

**KAJIAN AWAL DETEKSI PENURUNAN
KEWASPADAAN BERDASARKAN PENGENALAN
WAJAH DAN PERILAKU: STUDI DI SIMULATOR
KERETA**

SKRIPSI

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

Disusun oleh

Nama : Erik Novaldi Sampurno

NPM : 2016610143



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2020**

**KAJIAN AWAL DETEKSI PENURUNAN
KEWASPADAAN BERDASARKAN PENGENALAN
WAJAH DAN PERILAKU: STUDI DI SIMULATOR
KERETA**

SKRIPSI

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

Disusun oleh

Nama : Erik Novaldi Sampurno

NPM : 2016610143



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2020**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG**



Nama : Erik Novaldi Sampurno
NPM : 2016610143
Program Studi : Sarjana Teknik Industri
Judul Skripsi : KAJIAN AWAL DETEKSI PENURUNAN KEWASPADAAN
BERDASARKAN PENGENALAN WAJAH DAN PERILAKU: STUDI
DI SIMULATOR KERETA

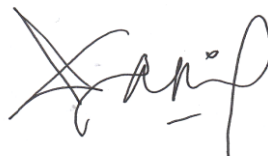
TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

Bandung, 14 September 2020
**Ketua Program Studi Sarjana
Teknik Industri**




(Romy Loice, S.T., M.T.)

Pembimbing



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



PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Erik Novaldi Sampurno

NPM : 2016610143

dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan Judul:

Kajian Awal Deteksi Penurunan Kewaspadaan Berdasarkan Pengenalan
Wajah dan Perilaku: Studi di Simulator Kereta

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, 28 Agustus 2020

Erik Novaldi Sampurno

NPM : 2016610143

ABSTRAK

Kecelakaan pada moda transportasi kereta selalu terjadi di setiap tahun dan cenderung meningkat. *Human error* merupakan salah satu penyebab utama terjadinya kecelakaan. Faktor yang berkaitan erat dengan *human error* adalah menurunnya tingkat kewaspadaan pada pengemudi. Tingkat kewaspadaan yang menurun dipengaruhi oleh kelelahan dan rasa kantuk yang dialami oleh pengemudi karena tidak mendapatkan waktu tidur yang cukup serta kondisi jalan yang monoton. Untuk mengurangi angka kecelakaan dapat dilakukan dengan mendeteksi indikator tubuh yang muncul ketika tingkat kewaspadaan mulai menurun. Wajah dan sikap tubuh merupakan dua indikator fisik yang paling dipengaruhi ketika tubuh mengalami kelelahan dan mengantuk. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter wajah dan sikap apa yang dipengaruhi ketika tingkat kewaspadaan pengemudi menurun.

Penelitian melibatkan partisipan pria dengan jumlah 8 orang dan ditugaskan untuk mengendarai kereta menggunakan simulator selama 120 menit. Setiap partisipan diberikan dua jenis perlakuan yaitu durasi tidur baik (4 jam) dan buruk (8 jam). Parameter wajah yang diteliti adalah rasio mata terbuka dan rasio bentuk mulut. Sikap tubuh yang diteliti adalah ukuran posisi kepala pada sumbu x, y, dan z. Parameter wajah dan sikap tubuh dijadikan alat ukur untuk tingkat kewaspadaan dan diukur menggunakan pemrograman *Python*, sedangkan tingkat kantuk diukur berdasarkan nilai *heart rate* menggunakan Xiaomi Mi Band 3. Nilai yang dihasilkan selanjutnya diolah menggunakan uji *Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA) dan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh durasi tidur baik secara simultan maupun masing-masing terhadap variabel. Uji korelasi *Pearson* juga digunakan untuk mengetahui tingkat hubungan durasi tidur terhadap masing-masing variabel.

Hasil uji MANOVA durasi tidur terhadap *heart rate*, rasio mata terbuka, rasio bentuk mulut, dan posisi kepala pada sumbu x, y, dan z menghasilkan nilai *P-value* sebesar 0,022 dan masing-masing uji ANOVA menghasilkan nilai *P-value* > 0,05. Hasil uji korelasi *Pearson* menunjukkan durasi tidur memiliki hubungan yang signifikan terhadap nilai *heart rate* ($r = 0,741$) dan rasio mata terbuka ($r = 0,763$) serta sikap tubuh posisi kepala pada sumbu z ($r = -0,650$). Berdasarkan pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa tingkat kewaspadaan yang menurun mempengaruhi nilai *heart rate*, parameter wajah bagian mata, dan sikap tubuh untuk posisi kepala pada sumbu z.

ABSTRACT

Accidents in the rail transportation always occur every year and tend to increase. Human error is one of the main causes of accidents. Factor that closely related to human error is the decreased of vigilance level on the driver. The decreased level of alertness is affected by fatigue and drowsiness experienced by the driver due to sleep deprivation as well as monotonous road conditions. To reduce the number of accidents can be done by detecting body indicators that appear when the level of alertness begins to decrease. The face and attitude of the body are the two physical indicators that are most affected when the body experiences fatigue and drowsiness. The purpose of this study is to determine what facial parameters and attitudes were affected when the driver's alertness level decreased.

The study involved eight male participants and assigned to drive a train using simulator for 120 minutes. Each participant will be given two types of treatment consisting of adequate sleep duration (8 hours) and insufficient sleep duration (4 hours). The facial parameter studied is the ratio of the open eyes and the ratio of shape of the mouth. The body attitude studied is the head orientation on the x, y, and z axes. Facial parameters and attitudes are used as a measuring tool for alertness levels and measured by Python, while sleepiness levels are measured based on heart rate using Xiaomi Mi Band 3. The measurement results are processed using Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) and Analysis of Variance (ANOVA) to determine whether there is an effect of sleep duration both simultaneously and respectively on the variables. Pearson's correlation test is also used to determine the level of the relationship between sleep duration to each variable.

MANOVA test results of sleep duration on heart rate, eye aspect ratio, mouth aspect ratio, and head position on x, y, and z axes with a P-value of 0,022 and each ANOVA test results with a P-value > 0.05. Pearson correlation test results found that the sleep duration has a significant correlation with the heart rate ($r = 0,741$) and eye aspect ratio ($r = 0,763$) as well as the attitude to the position of the head on the z-axis ($r = -0,650$). The results of this study can be concluded that the decreased level of vigilance affects the heart rate, facial parameter of the eyes, and attitude for the position of the head on the z-axis.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Awal Deteksi Penurunan Kewaspadaan Berdasarkan Pengenalan Wajah dan Perilaku: Studi di Simulator Kereta”. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat meraih gelar sarjana pada Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan Bandung.

Selama proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi, penulis menemukan beberapa hambatan yang syukur pada akhirnya dapat diatasi. Hal ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari pihak-pihak terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga akhirnya penulis dapat mengatasi hambatan-hambatan yang ditemui dan mampu menyusun skripsi hingga selesai. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih secara khusus kepada:

1. Bapak Daniel Siswanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tunggal yang telah bersedia meluangkan waktu dan tenaga serta memberikan ilmu, kritikan dan masukan selama proses penelitian dilakukan.
2. Ibu Paulina Kus Ariningsih, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Paulus Sukpto, Ir., M.B.A. selaku dosen penguji proposal skripsi yang telah memberikan kritik dan saran untuk skripsi yang disusun oleh penulis.
3. Bapak Yansen Theopilus, S.T., M.T. dan Bapak Fransiscus Rian Praktiko, S.T., M.T., M.S. selaku dosen penguji sidang skripsi yang telah memberikan kritik dan saran untuk skripsi yang disusun oleh penulis.
4. Ibu, kakak kandung serta kakak ipar penulis yang tidak pernah lelah dalam memberikan dukungan, baik secara materil maupun moril kepada penulis dalam setiap proses penyusunan skripsi.
5. Emanuele Melissa yang pada masanya selalu bersedia dan tidak pernah lelah untuk menemani, mendengarkan, dan memberikan semangat dalam setiap proses penyusunan skripsi.
6. Yosua Tjahja, Laurensius Marcel, Christian Sandjaja, Ihsan Dhiya, Vicky Rizky, Felix Jonathan, Tristan Adi Permana, Theodorus Pangeran, David

Daniarta, dan Igo Simamora selaku teman-teman “BE” yang telah berdinamika sejak awal memasuki dunia perkuliahan. Terima kasih atas segala cerita hidup dan kekeluargaan yang terjadi.

7. Mathew Samtani, Christian Sandjaja, Vania Edra, Anggia Glory, Dhea Vatasa, Zakinisma Nurhadian, Anastasia Widjaja, Claudia Grace, Ricky, Felicia Evelyne, dan Mazalvar Rachmat selaku Ring 1 HMPSTI 2018/2019 yang telah melalui masa kepengurusan bersama. Terima kasih atas duka lara, canda tawa, dan kebersamaan yang telah tercipta.
8. Ayu Pramiasih, Marielle Venita, Kevin Aditya, dan Kevin Fernando selaku teman seperjuangan skripsi *fatigue* yang turut membantu dalam berbagi ilmu dan keluh kesah selama proses penyusunan skripsi.
9. Partisipan yang terlibat dalam penelitian yaitu Garry Ryan Hendelson, Zakinisma Nurhadian, Christian Sandjaja, Hakkinen Malik, Muhammad Rizky, Kevin Aditya, Gredy, dan Kenneth Aristia.
10. Ryonathan Putra Salim, Theodorus Andrew, Ayu Pramiasih, Dhea Vatasa, dan teman-teman kelas D Teknik Industri 2016 yang telah menemani hari-hari perkuliahan penulis.
11. Teman-teman angkatan 2016 Program Studi Teknik Industri yang telah berdinamika bersama sejak awal bangku perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan dan kenangan yang tercipta selama ini.
12. Seluruh pihak yang terlibat, baik selama proses penyusunan skripsi maupun perkuliahan penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun sehingga dapat membuat penelitian ini menjadi lebih baik. Besar harapan penulis agar penelitian ini dapat bermanfaat untuk pembaca dan penelitian selanjutnya.

Bandung, 31 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | I-1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | I-1 |
| 1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah..... | I-6 |
| 1.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian..... | I-17 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | I-18 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | I-19 |
| 1.6 Metodologi Penelitian..... | I-19 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | I-23 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | II-1 |
| II.1 Kelelahan..... | II-1 |
| II.2 Penyebab Kelelahan..... | II-2 |
| II.3 Kewaspadaan | II-3 |
| II.4 Durasi Tidur | II-5 |
| II.5 Kualitas Tidur..... | II-6 |
| II.6 Kantuk | II-7 |
| II.7 <i>Eye Aspect Ratio</i> (EAR)..... | II-8 |
| II.8 <i>Mouth Aspect Ratio</i> (MAR) | II-9 |
| II.9 Orientasi Kepala | II-10 |
| II.10 <i>Heart Rate</i> (HR)..... | II-11 |
| II.11 Desain Eksperimen..... | II-13 |

| | |
|---|--------------|
| BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA..... | III-1 |
| III.1 Perancangan Penelitian..... | III-1 |
| III.1.1 Desain Eksperimen..... | III-1 |
| III.1.2 Variabel Penelitian..... | III-3 |
| III.1.3 Penentuan Jumlah Partisipan..... | III-4 |
| III.1.4 Penentuan Jadwal Pelaksanaan Eksperimen..... | III-7 |
| III.1.5 Alat-alat Penelitian..... | III-8 |
| III.1.6 Prosedur Pengambilan Data..... | III-12 |
| III.2 Rekapitulasi dan Pengolahan Data..... | III-14 |
| III.2.1 Pengolahan Data Tingkat Kantuk Berdasarkan <i>Heart Rate</i> .. | III-15 |
| III.2.2 Pengujian Normalitas Data Tingkat Kantuk Berdasarkan <i>Heart Rate</i> | III-16 |
| III.2.3 Pengolahan Signifikansi Data Tingkat Kewaspadaan Berdasarkan <i>Eye Aspect Ratio</i> (EAR) dan <i>Mouth Aspect Ratio</i> (MAR)..... | III-18 |
| III.2.4 Pengolahan Data Tingkat Kewaspadaan Berdasarkan <i>Eye</i> <i>Aspect Ratio</i> (EAR) dan <i>Mouth Aspect Ratio</i> (MAR)..... | III-18 |
| III.2.5 Pengujian Normalitas Data Tingkat Kewaspadaan <i>Eye Aspect Ratio</i> (EAR)..... | III-22 |
| III.2.6 Pengujian Signifikansi Data Tingkat Kewaspadaan <i>Eye Aspect Ratio</i> (EAR)..... | III-23 |
| III.2.7 Pengujian Normalitas Data Tingkat Kewaspadaan <i>Eye Aspect Ratio</i> (EAR)..... | III-24 |
| III.2.8 Pengujian Signifikansi Data Tingkat Kewaspadaan <i>Eye Aspect Ratio</i> (EAR)..... | III-25 |
| III.2.9 Pengolahan Data Tingkat Kewaspadaan Berdasarkan Posisi Kepala..... | III-26 |
| III.2.10 Pengujian Normalitas dan Signifikansi Data Tingkat Kewaspadaan Berdasarkan Posisi Kepala..... | III-29 |
| III.2.11 Pengujian Normalitas Multivariat..... | III-37 |
| III.2.12 Pengujian Homogenitas Matriks Kovariansi..... | III-39 |
| III.2.13 Pengujian <i>Multivariate Analysis of Variance</i> (MANOVA) | III-42 |
| III.2.14 Pengolahan Data Kualitas Tidur..... | III-44 |
| III.2.15 Pengujian Homogenitas Variansi – Matriks Kovariansi..... | III-46 |

| | |
|--|--------|
| III.2.16 Pengujian Homogenitas Koefisien Regresi | III-48 |
| III.2.17 Pengujian <i>Multivariate Analysis of Covariance</i> (MANCOVA) | III-51 |
| III.2.18 Pengujian Korelasi | III-56 |
| III.3 Rangkuman Pengujian Hipotesis | III-60 |

BAB IV ANALISIS.....IV-1

| | |
|--|-------|
| IV.1 Analisis Pengaruh Durasi Tidur Terhadap Tingkat Kantuk dan Paramater Tingkat Kewaspadaan pada Wajah Serta Perilaku | IV-1 |
| IV.2 Analisis Pengaruh Kualitas Tidur Terhadap Tingkat Kantuk dan Paramater Tingkat Kewaspadaan pada Wajah Serta Perilaku | IV-13 |
| IV.3 Analisis Hubungan Tingkat Kewaspadaan dengan Paramater pada Wajah dan Perilaku..... | IV-16 |
| IV.4 Keterbatasan dan Keberlanjutan dari Penelitian | IV-24 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....V-1

| | |
|----------------------|-----|
| V.1 Kesimpulan | V-1 |
| V.2 Saran | V-2 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

| | | |
|--------------|---|--------|
| Tabel I.1 | Jadwal Masinis KA 3008 | I-2 |
| Tabel I.2 | Data Investigasi KNKT Kecelakaan Kereta Api Tahun 2012-2017..... | I-4 |
| Tabel I.3 | Posisi Penelitian..... | I-9 |
| Tabel II.1 | Tingkat dan Gejala Kelelahan | II-4 |
| Tabel III.1 | Desain Eksperimen..... | III-2 |
| Tabel III.2 | Definisi Operasional Variabel | III-2 |
| Tabel III.3 | Metode dan Jumlah Partisipan Penelitian Sebelumnya | III-4 |
| Tabel III.4 | Data Awal Partisipan..... | III-5 |
| Tabel III.5 | Nilai Maksimum, Minimum, dan Selisih (D) | III-5 |
| Tabel III.6 | Rekapitulasi Kecukupan Data untuk Faktor Durasi Tidur | III-6 |
| Tabel III.7 | Pengaturan Urutan Perlakuan pada Partisipan | III-8 |
| Tabel III.8 | Rekapitulasi Rata-rata Nilai HR..... | III-16 |
| Tabel III.9 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata HR Durasi Tidur 4 Jam.... | III-17 |
| Tabel III.10 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata HR Durasi Tidur 8 Jam.... | III-17 |
| Tabel III.11 | Hasil Uji <i>Paired T Test</i> Data Rata-rata HR Durasi Tidur 4 dan 8 Jam | III-18 |
| Tabel III.12 | Rekapitulasi Data Rata-rata EAR Partisipan 3 dengan Durasi Tidur 4 Jam..... | III-21 |
| Tabel III.13 | Rekapitulasi Data Rata-rata MAR Partisipan 7 dengan Durasi Tidur 4 Jam..... | III-22 |
| Tabel III.14 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata EAR Durasi Tidur 4 Jam | III-22 |
| Tabel III.15 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata EAR Durasi Tidur 8 Jam..... | III-23 |
| Tabel III.16 | Hasil Uji <i>Paired T Test</i> Data Rata-rata EAR Durasi Tidur 4 dan 8 Jam | III-24 |
| Tabel III.17 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata MAR Durasi Tidur 4 Jam | III-24 |

| | | |
|--------------|---|--------|
| Tabel III.18 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata MAR Durasi Tidur 8 Jam..... | III-25 |
| Tabel III.19 | Hasil Uji <i>Paired T Test</i> Data Rata-rata MAR Durasi Tidur 4 dan 8 Jam | III-26 |
| Tabel III.20 | Rekapitulasi Data Rata-rata Ukuran Posisi Kepala Partisipan 4..... | III-29 |
| Tabel III.21 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata Posisi Kepala Sumbu-X Durasi Tidur 4 Jam..... | III-30 |
| Tabel III.22 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata Posisi Kepala Sumbu-X Durasi Tidur 8 Jam..... | III-30 |
| Tabel III.23 | Hasil Uji <i>Paired T Test</i> Data Rata-rata Posisi Kepala Sumbu-X Durasi Tidur 4 dan 8 Jam | III-31 |
| Tabel III.24 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata Posisi Kepala Sumbu-Y Durasi Tidur 4 Jam..... | III-32 |
| Tabel III.25 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata Posisi Kepala Sumbu-Y Durasi Tidur 4 Jam..... | III-33 |
| Tabel III.26 | Hasil Uji <i>Paired T Test</i> Data Rata-rata Posisi Kepala Sumbu-Y Durasi Tidur 4 dan 8 Jam | III-34 |
| Tabel III.27 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata Posisi Kepala Sumbu-Z Durasi Tidur 4 Jam..... | III-35 |
| Tabel III.28 | Hasil Uji Normalitas Data Rata-rata Posisi Kepala Sumbu-Z Durasi Tidur 8 Jam..... | III-35 |
| Tabel III.29 | Hasil Uji <i>Paired T Test</i> Data Rata-rata Posisi Kepala Sumbu-Z Durasi Tidur 4 dan 8 Jam | III-36 |
| Tabel III.30 | Hasil Nilai Korelasi Jarak Mahalanobis dengan Q_i | III-39 |
| Tabel III.31 | Hasil Uji Homogenitas Variansi dari Variabel Dependen | III-40 |
| Tabel III.32 | Hasil <i>Multivariate</i> Uji MANOVA | III-43 |
| Tabel III.33 | Hasil <i>Test of Within-Subjects Contrast</i> MANOVA..... | III-44 |
| Tabel III.34 | Rekapitulasi Perhitungan Efisiensi Tidur Partisipan..... | III-46 |
| Tabel III.35 | Hasil Uji Homogenitas Variansi | III-48 |
| Tabel III.36 | Hasil Uji Homogenitas Koefisien Regresi | III-49 |
| Tabel III.37 | Hasil Uji <i>MANCOVA Multivariate Tests</i> | III-52 |
| Tabel III.38 | Hasil Uji <i>MANCOVA Tests of Between-Subjects Effects</i> | III-54 |
| Tabel III.39 | Klasifikasi Nilai Korelasi Evans..... | III-57 |

| | | |
|--------------|--|--------|
| Tabel III.40 | Hasil Uji Hasil Uji Korelasi Pearson..... | III-57 |
| Tabel III.41 | Kesimpulan Uji Korelasi Durasi Tidur Terhadap Variabel Dependen. | III-59 |
| Tabel III.42 | Kesimpulan Uji Korelasi HR Terhadap Variabel. | III-59 |
| Tabel III.43 | Rangkuman Uji Hipotesis. | III-60 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|---------------|---|--------|
| Gambar I.1 | Jumlah Penumpang Transportasi 2014-2019..... | I-1 |
| Gambar I.2 | Model Konseptual Hubungan Kelelahan dengan Kecelakaan | I-3 |
| Gambar I.3 | Model Konseptual Penelitian..... | I-16 |
| Gambar I.4 | Metodologi Penelitian..... | I-22 |
| Gambar II.1 | Bagian Mata untuk Menghitung EAR | II-9 |
| Gambar II.2 | Bagian Mulut untuk Menghitung MAR | II-10 |
| Gambar II.3 | Orientasi Kepala di Setiap Sumbu..... | II-11 |
| Gambar II.4 | Perbedaan Perlakuan | II-14 |
| Gambar III.1 | <i>Train Simulator 2016: Steam Edition</i> | III-9 |
| Gambar III.2 | Bahasa pemrograman <i>Python</i> | III-10 |
| Gambar III.3 | Xiaomi Mi Band 3..... | III-10 |
| Gambar III.4 | Visualisasi Aplikasi Mi Fit | III-11 |
| Gambar III.5 | Visualisasi Aplikasi Mi Heart Rate | III-11 |
| Gambar III.6 | Visualisasi Aplikasi Notify and Fitness..... | III-12 |
| Gambar III.7 | <i>Timeline</i> Eksperimen..... | III-14 |
| Gambar III.8 | Hasil Deteksi Mata | III-19 |
| Gambar III.9 | Hasil Deteksi Mulut | III-20 |
| Gambar III.10 | Hasil Deteksi Kepala..... | III-28 |
| Gambar III.11 | <i>Scatter Plot</i> Hasil Uji Normalitas Multivariat | III-38 |
| Gambar III.12 | Hasil Uji <i>Box's M</i> MANOVA | III-40 |
| Gambar III.13 | Hasil Uji <i>Box's M</i> MANCOVA | III-47 |
| Gambar IV.1 | Rata-rata HR Selama Berkendara..... | IV-3 |
| Gambar IV.2 | Rata-rata EAR Selama Berkendara | IV-5 |
| Gambar IV.3 | Rata-rata MAR Selama Berkendara..... | IV-7 |
| Gambar IV.4 | Rata-rata Posisi Sumbu Z Selama Berkendara..... | IV-12 |
| Gambar IV.5 | Perbandingan Indikasi Mengantuk dan Menguap..... | IV-23 |
| Gambar IV.6 | Perbandingan Indikasi Mengantuk dan Menguap..... | IV-23 |

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A REKAPITULASI DATA *HEART RATE* (HR)

LAMPIRAN B REKAPITULASI DATA *EYE ASPECT RATIO* (EAR)

LAMPIRAN C REKAPITULASI DATA *MOUTH ASPECT RATIO* (MAR)

LAMPIRAN D REKAPITULASI DATA UKURAN POSISI KEPALA

LAMPIRAN E JADWAL PENGAMBILAN PARTISIPAN

LAMPIRAN F HASIL REKAMAN APLIKASI DURASI TIDUR

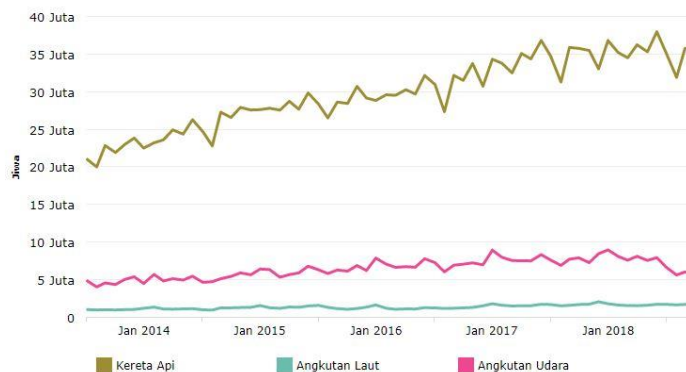
BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai dasar dilakukannya penelitian yang meliputi latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, pembatasan masalah dan asumsi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

I.1 Latar Belakang Masalah

Moda transportasi kereta api terus mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya dibandingkan dengan jenis moda transportasi lainnya. Hal ini ditunjukkan dari pengguna moda transportasi udara yang mengalami penurunan sejak tahun 2018, sedangkan untuk pengguna moda transportasi laut tetap stabil disekitar angka 1,1-1,7 juta pengguna. Data terkait dapat dilihat pada Gambar I.1 (katadata.co.id, 2019).



Gambar I.1 Jumlah Penumpang Transportasi 2014-2019
(Sumber: <https://databoks.katadata.co.id>)

Peningkatan jumlah pengguna moda transportasi kereta api dapat mempengaruhi jadwal jam kerja masinis yang akan mempengaruhi kondisi pengemudi dalam bekerja. Hal ini dikarenakan jika semakin banyak kereta api yang dioperasikan, maka akan menambah jam kerja pengemudi dalam satu kali perjalanan. Direktur PT KAI, Edi Sukmoro, mengatakan bahwa jam kerja dari masinis kereta api adalah sekitar 5-6 jam dalam satu hari dan tidak diperbolehkan lebih dari itu serta masinis perlu untuk istirahat selama 8 jam sebelum kembali

mengoperasikan kereta api (CNBC Indonesia, 2018). Tabel I.1 merupakan salah satu contoh dari jadwal yang dimiliki oleh seorang masinis.

Tabel I.1 Jadwal Masinis KA 3008

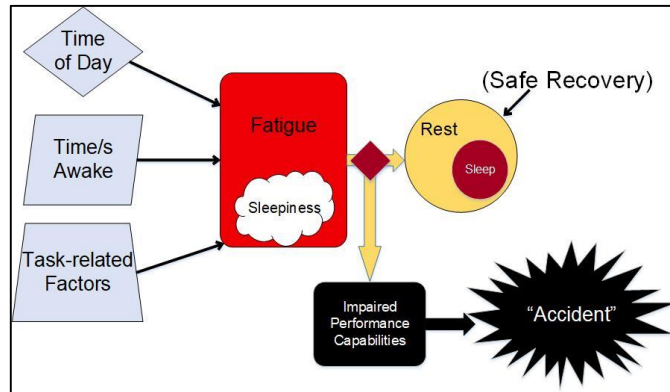
| No | Tanggal | Dinasan | Lintas | Waktu Dinas | |
|----|------------------|-------------|------------|-------------|-------|
| | | | | MD | HD |
| 1 | 1 Maret 2016 | 3008 / 3047 | TJH - TMB | 14:06 | 20:17 |
| 2 | 29 Februari 2016 | 3052 / 3011 | TMB - TJH | 06:15 | 14:36 |
| 3 | 28 Februari 2016 | Rgs Siang | EMPL - TLS | 14:00 | 22:00 |
| 4 | 27 Februari 2016 | Rgs Malam | EMPL - TLS | 22:00 | 06:00 |
| 5 | 26 Februari 2016 | 3002 / 3041 | TJH - TMB | 09:06 | 16:48 |
| 6 | 25 Februari 2016 | 3072 / 3031 | TMB - TJH | 18:15 | 02:04 |

(Sumber: KNKT, 2017)

Pada Tabel I.1 terlihat bahwa jadwal seorang masinis cukup padat. Jadwal kerja masinis yang begitu padat dapat mempengaruhi performansi masinis karena mengakibatkan masinis tidak memiliki waktu tidur yang cukup. Menurut Dorrian, Roach, Fletcher, dan Dawson (2007), kondisi kekurangan tidur merupakan salah satu penyebab penurunan performansi dan akan semakin bertambah buruk ketika waktu terjaga semakin lama. Berdasarkan survey yang dilakukan oleh *National Sleep Foundation* (NSF), ditemukan indikasi bahwa kurangnya jam tidur dan kualitas tidur yang buruk memiliki hubungan dengan meningkatnya kelelahan dan kantuk di siang hari (NSF, 2009). Penurunan pada performansi dalam mengemudi kereta api akibat kelelahan yang berawal dari kurangnya jam tidur merupakan faktor yang menyebabkan timbulnya kecelakaan (Pearce, 1999).

Kelelahan merupakan suatu respon tubuh berupa hilangnya efisiensi dan keengganan untuk melanjutkan usaha (Kroemer dan Grandjean, 1997). Kelelahan juga dapat diartikan sebagai ketidakmampuan untuk bekerja pada standar yang diinginkan akibat istirahat yang tidak tercukupi karena tuntutan pekerjaan sebelumnya atau aktivitas lain yang dilakukan sehari-hari (Gander et al., 2011). Menurut Williamson, Lombardi, Folkard, Stutts, Courtney, dan Connor (2011), kelelahan dapat diakibatkan oleh tiga faktor, yaitu *time of day* (berkaitan dengan ritme sirkadian), *time's awake* (durasi keterjagaan), dan *task-related factors* (faktor terkait pekerjaan). Kelelahan juga diidentifikasi sebagai suatu faktor penyebab kecelakaan, cedera, dan kematian dalam berbagai keadaan, dengan implikasi bahwa orang yang lelah cenderung tidak menghasilkan kinerja dan tindakan yang aman (Williamson et al., 2011). Gambar I.2 merupakan model proses yang

menunjukkan kecelakaan disebabkan oleh menurunnya performansi atau kapabilitas kerja seseorang (Williamson et al., 2011).



Gambar I.2 Model Konseptual Hubungan Kelelahan dengan Kecelakaan
(Sumber: Williamson et al., 2011)

Time of Day dapat menimbulkan kelelahan apabila ritme sirkadian seseorang tidak sesuai dengan waktu pekerjaan sehingga mempengaruhi performansi ketika bekerja (Cazzoli, Antoniadis, Kennard, Nyffeler, Bassetti, dan Müri, 2014). *Time's awake* merupakan faktor yang terkait dengan durasi tidur atau keterjagaan seseorang, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya ketika seseorang mengalami kurang tidur dan harus terjaga dalam waktu yang lama maka akan menghasilkan kelelahan. *Task-related factors* berkaitan dengan pekerjaan yang memiliki tuntutan untuk bekerja dalam waktu yang lama dan berkontribusi meningkatkan resiko kecelakaan (Williamson et al., 2011). Ketiga faktor tersebut mengakibatkan kelelahan dengan salah satu tanda umum adalah munculnya rasa kantuk. Untuk menghilangkan kelelahan tersebut maka seseorang perlu beristirahat, salah satu caranya dengan tidur. Ketika istirahat yang dibutuhkan oleh tubuh tidak terpenuhi, maka mengakibatkan kapasitas tubuh untuk bekerja berkurang yang pada akhirnya akan menimbulkan kecelakaan. Menurut Young dan Stanton (2002), kondisi kelelahan membuat tingkat kesadaran menurun dan tingkat kewaspadaan menjadi berkurang diikuti dengan performansi dalam berkendara menurun.

Menurut Lal dan Craig (2001), turunnya performansi saat mengemudi berkaitan dengan penurunan kewaspadaan. Tingkat kewaspadaan atau *vigilance* merupakan derajat kesiapan seseorang dalam memberikan tanggapan terhadap suatu hal (Dorrian et al., 2007). Tingkat kewaspadaan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kelelahan, tingkat kantuk, dan keadaan yang monoton (Desai dan

Haque, 2006). Mengemudikan kereta termasuk ke dalam kategori pekerjaan yang monoton karena rute yang dilalui oleh kereta hanya mengikuti jalan yang lurus dan kosong dengan kecepatan tertentu. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh De Valck, Smeekens, dan Vantrappen (2015), yang mengatakan bahwa tugas pengemudi kereta api bersifat berulang, terutama ketika pengemudi sudah mengetahui rute dan tugas kontrol dari kereta itu. Menurut Dunn dan Williamson (2012), kondisi yang monoton dapat menurunkan faktor kewaspadaan seseorang sehingga dapat menurunkan performansi seseorang dalam melakukan pekerjaannya. Tingkat kewaspadaan yang menurun ketika bekerja dapat membahayakan baik untuk diri sendiri maupun orang lain dan dapat berujung pada kecelakaan kerja. Data statistik mengindikasikan bahwa lebih dari 40% kecelakaan transportasi yang terjadi disebabkan oleh menurunnya tingkat kewaspadaan pengemudi (Faber, Nov'ak, Svoboda, Tatarinov, 2003).

Berdasarkan data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) Republik Indonesia, terdapat peningkatan jumlah kecelakaan di tahun 2017 dibandingkan tahun sebelumnya. Data terkait dapat dilihat pada Tabel I.2 (KNKT, 2018).

Tabel I.2 Data Investigasi KNKT Kecelakaan Kereta Api Tahun 2012-2017

| Tahun | Jumlah Kecelakaan | Jenis Kecelakaan | | | Korban Jiwa | |
|--------------|-------------------|------------------|--------------------|-----------|-------------|-----------|
| | | Tabrakan | Anjlok / Terguling | Lain-Lain | Meninggal | Luka-Luka |
| 2012 | 3 | 1 | 2 | 0 | 4 | 42 |
| 2013 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2014 | 6 | 1 | 4 | 1 | 1 | 3 |
| 2015 | 7 | 4 | 3 | 0 | 0 | 50 |
| 2016 | 6 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 |
| 2017 | 7 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 31 | 7 | 22 | 2 | 6 | 95 |

(Sumber: Database KNKT, 2018)

Pada Tabel I.2 menunjukkan setiap tahunnya masih terdapat kecelakaan kereta api, namun dengan angka kecelakaan yang cukup sedikit. Walaupun begitu, kecelakaan yang terjadi sangat merugikan baik segi finansial maupun korban jiwa. Salah satu contohnya adalah kecelakaan Kereta Api Sancaka yang terjadi pada tanggal 7 April 2018 di Kabupaten Madiun. Direktur Utama PT KAI (Persero), Edi Sukmoro, memperkirakan kerugian mencapai miliaran rupiah (PT KAI, 2018). Selain itu, kecelakaan juga merenggut satu nyawa dari masinis kereta terkait. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Edkins dan Pollock

(1997) yang mengatakan bahwa kekurangan tidur yang menyebabkan kelelahan merupakan masalah keselamatan yang fundamental dalam industri kereta karena terkait dengan biaya ekonomi yang serius.

KNKT (2016) membagi penyebab kecelakaan kereta api menjadi 5 bagian, yaitu sarana, prasarana, operasional, Sumber Daya Manusia (SDM), dan eksternal. Bagian SDM atau *Human Error* memiliki persentase sebesar 33%. Hal yang sama juga dikatakan oleh Direktur Keselamatan Perkeretaapian Ditjen Perkeretaapian Kemenhub, Hermanto Dwiatmoko, yang mengatakan bahwa penyebab banyaknya kecelakaan kereta api diakibatkan oleh *human error* (Dephub, 2012). Tingkat kewaspadaan yang menurun merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya *Human Error* yang berujung pada kecelakaan. Untuk meminimalisir hal tersebut perlu dilakukan pendeteksian tingkat kewaspadaan pada pengemudi untuk mencegah kecelakaan (Ji dan Yang, 2002). Deteksi terbaik untuk mengetahui tingkat kantuk dan kewaspadaan yang menurun pada pengemudi adalah dengan mengukur gelombang otak, denyut jantung, dan denyut nadi (Yammamoto dan Higuchi, 1992).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hong et al. (2005), Chin et al. (2005), Pai et al. (2009), Rami et al. (2011), dan Huang et al. (2012), pengukuran dilakukan menggunakan *Electroencephalogram* (EEG) untuk mengukur gelombang otak dan juga *Electrodiagram* untuk mengukur denyut jantung. Namun pada penelitian yang dilakukan, tubuh dari pengemudi akan dipasangkan sensor atau elektroda. Selain itu terdapat alat pengukuran tingkat kewaspadaan lainnya seperti *Psychomotor Vigilance Task* (PVT) (Blatter, 2006; Loh et al., 2004) dan Flicker (Saito, 1999; Yassierli, 2016). PVT merupakan suatu alat sederhana yang dikatakan sebagai “*gold standard*” dalam pengujian visual untuk *Reaction Time* (RT) (Dinges dan Powell, 1985). Untuk Flicker sendiri merupakan suatu pengukuran dengan indikator *Critical Flicker Fusion Frequency* (CFFF) yang mengukur kelelahan terkait dengan pekerjaan *repetitive* atau yang membutuhkan perhatian berkelanjutan selama periode waktu yang lama (Somnath, Sabarni, dan Sunetra, 2015). Namun beberapa metode tersebut termasuk metode yang *intrusive* sehingga dapat mengganggu pekerjaan dari pengemudi.

Untuk itu diperlukan suatu metode pengukuran tingkat kewaspadaan yang *non-intrusive* sehingga dapat terus dilakukan secara kontinu pada pengemudi tanpa mengganggu pekerjaannya. Menurut Wang, Chou, Hsu, Chen,

dan Fuh (2011) teknik memperhatikan tingkat kewaspadaan seorang pengemudi dibagi menjadi tiga kategori, yaitu respon fisiologis, sikap dalam berkendara, dan ekspresi wajah. Berdasarkan ekspresi wajah dan sikap yang ditunjukkan, seseorang yang mengalami kelelahan dan menunjukkan tingkat kewaspadaan yang menurun beberapa diantaranya dapat dilihat berdasarkan mata, mulut, pipi (Hachisuka, Ishida, Enya, dan Kamijo, 2011), frekuensi kedipan mata, perubahan alis mata, dan frekuensi menguap (Karchani, Mazloumi, Naslsaraji, Akbarzadeh, Niknezhad, Ebrahimi, Raei, dan Khandan, 2002). Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan, metode yang dilakukan bervariasi seperti mengukur kelelahan dengan fokus pada *ocular* ataupun kondisi mental berdasarkan ekspresi wajah, namun belum ada penelitian terkait mengukur tingkat kewaspadaan dari pengemudi kereta. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan melakukan suatu metode *non-intrusive* untuk mengukur tingkat kewaspadaan dengan melihat perubahan ekspresi wajah dan sikap.

I.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, penelitian ini akan berfokus pada pendeteksian tingkat kewaspadaan dengan melihat perubahan dari ekspresi muka dan perilaku pengemudi. Seperti yang dijelaskan pada latar belakang bahwa tingkat kewaspadaan dipengaruhi oleh kelelahan, semakin tinggi tingkat kelelahan seseorang, maka tingkat kewaspadaan akan menurun yang diikuti dengan turunnya performansi. Penelitian mengenai tingkat kelelahan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, namun penelitian tersebut masih memiliki batasan-batasan tertentu. Du et al. (2008) mendeteksi kelelahan pengemudi dengan fokus pada area mata. Hasil penelitian menghasilkan informasi terkait indikasi mengantuk pada mata pengemudi. Namun indikasi kelelahan pada wajah tidak hanya dilihat dari area mata saja seperti penelitian yang dilakukan oleh Hachisuka et al. (2011) yang mendeteksi tingkat kantuk pada wajah pengemudi dengan melihat perubahan pada alis dan mata, pipi serta mulut. Hasil penelitian yang dilakukan mampu membuktikan bahwa ketika tingkat kewaspadaan menurun ditunjukkan dengan perubahan pada bagian pipi dan otot lain dari wajah. Namun pada penelitian hanya memfokuskan pada wajah dan tidak melihat sikap dari pengemudi sehingga indikasi sikap pengemudi yang mengalami kantuk tidak diketahui.

Penelitian mengenai sikap pengemudi ketika tingkat kewaspadaan menurun dilakukan oleh Alioua et al. (2011) dengan melihat lebar bentuk mulut yang terbuka ketika pengemudi mengalami rasa kantuk. Namun pada penelitian yang dilakukan tidak membahas secara mendalam besar perubahan yang terjadi pada mulut tetapi lebih menunjukkan pada penelitian berhasil menghasilkan program yang dapat mendeteksi tingkat kantuk pada area wajah. Selain menguap, sikap lain yang ditunjukkan ketika seseorang mengalami tingkat kewaspadaan menurun adalah dengan melihat perubahan posisi pada kepala. Penelitian terkait gejala tersebut dilakukan oleh Choi dan Kim (2015) dengan mendeteksi tingkat kantuk seseorang berdasarkan mata dan sikap pengemudi. Hasil penelitian ini memiliki hasil yang lebih mendalam dibandingkan dua peneliti sebelumnya yang mendeteksi pada bagian wajah karena terdapat tambahan mengenai pandangan dari pengemudi untuk analisis bagian mata ketika tingkat kewaspadaan menurun. Untuk sikap pengemudi terkait perubahan posisi kepala peneliti juga berhasil menunjukkan bahwa ketika pengemudi mengalami kantuk maka pergerakan yang dilakukan adalah *nodding*.

Namun pada penelitian, baik dengan mendeteksi tingkat kewaspadaan berdasarkan wajah ataupun sikap yang telah dilakukan beberapa peneliti tidak digunakan pembanding lain seperti menggunakan fisiologis tubuh salah satunya yaitu denyut jantung untuk memastikan bahwa seseorang benar-benar mengalami kantuk ketika menunjukkan gejala-gejala tersebut. Denyut jantung merupakan salah satu fisiologis tubuh yang dapat digunakan sebagai metode mendeteksi tingkat kewaspadaan *non-intrusive* yang dapat digunakan pada pengemudi. Rahim et al. (2015) dan Jo et al. (2019) melakukan pendeteksian tingkat kantuk pada pengemudi berdasarkan denyut jantung atau *heart rate*. Keduanya memiliki hasil yang sama-sama membuktikan bahwa ketika pengemudi mengalami tingkat kantuk maka nilai *heart rate* seseorang akan mengalami penurunan. Namun kedua peneliti juga tidak menggunakan pembanding berdasarkan parameter wajah maupun sikap ketika seseorang mengantuk sehingga belum terdapat bukti jelas ketika seseorang menunjukkan gejala mengantuk diiringi dengan nilai *heart rate* yang menurun.

Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat terlihat kelebihan dan kekurangan dari masing-masing penelitian. Kelebihan dan kekurangan yang ada pada penelitian-penelitian tersebut menjadi dasar dalam

penelitian agar penelitian yang dilakukan selanjutnya dapat memiliki *outcome* yang lebih baik sehingga akan ini untuk dilakukan penelitian dengan menggunakan metode gabungan antara pendeteksian tingkat kewaspadaan pengemudi berdasarkan ekspresi wajah beserta sikap dan fisiologis tubuh agar dapat diketahui secara objektif ada atau tidaknya hubungan tingkat kewaspadaan pada paramater wajah maupun sikap dari pengemudi ketika mengalami kantuk dan menyebabkan tingkat kewaspadaan yang menurun. Untuk dapat mengetahui paramater wajah dan sikap tubuh apa saja yang dipengaruhi ketika tingkat kewaspadaan menurun merupakan langkah yang kompleks dan perlu untuk dilakukan proses penelitian yang panjang sehingga posisi dari penelitian ini adalah sebagai kajian awal untuk mengetahui terlebih dahulu secara umum indikator-indikator atau karakteristik yang dimunculkan oleh tubuh hasil terjadinya penurunan tingkat kewaspadaan pada pengemudi.

Penelitian yang dilakukan ini memiliki peran penting untuk proses penelitian selanjutnya karena pada penelitian akan menunjukkan ada atau tidaknya hubungan antara paramater wajah dan sikap tubuh dengan fisiologis tubuh ketika tingkat kewaspadaan menurun. Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan maka seharusnya kedua faktor tersebut memiliki hubungan yang selaras apabila seseorang mengalami penurunan tingkat kewaspadaan. Apabila hal tersebut dapat terbukti pada penelitian ini maka hasil tersebut dapat dijadikan sebagai landasan penelitian berikutnya agar dapat meneliti lebih lanjut mengenai paramater wajah dan sikap serta fisiologis tubuh seseorang ketika tingkat kewaspadaan menurun untuk semakin memperkuat hasil dari kajian awal yang dilakukan. Tidak dapat dipungkiri sebagai kajian awal tentunya dapat memiliki beberapa keterbatasan ataupun kekurangan dari penelitian yang dilakukan sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk menyempurnakan hasil penelitian. Oleh karena itu diharapkan setelah penelitian ini dilakukan dapat dilanjutkan oleh peneliti lain baik dalam meneliti parameter wajah dan sikap tubuh yang digunakan atau dengan menggunakan paramater lainnya namun tetap diharapkan dengan menggunakan acuan fisiologis tubuh berdasarkan denyut jantung atau *heart rate* karena acuan fisiologis tersebut merupakan salah satu acuan fisiologis *non-intrusive* yang ideal digunakan untuk mendeteksi tingkat kewaspadaan pengemudi secara kontinu sehingga pendeteksian dapat dilakukan secara *real time* untuk mendapatkan hasil data yang akurat. Selain itu karena

kajian awal dilakukan pada studi di simulator kereta maka untuk penelitian selanjutnya diharapkan juga menggunakan studi dengan ranah yang sama.

Tabel 1.3 Posisi Penelitian

| No | Penulis | Tujuan | Metode | Variabel | Hasil |
|----|--------------------------|--|---|---|---|
| 1 | Du et al. (2008) | Mendeteksi tingkat kelelahan pengemudi dengan pengelihatn secara visual pada wajah serta perubahan kondisi mata untuk keamanan dalam berkendara. | Menggunakan pendekatan <i>binding color information</i> untuk mendeteksi wajah. Setelah itu dilakukan pencarian lokasi mata pada area wajah untuk didapatkan parameter terkait perubahan status mata untuk dianalisa menjadi informasi tingkat kelelahan pengemudi. | 1. Variabel Independen: Kelelahan pengemudi. 2. Variabel Dependen: Keadaan mata (tinggi pupil, area sekitar mata, rasio lebar ke tinggi mata). | Terdapat dua indikasi mengantuk yaitu jika mata dari pengemudi tertutup untuk periode waktu tertentu (4 <i>frame</i>) dan perubahan mata dari pengemudi diantara status mata yang terbuka setengah dan tertutup dalam periode waktu tertentu. (8 <i>frame</i>). |
| 2 | Hachisu ka et al. (2011) | Mendeteksi tahap awal tingkat kantuk pengemudi berdasarkan ekspresi wajah pada alis mata, pipi, mulut, dan mata. | Menggunakan analisis observasi menggunakan kamera dan simulator mengemudi monoton selama 1 jam dengan jumlah partisipan 17. Dilakukan pendeteksian wajah, dan mengukur reaksi 9 otot di wajah selama menjalankan simulator. Lalu menentukan 17 titik pengukur tingkat kantuk dari area wajah. | 1. Variabel Independen : Tingkat kantuk pengemudi. 2. Variabel Dependen: Ekspresi wajah (Alis mata, pipi, mulut, dan area mata). | Hasil penelitian menunjukkan adanya kontraksi frontalis dan relaksasi dari zygomaticus, relaksasi otot masseter, dan kontraksi frontalis menandakan tanda melawan rasa kantuk. Hasil nilai deteksi kantuk sesuai dengan nilai kantuk berdasarkan referensi dengan nilai rata-rata <i>Root Mean Square Errors</i> kurang dari 1. |

(lanjut)

Tabel I.3 Posisi Penelitian (lanjutan)

| No | Penulis | Tujuan | Metode | Variabel | Hasil |
|----|----------------------|---|---|--|---|
| 3 | Alioua et al. (2011) | Menghasilkan algoritma untuk mendeteksi mata tertutup dan pembesaran mulut ketika pengemudi mengalami kantuk dan kelelahan. | Seluruh partisipan yang berjumlah 14 mengendarai simulator mobil dan direkam selama berkendara. Wajah bagian mata pada iris dan mulut akan dideteksi menggunakan metode <i>Circular Hough Transform</i> (CHT). | 1. Variabel Independen: Tingkat kantuk dan kewaspadaan pengemudi. 2. Variabel Dependen: Besar mata ketika terbuka berdasarkan iris dan besar terbukanya mulut. | Algoritma yang digunakan berhasil mendeteksi tingkat kantuk berdasarkan mata dengan akurasi 94% dan untuk tingkat kewaspadaan berdasarkan mulut dengan akurasi 80%. |
| 4 | Choi dan Kim (2014) | Menentukan tingkat kewaspadaan pengemudi berdasarkan sikap yang ditunjukkan melalui kombinasi dari arah pandangan, kedipan mata, dan ukuran posisi kepala | Partisipan diberikan dua perlakuan ketika mengendarai simulator. Ukuran posisi kepala diukur dengan melihat sumbu x, y, dan z dari kepala. Untuk bagian mata dilihat berdasarkan pupil mata untuk melihat arah pandangan. | 1. Variabel Independen: Perlakuan mengendarai dengan kondisi normal dan mengantuk 2. Variabel Dependen: Ukuran posisi kepala, frekuensi mengedip, dan pergerakan arah pupil mata. | Ketika pengemudi mengalami kantuk maka kepala akan mengalami <i>nodding</i> dan kedipan mata memiliki frekuensi yang tinggi Berdasarkan metode PERCLOS dan <i>Head-pose movement</i> , rasio > 80% menunjukkan pengemudi mengantuk. |
| 5 | Rahim et al. (2015) | Mendapatkan nilai <i>beat per minute</i> (BPM) pengemudi ketika berada pada kondisi normal dan mengalami rasa kantuk | Partisipan terdiri dari pria dan wanita yang diberikan perlakuan mengendarai simulator sembari direkam selama dua jam dan menggunakan sensor denyut nadi. | 1. Variabel Dependen: Tingkat kantuk pengemudi 2. Variabel Independen: Nilai denyut jantung (BPM) | Nilai denyut jantung normal pria adalah 75-100 BPM 10 dan saat mengantuk 50-65 BPM. Untuk wanita adalah 70-95 BPM dan saat mengantuk 45-63 BPM. |

(lanjut)

Tabel I.3 Posisi Penelitian (lanjutan)

| No | Penulis | Tujuan | Metode | Variabel | Hasil |
|----|------------------|---|--|--|--|
| 6 | Jo et al. (2018) | Mengetahui nilai perubahan pada <i>heart rate</i> (HR) ketika mengendarai mobil termasuk saat memasuki fase tidur dan dibandingkan dengan nilai HR harian serta nilai HR ketika tidur di malam hari | Partisipan yang dipilih memiliki rentang umur 20-50 tahun. Partisipan akan bekendara dengan perjalanan jauh dan menggunakan <i>Holter System</i> serta ditemani oleh satu orang untuk mengukur tingkat kantuk dengan <i>Karolinska Sleepiness Scale</i> (KSS) | 1. Variabel Independen: Tingkat kantuk pengemudi 2. Variabel Dependen: Nilai denyut jantung (BPM) | Penelitian membuktikan rata-rata nilai HR berbeda ketika mengendarai saat mengantuk dengan kondisi normal. Ketika mengantuk nilai HR mengalami penurunan signifikan dari $9.3\% \pm 7.4\%$. |
| 7 | Sampurno (2020) | Menentukan parameter yang menunjukkan korelasi dengan perubahan pada wajah bagian mata dan mulut serta sikap pengemudi melalui ukuran posisi kepala ketika tingkat kewaspadaan menurun. | Partisipan diberikan perlakuan durasi tidur 4 dan 8 jam pada malam sebelum melakukan eksperimen. Partisipan menggunakan simulator kereta dengan skenario yang monoton dan memakai alat Xiaomi Mi Band 3 untuk mendeteksi denyut jantung terkait dengan tingkat kantuk. Selama eksperimen berlangsung, partisipan akan direkam oleh kamera untuk mendeteksi kelelahan pada muka dan sikap selama mengemudi. | 1. Variabel Independen: Durasi tidur 2. Variabel Dependen: Nilai rata-rata <i>heart rate</i> (HR), <i>eye aspect ratio</i> (EAR), <i>mouth aspect ratio</i> (MAR), dan ukuran posisi kepala pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z. | - |

Berdasarkan Tabel I.3 dapat diketahui dengan melihat posisi penelitian dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bahwa studi yang dilakukan seluruhnya adalah pada simulator ataupun kondisi nyata dari kendaraan roda empat atau mobil. Belum ada penelitian yang dilakukan dengan menggunakan studi dengan ranah yang berbeda seperti salah satunya adalah kereta. Pekerjaan mengemudi kereta merupakan salah satu pekerjaan yang memiliki hubungan erat dengan penurunan tingkat kewaspadaan karena faktor dari jenis pekerjaan yang dilakukan yaitu repetitif dan kondisi jalan yang jarang mengalami perubahan sehingga dapat dikatakan pekerjaan yang monoton. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan oleh Desai dan Haque (2006) bahwa tingkat kewaspadaan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kelelahan, tingkat kantuk, dan keadaan yang monoton. Hal ini menjadi dasar untuk dilakukannya pendeteksian penurunan kewaspadaan berdasarkan pengenalan wajah (*face recognition*) dan perilaku (*behaviour*) untuk pengemudi dengan studi di simulator kereta dan dengan menggunakan metode yang *non-intrusive* agar tidak mengganggu pengemudi.

Dasar lain penelitian yang merupakan kajian awal ini dilakukan oleh peneliti adalah melihat pada data statistik mengenai tingkat kecelakaan kereta dan juga penggunaan moda transportasi kereta setiap tahunnya. Kedua data tersebut memiliki hubungan yang selaras bahwa setiap tahunnya terus mengalami kecenderungan untuk meningkat. Walaupun tingkat kecelakaan pada kereta terlihat memiliki jumlah yang tidak terlalu besar namun menunjukkan setiap tahunnya masih terdapat kecelakaan yang terjadi dan apabila pengguna moda transportasi kereta terus meningkat maka ketika kecelakaan kereta terjadi akan menghasilkan dampak yang masif karena dapat menimbulkan kerugian serta korban jiwa yang besar. Pekerjaan mengemudi kereta merupakan salah satu pekerjaan mengemudi yang termasuk ke dalam pekerjaan yang monoton. Berbeda halnya dengan pengemudi lainnya seperti contohnya adalah kendaraan roda empat. Pengemudi kendaraan roda empat walaupun dapat menemui suatu kondisi tertentu seperti keadaan yang monoton tetapi tidak dominan seperti halnya pengemudi kereta yang memang memiliki rute jalan yang monoton. Lalu apabila dibandingkan dengan pengemudi lainnya seperti pengemudi pesawat walaupun termasuk ke dalam pekerjaan yang monoton karena kondisi sekitar di udara yang

jarang mengalami perubahan namun pada pesawat memiliki fungsi yang dapat mengemudikan kendali pesawat secara otomatis dengan fungsi *auto pilot*.

Hal tersebut menunjukkan bahwa kemungkinan terjadinya kecelakaan pada pekerjaan mengemudi kereta lebih tinggi dibandingkan pekerjaan mengemudi lainnya karena sebagai masinis memiliki tanggung jawab yang besar untuk mengantarkan penumpang dengan aman dalam jumlah yang banyak dan kendali kereta tidak memiliki fungsi otomatis layaknya kendali pada pesawat sehingga masinis dituntut untuk selalu fokus setiap saat walaupun rasa lelah dan kantuk muncul pada tubuh masinis. Deteksi tingkat kewaspadaan seseorang yang menurun merupakan salah satu cara pencegahan yang dilakukan untuk menurunkan angka kecelakaan moda transportasi. Apabila penelitian ini berhasil dilakukan maka tujuan jangka panjang nya adalah dapat dihasilkan suatu alat yang terpasang pada moda transportasi baik untuk kereta maupun transportasi lainnya yang bertindak sebagai *early warning* pengemudi ketika pengemudi mengalami mengalami tingkat kewaspadaan yang menurun dalam berkendara sehingga angka kecelakaan pada moda transportasi dapat diturunkan. Namun karena alat tersebut belum ditemukan sampai dengan saat ini sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dan salah satunya adalah seperti penelitian yang dilakukan oleh peneliti.

Penelitian yang dilakukan akan dirancang sedemikian rupa sehingga dapat merepresentasikan kondisi masinis yang sebenarnya sehingga partisipan yang dilibatkan hanya menggunakan partisipan dengan jenis kelamin laki-laki dengan usia 18-25 tahun. Hal ini sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan oleh PT KAI untuk seseorang yang ingin mendaftarkan diri sebagai masinis kereta (PT KAI, 2019). Masinis yang sebenarnya tidak dilibatkan secara langsung pada penelitian karena selain dari faktor kesulitan untuk mencari masinis yang dapat dijadikan sebagai partisipan juga dikarenakan masinis yang sudah memiliki jadwal yang pasti untuk mengemudikan kereta sehingga akan mengganggu pekerjaan masinis-masinis tersebut.

Pekerjaan mengemudi kereta telah dijelaskan sebelumnya bahwa merupakan salah satu pekerjaan yang termasuk ke dalam jenis kategori yang monoton. Namun karena penelitian yang dilakukan tidak menggunakan moda transportasi kereta secara langsung melainkan menggunakan simulator kereta maka rute yang digunakan pada simulator akan diatur sebagai rute yang monoton.

Rute yang monoton merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kewaspadaan pengemudi sehingga untuk melihat pengaruh dari tingkat kewaspadaan yang menurun menjadi alasan lain untuk diterapkan pada rute yang digunakan. Hal ini sesuai dengan penelitian Dunn dan Williamson (2012) yaitu kondisi yang monoton dapat menurunkan faktor kewaspadaan seseorang sehingga dapat menurunkan performansi seseorang dalam melakukan pekerjaannya.

Faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan tingkat kewaspadaan pada pengemudi tidak hanya disebabkan dari keadaan yang monoton tetapi juga kelelahan. Kelelahan yang dirasakan seseorang menurut Williamson et al. (2011) salah satunya dapat dikarenakan *task-related factors* atau berkaitan dengan pekerjaan yang memiliki tuntutan untuk bekerja dalam waktu yang lama dan berkontribusi meningkatkan resiko kecelakaan. Lama partisipan untuk mengendarai simulator kereta ditetapkan selama 120 menit mengacu pada aturan dalam mengendarai kereta setiap harinya dibatasi maksimal kurang lebih 4 jam (Dephub, 2015). Selain itu dengan durasi mengemudi selama 120 jam sudah menunjukkan bahwa pengemudi dapat mengalami penurunan tingkat kewaspadaan karena sudah mengalami rasa bosan dan kelelahan.

Sebelumnya telah dijelaskan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kewaspadaan adalah kelelahan, tingkat kantuk, dan keadaan yang monoton (Desai dan Haque, 2006). Selain itu juga telah dijelaskan bahwa penyebab terjadinya tingkat kewaspadaan yang menurun pada pengemudi kereta adalah dikarenakan rasa kantuk dan kelelahan yang disebabkan dari tidak tercapainya waktu tidur yang cukup dan tuntutan pekerjaan yang tinggi. Untuk mengetahui pengaruh dari faktor pada partisipan maka akan digunakan beberapa variabel di dalam penelitian yang dilakukan. Durasi tidur yang tidak mencukupi dapat mempengaruhi pengemudi ketika melakukan aktivitas sehingga akan merasakan kantuk. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Uddin (2015) yang menyatakan penurunan tingkat kewaspadaan banyak disebabkan karena tidur yang tidak cukup sehingga perlakuan atau variabel bebas yang ditetapkan pada penelitian ini adalah durasi tidur.

Durasi tidur juga akan terbagi ke dalam dua jenis, yaitu durasi tidur baik (8 jam) dan durasi tidur buruk (4 jam) untuk mengetahui perbedaan yang dihasilkan dari kedua jenis durasi tidur yang diberikan pada tingkat kewaspadaan pengemudi.

Menurut Hirshkowitz et al. (2015) orang dewasa dengan rentang umur 18-25 tahun direkomendasikan untuk memiliki durasi tidur 7-9 jam dan durasi tidur yang kurang baik untuk orang dewasa adalah apabila durasi tidur ≤ 5 jam sehingga hal ini menjadi acuan penentuan perlakuan durasi tidur yang digunakan.

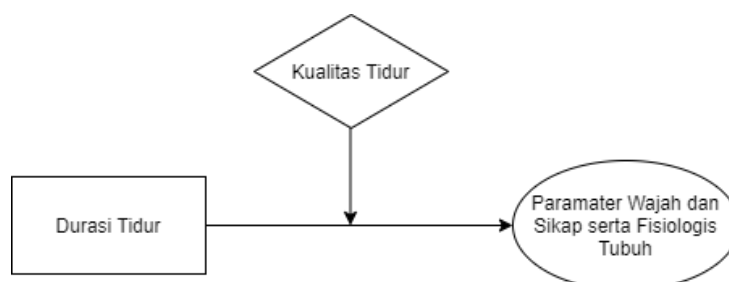
Faktor lain yang dapat mempengaruhi tingkat kantuk seseorang selain dari durasi tidur adalah kualitas tidur. Hal ini sesuai dengan penelitian Pilcher et al. (1997) yang menyatakan kualitas tidur yang buruk dapat meningkatkan rasa kantuk sama halnya dengan durasi tidur yang buruk dan dapat berujung pada kecelakaan kerja. Salah satu indikator penting yang digunakan untuk menilai kualitas tidur adalah efisiensi tidur dengan mengukur waktu total yang digunakan untuk tidur, waktu yang dibutuhkan sampai tertidur, dan jumlah waktu tidur dengan adanya gangguan tidur seperti terbangun (Sathyanarayana et al., 2016). Menurut Sathyanarayana et al. (2016) kualitas tidur yang dinilai berdasarkan nilai efisiensi terbagi menjadi dua kategori yaitu kualitas baik dengan nilai efisiensi $\geq 85\%$ dan kualitas buruk dengan nilai efisiensi $< 85\%$. Namun karena pengaruh yang akan diteliti untuk mengetahui tingkat kantuk pengemudi melihat berdasarkan perlakuan durasi tidur maka kualitas tidur merupakan variabel yang dianggap dapat mempengaruhi hasil penelitian namun tidak dapat dikontrol sehingga kualitas tidur dijadikan sebagai variabel moderat pada penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan berfokus pada karakteristik yang muncul ketika tingkat kewaspadaan menurun pada wajah dan sikap. Paramater pada wajah yang digunakan untuk mengukur perubahan tingkat kewaspadaan adalah nilai rasio dari mata ketika terbuka dan tertutup serta rasio mulut berdasarkan perubahan bentuk bibir yang dilihat dari derajat sudut-sudut mulut. Hal ini dikarenakan menurut Saradadevi dan Bajaj (2008), seseorang yang mengalami kelelahan menunjukkan tanda secara visual yang mudah untuk diobservasi pada area mata, kepala, mulut, dan wajah. Dikkers dan Spaans (2004), juga menegaskan bahwa penutupan mata dan penyempitan kelopak mata merupakan salah satu tanda yang jelas yang menunjukkan tanda mengantuk. Mata yang terbuka, terlambatnya pembukaan mata setelah menutup, persentase mata menutup, dan interval dari kedipan telah terbukti merupakan indikator yang menunjukkan mengantuk (Saradadevi, 2008).

Lalu parameter pada sikap yang digunakan untuk mengukur perubahan tingkat kewaspadaan adalah perubahan pada posisi kepala berdasarkan ukuran posisi kepala ketika mengemudi dan frekuensi menguap. Menurut *Office of Rail*

Regulation (2012) sikap signifikan yang menunjukkan kelelahan dan berdampak pada menurunnya tingkat kewaspadaan adalah seringnya menguap dan posisi kepala yang mengganggu. Ekspresi pada wajah, perubahan pada posisi tubuh, dan durasi mata tertutup merupakan kriteria dari kelelahan (Karchani et al., 2015). Selain itu menurut Ji dan Yang (2002) orientasi kepala memiliki informasi mengenai kewaspadaan, pandangan, dan tingkat kelelahan.

Untuk memvalidasi indikasi tingkat kewaspadaan menurun yang muncul pada paramater wajah dan sikap tubuh yang diteliti maka digunakan acuan perbandingan atau "*gold standard*" untuk memastikan bahwa indikasi yang muncul pada paramater wajah dan sikap tubuh adalah benar menunjukkan seseorang mengalami penurunan tingkat kewaspadaan. Acuan yang digunakan adalah dengan melihat fisiologis tubuh berdasarkan nilai *heart rate*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yamamoto dan Higuchi (1992) yang menyatakan deteksi terbaik untuk mengetahui tingkat kantuk dan kewaspadaan yang menurun pada pengemudi adalah dengan mengukur gelombang otak, denyut jantung, dan denyut nadi. Hal tersebut juga selaras dengan penelitian Triyanti dan Iridiastadi (2017) yang menyatakan pengukuran *heart rate* adalah salah satu pengukuran aktivitas fisiologis tubuh yang memiliki hubungan kuat dengan tingkat kewaspadaan. Berdasarkan hal tersebut maka yang menjadi respon atau variabel terikat pada penelitian ini adalah paramater wajah dengan melihat nilai rasio mata terbuka, rasio bentuk mulut, perubahan posisi kepala untuk di masing-masing sumbu x, y, dan z, serta nilai *heart rate*. Model konseptual dari variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar I.3



Gambar I.3 Model Konseptual Penelitian

Untuk melakukan pengukuran durasi dan kualitas tidur digunakan alat ukur berupa *smartwatch* yaitu Xiaomi Mi Band 3. Alat ini bekerja dengan mengukur total durasi tidur, waktu ketika mulai tertidur, durasi pada masing-masing fase tidur yaitu *light sleep* dan *deep sleep*, dan jumlah waktu terbangun di malam hari saat

sedang tertidur. Data yang didapatkan hasil pencatatan alat Xiaomi Mi Band 3 tersebut digunakan untuk mengetahui durasi tidur partisipan dengan melihat total durasi tidur dan data lainnya digunakan untuk dilakukan perhitungan menggunakan persamaan mencari nilai efisiensi tidur sehingga dapat diketahui kualitas tidur dari partisipan. Xiaomi Mi Band 3 juga digunakan sebagai alat untuk mengukur nilai *heart rate* partisipan ketika mengendarai simulator kereta selama 120 menit. Namun untuk melakukan pengukuran nilai *heart rate* membutuhkan alat tambahan berupa aplikasi yang dapat di-*download* pada *handphone* untuk membantu dalam melakukan *export* data *heart rate* dari Xiaomi Mi Band 3 yang nantinya dapat dikirimkan melalui email dalam bentuk (.csv).

Pada pengukuran tingkat kewaspadaan yang menurun dilihat dari parameter wajah dan sikap tubuh yang sudah ditentukan yaitu rasio mata terbuka, rasio bentuk bibir, dan ukuran posisi kepala pada masing-masing sumbu x, y, dan z menggunakan bantuan pemrograman *python*. Pemrograman digunakan karena pengukuran tingkat kewaspadaan dapat dilakukan secara non-kontak sehingga termasuk ke dalam metode pendeteksian yang *non-intrusive* atau tidak mengganggu pengemudi dalam melakukan pekerjaannya. Hal tersebut juga sesuai dengan pernyataan Tang et al. (2016) yang menyatakan pengukuran tingkat kantuk menjadi lebih efektif apabila dilakukan dengan menggunakan *computer vision* untuk tampilan pada wajah dan mata. Bahasa pemrograman *Python* digunakan karena merupakan salah satu bahasa pemrograman yang memiliki banyak *library* atau modul dan paket yang digunakan untuk *machine learning* (Sodhi et al., 2019). Salah satu *library* yang digunakan untuk *face recognition* adalah *OpenCV* dan bahasa pemrograman yang paling matang dalam menyediakan *library* ini adalah *Python* (Kurniawan, 2014).

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

Manakah parameter wajah dan perilaku yang berkorelasi dengan perubahan tingkat kewaspadaan?

I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Partisipan yang dilibatkan adalah mahasiswa dengan rentang umur 18-25 tahun.

2. Penelitian dilakukan pada masing-masing kediaman dari partisipan.
3. Rute jalan pada simulator kereta api diatur sebagai rute yang monoton.
4. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan dua buah alat ukur yaitu Xiaomi Mi Band 3 dan kamera pada laptop.
5. Durasi tidur partisipan dibagi ke dalam 2 level, yaitu 4 dan 8 jam pada malam sebelum eksperimen.
6. Pengumpulan data dengan *train simulator* akan menggunakan *software* tipe *Train Simulator 2016: Steam Edition*.
7. Partisipan tidak dalam pengaruh kafein, alkohol, dan obat-obatan.
8. Pengambilan data dilakukan sebelum pukul 13.00 WIB untuk menghindari fase kelelahan *time of day* (Dunn dan Williamson, 2012).
9. Kecepatan mengemudi kereta akan mengikuti rambu dan petunjuk batas kecepatan yang muncul pada rute dalam simulator kereta.
10. Pemrograman yang digunakan tidak dapat melakukan pengukuran sampai dengan angka 0 untuk rasio mata dan rasio mulut.

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Skenario pada *Train Simulator* dianggap merepresentasikan kondisi nyata pengemudi kereta sebenarnya.
2. Aktivitas diluar waktu pengambilan data dianggap tidak berpengaruh pada hasil penelitian.
3. Partisipan diberikan pelatihan terlebih dahulu sebelum melakukan pengambilan data agar dapat memahami penggunaan simulator kereta.
4. Kondisi ruangan tempat pengambilan data masing-masing dari partisipan dianggap sama satu sama lain.
5. Partisipan dalam kondisi yang baik saat penelitian dilakukan.

I.4 Tujuan Penelitian

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

Menentukan paramater apa saja yang menunjukkan korelasi dengan perubahan pada wajah dan sikap pengemudi kereta ketika tingkat kewaspadaan menurun.

I.5 Manfaat Penelitian

Pada penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat untuk pihak-pihak yang bersangkutan, antara lain sebagai berikut:

1. Sebagai referensi pengemudi untuk mengetahui karakteristik ketika tingkat kewaspadaan menurun sehingga dapat dilakukan tindakan preventif menghindari pengemudi tertidur.
2. Sebagai referensi untuk pihak perusahaan alat transportasi untuk dapat menambahkan suatu alat yang dapat membantu pengemudi sebagai tanda atau pengingat ketika pengemudi sudah mengalami penurunan tingkat kewaspadaan.
3. Membantu kajian berikutnya yang dilakukan agar dapat menemukan metode pengukuran *non-intrusive* tingkat kewaspadaan pada pengemudi agar tidak mengganggu pengemudi dalam melakukan pekerjaan.

I.6 Metodologi Penelitian

Pada bagian ini akan memperlihatkan gambaran mengenai tahapan-tahapan yang akan dilalui dalam menyusun penelitian hingga memperoleh hasil penelitian. Tahapan tersebut itu dapat dilihat pada Gambar I.3. Berikut merupakan penjelasan dari tahapan-tahapan tersebut.

1. Studi Literatur
Studi literatur adalah langkah awal dari penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur digunakan sebagai acuan mengenai teori-teori beserta informasi yang dibutuhkan dalam penelitian sekaligus menentukan permasalahan yang akan diteliti.
2. Penentuan Topik dan Objek Penelitian
Penentuan topik dan objek penelitian berdasarkan pada teori serta informasi yang diperoleh dari studi literatur. Topik penelitian ditentukan berdasarkan pengembangan yang akan dilakukan dan merupakan hal yang baru dari penelitian sebelumnya. Objek penelitian ditentukan dengan melihat meningkatnya penggunaan moda transportasi kereta namun angka kecelakaan kereta juga mengalami peningkatan sehingga menghasilkan biaya dan dampak yang besar. Penelitian juga mempertimbangkan potensi menurunnya tingkat kewaspadaan pengemudi kereta karena jenis aktivitas dan pekerjaan yang dilakukan.

3. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi masalah menjelaskan mengenai pentingnya penelitian yang akan dilakukan dan langkah apa saja yang akan dikerjakan dalam penelitian. Rumusan masalah dibuat berdasarkan identifikasi masalah dalam bentuk pertanyaan yang merupakan fokus permasalahan yang akan diteliti.

4. Penentuan Batasan Masalah dan Asumsi Penelitian

Batasan masalah penelitian digunakan agar penelitian memiliki arah tujuan yang jelas sehingga dapat menjawab rumusan masalah yang ditentukan dan tidak menyimpang dari dasar dilakukannya penelitian. Asumsi penelitian digunakan sebagai penyederhanaan dugaan yang ada dalam penelitian.

5. *Pilot Study*

Pilot study dilakukan untuk memastikan bahwa alat-alat yang digunakan pada penelitian berfungsi sehingga dapat menghasilkan data sesuai dengan kebutuhan dari penelitian. Alat-alat yang akan dipastikan fungsinya adalah alat ukur *heart rate* dengan menggunakan Xiaomi Mi Band 3 serta alat bantu video kamera dari laptop untuk melihat ekspresi muka dan sikap partisipan selama mengemudikan simulator. Partisipan juga akan diberikan pelatihan terlebih dahulu untuk menjalankan simulator kereta sehingga partisipan dapat melakukan pengambilan data dengan lancar.

6. Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan penggambaran dari rancangan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian dilakukan pada masing-masing kediaman dari partisipan sehingga terdapat variabel-variabel yang perlu dikontrol agar sesuai dengan kondisi penelitian yang diinginkan. Variabel independen dalam penelitian ini adalah durasi tidur yang terdiri dari dua level, yaitu durasi tidur baik (8 jam) dan durasi tidur buruk (4 jam). Variabel dependen yang akan diteliti adalah tingkat kewaspadaan pengemudi berdasarkan paramater wajah bagian mata dengan melihat rasio mata ketika terbuka dan mulut dengan melihat rasio bentuk mulut serta sikap pengemudi berdasarkan ukuran posisi kepala pada masing-masing sumbu x, y, dan z serta frekuensi menguap.

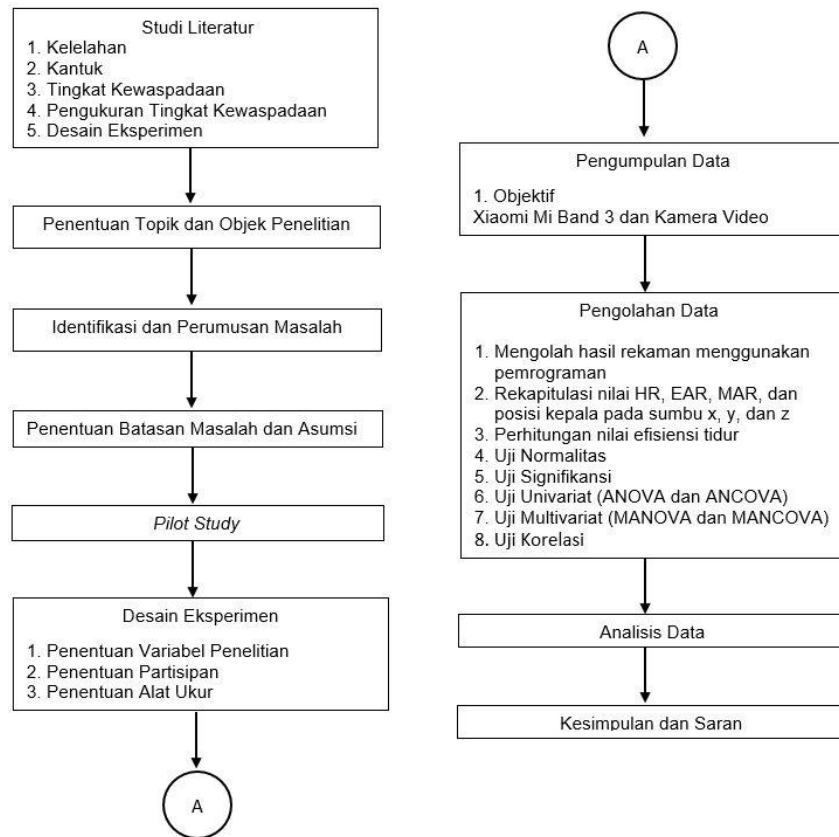
Tingkat kantuk diukur dengan menggunakan Xiaomi Mi Band 3 dengan melihat nilai *heart rate*. Pengukuran durasi tidur partisipan menggunakan Xiaomi Mi Band 3 pada saat partisipan tidur. Penentuan partisipan akan menggunakan metode *within subject design*. Metode *within subject design* bertujuan agar seorang partisipan merasakan perlakuan yaitu durasi tidur yang berbeda-beda. Pada penelitian ini partisipan yang ditentukan memiliki rentang umur 18-25 tahun berjenis kelamin pria sesuai dengan salah satu persyaratan menjadi masinis pria (<https://recruitment.kai.id/job-profile>, 2020). Partisipan akan mengenakan Xiaomi Mi Band 3 selama melakukan simulasi mengendarai kereta.

7. Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan secara objektif dengan menggunakan alat ukur Xiaomi Mi Band 3 untuk mengukur nilai *heart rate*. Pengambilan data *heart rate* dilakukan selama partisipan mengendarai simulator kereta dengan durasi 120 menit. Pengambilan data juga dilakukan ketika partisipan tidur dengan durasi tidur 4 dan 8 jam untuk mengetahui waktu durasi tidur dari partisipan pada malam sebelum pengambilan data dilakukan. Kamera video pada laptop digunakan untuk melihat wajah dan sikap dari pengemudi selama mengendarai simulator kereta untuk diketahui karakteristik yang muncul ketika tingkat kewaspadaan menurun.

8. Pengolahan Data

Dari data yang telah dikumpulkan sebelumnya, selanjutnya data akan diolah menggunakan bantuan pemrograman *Python* dengan IDE yang digunakan adalah *Pycharm*. Pemrograman dibuat dengan tujuan untuk mendeteksi kelelahan dan membantu menangkap fitur pada wajah yang diteliti yaitu area mata dan mulut. Selanjutnya, rekaman yang telah didapatkan sebelumnya ketika pengumpulan data akan diolah menggunakan pemrograman tersebut dan hasil pemrograman akan diolah untuk didapatkan hasil penelitian terkait parameter yang diteliti yaitu pada wajah untuk rasio ketika kelopak mata terbuka dan tertutup serta perubahan bentuk bibir yang dilihat dari sudut-sudut mulut. Lalu untuk sikap dilihat dari derajat kemiringan kepala pengemudi dan frekuensi menguap.



Gambar I.4 Metodologi Penelitian

9. Analisis Hasil Pengolahan Data

Analisis dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data yang didapatkan. Analisis yang dilakukan terkait dengan tingkat kewaspadaan yang dialami partisipan ketika mengemudikan simulator kereta setelah diberikan perlakuan dua level durasi tidur. Hasil dari analisis yang dilakukan akan dijadikan acuan sebagai penarikan kesimpulan serta usulan yang akan diberikan.

10. Pemberian Usulan

Pemberian usulan yang diajukan memperhatikan hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan. Tujuan dari usulan penelitian ini yaitu menentukan parameter apa saja yang menunjukkan hubungan erat dengan perubahan pada wajah dan sikap ketika tingkat kewaspadaan menurun.

11. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran adalah akhir dari aktivitas penelitian dan berisikan jawaban dari rumusan masalah pada penelitian dan memberi masukan bagi penelitian selanjutnya.

I.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini berbentuk laporan yang terdiri atas lima bab yaitu pendahuluan, tinjauan pustaka, pengumpulan dan pengolahan data, analisis, dan kesimpulan dan saran. Berikut merupakan penjelasan untuk setiap bab tersebut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan penjelasan terkait hal-hal yang menjadi dasar untuk dilakukannya penelitian yang meliputi 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 berisikan penjelasan terkait dasar teori maupun studi literatur yang digunakan sebagai acuan penelitian sehingga rumusan masalah dapat dijawab secara ilmiah dan hasil yang didapatkan mampu dipertanggungjawabkan.

BAB III PENGUMPULAN dan PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan penjelasan terkait langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian dimulai dari penentuan variabel dan partisipan penelitian, pengambilan data, pengolahan data yang didapatkan, sampai dengan interpretasi dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan

BAB IV ANALISIS

Bab ini berisikan penjelasan mengenai hasil analisis yang dilakukan terhadap hasil pengolahan data yang didapatkan serta membahas terkait implikasi dan hambatan dari penelitian yang dilakukan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan penjelasan terkait kesimpulan yang dapat diambil sekaligus menjawab rumusan masalah dari penelitian yang telah dilakukan serta diberikan saran untuk penelitian dengan lingkup permasalahan serupa yang dilakukan di masa mendatang agar tidak terulang kesalahan ataupun keterbatasan dari penelitian ini.