

**PENENTUAN WAKTU ISTIRAHAT UNTUK  
PENGEMUDI YANG MENGALAMI KEKURANGAN  
TIDUR DENGAN MEMPERHATIKAN KONDISI  
JALAN DAN KUALITAS TIDUR**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar  
Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh:

Nama : Christofer Justin Owen

NPM : 2014610182



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2018**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG**



Nama Lengkap : Christofer Justin Owen  
NPM : 2014610182  
Jurusan : Teknik Industri  
Judul Skripsi : PENENTUAN WAKTU ISTIRAHAT UNTUK PENGEMUDI  
YANG MENGALAMI KEKURANGAN TIDUR DENGAN  
MEMPERHATIKAN KONDISI JALAN DAN KUALITAS  
TIDUR

**TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI**

Bandung, 6 Agustus 2018

**Ketua Program Studi Teknik Industri**

(Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.)

**Pembimbing**

(Daniel Siswanto, S.T., M.T.)



Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Katolik Parahyangan

## **Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat**

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Christofer Justin Owen

NPM : 2014610182

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

**“PENENTUAN WAKTU ISTIRAHAT UNTUK PENGEMUDI YANG MENGALAMI  
KEKURANGAN TIDUR DENGAN MEMPERHATIKAN KONDISI JALAN DAN  
KUALITAS TIDUR”**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung, 6 Agustus 2018

Christofer Justin Owen  
2014610182

## ABSTRAK

Setiap tahunnya, jumlah kecelakaan lalu lintas di Indonesia selalu mencapai angka yang cukup tinggi dan menyebabkan banyaknya kematian serta kerugian materi. Oleh karena itu, perlu dilakukannya upaya pencegahan agar angka kecelakaan dapat berkurang secara signifikan. Faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan adalah penurunan performansi mengemudi yang merupakan dampak dari kelelahan yang dialami pengemudi. Salah satu indikator kelelahan seseorang adalah rasa mengantuk. Rasa mengantuk ini dapat dihilangkan dengan beristirahat atau dengan tidur. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dari kualitas tidur dan kondisi jalan terhadap tingkat kantuk dan kewaspadaan serta menentukan waktu istirahat yang tepat bagi pengemudi yang mengalami kekurangan tidur.

Penelitian ini dilakukan dengan simulator mengemudi dan melibatkan 8 orang partisipan dengan durasi simulasi selama 120 menit dalam laboratorium terkontrol. Setiap partisipan akan menerima 4 perlakuan yang terdiri dari kombinasi antara dua variabel independen. Masing-masing dari dua variabel independen memiliki 2 level yang terdiri dari kualitas tidur (baik dan buruk) dan kondisi jalan (monoton dan dinamis). Kedua variabel tersebut akan diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tingkat kantuk yang diukur secara objektif dengan *Electroencephalograph* (EEG) dan secara subjektif dengan *Karolinska Sleepiness Scale* (KSS), serta tingkat kewaspadaan yang diukur dengan *Flicker Fusion System*. Data gelombang otak partisipan dari EEG akan diolah menggunakan MATLAB R2009A untuk memperoleh nilai tingkat kantuk. Hasil data yang didapatkan akan diolah dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variabel kualitas tidur, kondisi jalan, dan interaksi keduanya terhadap tingkat kantuk dan tingkat kewaspadaan. Lalu, akan diuji korelasi *Pearson* untuk mengetahui hubungan antar variabel.

Dari hasil pengujian ANOVA, didapatkan bahwa faktor kualitas tidur dan kondisi jalan berpengaruh terhadap tingkat kantuk dan tingkat kewaspadaan sedangkan interaksi antar kedua faktor tidak berpengaruh. Hasil pengujian korelasi menunjukkan tingkat kantuk dari EEG dengan KSS berkorelasi secara signifikan dengan kategori cukup, sedangkan tingkat kantuk dari KSS dan EEG dengan tingkat kewaspadaan tidak berkorelasi secara signifikan dengan kategori rendah. Berdasarkan hasil perhitungan koefisien determinasi, pengaruh KSS terhadap tingkat kantuk dari EEG (Frontal) sebesar 26,3% dan pengaruh tingkat kewaspadaan terhadap tingkat kantuk (Frontal) sebesar 7,7%. Rekomendasi waktu istirahat yang dihasilkan untuk partisipan dengan kualitas tidur baik dan mengemudi di jalan monoton adalah setelah 1,5 jam, untuk partisipan dengan kualitas tidur baik dan mengemudi di jalan dinamis adalah setelah 1 jam 45 menit, untuk partisipan dengan kualitas tidur buruk dan mengemudi di jalan monoton adalah setelah 1 jam, dan untuk partisipan dengan kualitas tidur buruk dan mengemudi di jalan dinamis adalah setelah 1,5 jam.

## **ABSTRACT**

*Each year, the number of traffic accidents in Indonesia has always reached a quite high amount and caused many deaths and material losses. Therefore, it is necessary to do preventive measures in order to reduce the number of accidents significantly. Factors that caused the accident is a decrease in driving performance which is the impact of fatigue experienced by the driver. One indicator of one's fatigue is drowsiness. This sleepiness can be removed by resting or sleeping. The purpose of this study is to determine the effect of sleep quality and road conditions on sleepiness and alertness and to determine the appropriate rest time for drivers who are sleep deprived.*

*This study is conducted with a driving simulator and involved 8 participants with a simulated duration of 120 minutes in a controlled laboratory. Each participant received 4 treatments consisting of a combination of two independent variables. Each of the two independent variables has 2 levels consisting of sleep quality (good and bad) and road conditions (monotonous and dynamic). Both variables will be tested to determine their effect on levels of drowsiness measured objectively with Electroencephalograph (EEG) and subjectively with Karolinska Sleepiness Scale (KSS), as well as the level of vigilance which will be measured by the Flicker Fusion System. The participants' brain wave data from the EEG will be processed using MATLAB R2009A software to obtain a drowsiness level. The results of the data obtained will be processed by using Analysis of Variance (ANOVA) method to determine whether there is influence of sleep quality variables, road conditions, and interaction of both to the level of drowsiness and alertness level. Then, it will be tested with Pearson correlation method to know the relationship between variables.*

*From the results of ANOVA testing, it was found that the factors of sleep quality and road conditions had an effect on the level of sleepiness and the level of awareness while the interaction between the two factors had no effect. The results of the correlation test showed that the sleepiness level of EEG with KSS correlated significantly with sufficient category, while the sleepiness level of KSS and EEG with the level of alertness did not correlate significantly with the low category. Recommended break times produced for participants with good sleep quality and driving on monotonous roads is after 1,5 hours, for participants with good sleep quality and driving on the dynamic road is after 1 hour 45 minutes, for participants with poor sleep quality and driving in the monotonous path is after an hour, and for participants with poor sleep quality and driving on a dynamic road is after 1,5 hours.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat penyertaannya, penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan tepat waktu. Laporan penelitian berjudul “Penentuan Waktu Istirahat Untuk Pengemudi Yang Mengalami Kekurangan Tidur Dengan Memperhatikan Kondisi Jalan Dan Kualitas Tidur” disusun sebagai syarat kelulusan mata kuliah IND-500 dan juga sebagai syarat kelulusan dari Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penyusunan laporan, penulis menemukan beberapa kesulitan-kesulitan yang pada akhirnya dapat diselesaikan. Hal ini tidak dapat dilakukan sendiri oleh penulis tanpa adanya keterlibatan pihak-pihak yang telah membantu penulis sehingga dapat menemukan solusi untuk segala hambatan yang ditemukan dalam menyelesaikan laporan skripsi dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, antara lain:

1. Bapak Daniel Siswanto, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, waktu, tenaga, dan masukan untuk seluruh proses penelitian dari awal hingga akhir;
2. Ibu Kristiana Asih Damayanti, S.T., M.T. dan Ibu Paulina Kus Ariningsih, S.T., M.Sc selaku dosen penguji proposal yang telah memberikan kritik dan saran dalam pembuatan skripsi ini.
3. Ibu Paulina Kus Ariningsih, S.T., M.Sc dan Bapak Fran Setiawan, S.T., M.Sc selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan kritik dan saran dalam pembuatan skripsi ini.
4. Felini Owen dan Vonny Winata selaku orang tua penulis serta yang selalu memberikan dorongan dan doa ketika penulis sangat membutuhkannya.
5. Keane Owen selalu kakak penulis yang memberikan nasihat dan masukan terkait penyusunan skripsi.
6. Segenap keluarga yang telah memberikan dukungan dan semangat bagi penulis dalam menyusun skripsi

7. Vincent Fabian Thomas selaku teman terdekat penulis yang telah banyak membantu dan membagi ilmu kepada penulis dalam penyusunan laporan skripsi.
8. Chandra Kurniarta Budiono, Stella Wijaya, dan Alfred Gani yang juga telah turut berperan membantu dengan membagi ilmu kepada penulis dalam penyusunan laporan
9. Ivan Tadeo Lestyana yang telah mengajarkan penulis dalam pengoperasian *software* Matlab
10. Delapan orang yang telah bersedia menjadi partisipan penelitian
11. Ibu Paulina Kus Ariningsih, S.T., M.Sc. selaku Kepala Lab APK&E dan Ibu Loren Pratiwi, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Sumber Daya dan segenap karyawan Unpar yang membantu perizinan dalam melaksanakan penelitian di luar jam reguler.
12. Civitas Akademika Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama penulis menempuh masa pendidikan di Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan.
11. Seluruh pihak lain yang terlibat selama masa penyusunan skripsi, masa perkuliahan, dan proses pengembangan diri penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari keterbatasan yang menyebabkan masih terdapat kekurangan pada penelitian ini. Untuk itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang berguna bagi penelitian ini. Penulis berharap penelitian ini dapat berguna bagi pembacanya.

Bandung, 6 Agustus 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah.....	I-8
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian.....	I-13
I.4 Tujuan Penelitian .....	I-14
I.5 Manfaat Penelitian .....	I-14
I.6 Metodologi Penelitian.....	I-15
I.7 Sistematika Penulisan.....	I-18
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Kelelahan .....	II-1
II.2 Kantuk.....	II-2
II.3 Penyebab Kelelahan .....	II-3
II.4 Kondisi Jalan.....	II-4
II.5 <i>Karolinska Sleepiness Scale (KSS)</i> .....	II-5
II.6 <i>Electroencephalography (EEG)</i> .....	II-5
II.7 Fitbit .....	II-7
II.8 <i>Critical Flicker Fusion Frequency (CFFF)</i> .....	II-9
II.9 Perancangan Eksperimen .....	II-11
II.9.1 Variabel Penelitian .....	II-12
II.9.2 <i>Between-Subject</i> dan <i>Within-Subject Design</i> .....	II-13
II.9.3 <i>Counterbalancing</i> .....	II-14

II.9.4 Penentuan Jumlah Partisipan .....	II-15
II.10 Uji Normalitas Data .....	II-18
II.11 <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) .....	II-19
II.12 Uji Korelasi.....	II-24
II.13 Koefisien Determinasi .....	II-25
<b>BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA</b>	
III.1 Perancangan Eksperimen .....	III-1
III.1.1 Variabel Penelitian.....	III-2
III.1.2 Penentuan Partisipan .....	III-4
III.1.3 Penentuan Jadwal Pelaksanaan Eksperimen.....	III-9
III.1.4 Alat-alat Penelitian .....	III-10
III.2 Pengolahan Data .....	III-15
III.2.1 Pengolahan Data Kualitas Tidur .....	III-16
III.2.2 Pengolahan Data Tingkat Kantuk .....	III-18
III.2.3 Pengolahan Data <i>Critical Flicker Fusion Frequency</i> (CFFF) .....	III-21
III.2.4 Pengujian Normalitas Data.....	III-22
III.2.5 Pengujian <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA) .....	III-28
III.2.6 Pengujian Korelasi .....	III-36
III.2.7 Rangkuman Pengujian Hipotesis.....	III-40
<b>BAB IV ANALISIS</b>	
IV.1 Pengaruh Kualitas Tidur dan Kondisi Jalan serta Interaksinya Terhadap Tingkat Kantuk.....	IV-1
IV.2 Perbandingan Hasil Tingkat Kantuk Dengan Penelitian Sebelumnya .....	IV-6
IV.3 Lobus Otak Frontal Paling Dominan pada Aktivitas Mengemudi .....	IV-7
IV.4 Tingkat Kewaspadaan dengan Memperhatikan Kualitas Tidur Dan Kondisi Jalan .....	IV-8
IV.5 Penentuan Waktu Istirahat dengan Segala Pertimbangannya...IV-9	
IV.6 Keterbatasan Penelitian .....	IV-14
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
V.1 Kesimpulan .....	V-1
V.2 Saran.....	V-1

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel I.1	Data Kecelakaan Lalu Lintas di Indonesia Tahun 2010-2016 .....	I-1
Tabel I.2	Posisi Penelitian .....	I-5
Tabel II.1	Penjelasan Skala pada KSS .....	II-5
Tabel II.2	Penetapan Pengambilan Data untuk <i>Between-Subject</i> dan <i>Within-Subject Design</i> .....	II-13
Tabel II.3	Penempatan Data untuk Eksperimen Faktorial Dua Faktor .....	II-20
Tabel II.4	ANOVA untuk Desain Eksperimen <i>Two-Way Within Subject</i> .....	II-23
Tabel II.5	ANOVA untuk Desain Eksperimen <i>Between Subject</i> .....	II-23
Tabel II.6	ANOVA untuk Desain Eksperimen <i>Mixed Subject</i> .....	II-24
Tabel II.7	Nilai Kriteria Hubungan Korelasi .....	II-25
Tabel III.1	Desain eksperimen penelitian .....	III-1
Tabel III.2	Definisi Operasional Variabel .....	III-3
Tabel III.3	Jumlah Partisipan Penelitian Terdahulu .....	III-5
Tabel III.4	Data Awal Penelitian .....	III-5
Tabel III.5	Perhitungan Nilai D .....	III-6
Tabel III.6	Rekapitulasi Perhitungan Kecukupan Data untuk Faktor Kualitas Tidur .....	III-7
Tabel III.7	Rekapitulasi Perhitungan Kecukupan Data untuk Faktor Kondisi Jalan .....	III-7
Tabel III.8	Rekapitulasi Perhitungan Kecukupan Data untuk Interaksi Faktor .....	III-8
Tabel III.9	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kecukupan Data .....	III-9
Tabel III.10	Profil Partisipan .....	III-9
Tabel III.11	<i>Balanced Latin Square Counterbalancing</i> Urutan Perlakuan .....	III-10
Tabel III.12	Penjelasan Setiap Perlakuan yang Diberikan .....	III-10
Tabel III.13	Hasil Perhitungan Efisiensi Tidur Partisipan .....	III-18
Tabel III.14	Hasil Pengolahan Data EEG .....	III-19
Tabel III.15	Rekapitulasi Data KSS Perlakuan Kualitas Tidur Baik-	

Monoton .....	III-21
Tabel III.16 Rekapitulasi Data CFFF Perlakuan Kualitas Tidur Baik-Monoton .....	III-22
Tabel III.17 Rekapitulasi Data Mtot dan Mdi Perlakuan Kualitas Tidur Baik-Monoton .....	III-22
Tabel III.18 Data Rata-rata KSS Kualitas Tidur Baik dan Kondisi Jalan Monoton .....	III-23
Tabel III.19 Rekapitulasi Hasil Pengujian Normalitas Data .....	III-28
Tabel III.20 Rekapitulasi Rata-rata Tingkat Kantuk EEG (Frontal).....	III-29
Tabel III.21 Hasil Perhitungan Uji ANOVA Tingkat Kantuk (Frontal).....	III-34
Tabel III.22 Hasil Kesimpulan Uji ANOVA .....	III-35
Tabel III.23 Rekapitulasi Hasil Pengujian Korelasi .....	III-37
Tabel III.24 Korelasi CFFF (Mtot) dengan Tingkat Kantuk dari EEG dan CFFF (Mdi).....	III-37
Tabel III.25 Korelasi Kualitas Tidur dengan Tingkat Kantuk dari EEG, KSS, dan CFFF .....	III-38
Tabel III.26 Hasil Korelasi KSS dengan CFFF dan Tingkat Kantuk dari EEG .....	III-39
Tabel III.27 Hasil Korelasi CFFF (Mdi) dengan Tingkat Kantuk Sesuai Lobus .....	III-39
Tabel III.28 Rangkuman Hasil Pengujian Hipotesis.....	III-41
Tabel IV.1 Perbandingan Rata-rataTingkat Kantuk (EEG) dengan Penelitian Sebelumnya.....	IV-6
Tabel IV.2 Rekapitulasi Waktu Istirahat Berdasarkan Tingkat Kantuk (EEG dan KSS) .....	IV-12
Tabel IV.3 Rekapitulasi Selisih CFFF Antara Perlakuan Kualitas Tidur Buruk dengan Baik .....	IV-13
Tabel IV.4 Rekapitulasi Waktu Istirahat Berdasarkan Tingkat Kewaspadaan .....	IV-13

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1	Matriks Haddon .....	I-2
Gambar I.2	Persentase Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Tahun 2010-2016.....	I-2
Gambar I.3	Kerangka Hubungan Kelelahan dan Keselamatan .....	I-3
Gambar I.4	Model Konseptual Penelitian .....	I-9
Gambar I.5	Metodologi Penelitian .....	I-15
Gambar II.1	Tengkorak Manusia (Posisi Lobus Otak) .....	II-7
Gambar II.2	Fitbit Charge 2.....	II-8
Gambar II.3	Model Umum Proses atau Sistem .....	II-11
Gambar II.4	Contoh <i>Latin Square</i> untuk 4, 5, dan 6 perlakuan.....	II-15
Gambar III.1	<i>Timeline</i> Eksperimen .....	III-2
Gambar III.2	<i>Wireless Headset</i> .....	III-11
Gambar III.3	<i>Hydrator Pack</i> .....	III-11
Gambar III.4	<i>Universal USB Receiver</i> .....	III-12
Gambar III.5	<i>Mini-B to A USB cable</i> .....	III-12
Gambar III.6	<i>Re-Nu Fresh Multi-Purpose Solution</i> .....	III-12
Gambar III.7	LCD TV 42 <i>inch</i> .....	III-13
Gambar III.8	<i>Flicker Fusion System Model 12021A</i> .....	III-14
Gambar III.9	Alat Mengemudi .....	III-15
Gambar III.10	Data <i>Excel</i> Fitbit .....	III-17
Gambar III.11	Uji Normalitas Data KSS .....	III-24
Gambar III.12	Uji Normalitas Data Efisiensi Tidur .....	III-24
Gambar III.13	Uji Normalitas Data Mtot.....	III-25
Gambar III.14	Uji Normalitas Data Mdi .....	III-25
Gambar III.15	Uji Normalitas Tingkat Kantuk (Frontal) .....	III-26
Gambar III.16	Uji Normalitas Tingkat Kantuk (Oksiptal) .....	III-26
Gambar III.17	Uji Normalitas Tingkat Kantuk (Parietal) .....	III-27
Gambar III.18	Uji Normalitas Tingkat Kantuk (Temporal) .....	III-27
Gambar III.19	Grafik Interaksi Dua Faktor (Frontal) .....	III-35

Gambar IV.1	Perbandingan Skala KSS Tiap Perlakuan.....	IV-2
Gambar IV.2	Perbandingan Tingkat Kantuk (EEG) Kualitas Tidur Baik ....	IV-3
Gambar IV.3	Perbandingan Tingkat Kantuk (EEG) Kualitas Tidur Buruk ..	IV-4
Gambar IV.4	Perbandingan Nilai CFFF (Mtot) Antar Perlakuan.....	IV-9

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	HASIL PERHITUNGAN KECUKUPAN DATA
LAMPIRAN B	JADWAL PENGAMBILAN DATA
LAMPIRAN C	<i>USER GUIDE</i> EEG DAN MATLAB
LAMPIRAN D	REKAPITULASI PENGOLAHAN DATA EEG
LAMPIRAN E	REKAPITULASI DATA <i>KAROLINSKA SLEEPINESS SCALE</i> (KSS)
LAMPIRAN F	REKAPITULASI DATA <i>CRITICAL FLICKER FUSION</i> <i>FREQUENCY</i> (CFFF)
LAMPIRAN G	REKAPITULASI HASIL PERHITUNGAN DATA RESIDUAL
LAMPIRAN H	REKAPITULASI PENGUJIAN ANALYSIS OF VARIANCE (ANOVA)

# BAB I

## PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

### I. Latar Belakang Masalah

Transportasi darat memberikan manfaat baik bagi bangsa maupun individu dengan memfasilitasi pergerakan barang dan manusia. Hal ini memungkinkan peningkatan akses terhadap pekerjaan, pasar ekonomi, pendidikan, rekreasi, dan perawatan kesehatan, yang pada gilirannya berdampak positif langsung dan tidak langsung terhadap kesehatan penduduk. Namun, peningkatan transportasi jalan juga memberi beban yang cukup besar pada keselamatan dan kesehatan masyarakat dalam bentuk kecelakaan lalu lintas, penyakit pernafasan, dan konsekuensi kesehatan yang terjadi akibat pengurangan aktivitas fisik.

Berdasarkan data dari *World Health Organization* (2015), kecelakaan lalu lintas merupakan penyebab kematian dengan jumlah tertinggi dari sepuluh penyebab kematian terbesar di antara orang-orang berusia 15-29 tahun. Selama periode waktu 2010-2016, jumlah kerugian materi tertinggi terdapat pada tahun 2012 (BPS, 2016). Tabel I.1 berikut merupakan data kecelakaan lalu lintas di Indonesia tahun 2010-2016.

Tabel I.1 Data Kecelakaan Lalu Lintas di Indonesia Tahun 2010-2016

Kecelakaan	Tahun						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Jumlah Kecelakaan	66.488	108.696	117.949	100.106	95.906	98.970	106.129
Korban Mati (Orang)	19.873	31.195	29.544	26.416	28.297	26.495	26.185
Luka Berat (Orang)	26.196	35.285	39.704	28.438	26.840	23.937	22.558
Luka Ringan (Orang)	63.809	108.945	128.312	110.448	109.741	110.714	121.550
Kerugian Materi (Juta Rupiah)	158.259	217.435	298.627	255.864	250.021	272.318	226.833

(Sumber : Badan Pusat Statistik 2017)

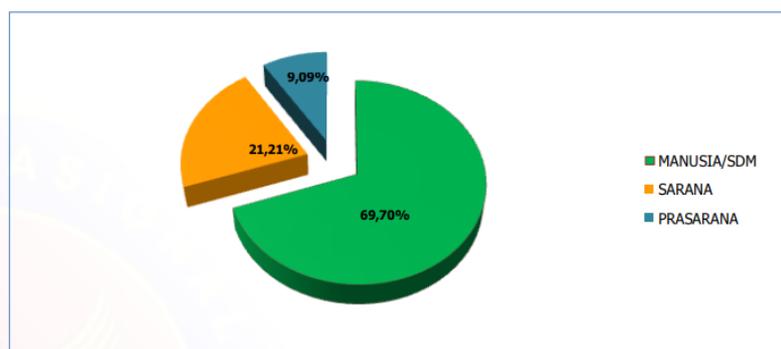
Kejadian kecelakaan lalu lintas (lalin) menjadi isu yang mengkhawatirkan bagi masyarakat Indonesia karena banyak terjadi cedera berat

dan meninggal (Djaja et al., 2016). Oleh karena itu, perlu dilakukan pencegahan untuk meminimasi terjadinya kecelakaan dengan cara menelusuri faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan terlebih dahulu. Menurut Haddon (1968) dalam jurnal WHO (2004), terdapat 3 faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan lalu lintas yaitu faktor manusia, faktor kendaraan dan peralatan, dan faktor lingkungan yang ditampilkan ke dalam matriks. Matriks Haddon dapat dilihat pada Gambar I.1 berikut.

PHASE		FACTORS		
		HUMAN	VEHICLES AND EQUIPMENT	ENVIRONMENT
Pre-crash	Crash prevention	Information Attitudes Impairment Police enforcement	Roadworthiness Lighting Braking Handling Speed management	Road design and road layout Speed limits Pedestrian facilities
Crash	Injury prevention during the crash	Use of restraints Impairment	Occupant restraints Other safety devices Crash-protective design	Crash-protective roadside objects
Post-crash	Life sustaining	First-aid skill Access to medics	Ease of access Fire risk	Rescue facilities Congestion

Gambar I.1 Matriks Haddon  
(Sumber : WHO, 2004)

Berdasarkan *database* Komite Nasional Keselamatan Transportasi (2016), penyebab kecelakaan lalu lintas terbesar adalah faktor manusia yang dapat dilihat pada Gambar I.2. Hal ini menunjukkan bahwa faktor manusia merupakan faktor yang berperan paling signifikan yang dapat menimbulkan adanya kecelakaan lalu lintas.



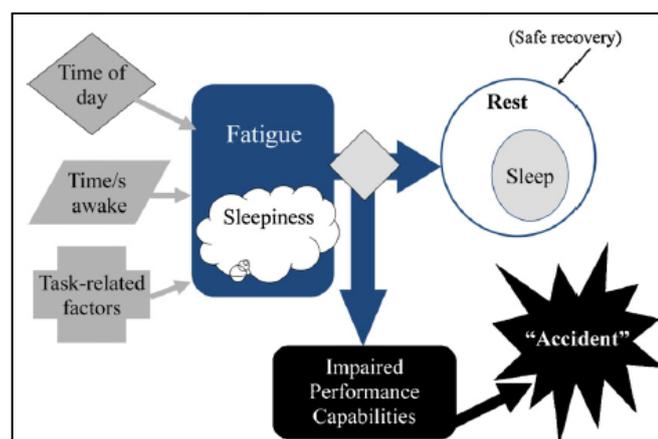
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total
Faktor Manusia	2	6	6	6	1	2	0	23
Sarana	1	0	2	2	0	1	1	7
Prasarana	0	1	0	0	2	0	0	3

Gambar I.2 Persentase Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan Tahun 2010-2016

(Sumber : *Database* Komite Nasional Keselamatan Transportasi, 2016)

Salah satu faktor manusia yang dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas adalah kelelahan. Menurut Dingus (1995) dan Folkard (1997) dalam Schrauf (2011), penelitian ekstensif telah mengidentifikasi kelelahan sebagai masalah utama dalam situasi kerja kritis dan juga pada lalu lintas umum. Kelelahan telah diidentifikasi sebagai faktor penyebab kecelakaan, cedera, dan kematian dalam berbagai pengaturan, dengan implikasi bahwa orang yang lelah cenderung tidak menghasilkan kinerja dan tindakan yang aman (Williamson et al., 2011). Data dari *National Highway Transportation Safety Administration and National Sleep Foundation* menyatakan bahwa kelelahan pada pengemudi merupakan penyebab utama pada minimal 100.000 kasus tabrakan yang mengakibatkan lebih dari 1.500 kematian setiap tahunnya (Damarany, 2012).

Menurut Williamson et al. (2011), terdapat tiga penyebab utama dari kelelahan yaitu *time of day* (berkaitan dengan ritme sirkadian), *time's awake* (durasi keterjagaan), dan *task-related factors* (faktor terkait pekerjaan). Kerangka yang digunakan oleh Williamson et al. (2011) untuk menggambarkan hubungan antara kelelahan dan keselamatan dapat dilihat pada Gambar I.3. Kerangka dari Williamson et al. (2011) pada Gambar I.3 ini juga menggambarkan bahwa kantuk merupakan indikasi yang menunjukkan seseorang mengalami kelelahan.



Gambar I.3 Kerangka Hubungan Kelelahan dan Keselamatan  
(Sumber : Williamson et al., 2011)

Berdasarkan *National Transportation Safety Board* (1999) di dalam Akerstedt (2000), rasa mengantuk pada pengemudi berkontribusi pada sejumlah besar kecelakaan di jalan raya. Rasa mengantuk yang dialami oleh seseorang

berhubungan dengan kondisi kekurangan tidur yang dialaminya. Menurut Hirshkowitz (2015), durasi tidur yang direkomendasikan untuk orang dewasa umur 18-25 tahun adalah 7-9 jam dan durasi tidur kurang dari 6 jam dapat dikatakan mengalami kekurangan tidur.

Faktor kelelahan yang akan dijadikan fokus dalam penelitian ini berkaitan dengan *task-related factors*. Menurut Gastaldi, Rossi, dan Gecchele (2014), kelelahan seseorang terkait dengan pekerjaan bergantung pada kondisi mengemudi yang terbagi menjadi kelelahan aktif dan pasif yang dapat timbul dari kombinasi antara tugas mengemudi dan lingkungan mengemudi. Kelelahan aktif terkait dengan kondisi mengemudi yang berlebihan termasuk mengemudi dalam tingkat kepadatan lalu lintas tinggi, penglihatan yang buruk, atau keharusan melakukan tugas tambahan selain mengemudi, misalnya percakapan telepon seluler, percakapan dengan penumpang dalam mobil, tip pendengaran dari sistem navigasi, atau peringatan pendengaran dari sistem peringatan pengemudi. Kelelahan pasif terkait dengan kondisi mengemudi di lingkungan yang monoton untuk waktu yang lama atau tugas mengemudi otomatis secara sebagian atau penuh.

Menurut Williamson et al. (2011), studi yang dilakukan juga menunjukkan bahwa pengemudi yang menilai kualitas tidur mereka secara keseluruhan sebagai cukup atau buruk (dibandingkan dengan sangat baik), dan yang merasa mereka tidak cukup tidur secara rutin, memiliki peluang yang jauh lebih tinggi untuk terlibat dalam kecelakaan. Ada banyak indikator kualitas tidur, salah satunya yang penting adalah efisiensi tidur (Sathyanarayana, 2016). Menurut Sathyanarayana (2016), efisiensi tidur yang buruk dapat menyebabkan kekurangan tidur. Oleh karena itu, penelitian ini akan menentukan waktu istirahat yang tepat bagi pengemudi yang mengalami kekurangan tidur dengan memperhatikan kualitas tidur dan kondisi jalan.

Kepentingan dari penelitian ini adalah untuk menentukan waktu istirahat yang tepat bagi pengemudi yang kekurangan tidur dengan mempertimbangkan kualitas tidur dan kondisi jalan agar dapat meminimasi tingkat kantuk yang dialami pengemudi dan menghindari terjadinya kecelakaan. Beberapa penelitian terdahulu telah menentukan waktu istirahat dengan variabel independen seperti ritme sirkadian, durasi tidur, dan keterjagaan. Penelitian yang akan dilakukan ini memiliki posisi berbeda dari yang sebelumnya dengan variabel independen yang

berbeda. Posisi penelitian ini secara lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut.



Tabel I.2 Posisi Penelitian

No	Pengarang	Tujuan	Metode	Hasil	Keterangan
1	Meilitha (2016)	Menentukan waktu istirahat untuk pengemudi pada kondisi jalan monoton dengan memperhatikan tipe sirkadian dan durasi keterjagaan	Penelitian ini melibatkan 8 orang pria yang berada dalam rentang usia 18-25 tahun yang terdiri dari 4 orang dengan tipe sirkadian <i>morning</i> dan 4 orang dengan tipe sirkadian <i>evening</i> yang diukur dari pengisian MEQ-SA. Partisipan mengalami dua jenis keterjagaan yaitu 8-10 jam dan 10-12 jam di malam sebelum pengambilan data. Partisipan melakukan simulasi mengemudi selama 40 menit pada kondisi jalan monoton dan diamati menggunakan EEG. Sebelum simulasi, partisipan mengisi KSS dan <i>sleep diary</i> . <b>Variabel Independen :</b> Ritme Sirkadian Durasi Keterjagaan <b>Variabel Dependen :</b> Tingkat Kantuk	Tipe sirkadian saja dan interaksi keduanya tidak mempengaruhi tingkat kantuk. Faktor durasi keterjagaan memiliki pengaruh sehingga terdapat perbedaan antara durasi keterjagaan 8-10 jam dengan durasi keterjagaan 10-12 jam. Pengemudi yang terjaga 8-10 jam sebaiknya istirahat pada menit ke-33 atau sebelum menit ke-34, sementara durasi keterjagaan selama 10-12 jam istirahat pada menit ke-23 atau sebelum menit ke-24	Penelitian selanjutnya dapat menambah faktor lain yang mungkin berpengaruh seperti kebisingan atau suhu. Adapun, dapat ditentukan durasi istirahat bagi pengemudi yang telah mengalami keterjagaan panjang yang mengemudi pada jalan monoton.
2	Karim (2016)	Menentukan waktu istirahat untuk pengemudi pada kondisi jalan monoton dengan memperhatikan tipe	Penelitian ini melibatkan 8 orang pria yang berada dalam rentang usia 18-25 tahun yang terdiri dari 4 orang dengan tipe sirkadian <i>morning</i> dan 4 orang dengan	Faktor tipe sirkadian saja dan interaksi keduanya tidak mempengaruhi tingkat kantuk. Faktor durasi tidur berpengaruh. Tingkat kantuk lebih tinggi saat tidur < 5 jam	Penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian mengenai pengaruh faktor lingkungan, seperti kebisingan,

(lanjut)

Tabel 1.2 Posisi Penelitian (lanjutan)

No	Pengarang	Tujuan	Metode	Hasil	Keterangan
		sirkadian dan kekurangan tidur selama 24 jam terakhir	tipe sirkadian <i>evening</i> yang diukur dari pengisian MEQ-SA. Partisipan mengalami dua jenis kekurangan tidur yaitu <5 jam dan 5-7 jam selama sehari sebelum pengambilan data. Partisipan melakukan simulasi mengemudi selama 40 menit pada kondisi jalan monoton dan diamati menggunakan EEG. Sebelum simulasi, partisipan mengisi KSS dan <i>sleep diary</i> . <b>Variabel Independen :</b> Ritme Sirkadian Durasi Tidur <b>Variabel Dependen :</b> Tingkat Kantuk	pada malam sebelumnya dibandingkan durasi tidur 5-7 jam. Pengemudi 40 menit (<5 jam) = istirahat pada menit ke-25 atau sebelum menit ke-26, sementara durasi tidur 5-7 jam istirahat pada menit ke-30 atau sebelum menit ke-31	wangi-wangian atau pencahayaan terhadap tingkat kantuk. Selain itu, dapat menentukan saat istirahat bagi : pengemudi yang mengalami kondisi tidur yang normal/sehat pada malam sebelumnya, pengemudi yang mengalami kondisi kekurangan tidur selama beberapa hari secara beruntun (multiple night)., dengan memerhatikan kualitas tidurnya, berdasarkan kategori usia dari pengemudi
3	Irawati (2017)	Menentukan waktu istirahat untuk pengemudi pada kondisi jalan monoton dengan memperhatikan tipe sirkadian dan kekurangan tidur kronis selama 48 jam terakhir	Penelitian ini melibatkan 8 orang pria yang berada dalam rentang usia 18-25 tahun yang terdiri dari 4 orang dengan tipe sirkadian <i>morning</i> dan 4 orang dengan tipe sirkadian <i>evening</i> yang diukur dari pengisian MEQ-SA. Partisipan mengalami dua jenis kekurangan tidur yaitu <5 jam dan 5-7 jam	Interaksi antara durasi tidur dan tipe sirkadian tidak mempengaruhi rasio tingkat kantuk. Faktor durasi tidur saja berpengaruh terhadap tingkat kantuk, sedangkan faktor tipe sirkadian saja tidak berpengaruh terhadap tingkat kantuk. Pengemudi yang mengemudi selama 60 menit di jalan	Penelitian selanjutnya dapat menentukan dan membandingkan saat istirahat antara pria dan wanita. Selain itu, dapat menentukan durasi istirahat bagi pengemudi dengan kekurangan tidur kronis.

(lanjut)

Tabel I.2 Posisi Penelitian (lanjutan)

No	Pengarang	Tujuan	Metode	Hasil	Keterangan
			<p>selama 2 hari berturut-turut sebelum pengambilan data. Partisipan melakukan simulasi mengemudi selama 60 menit pada kondisi jalan monoton dan diamati menggunakan EEG. Sebelum simulasi, partisipan mengisi KSS dan <i>sleep diary</i>.</p> <p><b>Variabel Independen :</b> Ritme Sirkadian Durasi Tidur</p> <p><b>Variabel Dependen :</b> Tingkat Kantuk</p>	<p>monoton dan tidur dengan durasi tidur &lt;5 jam selama 2 hari istirahat pada menit ke-28 atau sebelum menit ke-29. Pengemudi yang tidur dengan durasi tidur 5-7 jam selama 2 hari istirahat pada menit ke-48 atau sebelum menit ke-49</p>	
4	Owen (2018)	Menentukan waktu istirahat untuk pengemudi yang mengalami kekurangan tidur selama 24 jam terakhir dengan memperhatikan kondisi jalan dan kualitas tidur	<p>Penelitian ini melibatkan pria yang berada dalam rentang usia 18-25 tahun dan berada dalam dua kondisi kualitas tidur yaitu baik (efisiensi tidur <math>\geq 85\%</math>) dan buruk (efisiensi tidur <math>&lt; 85\%</math>) dengan durasi tidur &lt;5 jam sehari sebelum pengambilan data. Partisipan melakukan simulasi mengemudi selama 120 menit dan diamati menggunakan EEG. Simulasi ini terbagi menjadi 2 yang dibedakan dari kondisi jalan yaitu monoton dan tidak monoton. Sebelum simulasi, partisipan menjawab KSS dan melakukan <i>flicker test</i>. Setelah simulasi, partisipan melakukan <i>flicker test</i> kembali.</p> <p><b>Variabel Independen :</b> Kondisi Jalan Kualitas Tidur</p> <p><b>Variabel Dependen :</b> Tingkat Kantuk Tingkat Kewaspadaan</p>	-	-

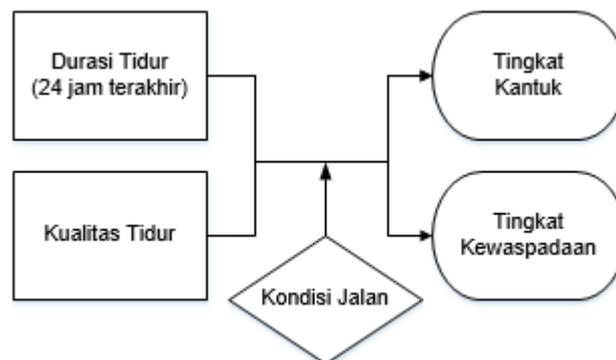
## II. Identifikasi dan Rumusan Masalah

Seperti yang telah dipaparkan pada latar belakang, faktor terbesar penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas adalah faktor manusia yang berhubungan dengan kelelahan. Kelelahan bisa terjadi dalam beberapa bentuk termasuk mengantuk, kelelahan mental, dan kelelahan fisik. (Williamson et al., 2011). Kantuk merupakan faktor utama yang menyebabkan kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh kesalahan manusia (Komada et al. 2013). Menurut Stutts et al. (2003), pengemudi dengan rata-rata tidur kurang dari 5 jam per malam meningkatkan peluang mereka untuk berada dalam kecelakaan. Dari hasil penelitian Irawati (2017), juga didapatkan bahwa durasi mengemudi mempengaruhi tingkat kelelahan seseorang di mana ditemukan bahwa pada setiap menitnya, tingkat kantuk dapat terus berubah. Lamanya durasi waktu mengemudi, disebut sebagai efek *time-on-task*, diketahui menghasilkan kelelahan dan penurunan performansi mengemudi (Thiffault dan Bergeron, 2003).

Selain durasi mengemudi, kondisi jalan juga dapat mempengaruhi tingkat kantuk seseorang. Seperti yang ada pada Matriks Haddon di Gambar 1.1, kondisi jalan termasuk ke dalam faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi kecelakaan lalu lintas. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Gastaldi, Rossi dan Gecchele (2014), perbedaan antara performansi pengemudi yang diamati pada 2 jenis kondisi jalan (monoton dan dinamis) menunjukkan bahwa rangsangan lingkungan dapat mengganggu kewaspadaan pengemudi dan merupakan masalah yang harus ditangani secara lebih mendalam.

Menurut Dingess (1995) dalam Thiffault dan Bergeron (2003), penurunan kewaspadaan adalah efek yang paling kuat dari kelelahan dan kantuk. Kewaspadaan akan menunjukkan kemampuan untuk mempertahankan perhatian yang berkelanjutan dalam lingkungan jalan (Thiffault dan Bergeron, 2003). Menurut Hartley et al. (1996), ketika kekurangan tidur, aktivitas fisik minim, dan penguatan sirkadian dari tidur yang maksimal, kemungkinan terjadinya kehilangan kewaspadaan menjadi tinggi. Kemampuan untuk secara visual waspada dan bereaksi dengan cepat cenderung menurun saat tingkat kantuk meningkat (Dingess, 1995).

Penelitian yang dilakukan akan memiliki beberapa variabel. Model konseptual dari variabel-variabel yang akan dilibatkan ke dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar I.4. Variabel independen dalam penelitian ini adalah kualitas tidur dan kondisi jalan. Variabel kualitas tidur terbagi menjadi dua, yaitu kualitas tidur yang baik (nilai efisiensi tidur 85% ke atas) dan kualitas tidur yang buruk (nilai efisiensi tidur di bawah 85%). Menurut Sathyanarayana (2016), mereka yang mencapai skor efisiensi tidur  $\geq 85\%$  dianggap sebagai orang dengan kualitas tidur yang baik, dan mereka yang memiliki skor  $< 85\%$  dianggap memiliki kualitas tidur yang buruk. Variabel kondisi jalan memiliki dua jenis yaitu kondisi jalan yang monoton dan kondisi jalan dinamis.



Gambar I.4 Model Konseptual Penelitian

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah tingkat kantuk dan tingkat kewaspadaan karena kedua variabel ini yang akan diukur dalam penelitian. Variabel kontrol dari penelitian adalah durasi mengemudi dan durasi tidur. Durasi mengemudi pada penelitian ini ditentukan selama 120 menit. Hal ini didasari penelitian yang dilakukan oleh Gharagozlou et al. (2015) yang mengukur kelelahan pengemudi bis selama durasi waktu 120 menit. Durasi tersebut juga didasari penelitian yang dilakukan oleh Min, Wang, dan Hu (2017) yang mengukur tingkat kelelahan pengemudi dengan EEG selama durasi waktu 1-2 jam pada *driving simulator*. Menurut Webb (1969) dalam Dingnes, Rogers, dan Baynard (2005), kekurangan tidur kronis telah didefinisikan sebagai pencegahan subyek mendapatkan durasi tidur biasa dalam periode 24 jam. Oleh karena itu, selama 24 jam terakhir sebelum pengambilan data, responden dibatasi durasi tidurnya selama kurang dari 5 jam.

Alat yang digunakan untuk mengukur durasi dan kualitas tidur pada penelitian ini adalah Fitbit Charge 2. Fitbit adalah sebuah perangkat pelacak

aktivitas fisik berbentuk jam tangan yang dirancang untuk mengukur detak jantung, jarak berjalan dalam sehari, jumlah kalori yang terbakar, durasi tidur, kualitas tidur dan lain sebagainya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Zambotti et al. (2016), alat Fitbit yang digunakan dapat memberikan ukuran tidur dan fungsi jantung yang akurat dan bisa diterima. Oleh karena itu, alat Fitbit Charge 2 ini akan dikenakan pada pergelangan tangan responden saat responden tidur setiap malam sebelum penelitian. Data yang didapat dari alat Fitbit Charge 2 ini digunakan untuk menghitung efisiensi tidur responden.

Alat yang digunakan dalam mengukur tingkat kewaspadaan adalah *flicker fusion system* model 12021A keluaran dari perusahaan Lafayette Instrument. Penelitian yang telah dilakukan Chompu-inwai dan Yajom (2010) juga menggunakan alat yang sama untuk mengukur kelelahan mental. Berdasarkan Goswami et al. (2010), kewaspadaan telah sering dinilai dengan *Critical Flicker Fusion (CFF) test*. *Critical Flicker Fusion (CFF) test* mengukur pada frekuensi ke berapa stimulus cahaya yang secara berturut-turut ditampilkan tampak stabil dan terus menerus (Wilson et al., 2003). CFF adalah frekuensi minimal di mana lampu berkedip-kedip menimbulkan persepsi cahaya yang terus berkedip-kedip (Goswami et al., 2010). Semakin tinggi CFF, semakin tinggi tingkat kewaspadaan seseorang (Goswami et al., 2010).

Mekanisme pengukuran untuk *CFF test* dilakukan dengan meminta partisipan melihat pada sumber cahaya dari alat secara terus menerus untuk mengetahui frekuensi ketika terjadi perubahan kedipan cahaya dan partisipan meresponnya dengan menekan tombol. Perubahan yang terjadi terbagi menjadi dua, yaitu perubahan dari cahaya yang berkedip-kedip menjadi seolah tidak berkedip lagi seiring meningkatnya jumlah frekuensi dan perubahan dari cahaya yang seolah tidak berkedip menjadi berkedip lagi seiring menurunnya jumlah frekuensi. Saat perubahan yang terjadi direspon dengan menekan tombol, *Flicker Fusion System* akan mencatat pada frekuensi berapa tombol tersebut ditekan.

Menurut Luczac dan Sobolewski (2000), diduga adanya partisipan yang mungkin bereaksi (menekan tombol) sebelum mereka melihat kedipan cahaya yang hilang (pada kasus peningkatan frekuensi) atau muncul (pada kasus penurunan frekuensi). Model reaksi mereka pada *flicker test* menunjukkan bahwa tindakan mereka dikendalikan secara impulsif sehingga mereka tidak harus

memastikan bahwa tindakan mereka benar (Luczac dan Sobolewski, 2000). Menurut Davranche dan Pichon (2005), sebaiknya pengukuran dilakukan dua kali dengan pengaturan frek untuk frekuensi tinggi ke rendah hingga mulai muncul kedipan (*flicker* - mulai dari 100 Hz sampai 0 Hz) dan frekuensi rendah ke tinggi hingga cahaya tidak lagi berkedip (*fusion* - mulai dari 0 Hz sampai 100 Hz) dengan ketentuan kecepatan penambahan dan pengurangan frekuensi 1 Hz/s dan akan berdurasi waktu 3-4 menit. Jika batas atas 100 Hz tercapai atau tombol *reset* ditekan, stimulus cahaya akan dinonaktifkan dan frekuensinya diatur ulang ke batas bawah awal (Lafayette, 2014). Dari situ, kita dapat menyimpulkan kapan tes tersebut selesai dan begitu pula yang terjadi untuk pengaturan dari frekuensi tinggi ke rendah, stimulus cahaya akan dinonaktifkan ketika telah mencapai batas bawah 0 Hz atau tombol *reset* ditekan.

Variabel kontrol lainnya dari penelitian adalah partisipan yang tidak mengkonsumsi kafein, obat-obatan, dan alkohol sebelum melakukan pengambilan data dan motivasi partisipan dalam penelitian ini dengan cara memberikan imbalan yang sama untuk setiap partisipan. Variabel *confounding* dari penelitian ini adalah kegiatan partisipan di luar penelitian. Penelitian ini akan dilakukan terhadap partisipan yang berusia antara 18-25 tahun. Usia tersebut dipilih karena kelompok usia 15-25 tahun yang paling rentan mengalami kecelakaan di Indonesia (Korlantas POLRI, 2015) dan syarat usia untuk mendapatkan SIM menurut UU no. 22 tahun 2009 pasal 81 ayat (2) a, usia 17 (tujuh belas) tahun untuk Surat Izin Mengemudi A, Surat Izin Mengemudi C, dan Surat Izin Mengemudi D. Jenis kelamin partisipan yang diambil adalah pria karena menurut WHO (2004), tingkat kematian lalu lintas jalan lebih tinggi pada pria daripada wanita di semua wilayah terlepas dari tingkat pendapatan, dan juga di semua kelompok usia.

Sebelum dilakukan penelitian, partisipan akan diukur tingkat kantuknya dengan menggunakan *Karolinska Sleepiness Scale* (KSS). Menurut Kaida et al. (2006), *Karolinska Sleepiness Scale* (KSS) sering digunakan untuk mengevaluasi kantuk secara subjektif. Menurut Sandberg et al. (2011), KSS memiliki skala yang rentangnya antara 1 sampai 9 di mana angka 1 sama dengan sangat waspada, 3 sama dengan waspada, 5 ada di antara mengantuk atau terjaga, 7 sama dengan mengantuk namun tidak membutuhkan usaha untuk terjaga, dan 9 sama dengan sangat mengantuk, membutuhkan usaha untuk tetap terjaga dan melawan tidur.

Menurut Akerstedt dan Gillberg (1990) dan Horne dan Baulk (2004) dalam Kaida et al (2006), ditemukan adanya hubungan yang positif antara *Karolinska Sleepiness Scale* (KSS) dan *Electroencephalograph* (EEG) sehingga cocok untuk digunakan dalam penelitian ini.

*Electroencephalography* (EEG) adalah teknik yang paling banyak digunakan untuk mengukur aktivitas listrik otak, dan merupakan teknik standar dalam studi tentang tidur (Correa, Orrosco, dan Laciari, 2014). Sementara banyak indikator fisiologis tersedia untuk mengukur kelelahan mental, sinyal EEG mungkin salah satu yang paling prediktif dan dapat diandalkan (Zhao et al., 2010). Menurut Rechtschaffen dan Kales (1968) dalam Yuanyuan (2005), telah diterima secara luas bahwa perubahan karakteristik pada bentuk gelombang dan pita daya EEG dapat digunakan untuk menandai secara visual transisi dari waspada terhadap tidur dan tahap tidur yang berbeda.

Menurut Djamal, Tjokronegoro, dan Soegijanto (2005), sinyal *electroencephalograph* (EEG) adalah sinyal bioelektrik yang berasal dari aktifitas listrik pada korteks atau permukaan kulit kepala, yang disebabkan aktifitas fisiologis dari otak. Sinyal EEG terdiri dari komponen-komponen gelombang yang dibagi berdasarkan daerah frekuensinya (Djamal, Tjokronegoro, dan Soegijanto, 2005). Nilai daya EEG dijumlahkan pada frekuensi 0-4 Hz, 4-8 Hz, 8-13 Hz, dan 13-20 Hz, yang merupakan pita frekuensi aktivitas delta ( $\delta$ ), theta ( $\theta$ ), alpha ( $\alpha$ ), dan beta ( $\beta$ ) secara berturut-turut (Cheng et al., 2007). Eoh et al. (2005) dalam Kaida et al. (2006) percaya bahwa persamaan yang berisi jumlah alfa dan theta kemudian dibagi dengan beta merupakan indikator kelelahan yang andal karena menggabungkan kekuatan theta dan alfa untuk mendeteksi perubahan tingkat kewaspadaan.

Penelitian akan dilakukan menggunakan *driving simulator* dengan tujuan agar mempermudah pengaplikasian kegiatan mengemudi yang dapat merepresentasikan kondisi sesungguhnya dan menghilangkan faktor bahaya yang dapat ditimbulkan dalam kondisi sesungguhnya. Menurut Brookhuis dan Waard (2010), lingkungan penelitian yang paling sesuai untuk mempelajari efek pada beban kerja mental pengemudi adalah simulator mengemudi, berdasarkan keamanan, fleksibilitas dan potensi laboratorium yang setara. Menurut peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 111 tahun 2015 pasal 3 ayat (4) a, batas kecepatan paling rendah 60 (enam puluh) kilometer per jam

dalam kondisi arus bebas dan paling tinggi 100 (seratus) kilometer per jam untuk jalan bebas hambatan. Oleh karena itu, batas kecepatan dari *driving simulator* akan disesuaikan dengan peraturan tersebut.

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dipaparkan, maka dapat dihasilkan rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Apakah kualitas tidur dan kondisi jalan serta interaksinya memiliki pengaruh terhadap tingkat kantuk dan tingkat kewaspadaan pengemudi yang mengalami kekurangan tidur?
2. Kapan waktu istirahat yang tepat bagi pengemudi yang mengalami kekurangan tidur dengan memperhatikan kualitas tidur dan kondisi jalan?

### III. Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Partisipan penelitian terbatas pada pria dengan rentang usia 18-25 tahun.
2. Jenis penelitian yang dilakukan ialah *laboratory study* dengan menggunakan *driving simulator* dan durasi mengemudi selama 120 menit.
3. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan empat buah alat ukur yaitu Fitbit, *Flicker*, KSS, dan EEG.
4. Penelitian menggunakan EEG dengan merk Emotiv Epoc+ 14 *channel*.
5. Penelitian menggunakan *Flicker Fusion System Model 12021A* dengan merk *Lafayette Instrument*.
6. Pengukuran durasi dan kualitas tidur dilakukan dengan menggunakan Fitbit Charge 2.
7. Durasi tidur partisipan adalah kurang dari 5 jam hanya pada malam sebelum melakukan eksperimen.
8. Kualitas tidur partisipan terbagi menjadi 2 jenis, yaitu kualitas tidur baik dengan efisiensi  $\geq 85\%$  dan kualitas tidur buruk dengan efisiensi  $< 85\%$ .
9. Dua kondisi jalan yang digunakan adalah monoton (tol) dan dinamis monoton (dalam kota).
10. Partisipan tidak berada dalam pengaruh kafein, alkohol, dan obat-obatan.

11. Suhu dalam lingkungan kerja pengemudi diatur pada rentang 18°C-28°C.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Aktivitas di luar waktu proses pengambilan data dianggap tidak berpengaruh.
2. Simulator mengemudi dianggap dapat merepresentasikan kondisi mengemudi yang sebenarnya.
3. Waktu mulai tidur dan waktu mulai terjaga tidak mempengaruhi hasil penelitian.
4. Ritme sirkadian dari partisipan dianggap tidak mempengaruhi hasil penelitian.

#### **IV. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui apakah kualitas tidur dan / atau kondisi jalan mempengaruhi tingkat kantuk dan tingkat kewaspadaan pengemudi yang mengalami kekurangan tidur.
2. Menentukan waktu istirahat pengemudi yang mengalami kekurangan tidur dengan memperhatikan kualitas tidur dan kondisi jalan.

#### **V. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang terkait dengan penelitian ini, yaitu :

1. Untuk Penulis  
Penulis dapat mengimplementasikan ilmu manajemen kelelahan dalam dunia nyata dan meningkatkan pengetahuan mengenai alat pendeteksi tingkat kelelahan.
2. Untuk Pengemudi  
Pengemudi mengetahui kapan waktu yang tepat untuk istirahat di saat sedang mengalami kekurangan tidur dan berkendara agar dapat menghindari terjadinya kecelakaan.
3. Untuk Pembaca

Pembaca dapat menggunakan informasi dari hasil penelitian ini sebagai referensi dalam melakukan penelitian yang berkaitan dengan manajemen kelelahan.

## **VI. Metodologi Penelitian**

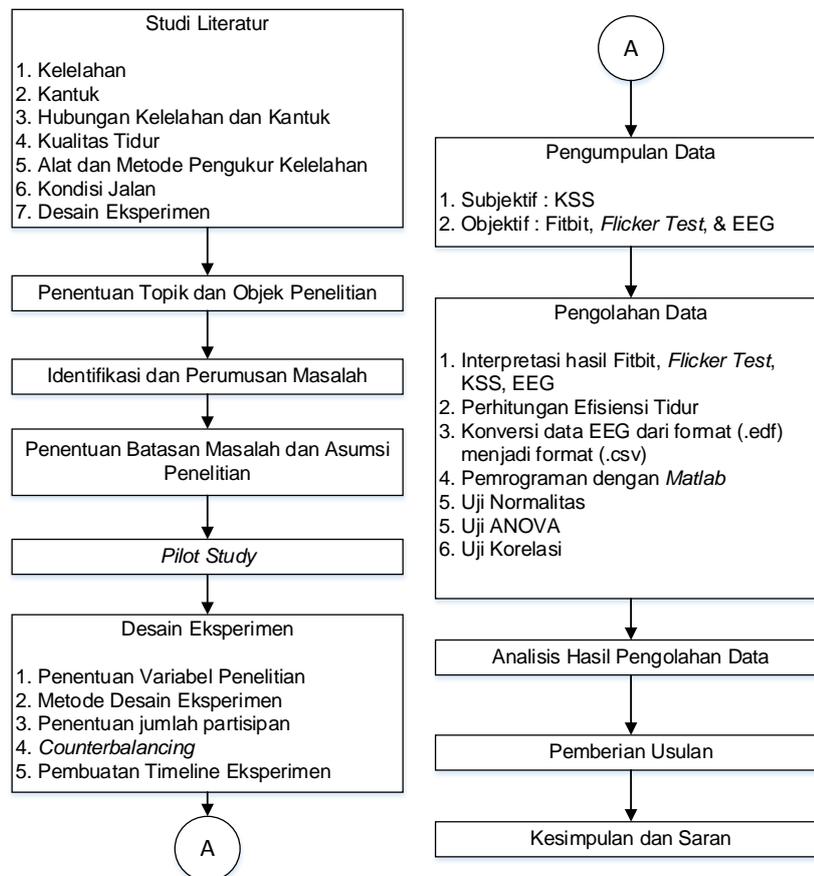
Metodologi penelitian yang dilakukan untuk penyusunan penelitian melalui beberapa langkah-langkah yang dapat dilihat pada Gambar I.5.

### **1. Studi Literatur**

Pada tahap awal, dilakukan studi literatur untuk mengetahui informasi-informasi yang dibutuhkan terkait dengan penelitian dan menjadi landasan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Teori-teori yang didapatkan dari studi literatur berhubungan dengan kelelahan, kantuk, kecelakaan, kondisi jalan, KSS, EEG, dan Fitbit.

### **2. Penentuan Topik dan Objek Penelitian**

Pada tahap ini, yang dilakukan adalah menentukan topik dan objek yang akan diteliti. Topik penelitian ditentukan berdasarkan studi literatur yang sudah dilakukan. Objek penelitian ditentukan dari informasi yang didapat dari studi literatur mengenai faktor demografis yang paling banyak terlibat dalam kasus kecelakaan.



Gambar I.5 Metodologi Penelitian

### 3. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini akan diidentifikasi masalah yang terdapat dalam topik penelitian dan dirumuskan pertanyaan yang bertujuan untuk memberikan arah mengenai apa yang akan diselesaikan dari masalah ini pada penelitian yang dilakukan.

### 4. Penentuan Batasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Penentuan batasan masalah dilakukan agar penelitian lebih terfokus pada apa yang menjadi ruang lingkup penelitian. Penentuan asumsi penelitian dilakukan agar variabel-variabel lain di luar penelitian ini dianggap tidak berpengaruh dan meyakinkan bahwa kondisi penelitian sudah dapat merepresentasikan kondisi sesungguhnya.

### 5. *Pilot Study*

Tujuan dari adanya *pilot study* ini adalah untuk melihat dan membandingkan kondisi eksperimen yang akan dilakukan dalam penelitian agar sesuai atau sedekat mungkin dengan kondisi dunia nyata. Pada penelitian ini dilakukan *pilot study* terhadap suhu ruangan,

waktu eksperimen, *flicker*, *driving simulator*, dan alat EEG agar saat pengambilan data sesungguhnya dapat berfungsi dengan baik.

6. Desain Eksperimen

Pada tahap ini, akan diberikan gambaran secara keseluruhan mengenai penelitian yang akan dilakukan. Jenis penelitian ini bersifat *laboratory study* sehingga ada variabel-variabel yang perlu dikontrol agar sesuai dengan kondisi penelitian yang diinginkan. Variabel yang akan diteliti dalam eksperimen ini adalah kualitas tidur dan kondisi jalan yang masing-masing terdiri dari 2 level.

7. Pengumpulan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengambilan data secara subjektif dan objektif. Pengambilan data secara subjektif dilakukan dengan menggunakan kuesioner *Karolinska Sleepiness Scale* (KSS) yang diisi oleh partisipan sebelum menggunakan *driving simulator* untuk mengetahui tingkat kelelahannya sebelum mengemudi. Pengambilan data secara objektif dilakukan dengan menggunakan alat ukur Fitbit dan *Electroencephalograph* (EEG). Pengambilan data EEG dilakukan dengan bantuan *driving simulator* sebagai pengganti aktivitas mengemudi di jalan raya. Pengambilan data Fitbit dilakukan ketika partisipan tidur dengan durasi tidur kurang dari 5 jam.

8. Pengolahan Data

Pada tahap ini akan dilakukan interpretasi dari data-data yang telah diperoleh dari Fitbit, *Flicker*, KSS, dan EEG. Hasil data dari Fitbit yang didapat berupa jumlah waktu seseorang benar-benar tertidur dan terbangun selama waktu tidur mereka untuk menghitung efisiensi tidur mereka. Hasil dari EEG akan diinterpretasi ke dalam bentuk gelombang *alpha*, *beta*, dan *theta* dengan menggunakan *software* Matlab. Data gelombang otak akan dikalkulasi dengan menggunakan algoritma ( $power\ \alpha + power\ \theta$ )/ $power\ \beta$  sesuai penelitian Jap et al. (2009) untuk memperoleh tingkat kantuk partisipan. Data CFFF dari *flicker test* akan dihitung menjadi nilai parameter  $M_{tot}$  dan  $M_{di}$ . Lalu, pengolahan dilanjutkan dengan pengujian normalitas, anova, dan korelasi.

9. Analisis Hasil Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil dari pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis yang dilakukan berkaitan dengan tingkat kantuk dan tingkat kewaspadaan yang dialami pengemudi selama proses pengambilan data pada dua jenis kualitas tidur di malam sebelumnya dan dua kondisi jalan yang berbeda. Analisis ini akan menjadi acuan dalam menentukan usulan penentuan waktu istirahat berdasarkan hasil studi literatur.

10. Pemberian Usulan

Pemberian usulan dilakukan berkaitan dengan penentuan waktu istirahat untuk pengemudi yang kekurangan tidur dengan memperhatikan kualitas tidur dan kondisi jalan. Usulan tersebut diberikan dengan tujuan agar dapat mencegah terjadinya kecelakaan lalu lintas yang disebabkan oleh kelelahan pengemudi.

11. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap yang terakhir akan diberikan kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang dibuat bertujuan untuk menjawab rumusan masalah yang telah dibuat. Saran yang diberikan bertujuan untuk memberikan informasi untuk melanjutkan penelitian yang sudah dilakukan.

**VII. Sistematika Penulisan**

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai sistematika penulisan dalam penyusunan laporan penelitian. Pembuatan laporan penelitian ini terbagi menjadi 5 bagian utama yang akan dijabarkan sebagai berikut.

**BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang masalah, identifikasi dan rumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi teori-teori yang digunakan terkait dengan penelitian yang dijalankan. Teori yang dibahas mengenai kelelahan, kantuk, *Flicker*, EEG, Fitbit dan berbagai pengujian statistik yang digunakan.

### **BAB III PERANCANGAN EKSPERIMEN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini akan membahas mengenai desain dari eksperimen seperti variabel-variabel penelitian, *timeline* eksperimen, penentuan partisipan, jadwal pelaksanaan eksperimen, alat-alat penelitian, dan pengolahan dari data yang melibatkan pengujian normalitas, *analysis of variance* (ANOVA), dan korelasi.

### **BAB IV ANALISIS**

Pada bab ini akan diberikan analisis terkait dengan penelitian yang telah dilakukan. Analisis diberikan berkaitan dengan penyelesaian rumusan masalah yang telah ditemukan. Analisis yang diberikan antara lain analisis dari hasil pengolahan data yang sudah dilakukan dan analisis penentuan waktu istirahat.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan serta saran penelitian. Jawaban rumusan masalah diberikan pada kesimpulan. Saran diberikan berkaitan dengan apa yang dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya yang serupa.