisi cukup tidur maupun kurang tidur) dan faktor kepadatan lalu lintas (tinggi dan rendah), partisipan diatur agar memiliki kondisi yang serupa. Seperti pada Gambar 3, pada saat pengumpulan data indikator okular, partisipan diminta untuk mengemudi selama 3 jam dan dilakukan pengambilan data selama per 20 menit. Data indikator okular direkam menggunakan instrumen *eye tracker* tipe EyeLink™ II. Sistem eye tracker100 ini menggunakan dua buah kamera yang merekam mata dan satu kamera yang merekam kondisi di depan partisipan (*head camera*).



Gambar 3 Taksonomi indikator okular

Salah satu hasil dari indikator okular, yaitu indikator saccadic (gerak cepat mata) yang ditunjukkan oleh Gambar 4. Indikator saccadic ini kemudian diuraikan menjadi parameter amplitudo, kecepatan, dan durasi saccade, serta gerakan mata lambat (*Slow Eye Movement/SEM*). Dalam kondisi kelelahan, terlihat bahwa pergerakan *saccade* tidak sejauh seperti pada kondisi terjaga. Pembatasan pergerakan *saccade* tersebut menunjukkan adanya perubahan pada amplitudo, kecepatan, dan durasi *saccade* dari mata ketika mengalami kelelahan dibandingkan dengan saat dalam kondisi terjaga.



Gambar 4 Perbandingan indikator *saccadic* untuk kondisi terjaga (atas) dan kondisi lelah (bawah)

Dalam penelitian ini, terdapat tiga hasil utama yang didapat. Pertama, hanya delapan dari sebelas parameter yang mengalami perubahan signifikan sebagai respons terhadap faktor penyebab kelelahan, termasuk durasi kedipan, frekuensi kedipan, PERCLOS, *microsleep*, *saccadic* (amplitudo dan kecepatan), serta diameter pupil. Kedua, durasi tidur adalah faktor yang paling dominan dalam memengaruhi perubahan indikator okular, diikuti oleh *time of day*. Ketiga, faktor kepadatan lalu lintas tidak memberikan pengaruh signifikan pada perubahan indikator okular.

Kelelahan saat mengemudi ditandai dengan peningkatan nilai durasi kedipan, PERCLOS, dan *microsleep*, sambil disertai dengan penurunan amplitudo dan kecepatan *saccade*. Pola perubahan indikator okular ini bersifat

non-linear dan dimodelkan terhadap durasi mengemudi serta indikator subjektif. Untuk merancang model deteksi kelelahan, dilakukan klasifikasi indikator okular dengan parameter durasi kedipan, PERCLOS, *microsleep*, dan *saccadic* sebagai prediktor, dan indikator subjektif, kinerja, dan sinyal EEG sebagai titik validasi kelelahan.

Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa durasi kedipan, PERCLOS, dan *microsleep* menjadi parameter terbaik dalam deteksi kelelahan. Nilai *cutoff* yang dihasilkan adalah 189,97 ms untuk kelelahan ringan, sedangkan untuk kelelahan berat, nilai *cutoff* durasi kedipan di atas 360,21 ms, PERCLOS di atas 18,8%, dan kejadian *microsleep* di atas 2,87/menit. Model deteksi kelelahan ini memiliki tingkat akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas di atas 80% untuk mendeteksi kelelahan berat, menunjukkan bahwa deteksi kondisi kelelahan berat lebih akurat dibandingkan dengan kelelahan ringan.

Penelitian lapangan yang dilakukan oleh Iridiastadi dkk. (2020) dimotivasi oleh kenyataan di mana banyak supir kendaraan travel (*shuttle services*) mengemudikan kendaraan sebanyak 4 trip, atau sekitar 12–16 jam. Fenomena ini banyak didapati di umumnya perusahaan travel di Indonesia. Dengan memanfaatkan perubahan frekuensi kedipan mata dan peningkatan waktu respons (PVT) sebesar 9%, penelitian ini menunjukkan bahwa kelelahan berat terjadi setelah mengemudikan kendaraan sebanyak 2 ritase (~6-7 jam mengemudi dengan 1 jam istirahat). Hal ini tentunya mengkhawatirkan, mengingat bahwa perusahaan-perusahaan travel sering kali menuntut para pengemudi untuk bekerja selama 4 ritase (12-16 jam kerja). Tuntutan kerja seperti ini tentunya akan dapat meningkatkan risiko keselamatan secara signifikan. Menarik untuk digarisbawahi bahwa peraturan undang-undang membatasi durasi maksimal mengemudi selama hanya 12 jam per hari.

Kajian lapangan lainnya (Zaini dkk., 2023) mengevaluasi kelelahan melalui perubahan indikator okular (durasi kedipan, frekuensi kedipan, PERCLOS, dan *micro-sleep*), yang dialami oleh para pengemudi supir angkutan umum jarak jauh. Setiap partisipan diminta untuk mengemudikan kendaraan di jalan tol selama 2 x 2,5 jam, dengan istirahat selama 15 menit di antara kedua sesi. Hasil penelitian ini menunjukkan perubahan tingkat kantuk yang ringan sampai dengan moderat di sesi pertama. Kantuk berat dialami oleh partisipan saat mengemudikan kendaraan di sesi kedua, walaupun mereka telah mendapatkan istirahat selama 15 menit. Parameter durasi kedipan dianggap

memiliki performansi yang sangat baik bila dibandingkan dengan berbagai parameter lainnya.

2.3 Mitigasi Kelelahan

Mencari strategi mitigasi kelelahan yang efektif dan andal tidaklah mudah, karena bersifat kontekstual dan dapat dipengaruhi oleh latar belakang kultural dan kebiasaan sehari-hari. Namun demikian, para peneliti (Anund dkk., 2015; Williamson dkk., 2011) sepakat bahwa pendekatan mitigasi dapat secara umum mencakup hal-hal berikut ini.

2.3.1 Durasi dan Kualitas Tidur

Aspek ini sangat memengaruhi kelelahan dan kantuk saat mengemudikan kendaraan. Hal ini berarti bahwa penting untuk melakukan penjadwalan kerja (*scheduling*) dengan baik, yang meminimalkan waktu mengemudi di malam hari, meminimalkan durasi mengemudi yang panjang, serta waktu tidur (istirahat) yang terpotong. Menarik untuk dicermati bahwa jumlah jam tidur seringkali menjadi isu yang tidak pernah habis dibahas, dan informasi populer yang tersedia di kalangan masyarakat umum mungkin dapat menyesatkan. Informasi penting seperti ini harus diteliti lebih jauh, karena boleh jadi ada nilai benarnya. Penelitian di Indonesia perlu mengkaji dampak dari durasi tidur yang pendek (kurang dari 7 jam) serta kualitas tidur yang tidak optimal (misal tidur di kendaraan).

2.3.2 Legislasi dan Peraturan Perusahaan

Undang-undang yang ada saat ini memperbolehkan mengemudi selama maksimal 8 jam dalam sehari, dengan catatan wajib istirahat selama minimal 30 menit setelah mengemudi selama 4 jam berturut-turut. Banyak perusahaan mengembangkan peraturannya sendiri dengan merujuk pada undang-undang ini. Dalam praktiknya, namun demikian, sering ditemui kesulitan dalam menerapkan aturan ini, khususnya untuk pengemudi profesional yang bekerja dalam jumlah hari yang panjang secara berturut-turut (dan disertai dengan hari libur satu/dua hari sebelum memulai *shift*/jadwal berikutnya). Karena karakteristik pekerjaan dari sebuah perusahaan bisa bersifat unik, berbeda dari satu perusahaan ke perusahaan yang lain, peraturan ini harus

dikembangkan berdasarkan kajian yang memadai untuk perusahaan (pekerjaan) yang bersangkutan.

2.3.3 Teknik Deteksi, Intervensi Kelelahan Legislasi, dan Peraturan Perusahaan

Teknik ini dapat bermanfaat dalam mengingatkan pengemudi yang mengalami kantuk saat mengemudikan kendaraan. Teknologi yang ada dapat diterapkan di dalam mobil pribadi maupun kendaraan umum. Teknologi ini berbasiskan penggunaan kamera (misal mendeteksi kantuk melalui perubahan kedipan mata) atau karakteristik gerakan kendaraan (misal peringatan diberikan saat kendaraan mulai keluar jalur). Penerapan *rumble strip* dalam desain jalan raya dapat juga bermanfaat dalam meminimasi risiko mengantuk.

2.3.4 Edukasi dan Intervensi Personal

Dibarengi dengan regulasi dan penegakkan yang memadai, edukasi dan intervensi personal (misal istirahat saat merasa mengantuk, minum kopi, atau makan makanan kecil) dapat menurunkan risiko kelelahan. Namun demikian, dampak dari teknik mitigasi seperti ini umumnya bersifat jangka pendek.

2.3.5 *Fatigue Risk Management System (FRMS)*

Pendekatan ini mensyaratkan bahwa kelelahan dianggap sebagai risiko keselamatan, dan selayaknya menjadi bagian dari sistem manajemen keselamatan (SMK3) perusahaan. Pendekatan ini dianggap paling efektif, namun membutuhkan upaya cukup besar.

3. PERILAKU MENGENAL

3.1 Identifikasi Perilaku Melalui Kuesioner

Selain kelelahan dan kantuk, perilaku mengemudi juga memiliki kaitan yang erat dengan risiko kecelakaan di jalan raya. Dalam *review*-nya, Singh dan Kathuria (2021) melaporkan bahwa 74% dari kecelakaan di jalan raya disebabkan oleh perilaku pengemudi (fenomena yang masih layak untuk dikaji kebenarannya di Indonesia). *Review* tersebut juga menjelaskan beberapa metode dalam memahami perilaku. Metode pertama adalah *self-report*, seperti penggunaan survei, kuesioner, serta wawancara. Namun demikian, bias dianggap dapat memengaruhi validitas dari informasi yang diperoleh. Metode kedua adalah investigasi kecelakaan secara mendalam. Metode ini namun tidak memberikan pemahaman yang mendalam atas perilaku pengemudi sebelum kecelakaan terjadi. Metode ketiga adalah investigasi perilaku dengan menggunakan simulator. Kekurangan dari metode ini adalah adanya potensi perbedaan perilaku mengemudi bila dibandingkan dengan perilaku yang sesungguhnya dilakukan. Metode terbaru adalah penggunaan *naturalistic driving study* (NDS), yang dapat memberikan informasi yang valid, namun membutuhkan upaya yang tidak kecil dalam mengolah data yang dikumpulkan (lihat penjelasan pada sub bab 3.2).

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya (Elliott dkk., 2007), perilaku berisiko dapat diklasifikasikan menjadi pelanggaran/perilaku ugal-ugalan serta kesalahan (*error*) saat mengemudi. Seringkali kesalahan saat mengemudi dapat secara tidak disadari terjadi dan relatif sulit untuk dijelaskan mengapa hal ini terjadi (*slips* dan *lapses*); kesalahan juga dapat terjadi karena apa yang direncanakan dan dikerjakan tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan (*mistakes*).

Sejumlah aspek perilaku telah banyak dikaji terkait dengan faktor manusia, seperti distraksi, kelelahan, kesalahan (*error*), maupun pelanggaran. Elliot dkk. (2007) mengembangkan kuesioner perilaku pengendara motor (*motor-cycle rider behavior questionnaires/MRBQ*) yang didasarkan atas konsep Reason's Driver Behavior Questionnaire (Chouhan dkk., 2023). Secara umum, para peneliti keselamatan transportasi mengelompokkan aspek perilaku menjadi dua (2) kelompok besar, yaitu kesalahan (*error*) dan pelanggaran/perilaku ugal-ugalan di jalan raya. Pelanggaran serta perilaku

ugal-ugalan di jalan raya dapat relatif secara mudah dikaitkan dengan terjadinya kecelakaan. Sebaliknya, keterkaitan antara kesalahan dalam mengemudikan kendaraan dan risiko kecelakaan lalu lintas merupakan fenomena yang cenderung tidak mudah untuk dijelaskan secara sederhana. Error lebih lanjut dapat dikelompokkan menjadi *mistakes* dan *slips/lapses*. Fenomena terakhir ini sering kali terjadi begitu saja, dan sulit untuk dijelaskan mengapa suatu *error* terjadi. Ciri-ciri pada kedua kategori perilaku ini sangat dipengaruhi oleh perbedaan kultural. Di Indonesia, perbedaan budaya daerah serta kondisi sosio-ekonomi sangat mungkin dapat memengaruhi perilaku mengemudi. Namun demikian, hal ini belum pernah dikaji secara mendalam.

Perilaku mengemudi tidak terlepas dari niat dan motivasi yang bersifat kontekstual saat mengemudikan kendaraan. *Theory of planned behavior* (TPB) sering kali digunakan dalam menjelaskan mengapa seorang pengemudi melakukan apa yang dilakukan (Castanier dkk., 2013). Bagaimana perilaku memiliki keterkaitan dengan risiko kecelakaan juga dapat dijelaskan melalui teknik wawancara/diskusi kelompok (Maynard dkk., 2021) serta penggunaan kuesioner, seperti *driving behavior questionnaire* (DBQ) (Martinussen dkk., 2014) maupun *motor-cycle rider behavior* (MRBQ) (Elliot dkk., 2017). Penggunaan instrumen seperti ini dapat mengungkapkan faktor yang diduga menjadi penyebab kecelakaan, perbedaan tingkat risiko dari perspektif demografi, serta arah strategi mitigasi yang perlu dikembangkan.

3.2 Naturalistic Driving Study

Mengingat berbagai pendekatan di atas belum tentu menunjukkan perilaku yang sesungguhnya dilakukan, sejumlah peneliti menggunakan pendekatan *naturalistic driving study* (NDS), yang memanfaatkan penggunaan kamera dalam memahami perilaku saat berkendara (Hanowski, 2011). Penggunaan kamera serta instrumentasi lainnya (seperti *lidar* dan *global positioning system/GPS*) dapat membantu memahami kondisi jalan serta karakteristik pergerakan kendaraan. Data-data seperti ini dapat lebih jauh dimanfaatkan dalam merancang dan mengevaluasi sejumlah *safety counter measures*, seperti fitur-fitur keselamatan pada kendaraan. Penggunaan teknik NDS akan menghasilkan data yang sangat banyak dan beragam, dan penggunaan berbagai teknik analisis *big data* akan memberikan manfaat yang lebih besar

dalam upaya memahami lebih baik keterkaitan antara perilaku dan risiko kecelakaan.

Naturalistic Driving Study (NDS) adalah penelitian mutakhir dalam keselamatan lalu lintas yang dilakukan untuk memberikan wawasan tentang perilaku pengendara pada perjalanan sehari-hari dengan mencatat setiap rincian pengendara, kendaraan, dan lingkungan sekitar melalui peralatan pengumpulan data yang tidak mencolok dan tanpa pengendalian eksperimental (van Schagen et al., 2011). Penelitian dengan menggunakan NDS berbeda dengan penelitian dengan mengumpulkan data kecelakaan yang hanya dapat melihat konsekuensi dari kecelakaan yang terjadi. Penelitian menggunakan NDS dapat mengidentifikasi rangkaian peristiwa yang menyebabkan terjadinya kecelakaan (Dozza & González, 2013).

Penelitian NDS juga dapat dikelompokkan menjadi 2 bagian berdasarkan tempat dan cara pengumpulan datanya (Winkelbauer et al., 2019), yaitu *vehicle based*, menggunakan *instrumented motorcycle*, yaitu sepeda motor yang dilengkapi dengan berbagai kamera dan sensor yang dapat menangkap berbagai parameter yang dibutuhkan untuk mengetahui perilaku pengendara (Aupetit et al., 2013, 2015, 2016) dan *sited based*, yaitu pengamatan perilaku berkendara dengan menempatkan kamera di area yang menjadi tempat penelitian untuk mengamati perilaku pengendara di area tersebut.

NDS bertujuan untuk mengumpulkan data tentang pengendara dalam aktivitas mengemudi sehari-hari, seperti berangkat kerja di pagi hari, berkendara pada jam kerja, misalnya untuk perjalanan bisnis, berkendara ke kantor, pulang malam, keluar jam tamasya malam dan rekreasi di akhir pekan. Pengamatan pengendara dan data yang berkaitan dengan kendaraan harus dikumpulkan secara tidak mencolok, yaitu tanpa terus-menerus mengingatkan pengendara bahwa mereka adalah subjek penelitian. Perilaku pengendara harus sedekat mungkin dengan perilaku sehari-hari saat dia berkendara (Winkelbauer et al., 2010).

Penelitian terkait NDS berdasarkan tujuannya secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi 3 tipe (Winkelbauer et al., 2010), yaitu:

- a. Penelitian dasar (*baseline*)/ normatif/ eksposur yang bertujuan untuk mengamati perilaku dan performansi pengendara;

- b. Penelitian terkait kecelakaan kritis/ near-crash yang bertujuan untuk mencari karakteristik dan menginvestigasi terkait kecelakaan tersebut; dan
- c. Penelitian terkait *system focused*, yaitu penelitian yang bertujuan mempelajari interaksi pengemudi dan sistem dalam kendaraan.

4. REKOMENDASI DAN ARAH RISET

4.1 Rekomendasi

Salah satu rekomendasi utama yang sangat disarankan bagi para pemangku kepentingan adalah pengembangan basis data kecelakaan yang konsisten dan akurat. Basis data ini haruslah diolah dan dianalisis dengan pendekatan statistik yang cermat dan memadai. Data yang sekarang ini pada umumnya hanya bersifat deskriptif dan global, serta sulit untuk dimanfaatkan dalam mengembangkan arah mitigasi. Selain itu, data yang ada saat ini tidak dapat diakses oleh para peneliti (publik), sehingga riset yang berbasiskan pada data riil tidak banyak dapat dihasilkan. Keterbatasan dalam mengakses data ini juga menyebabkan pemahaman atas faktor penyebab serta mekanisme kecelakaan menjadi sulit untuk dijelaskan. Riset-riset di sisi hulu menjadi sangat jarang dapat dilakukan secara memadai.

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, aspek kelelahan pengemudi memiliki kaitan yang erat dengan terjadinya kecelakaan di jalan raya. Lama durasi mengemudi (*hours of service*) merupakan komponen yang sering kali dirujuk oleh pengusaha bidang transportasi. Merujuk pada Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009, maksimal durasi mengemudi yang diperbolehkan adalah 4 jam, dengan waktu istirahat minimal 30 menit. Peraturan ini mungkin perlu ditinjau kembali, mengingat bahwa kelelahan berat dapat terjadi bahkan sebelum 4 jam mengemudi. Di samping itu, kelelahan berat dipengaruhi erat oleh waktu mengemudi (*time of day*), sehingga peraturan mengemudi di siang hari akan dapat berbeda dengan peraturan mengemudi kendaraan di malam hari. Para pemangku kepentingan, dengan demikian, sangat disarankan untuk melihat dan merujuk pada hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan dengan konteks Indonesia.

Khusus untuk kecelakaan yang melibatkan kendaraan angkutan barang, Data akurat terkait kecelakaan yang melibatkan truk di Indonesia saat ini masih belum banyak ditemukan. Namun, melalui berita yang beredar di masyarakat, kecelakaan truk masih mendominasi setelah kecelakaan kendaraan roda dua. Untuk meningkatkan keselamatan berlalu lintas yang melibatkan truk, memerlukan adanya kontribusi dari beberapa pemangku kepentingan. Para pemangku kepentingan di antaranya adalah pengemudi truk; pemilik truk dan perusahaan angkutan truk; pemerintah dan otoritas

transportasi (KORLANTAS POLRI, PUPR, dan Kementerian Perhubungan); Asosiasi Pengusaha Truk Indonesia (APTRINDO); masyarakat dan pemilik jalan; peneliti dan perguruan tinggi. Melalui penelitian yang komprehensif mengenai truk di Indonesia, diharapkan mampu menjadi basis strategi mitigasi untuk mengurangi tingginya angka kecelakaan yang berakibat cedera ringan, cedera parah (kematian), dan kerugian materiil. Selain penelitian yang komprehensif, pemilik truk dan perusahaan truk juga berkontribusi besar terkait kondisi kendaraan dan kesejahteraan para pengemudi truk. Kedua aspek tersebut mampu meningkatkan keselamatan truk di jalan raya. Pemerintah dan otoritas transportasi diharapkan mampu menjadi pihak yang dapat menegakkan aturan di jalan raya, agar pengemudi truk tertib berlalu lintas, dan dapat meningkatkan keselamatan truk saat di jalan raya. Asosiasi Pengusaha Truk Indonesia (APTRINDO) diharapkan mampu memberikan pelatihan keselamatan secara komprehensif kepada pengemudi truk, disertai dengan memberikan panduan standar keselamatan kepada pengemudi truk di jalan raya.

Rekomendasi terakhir adalah terkait dengan perilaku pengemudi sepeda motor dan tingginya tingkat risiko keselamatan. Pengemudi sepeda motor di Indonesia cenderung memiliki perilaku yang unik, dengan spektrum yang luas dan bersifat sangat kontekstual. Sulit untuk secara langsung menerapkan hasil-hasil penelitian di luar negeri, bahkan penelitian dari negara tetangga sekalipun. Edukasi, penegakkan peraturan, maupun desain jalan serta rekayasa jalan dan lalu lintas dapat digunakan dalam memperbaiki perilaku. Perlu digarisbawahi bahwa sejumlah penelitian yang telah dilakukan menyatakan aspek pelanggaran dan mengemudi secara ugal-ugalan sebagai salah satu aspek perilaku yang dominan. Dengan demikian, aspek penegakkan peraturan (dengan berbagai teknik pendekatannya) dapat digunakan dalam meminimalkan pelanggaran lalu lintas. Penggunaan teknologi (seperti kamera video dengan kemampuan ekstraksi data) sangat disarankan, mengingat teknologi ini semakin mudah dan murah untuk dimanfaatkan.

4.2 Arah Riset

Tanpa menegasikan strategi besar yang telah dicanangkan oleh pemerintah, serta kinerja keselamatan transportasi yang telah dicapai, keselamatan lalu

lintas dan jalan masih merupakan isu penting dan strategis, dengan sejumlah pertanyaan (penelitian) yang belum terjawab secara tuntas. Sebagai contoh, data yang ada menunjukkan bahwa sebagian besar kematian (81%) didominasi oleh pengendara sepeda motor. Namun demikian, belum jelas bagaimana mekanisme (aetiology) terjadinya kecelakaan dapat dijelaskan, apa karakteristik kondisi lalu lintas saat terjadi kecelakaan, apa faktor-faktor yang berperan penting atas terjadinya kecelakaan (pengendara, pengguna jalan lainnya, kondisi lalu lintas, fasilitas jalan, kondisi cuaca?), serta apa arah strategi mitigasi yang efisien namun efektif. Riset yang bersifat komprehensif, sistematis, serta menjelaskan kondisi saat ini (*research state-of-the-art*) relatif masih sangat terbatas.

4.2.1 Arah Riset Keselamatan Sepeda Motor

Merujuk pada data tingginya tingkat kematian sebagai dampak dari penggunaan sepeda motor di Indonesia, riset di Indonesia selanjutnya lebih diarahkan pada strategi besar mitigasi kecelakaan lalu lintas yang melibatkan pengguna sepeda motor. Riset bibliometrik dapat merupakan salah satu arah riset yang sangat disarankan. Bibliometrik adalah salah satu metode studi literatur metadata yang terstruktur secara ilmiah pada topik penelitian tertentu (Ospina-Mateus dkk., 2019; Handayani dkk., 2022). Analisis bibliometrik memberikan analisis kuantitatif terhadap karakter sastra seperti judul, pengarang, tahun penerbitan, lembaga penerbitan, kata kunci, dan lain-lain (Godin, 2006). Studi bibliometrik melakukan analisis statistik yang dapat digunakan untuk analisis sitasi, analisis ko-sitasi, analisis kopling bibliografi, dan analisis kata bersama (Gan dkk., 2022). Temuan studi bibliometrik dapat digunakan untuk menganalisis distribusi informasi, mengidentifikasi kontributor utama, dan mencapai konsensus mengenai bidang penelitian penting. Selain itu, analisis bibliometrik dapat membantu menentukan keadaan terkini dari kemajuan penelitian sebelumnya. Akhirnya, pada makalah ini temuan bibliometrik digunakan untuk membuat rekomendasi peluang dan pengembangan penelitian keselamatan transportasi khususnya sepeda motor di masa mendatang.

Analisis peluang penelitian pada masa mendatang dilakukan melalui hasil VosViewer berupa keterkaitan antar-kata kunci (*keyword network*) dan visualisasi periode (*overlay visualization*) yang ditampilkan pada Gambar 5 berikut ini.

source not found. menampilkan secara detail peluang penelitian pada bidang keselamatan sepeda motor khususnya berkaitan dengan perilaku dan kecelakaan sepeda motor.

Tabel 4 Peluang penelitian keselamatan sepeda motor

Keyword	Research Area
Qualitative study	Motorcycle rider risk perception assessment: a qualitative study.
Driving simulator	Hazard perception and driving behavior study of powered two-wheelers/motorcycle riders using a driving simulator.
TPB	MRBQ development to assess motorcycle rider risk perception by using TPB.
Naturalistic driving study	Powered two-wheelers/moped naturalistic driving study and field measurement to analyze motorcyclist behavior.
Cell phone/mobile phone	Effect of motorcyclists' cell/mobile phone usage to crashes and injuries.
Human factors & rider behaviors	Effect of human factors distractions and vehicle dynamics to driver behavior and motorcycle safety related to motorcycle accidents (motorcycle crashes).
MRBQ	MRBQ development to assess motorcycle rider behavior by considering errors, violations, and motorcycle injuries.
Driving under influence	Traffic accidents analysis caused by driving under the influence (drugs, helmet use, alcohol).
Traffic violations	Motorcyclist traffic violations study effect to road accidents and road safety.
Machine learning	Driving behavior study to improve motorcycle safety by using machine learning.
e-bike/e-scooters	Effect of e-bike/e-scooters riding behavior to traffic crashes.
Awareness	Improving road users' safety awareness to reduce road/traffic accidents.

Area penelitian yang dijelaskan pada Tabel 5 dapat menjadi acuan dan digunakan untuk menyusun peta jalan penelitian pada bidang keselamatan sepeda motor di Indonesia pada periode 5 tahun ke depan.

Tabel 5 Peta jalan penelitian

	2023	2024	2025	2026	2027
Research subject	<i>Human factors & rider behaviors</i>			<i>e-bike/e-scooters</i>	
Behavior	<i>Cell phone/mobile phone</i> <i>Traffic violations</i>	<i>Cell phone/mobile phone</i> <i>Traffic violations</i>	<i>Awareness</i> <i>Driving under influence</i>	<i>Traffic violations</i>	<i>Awareness</i> <i>Driving under influence</i>
Methods and tools	<i>Qualitative study</i> <i>Questionnaire (MRBQ)</i> <i>TPB</i>	<i>Machine Learning</i>	<i>Naturalistic driving study</i>	<i>Qualitative study</i> <i>Questionnaire (MRBQ)</i>	<i>Driving simulator</i>

Metodologi identifikasi perilaku seperti MRBQ dapat digunakan untuk menggali secara mendalam aspek perilaku dan keterkaitan dengan risiko kecelakaan. Namun demikian, perlu dipahami bahwa perilaku pengguna sepeda motor di Indonesia memiliki spektrum yang luas, sangat berbeda dengan perilaku pengendara sepeda motor di sejumlah negara lain. Dengan demikian perlu dikembangkan MRBQ dengan basis perilaku yang bersifat

lokal dan unik di Indonesia, dan tidak serta merta menggunakan dan mengalihbahasakan instrumen yang telah ada di literatur. Perlu juga diperhatikan bahwa perilaku pengguna sepeda motor tidak terlepas dari kondisi lalu lintas serta perilaku pengguna jalan lainnya. Kondisi seperti ini perlu juga digali melalui kuesioner, atau bahkan dapat diinvestigasi melalui pendekatan NDS.

Penggunaan pendekatan NDS dapat diperluas dengan memahami perilaku pada konteks kritis, seperti persimpangan jalan, perlintasan sebidang, serta jalan nasional serta jalan propinsi yang memiliki tingkat kecelakaan tinggi. Penggunaan kuesioner dan NDS dapat diterapkan untuk memahami tingkat risiko yang dihadapi oleh para pekerja yang memanfaatkan sepeda motor sebagai alat kerja (misal jasa pelayanan daring). Melalui kuesioner dan pendekatan NDS, diharapkan fenomena kecelakaan jalan raya yang melibatkan sepeda motor dapat dipahami secara lebih komprehensif. Namun demikian, strategi mitigasi yang memadai dapat didukung dengan kajian aspek sosial, untuk memastikan bahwa langkah-langkah mitigasi akan dapat lebih mudah diterima oleh masyarakat.

4.2.2 Arah Riset Keselamatan di Jalan Tol

Kecelakaan di jalan tol khususnya tabrak belakang menjadi masalah serius di Indonesia, karena berdampak pada kerugian finansial, luka-luka dan korban jiwa. Lebih dari 80% kecelakaan tabrak belakang pada ruas tol Cipularang, Cikampek dan Jagorawi yang terjadi, disebabkan oleh faktor pengemudi (Kepolisian Republik Indonesia, 2023; Didin dkk., 2022). Faktor pengemudi yang menyebabkan tabrak belakang adalah perilaku pengemudi (mengemudi lebih dari batas kecepatan, mengirim pesan/ telfon saat mengemudi), kelelahan, pengalaman dan kemampuan pengemudi (Kepolisian Republik Indonesia, 2023; Chen dkk., 2020). Di Indonesia, aturan mengemudi dan fasilitas jalan di tol sudah tersedia, tetapi demikian aturan tersebut kenyataannya belum maksimal untuk meminimasi risiko kecelakaan tabrak belakang. Sehingga penting dilakukan penelitian untuk mempelajari perilaku pengemudi dan merancang strategi mitigasi sesuai dengan kondisi jalan tol Indonesia yang harapannya dapat mencegah terjadinya tabrak belakang sedini mungkin.

Di Indonesia, terdapat penelitian yang mengkaji terkait dengan faktor risiko kecelakaan tabrak belakang di jalan tol, yaitu penelitian Didin dan Iridiastadi (2020), Didin dkk. (2021) dan Didin dkk. (2022). Hasil penelitian Didin dkk. (2020) menunjukkan bahwa sebanyak 70% pengemudi memilih untuk menaikkan kecepatan untuk menyalip truk yang berada tepat di depan kendaraan mereka untuk menghindari terjadinya kecelakaan tabrak belakang. Kemudian hasil wawancara menunjukkan ruas jalan tol Cipali dan Cipularang memiliki risiko tinggi untuk terjadinya kecelakaan tabrak belakang.

Rencana penelitian yang dapat dilanjutkan ke depannya meliputi identifikasi perilaku mengemudi dengan bantuan pengukuran objektif, yaitu pendekatan *naturalistic driving study* dan melakukan pengolahan data kecelakaan dari pihak Kepolisian Republik Indonesia. Setelah mendapatkan profil perilaku pengemudi dan profil kondisi lalu lintas di jalan tol Indonesia, selanjutnya dapat dilakukan rancangan strategi mitigasi maupun intervensi untuk para pengemudi di jalan tol. Seluruh rencana penelitian ke depan pada dasarnya bertujuan untuk meminimasi risiko terjadinya kecelakaan di jalan tol Indonesia.

4.2.3 Arah Riset Keselamatan Jalan Melibatkan Truk

Dalam konteks kecelakaan di jalan raya yang melibatkan truk angkutan barang, dapat disampaikan arah riset sebagai berikut. Penelitian di Indonesia yang mengkaji kecelakaan melibatkan truk masih sangat minim dan terbatas karena spesifik pada perusahaan atau tidak mengkaji dari aspek supir truk pada umumnya. Beberapa penelitian menjelaskan kecelakaan melibatkan truk disebabkan oleh kebiasaan melanggar lalu lintas, perilaku berkendara, kondisi fisik pengemudi, kondisi kendaraan, kondisi jalan, dan kondisi kerja (Sari dkk., 2015; Hafrida & Sepmander, 2017; Wicaksono, 2021). Crizzle dkk. (2017) melalui penelitiannya mengatakan faktor kelelahan dan perilaku berkendara merupakan faktor risiko atau sebagai variabel *intervening* (perantara) yang mengantarkan pada kecelakaan. Faktor kelelahan berkendara menyebabkan kecelakaan yang melibatkan truk. Faktor kelelahan tersebut disebabkan beberapa faktor di antaranya durasi kerja yang panjang, kurangnya waktu tidur, bekerja *shift* malam, dan kualitas tidur (Yassierli dkk., 2015; Yasnani & Afa, 2016). Selain kelelahan, perilaku berkendara yang menyebabkan kecelakaan sangat dipengaruhi faktor seperti usia muda,

kurang berpengalaman, multitasking, pengetahuan berkendara, lingkungan kerja, kecakapan berkendara, sikap berkendara, adanya SOP, dan peran keluarga (Rahma dkk., 2017; Anthony, 2018; Arianto & Feriana, 2021; Hartanto, 2021). Namun, penelitian-penelitian yang telah dilakukan masih belum mampu menjawab fenomena unik yang terjadi di Indonesia.

Penelitian-penelitian yang sudah dilakukan di Indonesia masih belum dapat menggambarkan secara komprehensif penyebab kecelakaan yang melibatkan truk. Aspek yang dikaji dalam penelitian tersebut memiliki luaran atau output yang minim dan terbatas. Saat ini, di Indonesia masih kesulitan untuk mendapatkan data-data statistik sebagai gambaran menyeluruh terkait kecelakaan yang melibatkan truk baik yang menimbulkan kematian, luka ringan, maupun kerugian materi. Hal tersebut karena dibandingkan dengan data-data statistik yang disajikan baik di negara maju dan berkembang, saat ini di Indonesia masih sangat kesulitan untuk mendapatkan gambaran secara menyeluruh mengenai kecelakaan yang melibatkan truk baik yang menimbulkan kematian, luka ringan dan kerugian materi. Hal tersebut karena berdasarkan metodologi yang digunakan juga tidak dijelaskan pengembangannya disertai jumlah responden yang terbatas.

Penelitian di negara maju menunjukkan faktor manusia paling dominan sebagai penyebab kecelakaan. Dengan adanya keunikan fenomena yang terjadi di Indonesia, kemungkinan manusia bukan faktor yang paling dominan. Pencegahan atau mitigasi yang dilakukan guna mengurangi angka kecelakaan yang melibatkan truk juga belum banyak ditemukan. Tanpa adanya studi yang mengidentifikasi mengenai kecelakaan truk tidak dapat diketahui faktor penyebab yang paling dominan guna menekan angka kecelakaan dan kerugian ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian secara mendalam untuk memahami ruang lingkup kecelakaan yang melibatkan truk khususnya di Indonesia.

4.2.4 Arah Riset Terkait Kelelahan Saat Mengemudi

Telah pula disampaikan sebelumnya bahwa kelelahan saat mengemudi merupakan sebuah faktor risiko keselamatan jalan. Kajian yang lebih mendalam dapat dilakukan untuk menginvestigasi hubungan antara faktor-faktor penyebab kelelahan dengan meningkatnya risiko kecelakaan. Faktor-faktor unik di Indonesia dapat mencakup aspek pola kerja istirahat, termasuk

aspek-aspek kultural yang tidak pernah dikaji di literatur. Durasi tidur merupakan faktor penting yang telah banyak dikaji di literatur, dan 7-8 jam tidur merupakan durasi yang seringkali harus dipenuhi. Jumlah jam tidur bagi masyarakat Indonesia mungkin saja dapat lebih pendek, mengingat adanya aktivitas ibadah yang harus dilakukan di waktu-waktu tertentu. Ibadah sholat dan puasa, sebagai contoh, dapat mengurangi waktu tidur serta mengubah pola tidur secara substansial. Keterkaitan antara fenomena ini dengan risiko keselamatan tentunya perlu dikaji secara lebih mendalam.

Penelitian Phillips dkk. (2017) menunjukkan sejumlah teknik yang dapat diterapkan oleh perusahaan dalam memitigasi risiko kelelahan. Teknik-teknik ini, antara lain, mencakup *fitness for duty*, penjadwalan dan alokasi jumlah pekerja yang optimal, pengumpulan profil data kerja/istirahat, penentuan jadwal kerja/istirahat yang optimal, serta pemanfaatan teknologi intervensi kelelahan. Perusahaan juga dapat melakukan uji kesehatan serta promosi pentingnya menjaga diri dari kelelahan. Semua ini sifatnya adalah kontekstual, yang berbeda dari satu industri ke industri yang lain. Kesadaran atas pentingnya mengelola kelelahan harus dibangun bersama-sama semua pemangku kepentingan, dan perusahaan dapat melakukan kerja sama riset dalam mengidentifikasi sumber kelelahan, mengevaluasi tingkat risiko, serta mekanisme pengendalian risiko tersebut.

Riset-riset ke depan dapat juga difokuskan pada pengembangan alat evaluasi kelelahan yang murah (*affordable*), tetapi efektif dan andal. *Psychomotor vigilance task* (PVT), sebagai contoh, merupakan teknik evaluasi kelelahan yang telah sangat banyak digunakan, namun perlu disesuaikan untuk kondisi di Indonesia. Nilai *baseline parameter* PVT bagi populasi Indonesia belum banyak dikaji, demikian pula dengan nilai-nilai kriteria kelelahan (ringan, moderat, dan berat) yang masih minim kajiannya.

Selain itu, teknologi keselamatan yang dapat membantu meningkatkan kewaspadaan saat mengemudi dapat pula dikembangkan. Sangat disarankan agar riset diarahkan pada pengembangan teknologi deteksi kelelahan yang berbasis pada penggunaan kamera video, baik yang mampu menilai kondisi lalu lintas (*forward-facing video camera*) maupun yang mampu menilai tingkat kelelahan pengemudi melalui perubahan karakteristik okular dan wajah. Penggunaan *artificial intelligence* (AI) seperti *machine learning* dapat bermanfaat dalam mengkuantifikasi perubahan karakteristik wajah serta

perubahan indikator okular. Rekaman video (lalu lintas) sesungguhnya memiliki informasi yang sangat banyak dan kaya informasi, namun belum banyak digunakan sebagai teknik dalam meminimasi risiko kelelahan. Baik teknik evaluasi kelelahan maupun teknologi deteksi kelelahan yang dikembangkan melalui riset akan dapat memiliki dampak yang luas, khususnya bagi sektor angkutan penumpang dan barang. Perusahaan-perusahaan travel (*shuttle services*), bus penumpang, serta truk logistik dapat memanfaatkan kedua pendekatan di atas.

PENUTUP

Kecelakaan lalu lintas dan angkutan jalan di Indonesia merupakan isu yang sangat memprihatinkan, dan sangat perlu mendapatkan perhatian dari seluruh pemangku kepentingan. Tanpa kerja sama dan kolaborasi dari seluruh pemangku kepentingan, strategi mitigasi yang efektif dan berkelanjutan akan sulit untuk dikembangkan. Keinginan pemerintah untuk menurunkan tingkat kecelakaan dan fatalitas dalam satu sampai dua dekade ke depan akan sulit untuk diwujudkan.

Pesan yang (sekali lagi) ingin disampaikan adalah bahwa upaya yang dilakukan haruslah merupakan upaya yang bersifat komprehensif (mencakup seluruh ruang lingkup permasalahan keselamatan transportasi jalan raya), dilakukan secara sistematis, dengan melibatkan seluruh pemangku kepentingan. Masyarakat Indonesia memiliki karakteristik yang unik dalam hal berperilaku dan menggunakan jalan raya. Perhatian atas aspek sosial ini juga sangat perlu mendapatkan perhatian. Walaupun sangat tidak seberapa, semoga tulisan singkat pada buku orasi ilmiah ini dapat memberikan kontribusi pada peningkatan keselamatan transportasi di Indonesia. Terima kasih.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan buku orasi ilmiah ini, beserta pemikian serta riset-riset yang telah dilakukan, membutuhkan upaya dan waktu yang tidak sedikit. Hanya dengan perkenan-Nya semua ini dapat tercapai. Begitu banyak pihak yang telah membantu, sehingga semua ini dapat terlaksana. Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada:

1. Ayahanda Poedjiadi Soemodimedjo (alm.) dan Ibunda Anna Poedjiadi (almh.) beserta keluarga besar tercinta, khususnya Fadjar D. Yanti (istri) dan Sarah A. H. Iridiastadi (putri).
2. Keluarga besar Santoso, terutama Ibunda Titien Murniati (alm.), serta keluarga besar Tatang Karmawan.
3. Keluarga besar Lab. Rekayasa Sistem Kerja & Ergonomi (RSKE) – ITB, baik para dosen, staf administrasi, serta para asisten.
4. Para mahasiswa program doktoral bimbingan saya; mereka ini adalah *sparring-partner* dalam kegiatan riset. *Really appreciated your help!*
5. Pimpinan Fakultas Teknologi Industri (FTI) yang selalu memberikan dorongan selama ini.
6. Para guru besar dan kolega di lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB) yang selalu memberikan perhatian dan dorongannya.
7. Kolega riset dan pengabdian pada masyarakat di Kementerian Ketenagakerjaan, PT Kereta Api Indonesia (Persero), PT Pertamina (Persero), serta PT Putra Perkasa Abadi.
8. Kolega dan para guru besar dari sejumlah perguruan tinggi di Indonesia, yang telah memberikan dorongan dan semangat selama ini.
9. Para dosen dan kolega riset yang bergabung di Perhimpunan Ergonomi Indonesia (PEI).

DAFTAR PUSTAKA

- Anthony, M. B. (2018). Persepsi antar risiko keselamatan berkendara dengan perilaku pemakaian safety belt pada driver truk. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, **4**, 53-58.
- Anund, A., Fors, C., Kecklund, G., Leeuwen, W. V., & Åkerstedt, T. (2015). Countermeasures for fatigue in transportation: a review of existing methods for drivers on road, rail, sea and in aviation.
- Arianto, M. E., & Feriana, S. (2021). Pengetahuan keselamatan berkendara, masa kerja, dan peran manajemen dengan perilaku keselamatan berkendara pada pengemudi truk bermuatan semen di PT Energi Sukses Abadi Cilacap. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, **8**, 14-20.
- Asgharpour, S., Javadinasr, M., Bayati, Z., & Mohammadian, A. (. (2021). Investigating Severity of Motorcycle-Involved Crashes in a Developing Country.
- Aupetit, S., Espié, S., & Bouaziz, S. (2015). Naturalistic study of riders' behaviour in lane-splitting situations. *Cognition, Technology & Work*, **17**(2), 301–313. <https://doi.org/10.1007/s10111-014-0293-z>
- Aupetit, S., Gallier, V., Riff, J., Espié, S., & Delgehier, F. (2016). Naturalistic study of the risky situations faced by novice riders. *Ergonomics*, **59**(8), 1109–1120. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1120887>
- Aupetit, S., Riff, J., Buttelli, O., & Espié, S. (2013). Naturalistic study of rider's behaviour in initial training in France: Evidence of limitations in the educational content. *Accident Analysis & Prevention*, **58**, 206–217. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.09.036>
- Aupetit, S., Riff, J., Gallier, V., & Espié, S. (2012). Conceptual and methodological tools for analyzing situations of vulnerability on the road: Examples from a motorcycle riding study. *Proceedings of the 30th European Conference on Cognitive Ergonomics*, 29–36. <https://doi.org/10.1145/2448136.2448143>
- Badan Pengatur Jalan Tol (2019a): Peran BPJT dalam Mengantisipasi Perkembangan Jalan Tol Trans Jawa, diakses 3 April 2020, dari internet: <https://balitbanghub.dephub.go.id/index.php/file/222>.
- Badan Pengatur Jalan Tol (2019b): Tujuan dan Manfaat Penyelenggaraan Jalan Tol, diakses 20 September 2020, dari internet: <http://bpjt.pu.go.id/konten/jalan-tol/tujuan-dan-manfaat>.

- Badan Pusat Statistik (2020): Data Jumlah Kecelakaan, Korban Mati, Luka Berat, Luka Ringan dan Kerugian Materi Tahun 1992-2018, diakses 3 April 2020, dari internet: <https://www.bps.go.id/dynamic/table/2016/02/09/1134/jumlah-kecelakaan-koban-mati-luka-berat-luka-ringan-dan-kerugian-materi-yang-diderita-tahun-1992-2015.html>.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik Transportasi Darat 2022.
- Barzegar, A., Ghadipasha, M., Forouzesh, M., Valiyari, S., & Khademi, A. (2020). Epidemiologic study of traffic crash mortality among motorcycle users in Iran (2011-2017). *Chinese Journal of Traumatology*, **23**, 219-223. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2020.05.008>
- Bui, H. T., Saadi, I., & Cool, M. (2020). Investigating on-road crash risk and traffic offences in Vietnam using the motorcycle rider behaviour questionnaire (MRBQ). *Safety Science*, **130**, 1-14. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104868>
- Camden, M.; Hickman, J., & Hanowski, R. (2017): Pilot Testing a Naturalistic Driving Study to Investigate Winter Maintenance Operator Fatigue during Winter Emergencies. *Safety*, **3**, 19.
- Castanier, C., Deroche, T., & Woodman, T. (2013). Theory of planned behaviour and road violations: The moderating influence of perceived behavioural control, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, **18**, 148-158, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.12.014>.
- Chen, Y., Fu, R., Xu, Q., & Yuan, W. (2020) Mobile phone use in a car-following situation: Impact on time headway and effectiveness of driver's rear-end risk compensation behavior via a driving simulator study. *Int J Environ Res Public Health*, **17(4)**, 1-17.
- Chouhan, S.S., Kathuria, A., & Sekhar, C.R. (2023). The motorcycle rider behaviour questionnaire as a predictor of crashes: A systematic review and meta-analysis, *IATSS Research*, **47(1)**, 61-72, <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2023.01.004>.
- Cunto, F. J., & Ferreira, S. (2016). An Analysis of the Injury Severity of Motorcycle Crashes in Brazil Using Mixed Ordered Response Models. *Journal of Transportation Safety & Security*, 1-28. doi:10.1080/19439962.2016.1162891
- Dandona, R., Kumar, G. A., & Dandona, L. (2006). Risky behavior of drivers of motorized two wheeled vehicles in India. *Journal of Safety Research*, **37**, 149-158. doi:10.1016/j.jsr.2005.11.002
- De Valck, E.; Smeekens, L., & Vantrappen, L. (2015): Periodic Psychological Examination of Train Drivers' Fitness in Belgium. *J. Occup. Environ. Med.*, **57**, 445-452.

- Didin, F, S., & Iridiastadi, H. (2020). Risk factors for rear-end collision: A systematic literature review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **909**(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/909/1/012076>
- Didin, F, S., Iridiastadi, H., & Widyanti, A. (2021). Review of Objective and Subjective Methods for Rear-End Collision Risk Assessment.
- Didin, F, S., Widyanti, A., & Iridiastadi, H. (2022). Exploring the Risk Factors for Rear-End Collisions on Indonesian Toll Roads. 3371–3379. <https://ieomsociety.org/proceedings/2022istanbul/616.pdf>
- Dhini, V.A. (2022, Maret 9). Retrieved from Katadata: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/03/24/angka-kecelakaan-lalu-lintas-di-indonesia-meningkat-di-2021-tertinggi-dari-kecelakaan-motor>
- Dozza, M., & González, N. P. (2013). Recognising safety critical events: Can automatic video processing improve naturalistic data analyses? *Accident Analysis & Prevention*, **60**, 298–304. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.02.014>
- Elliott, M.A., Baughan, C.J., & Sexton, B.F. (2007). Errors and violations in relation to motorcyclists' crash risk, *Accid. Anal. Prev.* **39**, 491–499, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.08.012>.
- Farid, A., & Ksaibati, K. (2021). Modeling severities of motorcycle crashes using random parameters. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, **8**, 225-236. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.01.001>
- Federal Motor Carrier Safety Administration. (2020). Commercial Driver Safety Risk Factors (CDSRF). New Jersey.
- Federal Motor Carrier Safety Administration. (2021). Analysis of Naturalistic Driving Data to Assess Distraction and Drowsiness in Drivers of Commercial Motor Vehicles. New Jersey.
- Gan, Y.-n., Li, D.-d., Robinson, N., & Liu, J.-p. (2022). Practical guidance on bibliometric analysis and mapping knowledge domains methodology - A summary. *European Journal on Integrative Medicine*, **56**. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eujim.2022.102203>
- Godin, B. (2006). On the origins of bibliometrics. *Scientometrics*, **68**, 109-133. doi:<https://doi.org/10.1007/s11192-006-0086-0>
- Hafrida, E., & Sepmader, J. (2017). Pengaruh perilaku dan kondisi kerja terhadap kecelakaan kerja pada supir truk CPKO di CV. Gloria Trans Dumai. Prosiding Semnas Teknik, STT Dumai, 1(1), 1-9.
- Halbersberg, D., & Lerner, B. (2019). Young driver fatal motorcycle accident analysis by jointly maximizing accuracy and information. *Accident Analysis and Prevention*, **129**, 350-361. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.04.016>

- Hammond, O., R. L., Soccolich, S. A., & Hanowski, R. J. (2019). The impact of driver distraction in tractor-trailers and motorcoach buses. *Accident Analysis & Prevention*, **126**, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.015>.
- Handayani, D. I., Masudin, I., Haris, A., & Restuputri, D. P. (2022). Ensuring the halal integrity of the food supply chain through halal suppliers: a bibliometric review. *Journal of Islamic Marketing*, **13**, 1457-1478. doi:<https://doi.org/10.118/JIMA-10-2020-0329>
- Hanowski, R. (2011). The Naturalistic Study of Distracted Driving: Moving from Research to Practice, *SAE Int. J. Commer. Veh.* **4(1)**, 286-319, <https://doi.org/10.4271/2011-01-2305>.
- Hartanto, B, D., (2015). Analisis perilaku pengemudi truk serta kontribusinya pada kecelakaan. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, **23(1)**, 79-87.
- Ibrahim, M. K. A., Hamid, H., Law, T. H., & Wong, S. V. (2018). Evaluating the effect of lane width and roadside configurations on speed, lateral position and likelihood of comfortable overtaking in exclusive motorcycle lane. *Accident Analysis & Prevention*, **111**, 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.10.023>
- Indonesian National Transportation Safety Committee (KNKT). (2019): Kecelakaan Tunggal Mobil Elf E-7548-Pb Terguling di Jalan Raya Subang Ciater Kabupaten Subang Provinsi Jawa Barat. Final Report KNKT.18.03.04.01.
- Iridiastadi, H., Abdurrahman, I., Puspasari, M., & Soetisna, H.R., (2020): Fatigue and Sleepiness During Long-Duration Driving: A Preliminary Study Among Indonesian Commercial Drivers, *Transport Problems*, **15(2)**, DOI: 10.21307/tp-2020-016.
- Islam, S., & Brown, J. (2017, August 12). A comparative injury severity analysis of motorcycle at-fault crashes on rural and urban roadways in Alabama. *Accident Analysis and Prevention*, *108*, 163-171. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2017.08.016>
- Islam, S., Hossain, A. B., & Barnett, T. E. (2016). Comprehensive Injury Severity Analysis of SUV and Pickup Truck Rollover Crashes (Alabama Case Study). *Transportation Reserach Record; Journal of the Transportation Reserach Board*, **2601**, 1-9. doi:10.3141/2601-01
- Jap, B. T., Lal, S., Fischer, P., & Bekiaris, E. (2009). Using EEG spectral components to assess algorithms for detecting fatigue. *Expert Systems with Applications*, **36(2)**, 2352-2359.

- Jap, B. T., Lal, S., & Fischer, P. (2011): Comparing combinations of EEG activity in train drivers during monotonous driving, *Expert Systems with Applications*, **38(1)**, 996–1003. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.109>
- Jasa Marga (2019): Data Kecelakaan di Jalan Tol Jagorawi tahun 2019, Jakarta.
- Jasa Marga (2020): Data Kecelakaan di Jalan Tol Jagorawi tahun 2020, Jakarta.
- Jimenez, A., Bocarejo, J. P., Zarama, R., & J. Y. (2015). A case study analysis to examine motorcycle crashes in Bogota, Colombia. *Journal of Safety Research*, **52**, 29-38. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsr.2014.12.005>
- Johns, M. (1998). Rethinking the assessment of sleepiness, *Sleep Medicine Reviews*, **2(1)**, 3-15, [https://doi.org/10.1016/S1087-0792\(98\)90050-8](https://doi.org/10.1016/S1087-0792(98)90050-8).
- Johns, M.W. (1991): A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale. *Sleep*, **14**, 540–545.
- Johns, M.W. (2000): A sleep physiologist's view of the drowsy driver. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.*, **3**, 241–249.
- Johns, M.W., Chapman, R., Crowley, K., & Tucker, A. (2008): A new method for assessing the risks of drowsiness while driving. *Somnologie Schlafforschung Und Schlafmed.*, **12**, 66–74.
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2012, September 28). Transportasi logistik di indonesia masih didominasi angkutan jalan. retrieved from departemen perhubungan republik indonesia: <https://dephub.go.id/post/read/transportasi-logistik-di-indonesia-masih-didominasi-angkutan-jalan-14881?language=en>.
- Kepolisian Republik Indonesia (2023): Data Kecelakaan di Jalan Tol Cipularang dan Jakarta-Cikampek tahun 2019-2022, Bandung.
- Kircher, K., & Andersson, J. (2015). Truck drivers' opinion on road safety in tanzania—a questionnaire study. *Traffic Injury Prevention*, **14(1)**, 103–111. <https://doi.org/10.1080/15389588.2012.671982>.
- Kompas. (2022, November 20). Korlantas Porli Catat 94.617 Kecelakaan pada Januari-September 2022. Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia.
- Lemonakis, P., Eliou, N., & Karakasidis, T. (2021). Investigation of speed and trajectory of motorcycle riders at curved road sections of two-lane rural roads under diverse lighting conditions. *Journal of Safety Research*, **78**, 138–145. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.05.009>
- Li, J., Fang, S., Guo, J., Fu, T., & Qiu, M. (2021b). A Motorcyclist-Injury Severity Analysis: A Comparison of Single-, Two-, and Multi-Vehicle Chances Using Latent Class Ordered Probit Model. *Accident Analysis and Prevention*, **151**, 1 - 10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105953>

- Li, X., Liu, J., Zhang, Z., Parrish, A., & Jones, S. (2021a). A spatiotemporal analysis of motorcyclist injury severity: Findings from 20 years of crash data from Pennsylvania. *Accident Analysis and Prevention*, **151**. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105952>
- Mahajan, K., Velaga, N. R., Kumar, A., Choudhary, A., & Choudhary, P. (2019). Effects of driver work-rest patterns, lifestyle and payment incentives on long-haul truck driver sleepiness. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, **60**, 366–382. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.10.028>.
- Mahajan, K., Velaga, N. R., Kumar, A., & Choudhary, P. (2019). Effects of driver sleepiness and fatigue on violations among truck drivers in India. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, **26**(4), 412–422. <https://doi.org/10.1080/17457300.2019.1660375>.
- Malaysian Institute Road Safety. (2021). Heavy Commercial Goods Vehicle Crashes in Malaysia. Selangor: Malaysian Institute of Road Safety Research.
- Manan, M. M., Várhelyi, A., Çelik, A. K., & Hashim, H. H. (2018). Road characteristics and environment factors associated with motorcycle fatal crashes in Malaysia. *IATSS Research*, **42**, 207-220. doi:<https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2017.11.001>
- Martinussen, L. M., Møller, M., & Prato, C. G. (2014). Assessing the relationship between the Driver Behavior Questionnaire and the Driver Skill Inventory: Revealing sub-groups of drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology And Behaviour*, **26**, 82-91.
- May, J.F. & Baldwin, J.L. (2009): Driver fatigue: The importance of identifying causal factors. *Transportation Research.*, **12**. Part F. P. 218-224
- Maynard, S., Filtness, A., Miller, K., & Pilkington-Cheney, F. (2021). Bus driver fatigue: A qualitative study of drivers in London, *Applied Ergonomics*, **92**, 103309, <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103309>.
- McManus, B., Heaton, K., Vance, D. E., & Stavrinos, D. (2016). The useful field of view assessment predicts simulated commercial motor vehicle driving safety. *Traffic Injury Prevention*, **17**(7), 763–769. <https://doi.org/10.1080/15389588.2015.1137560>
- Ospina-Mateus, H., Jimenez, L. A., Lopez-Valdes, F. J., & Salas-Navarro, K. (2019). Bibliometric analysis in motorcycle accident research: a global review. *Scientometrics*. doi:<https://doi.org/10.1007/s11192-019-03234-5>
- Pahrevi, D. (2020, Januari 30). Retrieved from Kompas: <https://www.kompas.com/propterti/read/2022/02/23/170000321/odol-kerugian-rp-43-45-triliun-per-tahun-dan-langkah-pemerintah?page=2>

- Park, H.C., Kim, D.K., Kho, S.Y., & Park, P.Y., (2017). Cross-classified multilevel models for severity of commercial motor vehicle crashes considering heterogeneity among companies and regions. *Accid Anal Prev.* **106**, 305-314. doi: 10.1016/j.aap.2017.06.009. Epub 2017 Jul 4. PMID: 28686881.
- Pemerintah Indonesia. 2009. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Lembaran Negara RI Tahun 2009 No. 96. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022 Tentang Rencana Umum Nasional Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- Phillips, R.O. (2015). A review of definitions of fatigue – And a step towards a whole definition, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, **29**, 48-56, <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.01.003>.
- Phillips, R.O., Göran Kecklund, Anne Anund, and Mikael Sallinen. (2017). Fatigue in transport: a review of exposure, risks, checks and controls. *Transport reviews* **37**, no. 6, 742-766.
- Rahma, S. A., Kurniawan, B., & Jayanti, S. (2017). Perilaku aman berkendara pengemudi truk tangki bbm (studi kualitatif di perusahaan distribusi bbm pt x kota semarang). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, **5**, 375-384.
- Rashmi, B. S., & Marisamynathan, S. (2023). Factors affecting truck driver behavior on a road safety context: A critical systematic review of the evidence. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*.
- Rezapour, M., Molan, A. M., & Ksaibati, K. (2020). Analyzing injury severity of motorcycle at-fault crashes using machine learning techniques, decision tree and logistic regression models. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 89-99. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijst.2019.10.002>
- Rome, L. d., Fitzharris, M., Baldock, M., Fernandes, R., Ma, A., & Brown, J. (2016). The prevalence of crash risk factors in a population-based study of motorcycle riders. *Injury*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.injury.2016.03.033>
- Santosa, S. P., Mahyuddin, A. I., & Sunoto, F. G. (2017). Anatomy of injury severity and fatality in Indonesian traffic accidents. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, **49(3)**, 412-422.
- Sari, W. P., Mahyuni, E. L., & Salmah, U. (2015). Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Potensi Kecelakaan Kerja Pada Pengemudi Truk Di Pt Berkatnugraha Sinarlestari Belawan Tahun 2015.

- Schleicher, R., Galley, N., Briest, S., & Galley, L. (2008). Blinks and saccades as indicators of fatigue in sleepiness warnings: looking tired?, *Ergonomics*, **51**(7), 982-1010, DOI: 10.1080/00140130701817062
- Se, C., Champahom, T., Jamnonkwao, S., Chaimuang, P., & Ratanavaraha, V. (2021, August 9). Empirical comparison of the effects of urban and rural crashes on motorcyclist injury severities: A correlated random parameters ordered probit approach with heterogeneity in means. *Accident Analysis and Prevention*, **161**, 1-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106352>
- Singh, H., & Kathuria, A. (2021). Analyzing driver behavior under naturalistic driving conditions: A review. *Accident Analysis & Prevention*, **150**, 105908.
- Susilo, Y. O., Joewono, T. B., & Vandebona, U. (2015). Reasons underlying behaviour of motorcyclists disregarding traffic regulations in urban areas of Indonesia. *Accident Analysis and Prevention*, **75**, 272-284. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.12.016>
- Syahriza, M. (2019). Kecelakaan Lalu Lintas: Perlukah Mendapatkan Perhatian Khusus? *Journal Averrous*, **5**, 89-110.
- Truong, L. T., Tay, R., & Nguyen, H. T. (2021). Investigating health issues of motorcycle taxi drivers: A case study of Vietnam. *Journal of Transport & Health*, **20**, 1-8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100999>
- Uttra, S., Jomnonkwao, S., Watthanaklang, D., & Ratanavaraha, V. (2020a). Development of Self-Assessment Indicators for Motorcycle Riders in Thailand: Application of the Motorcycle Rider Behavior Questionnaire (MRBQ). *Sustainability*, **12**, 1-16. doi:10.3390/su12072785
- Vajari, M. A., Aghabyk, K., Sadeghian, M., & Shiwakoti, N. (2020, February 28). A multinomial logit model of motorcycle crash severity at Australian intersections. *Journal of Safety Reserach*, **73**, 17-24. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.02.008>
- van Schagen, I., Welsh, R., Backer-Grondahl, A., Hoedemaeker, M., Lotan, T., Morris, A., Sagberg, F., & Winkelbauer, M. (2011). *Towards A Large Scale European Naturalistic Driving Study: Final Report Of PROLOGUE: Deliverable D4.2* [Report]. Loughborough University. https://repository.lboro.ac.uk/articles/report/Towards_a_large_scale_European_Naturalistic_Driving_study_final_report_of_PROLOGUE_deliverable_D4_2/9353405/1
- WHO. (2022). Global status report on road safety 2018. World Health Organization. Retrieved from <https://www.who.int/publications-detail/global-status-report-on-road-safety-2018>
- Williamson, A. & Lombardi, D.A. & Folkard, S. (2011): The link between fatigue and safety. *Accident Analysis and Prevention.*, **43**, 498-515.

- Winkelbauer, M., Donabauer, M., Pommer, A., & Jansen, R. (2019). Naturalistic data on time headway behind motorcycles and other vehicles. *Safety Science*, **119**, 162–173. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.01.020>
- Winkelbauer, M., Eichhorn, A., Sagberg, F., & Backer-Grøndahl, A. (2010). Naturalistic Driving A New Method Of Data Collection. In *Data and Mobility* (pp. 163–176). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15503-1_15
- Wicaksono, A., Arifin, M. Z., Nugroho, M. W., & Utomo, Y. R. (2021). Truck accident risk model for east java, Indonesia. In *ICCOEE2020: Proceedings of the 6th International Conference on Civil, Offshore and Environmental Engineering (ICCOEE2020)*, 828-835. Springer Singapore.
- World Health Organization. (2018). Global status report on road safety 2018. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/276462>.
- World Health Organization. (2018). Global Status Report on Road Safety.
- Wu, K.-F., Sasidharan, L., Thor, C. P., & Chen, S.-Y. (2018). Crash sequence based risk matrix for motorcycle crashes. *Accident Analysis and Prevention*, **117**, 21-31. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.03.022>
- Yamaguchi, T. (2018). The need for building role models for motorcycle riders' education in the kingdom of Cambodia. *IATSS Research*, 190-196. doi:<https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2018.11.003>
- Yasnani, D. C., & Afa, J. R. (2016). Faktor-faktor yang berhubungan dengan kelelahan pengemudi truk terminal BBM PT. Pertamina (Persero) Kec. Latambaga Kab. Kolaka. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*, **1**, 1-10.
- Yassierli. Mahachandra, M., & Satalaksana, I. Z. (2015). Fatigue Evaluation of Fuel Truck Drivers. *Procedia Manufacturing*, **4**, 352-358. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.051>.
- Zhang, C., Wang, W., Chen, C., Zeng, C., Anderson, D. E., & Cheng, B. (2018): Determination of optimal electroencephalography recording locations for detecting drowsy driving, *IET Intelligent Transport Systems*, **12(5)**, 345–350. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2017.0083>
- Zhang, G., Yau, K.K.W., Zhang, X., & Li, Y. (2016): Traffic accidents involving fatigue driving and their extent of casualties. *Accid. Anal. Prev.*, **87**, 34–42.
- Zhang, Y., Liu, T., Bai, Q., Shao, W., & Wang, Q. (2018). New systems-based method to conduct analysis of road traffic accidents. *Transportation Research Part F: traffic psychology and behaviour*, **54**, 96-109.

CURRICULUM VITAE



Nama : Prof. Ir. Hardianto Iridiastadi, MSIE, Ph.D., CPE
Tempat/tgl lahir : Bandung/3 Februari 1966
Kel. Keahlian : Ergonomi, Rekayasa Kerja, dan Keselamatan Kerja
Alamat Kantor : Gedung Labtek III (Matthias Aroef), JL. Ganesha No. 10, Bandung 40132
Nama Istri : Fadjar Dewi Yanti
Nama Anak : Sarah Afiyah Hastuti Iridiastadi

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

No.	Jenjang Pendidikan	Perguruan Tinggi	Tahun Lulus	Gelar	Bidang
1	Sarjana (S1)	Institut Teknologi Bandung	27 April 1991	Insinyur (Ir.)	Teknik Industri
2	Magister (S2)	Lousiana State University	16 Mei 1997	Master of Science in Industrial Engineering (MSIE)	Industrial Engineering
3	Doktor (S3)	Virginia Polytechnic Institute & State University	15 Mei 2004	Doctor of Philosophy (Ph.D)	Industrial and Systems Engineering

II. PATEN, SERTIFIKASI, PELATIHAN, KEANGGOTAAN PROFESI

No	Nama	Institusi	Tahun
1	Ergonomic Vest	Sertifikat Paten #: IDP000067784	2020
2	Certified Professional Ergonomist (CPE)	Board of Certification in Professional Ergonomics, Inc., USA	2016
3	Member	International Ergonomics Association (IEA)	2012
4	Member	Institute of Industrial and Systems Engineering (IISE)	2019
5	Trainee	Tropical – Basic Off-Shore Safety Induction and Safety Training (T-BOSIET)	2015

III. RIWAYAT KERJA DI ITB

No.	Nama Jabatan	Tahun	Keterangan
1	Sebagai Kepala Lab. Rekayasa Sistem Kerja dan Ergonomi FTI-ITB Tahun 2015	10 Maret 2015 - 31 Desember 2015	Surat Keputusan Dekan FTI-ITB No. 0427b/SK/I1.C06/KP/2015 tgl 10-03-2015 (2 Semester)
2	Sebagai Kepala Lab. Rekayasa Sistem Kerja dan Ergonomi FTI-ITB Tahun 2018	01 Maret 2018 - 31 Desember 2018	Surat Keputusan Dekan FTI-ITB No. 0578/SK/I1.C06/KP/2018 tgl 28-02-2018 (2 Semester)
3	Sebagai Kepala Lab. Rekayasa Sistem Kerja dan Ergonomi FTI-ITB Tahun 2020	2 Januari 2020 - 31 Desember 2020	Surat Keputusan Dekan FTI-ITB No. 0716/SK/I1.C06/KP/2020 tgl 24-02-2020 (2 Semester)
4	Ketua Kelompok Keahlian Ergonomi, Rekayasa Kerja, dan Keselamatan Kerja	2018 -	Surat Keputusan Dekan FTI-ITB No. 4734/SK/I1.C06/KP/2018 tgl 06-12-2018
5	Ketua Komisi Etik Penelitian ITB	2021 -	Surat Keputusan Rektor ITB No. 1004/IT1.A/SK-KP/2021 Tgl 18-10-2021

IV. RIWAYAT KEPANGKATAN

No.	Pangkat	Golongan	T.M.T.	Nomor Surat Keputusan
1	Calon Pegawai Negeri Sipil (CPNS)	III/a	1 Maret 1992	Surat Keputusan Mendikbud RI No. 611/PT07.H15/SK/C.1/1992, tgl 24 Juni 1992
2	Pegawai Negeri Sipil (PNS), Penata Muda	III/a	1 Januari 1994	Surat Keputusan Mendikbud RI No. 1681/PT07.H2/C.1K.2/SK/1993, tgl 2 Desember 1993
3	Penata	III/c	1 April 2009	Surat Keputusan Mendiknas RI No. 40032/A4.5/KP/2009, tgl 25 Juni 2009
4	Penata Tk. I	III/d	1 Oktober 2012	Surat Keputusan Mendikbud RI No. 17191/A4.3/KP/2013, tgl 21 Februari 2013
5	Pembina	IV/a	1 Oktober 2016	Surat Keputusan Menristekdikti RI No. 88142/A2.3/KP/2016, tgl 21 Desember 2016
6	Pembina Tk.1	IV/b	25 Oktober 2023	Surat Keputusan Mendikbudristek RI No. 62578/B/07/2023

V. RIWAYAT JABATAN FUNGSIONAL

No.	Nama Jabatan	T.M.T	Nomor Surat Keputusan
1	Asisten Ahli Madya	1 Desember 1996	Surat Keputusan Mendikbud RI No. 476a/SK/K.01/KP.03.3/1996, tgl 30 November 1996
2	Asisten Ahli (Inpassing)	1 Januari 2001	Surat Keputusan Mendiknas RI No. 265/K01.2/KP/INPASS-JAB/2001, tgl 24 Maret 2001
3	Lektor Kepala	1 Oktober 2008	Surat Keputusan Mendiknas RI No. 61686/A4.5/KP/2008, tgl 6 Oktober 2008
4	Profesor/Guru Besar	26 April 2023	Surat Keputusan Mendikbudristek RI No. 24396/M/07/2023

VI. KEGIATAN PENELITIAN

No.	Peneliti, Judul Penelitian	Sumber dana; Tahun; Tempat publikasi
1.	<i>Metabolic cost prediction model for Indonesian military personnel</i>	Institut Teknologi Bandung, 2008
2	<i>Epidemiology study and biomechanical evaluation of assembly workers in the automotive industry</i>	Asahi Glass Foundation, Japan, 2007 sd 2009
3	<i>Physiological workload of Indonesian workers in the manufacturing sector</i>	Asahi Glass Foundation, Japan, 2009 sd 2010
4	Kapasitas dan beban kerja fisiologi pekerja manufaktur Indonesia	Institut Teknologi Bandung, 2008
5	Evaluasi beban kerja lapangan personil TNI	Hibah Dikti, 2009
6	Penerapan <i>Critical Decision Method</i> Dalam Evaluasi Human Error Pada Kecelakaan Kereta Api	Hibah Kompetensi, 2010
7	Pengembangan Metoda Analisis <i>Human Error</i> Sebagai Upaya Dalam Menganalisis Kecelakaan Kereta Api	Program Insentif Riset Terapan, 2010 sd 2011
8	Evaluasi dan Rancangan Solusi Penyebab Kecelakaan Kereta Api Melalui Pemanfaatan Metodologi HFACS-IR	Riset Sinas, 2012 -2013
9	Efektivitas Pvt Dalam Mendeteksi Kelelahan Dan Kantuk Saat Mengemudi Jarak Jauh	Riset ITB, 2014

No.	Peneliti, Judul Penelitian	Sumber dana; Tahun; Tempat publikasi
	<i>(Utility of PVT in Detecting Fatigue and Sleepiness during Long Haul Driving)</i>	
10	Pengembangan Metodologi Dan Alat Ukur Kelelahan Berkendara Ditinjau Dari Variabel Okulomotor	Riset ITB, 2015
11	Pengembangan Fatigue Assessment Technology (FAT): Suatu Upaya Bagi Peningkatan Keselamatan Kereta Api (Tahun ke-satu)	Hibah Kompetensi Dikti, 2015
12	Perancangan Dan Instalasi Patient Handling Technology (PHT) Bagi Panti Jompo Di Kota Bandung	PPM ITB, 2015
13	Perancangan Prototipe Patient Handling Technology (PHT) Bagi Penyandang Disabilitas Fisik	Riset Insinas Kemenristek Dikti, 2016
14	Efek Jumlah Jam Tidur terhadap Respon Okulomotor Saat Mengemudi Berdurasi Panjang	Riset ITB, 2016
15	Pengembangan Fatigue Assessment Technology (FAT): Suatu Upaya Bagi Peningkatan Keselamatan Kereta Api	Hibah Kompetensi Dikti, 2016
16	Pengembangan Fatigue Assessment Technology (FAT): Suatu Upaya Bagi Peningkatan Keselamatan Kereta Api	Hibah Kompetensi Dikti, 2017
17	Evaluasi Indikator Sinyal Otak sebagai Alat Ukur Kelelahan	Riset P3MI ITB, 2017
18	Model Prediksi Kelelahan berdasarkan respon time pada pengemudi kendaraan beroda empat yang dipengaruhi kekurangan tidur dan waktu istirahat	Riset P3MI ITB, 2017
19	Evaluasi dan Uji Coba Prototipe Patient Handling Technology (PHT)	Riset Insinas KemenristekDikti, 2017
20	Rancang Bangun Teknologi Deteksi Kelelahan (TDK) bagi Pengemudi Komersial Jarak Jauh: Suatu Upaya bagi Peningkatan Keselematan Transportasi Jalan Raya	Hibah Kompetensi, KemenristekDikti, 2018

No.	Peneliti, Judul Penelitian	Sumber dana; Tahun; Tempat publikasi
21	Perancangan Teknologi Uji Kebugaran Bertugas bagi Masinis untuk Meminimasi Risiko Kecelakaan Kereta Api	Hibah Kompetensi, KemenristekDikti, 2018
22	Pengembangan Teknologi Deteksi Kelelahan Berbasis Indikator Psikomotor, Kognitif, dan Mata	Riset P3MI ITB, 2018
23	Perancangan Alat Bantu Angkut Pakan dengan Pendekatan Ergonomi untuk Peternak Sapi Tradisional	Riset P3MI ITB, 2018
24	Rancang Bangun Teknologi Deteksi Kelelahan (TDK) bagi Pengemudi Komersial Jarak Jauh: Suatu Upaya bagi Peningkatan Kesejahteraan Transportasi Jalan Raya	Hibah Kompetensi KemenristekDikti, 2019
25	Perancangan Teknologi Uji Kebugaran Bertugas bagi Masinis untuk Meminimasi Risiko Kecelakaan Kereta Api	Hibah Kompetensi, KemenristekDikti, 2019
26	Kantuk dan Mengemudi - Suatu Analisis Berbasis Parameter Okular dan Karakteristik Wajah	Program Penelitian Pengabdian Masyarakat Inovasi, 2020
27	Manajemen Kelelahan - Panduan bagi Pekerjaan Mengemudi Kendaraan Bermotor	Program Penelitian Pengabdian Masyarakat Inovasi, 2020
28	Perancangan Teknologi Uji Kebugaran Bertugas bagi Masinis Untuk Meminimasi Risiko Kecelakaan Kereta Api	Hibah Kompetensi, KemenristekDikti, 2020
29	Rancang Bangun Teknologi Deteksi Kelelahan (TDK) bagi Pengemudi Komersial Jarak Jauh: Suatu Upaya bagi Peningkatan Keselamatan Transportasi Jalan Raya	Hibah Kompetensi, KemenristekDikti, 2020
30	Analisis Electroencephalography (EEG) pada Kelelahan saat Mengemudi	Riset ITB, 2020
31	Pengembangan Fatigue Monitoring Technology (FMT) - Suatu Upaya Bagi Peningkatan Keselamatan Transportasi Perkeretaapian Indonesia	PPMI ITB, 2021

No.	Peneliti, Judul Penelitian	Sumber dana; Tahun; Tempat publikasi
32	Pengembangan Prototipe Deteksi Kantuk (TDK) Masinis Kereta Berbasis Karakteristik Okular	LPIK ITB, 2021
33	Strategi Mitigasi Risiko Kecelakaan di Perlintasan Sebidang Kereta Api – Program Kerja Sama Dengan PT KAI (Persero)	PM ITB, 2021
34	Pengembangan Teknologi Monitoring Kelelahan (TMK) Bagi Masinis Kereta	Hibah Kompetensi, KemenristekDikti, 2021
35	Identifikasi Musculoskeletal Disorders (MSDs) Terhadap Atlet Bulu Tangkis Indonesia	Riset ITB, 2021
36	Indikator kelelahan masinis kereta - pendekatan okular, facial, dan SAT	PPMI ITB. 2022
37	Pengembangan Teknologi Monitoring Kelelahan (TMK) Bagi Masinis Kereta	Hibah Kompetensi, KemenristekDikti, 2022
38	Kajian Kelelahan pada Masinis Kereta Api: Wawancara dan Kuesioner	Riset PM Doktor, 2022
39	Alat Pelindung Diri Bagi Tenaga Kesehatan dari Penularan Virus: Evaluasi Ketidaknyamanan, serta Desain Material Tekstil dan Setelan	Riset PM Doktor, 2022
40	Keselamatan Jalan Pengemudi Sepeda Motor, Statistik, Pendekatan, dan Strategi Intervensi	PPMI ITB, 2023
41	Kajian Kelelahan pada Masinis Kereta Api: Wawancara dan Kuesioner	Riset PM Doktor, 2023
42	Alat Pelindung Diri Bagi Tenaga Kesehatan dari Penularan Virus: Evaluasi Ketidaknyamanan, serta Desain Material Tekstil dan Setelan	Riset PM Doktor, 2023
43	Perancangan Teknologi Kesiapan Dinas Berdasarkan Indikator Okular	Hibah Kompetensi, KemenristekDikti, 2023
44	Pengembangan Rumusan Kebijakan Pengaturan Lalu Lintas Melalui Naturalistic Driving Study Bagi Pengemudi Sepeda Motor	Hibah Kompetensi, KemenristekDikti, 2023

VII. PUBLIKASI

VII.1 Dalam jurnal internasional bereferece (mitra bestari) dan diakui

No.	Penulis, Judul Makalah, Nama Jurnal, Volume
1	Zainy, M. L. S., Pratama, G. B., Kurnianto, R. R., & Iridiastadi, H. (2023). Fatigue Among Indonesian Commercial Vehicle Drivers: A Study Examining Changes in Subjective Responses and Ocular Indicators. <i>International Journal of Technology</i> , 14(5), 1039-1048.
2	Indrayana, D. V., Pribadi, K. S., Marzuki, P. F., & Iridiastadi, H. (2023). Safety Leadership and Performance in Indonesia's Construction Sector: The Role of Project Owners' Marurity. <i>International Journal of Safety & Security Engineering</i> , 13(4).
3	Socolich, S., Ridgeway, C., Mabry, J. E., Camden, M. C., Miller, A., Iridiastadi, H., & Hanowski, R. J. (2022). Challenges in conducting empirical epidemiological research with truck and bus drivers in diverse settings in North America. <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> , 19(19), 12494.
4	Mabry, J. E., Camden, M., Miller, A., Sarkar, A., Manke, A., Ridgeway, C., ... & Hanowski, R. J. (2022). Unravelling the complexity of irregular shiftwork, fatigue and sleep health for commercial drivers and the associated implications for roadway safety. <i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i> , 19(22), 14780.
5	Zuraida, R., Wijayanto, T., & Iridiastadi, H. (2022). Fatigue during Prolonged Simulated Driving: An Electroencephalogram Study. <i>International Journal of Technology</i> , 13(2).
6	Iridiastadi, H. (2021). Fatigue in the Indonesian rail industry: A study examining passenger train drivers. <i>Applied Ergonomics</i> , 92, 103332.
7	Theresia, C., Iridiastadi, H., & Pratama, G. B. (2021). Effects of Sleep Deprivation on Vigilance, Attention, and Performance During Simulated Train Driving. <i>Industrial Engineering & Management Systems</i> , 20(1), 27-34.
8	Iridiastadi, H., Vani, T., & Yamin, P. A. R. (2020). Biomechanical evaluation of a patient-handling technology prototype. <i>International Journal of Technology</i> , 11(1), 180-189.
9	Iridiastadi, H., Abdurrahman, I., Puspasari, M., & Soetisna, H. R. (2020). Fatigue And sleepiness during long-duration driving: A preliminary study among Indonesian commercial drivers. <i>Transport Problems</i> , 15(2), 17-24.
10	Iridiastadi, H., Anggawisnu, B., Didin, F. S., & Yamin, P. A. R. (2019). The prevalence of musculoskeletal complaints among hospital nurses and nursing home caregivers in Indonesia. <i>International Journal of Technology</i> , 10(4), 854-861.
11	Zuraida, R., Iridiastadi, H., Sitalaksana, I. Z., & Suprijanto, S. (2019). An analysis of EEG changes during prolonged simulated driving for the assessment of driver fatigue. <i>Journal of Engineering and Technological Sciences</i> , 51(2), 290-302.
12	Puspasari, M. A., Iridiastadi, H., Sitalaksana, I. Z., & Sjafuruddin, A. (2019). Ocular indicators as fatigue detection instruments for Indonesian drivers. <i>Industrial Engineering & Management Systems</i> , 18(4), 748-760.
13	Puspasari, M. A., Iridiastadi, H., & Sitalaksana, I. Z. (2017). Oculomotor indicator pattern for measuring fatigue in long duration of driving: case study in Indonesian road safety. <i>Journal of Traffic and Logistics Engineering Vol</i> , 5(1).

No.	Penulis, Judul Makalah, Nama Jurnal, Volume
14	Zuraida, R., Iridiastadi, H., & Sitalaksana, I. Z. (2017). Indonesian drivers' characteristics associated with road accidents. <i>International Journal of Technology</i> , 8(2), 311-319.
15	Puspasari, M. A., Iridiastadi, H., Sitalaksana, I. Z., & Sjafruddin, A. (2017). Effect of driving duration on EEG fluctuations. <i>Int. J. Technol</i> , 8(1089), 10-14716.
16	Nurwulan, N. R., Jiang, B. C., & Iridiastadi, H. (2015). Posture and texting: Effect on balance in young adults. <i>PloS One</i> , 10(7), e0134230.
17	Iridiastadi, H., & Ikatrinasari, Z. F. (2012). Indonesian railway accidents—utilizing Human Factors Analysis and Classification System in determining potential contributing factors. <i>Work</i> , 41(Supplement 1), 4246-4249.
18	Henny, H., Iridiastadi, H., & Sitalaksana, I. (2012). Age, Gender, and Muscle Strength: a Study Based on Indonesian Samples. <i>Makara Journal of Technology</i> , 16(1), 22-28.
19	Iridiastadi, H., Nussbaum, M. A., & van Dieën, J. H. (2008). Muscular load characterization during isometric shoulder abductions with varying force. <i>Journal of Electromyography and Kinesiology</i> , 18(4), 695-703.
20	Yassierli, Nussbaum, M. A., Iridiastadi, H., & Wojcik, L. A. (2007). The influence of age on isometric endurance and fatigue is muscle dependent: a study of shoulder abduction and torso extension. <i>Ergonomics</i> , 50(1), 26-45.
21	Iridiastadi, H., & Nussbaum, M. A. (2006). Muscle fatigue and endurance during repetitive intermittent static efforts: development of prediction models. <i>Ergonomics</i> , 49(4), 344-360.
22	Iridiastadi, H., & Nussbaum, M. A. (2006). Muscular fatigue and endurance during intermittent static efforts: effects of contraction level, duty cycle, and cycle time. <i>Human Factors</i> , 48(4), 710-720.
23	Iridiastadi, H., & Nussbaum, M. A. (2006). An evaluation of cumulative probability distribution of force (CPDF) as an exposure assessment method during isometric non-isotonic shoulder abductions. <i>International Journal of Industrial Ergonomics</i> , 36(1), 37-43.
24	Iridiastadi, H., & Aghazadeh, F. (2005). Physiological fatigue limit of combined manual materials handling tasks. <i>Occupational Ergonomics</i> , 5(3), 141-148.

VII.2 Buku dan bab buku (*book chapter*)

No.	Judul Buku, Judul Bab Buku, Penerbit
1	Iridiastadi, H., & Yassierli. (2014). <i>Ergonomi: Suatu Pengantar</i> . Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
2	Smith-Jackson, T. L., Iridiastadi, H., & Oh, C. G. (2011). <i>Cultural Ergonomics Issues in Consumer Product Design</i> . <i>Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Methods and Techniques</i> , 211, Boca Raton, FL: CRC Press

VII.3 Dalam jurnal nasional terakreditasi

No.	Penulis, Judul Makalah, Nama Jurnal, Volume
1	Sukmada, U., Permana, S., Iridiastadi, H., & Navalino, R. D. A. (2022). Analisis pengembangan aplikasi psychomotor vigilance task (PVT) sebagai alat uji kesiapan bertugas pengemudi kendaraan tempur. <i>Citizen: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia</i> , 2(2), 332-355.
2	Triyanti, V., Yassierli, Y., & Iridiastadi, H. (2019). Basic emotion recogniton using automatic facial expression analysis software. <i>Jurnal Optimasi Sistem Industri</i> , 18(1), 55-64.

VII.4 Dalam prosiding seminar internasional

No.	Penulis, Judul Makalah, Nama Seminar
1	Triyanti, V., Iridiastadi, H., & Yassierli, Y. (2023, August). Utility of reaction time in measuring fatigue associated with short-period, high-cognitive load task. In <i>AIP Conference Proceedings</i> (Vol. 2485, No. 1). AIP Publishing.
2	Auliani, S., Adiasa, I., & Iridiastadi, H. (2023, December). The utilization of ocular indicators in detecting fatigue in freight train drivers. In <i>AIP Conference Proceedings</i> (Vol. 2828, No. 1). AIP Publishing.
3	Didin, F. S., Widyanti, A., & Iridiastadi, H. (2022). Exploring the Risk Factors for Rear-End Collisions on Indonesian Toll Roads. <i>Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul, Turkey, March 7-10, 2022</i>
4	Indrayana, D. V., Pribadi, K. S., Marzuki, P. F., & Iridiastadi, H. (2022, July). Factors affecting safety leadership of construction project owners in Indonesia. In <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> (Vol. 1065, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
5	Auliani, S., & Iridiastadi, H. Factors Causing Train Driver Fatigue: A Systematic Review. <i>Proceedings of the Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Surakarta, Indonesia, September 14-16, 2021</i>
6	Auliani, S., Morianti, D. A. R., Tarigantua, C. E., & Iridiastadi, H. The Effect of Split Sleep on Fatigue Based on the Ocular Indicator: A Train Simulator Study. <i>Proceedings of the First Australian International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Sydney, Australia, December 20-21, 2022</i>
7	Didin, F. S., Iridiastadi, H., & Widyanti, A. (2021). Review of Objective and Subjective Methods for Rear-End Collision Risk Assessment. <i>Proceedings of the Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Surakarta, Indonesia, September 14-16, 2021</i>
8	Triyanti, V., Azis, H. A., Prasetyawan, Y., Iridiastadi, H., & Yassierli. (2021). Individual factors related to mental workload in air traffic controller. In <i>Convergence of Ergonomics and Design: Proceedings of ACED SEANES 2020</i> (pp. 271-278). Springer International Publishing.

No.	Penulis, Judul Makalah, Nama Seminar
9	Pujiartati, D. A., Ananta, M. F., Muslim, K., Setiawati, N. L. P. L. S., & Iridiastadi, H. (2020, April). Effect of virtual reality usage on postural stability. In <i>Journal of Physics: Conference Series</i> (Vol. 1517, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
10	Siswanto, D., Iridiastadi, H., & Muslim, K. (2020, April). The Effects of Sleep Quality on Vigilance and Driving Performance in a Train Simulator. In <i>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</i> (Vol. 847, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
11	Hajriani, M., & Iridiastadi, H. (2020). The Effect of Anticipatory Conditions on Pilot Performance in Encountering Stall: A Flight Simulator Study. In <i>Advances in Human Aspects of Transportation: Proceedings of the AHFE 2020 Virtual Conference on Human Aspects of Transportation, July 16-20, 2020, USA</i> (pp. 610-616). Springer International Publishing.
12	Triyanti, V., Azis, H. A., & Iridiastadi, H. (2020, April). Workload and fatigue assessment on air traffic controller. In <i>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</i> (Vol. 847, No. 1, p. 012087). IOP Publishing.
13	Didin, F. S., & Iridiastadi, H. (2020, December). Risk factors for rear-end collision: a systematic literature review. In <i>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</i> (Vol. 909, No. 1, p. 012076). IOP Publishing.
14	Triyanti, V., Yassierli, & Iridiastadi, H. (2019, May). Fatigue-related differences in human facial dimensions based on static images. In <i>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</i> (Vol. 528, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.
15	Theresia, C., Iridiastadi, H., & Pratama, G. B. (2018, March). Impacts of sleep deprivation on vigilance, fatigue, and performance during simulated train driving. In <i>Proceedings of the 2nd International Conference on High Performance Compilation, Computing and Communications</i> (pp. 45-50).
16	Puspasari, M. A., Iridiastadi, H., Sutralaksana, I. Z., & Sjafruddin, A. (2018, October). Fatigue classification of ocular indicators using support vector machine. In <i>2018 International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS)</i> (Vol. 3, pp. 66-69). IEEE.
17	Triyanti, V., & Iridiastadi, H. (2017, December). Challenges in detecting drowsiness based on driver's behavior. In <i>IOP Conference Series: Materials Science and Engineering</i> (Vol. 277, No. 1, p. 012042). IOP Publishing.
18	Iridiastadi, H., Anggawisnu, B., & Rimawan, E. (2016). Muscu-loskeletal Disorders among Caregivers in Nursing Home. In <i>International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, March</i> (pp. 8-10).
19	Iridiastadi, H. (2016, September). Railway operations and safety in Indonesia: a descriptive study. In <i>Proceedings of the 15th International Conference on Railway Engineering Design and Operation</i> (Vol. 162, pp. 389-397).
20	Zuraida, R., Iridiastadi, H., & Sutralaksana, I. (2016). Fatigue from driving—a comparison between morning and afternoon tasks. In <i>Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur</i> (pp. 714-20).
21	Nurwulan, N. R., Iridiastadi, H., & Jiang, B. C. (2015). A review of the effect on postural stability while using mobile phone. In <i>Bridging Research and Good Practices towards Patients Welfare, Proceedings of the 4th International Conference on Healthcare Ergonomics and Patient Safety (HEPS), Taipei, Taiwan, 23–26 June 2014</i> (pp. 101-108). Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

No.	Penulis, Judul Makalah, Nama Seminar
22	Zuraida, R., & Iridiastadi, H. (2011). Psychomotor Vigilance Task as a Measure of Performance-Based Fatigue. In Proceedings 7th International Seminar on Industrial Engineering and Management (pp. 53-57).

VIII. PENGHARGAAN

No.	Nama Penghargaan	Pemberi penghargaan	Tahun	Keterangan
1	Satya Lencana Karya Satya 20 Tahun	Presiden RI	09 Agustus 2016	Piagam Presiden RI No. 61/TK/2016 tgl. 09-08-2016
2	Satya Lencana Karya Satya 10 Tahun	Presiden RI		
3	Piagam Penghargaan Pengabdian 25 Tahun ITB	Rektor ITB	10 Agustus 2017	

ITB PRESS

📍 Gedung STP ITB, Lantai 1,
Jl. Ganesa No. 15F Bandung 40132
☎ +62 22 20469057
🌐 www.itbpress.id
✉ office@itbpress.id
👤 Anggota Ikapi No. 043/JBA/92
📄 APPTI No. 005.062.1.10.2018

**Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**

Jalan Dipati Ukur No. 4, Bandung 40132
E-mail: sekretariat-fgb@itb.ac.id
Telp. (022) 2512532
🌐 fgb.itb.ac.id  [FgbItb](#)  [FGB_ITB](#)
 [@fgbitb_1920](#)  [Forum Guru Besar ITB](#)

ISBN 978-623-297-408-1



9 786232 974081