



Analisis Hubungan *Chronotype* dan Body Mass Index (BMI) terhadap Tingkat Kantuk Pengemudi

Maya Arlini Puspasari¹, Claresta Yasmine Putri Pribadyo², Keishandra Nabila Junistya³

^{1,2,3} Fakultas Teknik, Departemen Teknik Industri, Universitas Indonesia
Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia, Depok 16424
Email: mayaarlini@ui.ac.id, claresta.yasmine@ui.ac.id, keishandra.nabila@ui.ac.id

Abstract

One of the main causes of Indonesia's increasing accident rate is fatigue and drowsiness, which places Indonesia among the other countries with the highest accident rates. The elements that significantly affect fatigue and sleepiness are individual factors, namely chronotype and Body Mass Index (BMI). Fatigue and drowsiness are evaluated using EEG signal indicators; there have been several related studies that focused on fluctuations in EEG signals under certain operating conditions. However, few studies evaluated the relationship between chronotype and BMI affecting sleepiness. This study aimed to investigate the relationship between chronotype and BMI and tiredness. A total of 14 participants participated in this study. Participants were asked to sleep less than 5 hours and they were instructed to drive with a simulator for 1 hour. EEG signal indicators and KSS questionnaires were used to evaluate the sleepiness of participants. The study findings indicate that the beta signal and the driver's BMI have a negative relationship, namely drivers with high BMI are more likely to be sleepy than drivers with low BMI. In chronotype, the moderate morning type shows higher Alpha and Theta power compared to other types, caused by circadian rhythms. The implications of this study show that the internal condition of the driver affects driving performance and the level of sleepiness. The practical implications of this research are expected to be input for relevant stakeholders in making regulations on driving, so that the rate of accidents that occur in Indonesia can be reduced.

Keywords: *Body Mass Index, chronotype, drowsiness, driving tasks*

Abstrak

Salah satu penyebab utama meningkatnya angka kecelakaan di Indonesia adalah kelelahan dan kantuk yang menempatkan Indonesia di antara negara lain dengan tingkat kecelakaan tertinggi. Adapun elemen yang secara signifikan memengaruhi kelelahan dan kantuk adalah faktor individu yaitu *chronotype* dan *Body Mass Index* (BMI). Kelelahan dan kantuk dapat diukur menggunakan indikator sinyal EEG yang mana telah terdapat dalam beberapa studi terkait yang berfokus pada fluktuasi sinyal EEG dalam kondisi operasi tertentu, tetapi hanya sedikit yang meneliti efek *chronotype* dan BMI pada rasa kantuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara *chronotype* dan BMI dengan kelelahan. Sebanyak 14 orang partisipan mengikuti penelitian ini. Partisipan diminta untuk tidur kurang dari 5 jam dan diambil data mengemudi dengan simulator selama 1 jam. Indikator sinyal EEG dan kuesioner KSS digunakan untuk mengevaluasi kantuk dari partisipan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa sinyal beta dan BMI pengemudi memiliki hubungan yang negatif, yaitu pengemudi dengan BMI tinggi lebih cenderung mengantuk daripada pengemudi dengan BMI rendah. Pada *chronotype*, tipe *moderate morning* menunjukkan power Alpha dan Theta yang lebih tinggi dibandingkan tipe lainnya, yang disebabkan oleh ritme sirkadian. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi internal pengemudi mempengaruhi performa mengemudi dan tingkat kantuk. Implikasi praktis penelitian ini diharapkan menjadi masukan bagi *stakeholder* terkait dalam membuat regulasi tentang mengemudi, sehingga tingkat kecelakaan yang terjadi di Indonesia dapat berkurang.

Kata kunci: *Body Mass Index, chronotype, kantuk, pekerjaan mengemudi*

Pendahuluan

Kecelakaan lalu lintas adalah penyebab utama dari kematian yang terjadi di berbagai negara. Sekitar 1,3 juta orang di seluruh dunia setiap tahunnya meninggal dalam kecelakaan lalu lintas. Menurut data World Health Organization (WHO) yang terkumpul pada tahun 2019, kecelakaan lalu lintas merupakan penyebab kematian tertinggi ke sepuluh di negara dengan penghasilan menengah ke bawah maupun menengah ke atas. Di Indonesia sendiri, berdasarkan data milik Badan Pusat Statistik, jumlah kecelakaan pada tahun 2013 terdiri lebih dari 100.000 kasus dengan jumlah kematian yang tercatat terdapat lebih dari 25.000 orang. Selain itu, World Health Organization (WHO) menyatakan bahwa jumlah kematian akibat kecelakaan di Indonesia pada tahun 2018 adalah sebanyak 41.862 kematian atau sebesar 2,46 persen dari seluruh angka kematian. Jika dihitung berdasarkan kemungkinan hilangnya pendapatan korban kecelakaan, potensi kerugian sosial ekonomi yang dialami mencapai lebih dari Rp 200 miliar per tahun (Badan Pusat Statistik, 2016).

Tiga prevalensi kecelakaan lalu lintas dapat dilihat untuk melakukan analisis yang berkaitan dengan kecelakaan lalu lintas dengan lebih baik. Ketiga faktor tersebut adalah faktor fisik lingkungan jalan, faktor kendaraan, dan faktor manusia (Ulleberg & Rundmo, 2003; Shope, 2006). Kondisi jalan yang buruk, seperti jalan rusak, jalan bergelombang, belokan tajam, rambu lalu lintas, marka jalan, dan lain-lain merupakan beberapa contoh yang termasuk ke dalam faktor lingkungan fisik jalan. Adapun ban yang pecah di jalan, lampu tidak menyala, dan lain-lain, termasuk ke dalam faktor kendaraan. Faktor-faktor di atas diklasifikasikan sebagai faktor eksternal penyebab kecelakaan, sedangkan faktor manusia diklasifikasikan sebagai faktor internal penyebab kecelakaan karena faktor tersebut berasal dari dalam diri pengemudi dan mempengaruhi perilaku mengemudi, seperti kemampuan mengemudi, kepribadian, sikap, dan tingkat kelelahan (Ulleberg & Rundmo, 2003; Shope, 2006).

Selain itu, dari faktor-faktor yang sudah disebutkan sebelumnya, seringkali faktor manusia ditetapkan sebagai penyebab utama kecelakaan. Kelalaian manusia menyebabkan sekitar 90 persen kecelakaan (Hole, 2007; Shinar, 1978; Ulleberg & Rundmo, 2003; Yilmaz

& Celik, 2004). Pada tahun 2017, 61% penyebab kecelakaan lalu lintas, menurut Kepolisian Negara Republik Indonesia, disebabkan faktor manusia yang berkaitan dengan keterampilan dan karakter pengemudi, sedangkan 30% kecelakaan terjadi karena faktor infrastruktur dan lingkungan, serta 9% sisanya terjadi karena faktor kendaraan yang berhubungan dengan pemenuhan persyaratan uji teknis kelayakan jalan.

Faktor manusia yang dominan menyebabkan kecelakaan adalah kelelahan dan kantuk. Secara umum, kelelahan dan kantuk menyebabkan 20% dari total semua kecelakaan lalu lintas (Zhang et al., 2013). Berdasarkan penelitian sebelumnya, faktor terkait tidur (time of day dan homeostatis) dan faktor terkait pekerjaan (durasi kerja, waktu istirahat dan karakteristik kerja) memiliki dampak yang lebih besar terhadap kelelahan (Williamson et al., 2011; May dan Baldwin, 2009). Williamson dkk. (2011) menemukan bahwa terdapat keterkaitan erat antara kelelahan dengan risiko keselamatan. Kedekatan hubungan ini bermula dari fakta bahwa kelelahan dapat mengganggu efisiensi, mengabaikan informasi, mengurangi tanggung jawab atau kemampuan untuk mengevaluasi situasi, menyebabkan keputusan yang salah yang dapat menyebabkan kecelakaan lalu lintas. Faktor internal pengemudi merupakan salah satu faktor penyebab kantuk antara lain usia, jenis kelamin, ras, kesehatan fisik dan mental, pola makan dan IMT, motivasi, personal chronotype (Di Milia et al., 2011; Cazzoli et al., 2014)

Sinyal EEG dianggap sebagai standar emas untuk mengukur kelelahan, indeks kelelahan adalah indikator di mana kekuatan gelombang alfa (α) dan theta (θ) meningkat dan kekuatan gelombang beta (β) menurun dalam keadaan mengantuk (Liu et al., 2010; Lal dan Craig, 2001; Jap et al., 2011). Dalam studi yang ada, banyak pendapat tentang pola sinyal EEG yang menjadi indikator kelelahan dan tidur. Menurut sebuah studi oleh Jagannath & Balasubramanian (2014), gelombang alpha (α) dan theta (θ) meningkat dengan durasi lari dan gelombang beta (β) menurun secara signifikan. Selain itu, tingkat kantuk pengemudi juga dapat diamati melalui tingkat BMI dan juga chronotype. BMI dapat didefinisikan sebagai salah satu teknik diagnostik yang paling sering digunakan untuk menentukan apakah

seseorang kurus, berat badan normal, kelebihan berat badan, obesitas, atau obesitas berat, seperti yang dipelajari pada sebuah studi oleh Messiah (2013). Sedangkan Taillard et al. (2021) menyatakan bahwa *chronotype* adalah gangguan pada ritme sirkadian yang dapat memengaruhi kinerja kognitif seperti tingkat kewaspadaan dan keterampilan eksekutif tingkat tinggi yang dapat menghambat reaksi serta pengambilan keputusan. Dalam hal ini, tentunya dapat mengganggu pengemudi untuk mengambil keputusan saat mengemudi jika pengemudi memiliki ritme sirkadian yang terganggu atau berubah. Akan tetapi, ketepatan dari tiap studi ini belum dibahas secara detail, sehingga berdasarkan hasil penelitian di atas, penelitian tentang pengaruh BMI dan *chronotype* terhadap kantuk pengemudi masih kurang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh BMI dan *chronotype* terhadap kantuk pengemudi.

Metodologi

Partisipan Penelitian

Penelitian dilaksanakan untuk mengevaluasi pengaruh kantuk dan kelelahan terhadap *chronotype* dan BMI partisipan saat menjalani simulasi mengemudi.

Kantuk disebut sebagai gejala kelelahan yang dipengaruhi oleh waktu dan homeostatis dalam tubuh (Johns, 1998; Johns, 2000). Williamson et al. (2011) menyatakan bahwa kelelahan adalah konstruk yang terkait dengan kantuk, kelelahan mental, tubuh, dan otot, dan tergantung pada penyebabnya. Lal & Craig (2001) mengatakan bahwa kelelahan adalah keadaan antara terjaga dan mengantuk. Johns (2000) mengklaim bahwa kelelahan berkembang karena penurunan kondisi fisik dan mental setelah beraktivitas, dan dapat menyebabkan durasi tidur yang lebih pendek, gangguan tidur, dan gangguan pada siklus tubuh. Waktu yang dipengaruhi oleh ritme sirkadian dan faktor homeostatis dapat disimpulkan sebagai faktor yang berkontribusi pada rasa kantuk (Williamson et al., 2011).

Chronotype dapat dimengerti sebagai sebuah kondisi dimana seseorang berada dalam tingkat paling waspada dan aktif yang merupakan manifestasi perilaku dari ritme sirkadian (Höller et al., 2021). Menurut studi Wang et al. (2022), *chronotype* dikaitkan dalam penelitian observasional tradisional dengan

sejumlah penyakit dan kondisi, termasuk gangguan fungsi kognitif. Gangguan pada ritme sirkadian juga dapat memengaruhi kinerja kognitif seperti kewaspadaan, perhatian, ingatan, dan keterampilan eksekutif tingkat tinggi seperti penghambatan reaksi serta pengambilan keputusan (Taillard et al., 2021). Studi Cazzoli et al. (2014) menemukan bahwa *chronotype* dari peserta berpengaruh signifikan terhadap parameter durasi fiksasi. Selain itu, *chronotype* juga dipengaruhi oleh variabel genetik dan terkait penuaan dimana seiring bertambahnya usia, taraf *chronotype* seseorang akan menjadi lebih cepat (Taillard et al., 2021).

Disamping itu, BMI partisipan juga akan dievaluasi sebagai salah satu variabel yang dapat memengaruhi kantuk dan kelelahan pengemudi. BMI (Body Mass Index) dapat diukur dengan membagi berat badan seseorang dengan tinggi badannya, digunakan untuk mengukur adipositas berdasarkan tinggi badan (Messiah, 2013). Studi terkait BMI menunjukkan bahwa obesitas memiliki hubungan dengan disfungsi di sirkuit dopaminergik yang memengaruhi sensitivitas hadiah dan kontrol kognitif, serta tingkat reseptor dopamin D2 striatal dan BMI memiliki hubungan yang merugikan pada orang yang kelebihan berat badan (Sellaro et al., 2017; Haltia et al., 2007). Oleh karena itu, DA yang harusnya berfungsi secara signifikan berkontribusi terhadap efektivitas regulasi kognitif.

Terdapat 14 orang mahasiswa yang menjadi partisipan dalam penelitian. Pemilihan partisipan dipilih secara acak, dan mereka telah mengisi serta menyetujui *consent form* yang diberikan oleh peneliti. Lokasi pengambilan data dilakukan di Laboratorium Ergonomics Centre, Departemen Teknik Industri, Universitas Indonesia. Dalam penelitian ini, partisipan diminta untuk tidur kurang dari 5 jam serta tanpa mengonsumsi kafein atau obat-obatan. Durasi total dari pengambilan data untuk setiap responden kurang lebih berjalan selama 75 menit. Terdapat 3 kegiatan utama dalam pengambilan data, yaitu durasi 5 menit untuk responden melakukan kegiatan pengisian data diri, pengukuran berat badan, dan tekanan darah, 10 menit melakukan briefing terkait eksperimen serta pemasangan EEG, dan 60 menit untuk melakukan pengambilan data.

Untuk memicu terjadinya kantuk, partisipan diminta untuk tidur kurang dari 5 jam di malam sebelum melakukan penelitian. Kondisi dan juga durasi tidur partisipan akan diukur menggunakan Fitbit Inspire 2, yang merupakan smartwatch yang akan digunakan partisipan 24 jam sebelum eksperimen. Disamping itu, penelitian ini dilaksanakan pada pukul 13.00-15.00 siang hari, dan partisipan diberikan makan siang oleh peneliti sebelum mulai sesi eksperimen. Menurut studi Russo et al. (2003), pengemudi yang tidur di bawah 7 jam akan mengalami penurunan fisiologi dan kinerja. Selain itu, sebagian besar studi yang meneliti mengenai kelelahan dan kantuk mengambil level durasi tidur 8 dan 4 jam, yang mewakili kondisi tidur cukup dan kondisi kurang tidur parsial (partial sleep deprivation) (Akerstedt et al., 2010; Abe et al., 2011). Namun, temuan terbaru dari tinjauan literatur komprehensif menunjukkan bahwa pengemudi atau pekerja akan mengalami gangguan performa jika jumlah tidur di bawah 5 jam pada 24 jam sebelumnya (Dawson et al., 2021). Pada penelitian ini, variabel independennya adalah tipe *chronotype* dan BMI dari partisipan, sedangkan variabel dependen pada penelitian ini adalah kantuk yang terjadi, yang diukur dari beberapa parameter sinyal EEG (nilai power alpha, beta, theta) serta kuesioner KSS.

Tabel 1. Alur pengambilan data

5 Menit	10 Menit	60 Menit	Total Waktu
Pengisian Data Diri (termasuk <i>chronotype</i>), Pengukuran Berat Badan, dan Tekanan Darah	Briefing terkait eksperimen dan Pemasangan EEG	Pengambilan data	75 Menit

Perangkat Penelitian dan Metode Analisis

Electroencephalography, atau EEG digunakan pada penelitian ini untuk pengumpulan data. EEG memerlukan data yang dikumpulkan secara objektif untuk merekam aktivitas otak partisipan selama waktu pengambilan data. EEG yang digunakan pada penelitian ini adalah Emotiv Insight dengan 5 titik elektroda yaitu pada channel T7, T8, Pz, AF3 dan AF4. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini hanya terfokus pada channel AF3 dan AF4 lobus frontal karena wilayah lobus frontal dirancang khusus untuk menunjukkan

kesiagaan dan kewaspadaan manusia, yang konsisten dengan pengukuran kantuk partisipan saat mengemudi. Jenis EEG ini memiliki sampling rate sebanyak 128 sampel per detik per channel, yang berarti telah diambil 128 sampel data setiap detiknya. EEG ini juga dilengkapi dengan Sensor Tips sebagai titik indikator pengambilan sinyal dan Primer Fluid berupa Glycine/Saline Mix untuk menjaga sensor agar tidak kering. Data yang terekam dari EEG ditampilkan dalam bentuk grafik dengan bantuan aplikasi Emotiv Pro.



Gambar 1. EEG emotiv insight dan perangkatnya

Setelah data dikumpulkan, data diolah menggunakan software MATLAB R2019a untuk menghitung kekuatan gelombang alfa, beta, dan theta yang merepresentasikan kelelahan partisipan.

Agar partisipan dapat merasakan pengalaman mengemudikan kendaraan dalam lingkungan virtual yang terkontrol, penelitian ini menggunakan Logitech Steering Wheel G27 yang terhubung dengan layar sebagai simulator berkendara. Roda kemudi Logitech G27 terdiri dari roda kemudi, pedal gas dan rem, serta tombol untuk menyalakan lampu, menyalakan mesin, dan mengencangkan sabuk pengaman.



Gambar 2. Tampilan driving simulator

Metode analisis pada penelitian ini menggunakan uji signifikansi dengan one way ANOVA untuk menguji perbedaan power alpha, beta, dan theta serta nilai KSS terhadap perbedaan tipe chronotype dan BMI dari partisipan. Disamping itu, Pearson correlation digunakan sebagai metode untuk melihat korelasi antar variabel pada sinyal EEG dan kuesioner KSS.

Selain itu, terdapat kuesioner subjektif yang harus diisi oleh partisipan, yaitu Skala Kantuk Karolinska (KSS). Skala Kantuk Karolinska (KSS) adalah skala peringkat sembilan poin yang menilai tingkat kantuk subjektif berdasarkan keadaan psikofisik orang tersebut.

Tabel 2. Skala Ordinal pada kuesioner Karolinska Sleepiness Scale (KSS)

Level	Indikator
1	Waspada penuh
2	Sangat waspada
3	Waspada
4	Cukup waspada
5	Tidak waspada dan tidak mengantuk
6	Menunjukkan Pertanda Mengantuk
7	Mengantuk, namun tidak menunjukkan usaha agar tetap waspada
8	Mengantuk, namun berupaya untuk tetap waspada
9	Sangat mengantuk, sangat berupaya untuk tetap waspada

Hasil dan Pembahasan

Chronotype

Partisipan yang terlibat dalam penelitian ini dikategorikan menjadi 3 kategori *chronotype*, yaitu *moderate evening* (MEQ 31-41), *indifferent* (MEQ 42-58), dan *moderate morning* (MEQ 59-69). Pengujian signifikansi dengan one-way ANOVA dan analisis korelasi dengan Pearson correlation dilakukan pada variable dependen power Alpha, Beta, Theta, dan KSS. Hasil pengujian menggunakan one way ANOVA dapat dilihat pada Tabel 3.

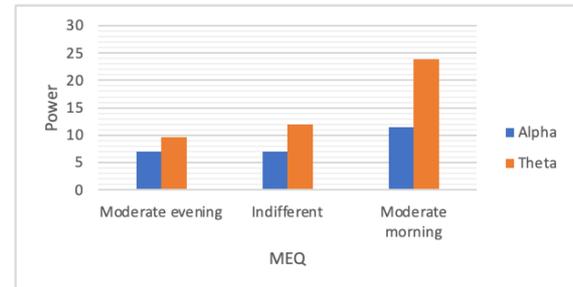
Tabel 3. Hasil one-way ANOVA (chronotype)

Variabel dependen	F-value
α	7.496**
β	1.905
θ	5.808**
KSS	0.011

** $p < 0.010$; * $p < 0.050$

Hasil ini menunjukkan pengujian menggunakan one way ANOVA menunjukkan hasil bahwa terdapat perbedaan *chronotype*

yang signifikan, yang dilihat dari nilai power Alpha dan Theta. Gambar 3 menunjukkan adanya power Alpha dan Theta yang lebih tinggi pada tipe *moderate morning*, dibandingkan dua tipe lainnya.



Gambar 3. Tren power Alpha dan Theta pada *Chronotype*

Selain itu, uji korelasi juga dilakukan untuk melihat hubungan antara *chronotype* dan variable dependen. Hasil korelasi sejalan dengan uji signifikansi, dimana power Alpha dan Theta berkorelasi positif terhadap *chronotype* dari partisipan (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil uji korelasi variabel dependen terhadap *chronotype*

Variabel dependen	r	p -value
α	0.419	0.027*
β	0.170	0.386
θ	0.439	0.020*
KSS	0.014	0.940

** $p < 0.010$; * $p < 0.050$

Hasil pada *chronotype* menunjukkan bahwa tipe *moderate morning* memiliki tingkat kantuk yang lebih tinggi daripada tipe *moderate evening* dan *indifferent*. Dalam penelitian Alvaro et al. (2018), juga ditemukan bahwa partisipan dengan *chronotype* rata-rata memiliki kecenderungan untuk berhenti mengemudi karena kantuk dan mengalami kecelakaan lebih banyak terjadi daripada tipe *moderate evening*. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh pemilihan waktu penelitian yaitu pukul 13.00-15.00. Pada waktu ini, partisipan dengan tipe *moderate morning* cenderung merasakan kantuk yang lebih dibandingkan dua tipe lainnya. Waktu pengambilan data terkait erat dengan ritme sirkadian, yang merupakan salah satu faktor penyebab kantuk (Williamson et al., 2011). Selain itu, hasil ini juga didukung oleh penemuan dari studi Ge et al. (2020), yaitu adanya pengaruh *chronotype* dengan *visual-*

spatial working memory dan perilaku mengemudi. Pengemudi dengan tipe *moderate evening* memiliki *visual-spatial working memory* pada malam hari yang mempengaruhi performa mengemudi driver dibandingkan dengan tipe *moderate morning* pada pagi hari. (Ge et al., 2020).

Body Mass Index (BMI)

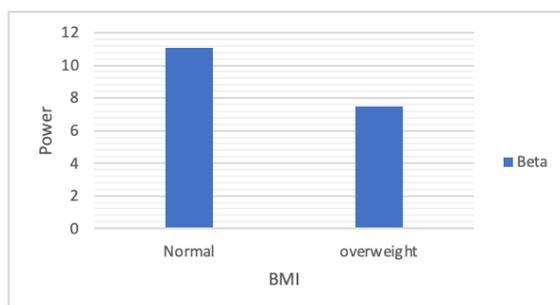
Partisipan yang terlibat dalam penelitian ini dikategorikan menjadi 2 kategori BMI, yaitu BMI normal (18.5-22.9) dan *overweight* (23-24.9). BMI yang digunakan dalam penelitian ini adalah BMI *cutoff* baru sesuai dengan klasifikasi WHO Asian-BMI (Girdhar et al., 2016). Pengujian signifikansi dengan one-way ANOVA dan analisis korelasi dengan Pearson correlation dilakukan pada variabel dependen power Alpha, Beta, Theta, dan KSS. Hasil pengujian one way ANOVA dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil one-way ANOVA (chronotype)

Variabel dependen	F-value
α	0.003
β	5.077*
θ	0.029
KSS	0.099

** $p < 0.010$; * $p < 0.050$

Dari tabel 5, hasil uji signifikansi menunjukkan bahwa terlihat perbedaan yang signifikan pada 2 tipe BMI partisipan, yang terlihat pada power Beta. Gambar 4 menunjukkan adanya power Beta yang lebih kecil pada tipe BMI *overweight*, dibandingkan dengan BMI normal.



Gambar 4. Tren power Beta pada BMI

Selain itu, uji korelasi juga dilakukan untuk melihat hubungan antara BMI dan variabel dependen. Hasil korelasi sejalan dengan uji signifikansi, dimana power Alpha, Beta, dan Theta berkorelasi negatif terhadap BMI dari partisipan (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil uji korelasi variabel dependen terhadap BMI

Variabel dependen	r	p-value
α	-0.415	0.028*
β	-0.487	0.009**
θ	-0.466	0.013*
KSS	-0.055	0.782

** $p < 0.010$; * $p < 0.050$

Penurunan power beta yang signifikan menunjukkan bahwa BMI dapat mempengaruhi tingkat kantuk seseorang yang mana partisipan *overweight* memiliki tingkat kantuk yang lebih tinggi daripada partisipan dengan BMI normal. Temuan ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa BMI yang lebih tinggi meningkatkan risiko sleep apnea yang mempengaruhi kualitas tidur dan kelelahan di siang hari yang mana pengemudi dengan sleep apnea berisiko lebih besar untuk mengalami kantuk (Hiestand et al., 2006; Mills et al., 2008; Arita et al., 2015). Selain itu, berdasarkan penelitian studi Genuardi et al. (2018), hubungan antara BMI dan rasa kantuk saat mengemudi juga dapat dijelaskan oleh keadaan inflamasi umum yang terkait dengan obesitas. Hal ini dapat menyebabkan kantuk yang berlebihan pada siang hari.

Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan sinyal beta dan BMI pengemudi memiliki hubungan negatif, yaitu pengemudi dengan BMI tinggi lebih cenderung mengantuk dibandingkan dengan BMI rendah. Hasil tersebut juga diperkuat dengan korelasi negatif pada power Alpha, Beta, dan Theta terhadap BMI pengemudi. Pada *chronotype*, tipe *moderate morning* menunjukkan power Alpha dan Theta yang lebih tinggi dibandingkan tipe *chronotype* lainnya, dikarenakan faktor ritme sirkadian.

Hasil penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui lebih lanjut efek dari faktor individual yaitu BMI dan *chronotype* terhadap tingkat kantuk selama mengemudi. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi internal pengemudi mempengaruhi performa mengemudi dan tingkat kantuk. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan deteksi kantuk secara *real-time*

untuk mengurangi risiko kecelakaan di jalan raya.

Melalui penelitian ini, pengemudi kendaraan diharapkan dapat memiliki wawasan yang lebih baik mengenai kondisi kantuk mereka ketika berkendara. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan menjadi masukan bagi *stakeholder* terkait dalam membuat regulasi tentang mengemudi, sehingga tingkat kecelakaan yang terjadi di Indonesia dapat berkurang.

Daftar Pustaka

- Abe, T., Nonomura, T., Komada, Y., Asaoka, S., Sasai, T., Ueno, A., and Inoue, Y. (2011). Detecting deteriorated vigilance using percentage of eyelid closure time during behavioral maintenance of wakefulness tests. *International Journal of Psychophysiology*, 82, 269–274.
- Alvaro, P. K., Burnett, N. M., Kennedy, G. A., Xun Min, W. Y., Marcus MccMahon, Maree Barnes, Melinda Jackson, & Howard, M. E. (2018) : Driver education: Enhancing knowledge of sleep, fatigue and risky behaviour to improve decision making in young drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 112, pp.77-83. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.12.017>
- Akerstedt, T., Ingre, M., Kecklund, G., Anund, A., Sandberg, D., Wahde, M., Phillip, P., Kronberg, P. (2010) : Reaction to sleepiness indicator to partial sleep deprivation, time of day, and time of task in a driving simulator - the DROWSI project. *Journal of Sleep Research*, 19,298-309
- Arita, A., Sasanabe, R., Hasegawa, R., Nomura, A., Hori, R., Mano, M., Konishi, N., & Shiomi, T. (2015). Risk factors for automobile accidents caused by falling asleep while driving in obstructive sleep apnea syndrome - sleep and breathing. *Sleep Breath*, 19, pp. 1229-1234. <https://doi.org/10.1007/s11325-015-1145-7>
- Badan Pusat Statistik Indonesia, Jumlah kecelakaan, korban mati, luka berat, luka ringan, dan kerugian materi yang diderita tahun 1992-2013. <http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/141>, diunduh pada 3 Maret 2016
- Cazzoli, D., Antoniades, C. A., Kennard, C., Nyffeler, T... Bassetti, C. L.. dan Muri, R. M. (2014) : Eye Movements Discriminate Fatigue Due to Chronotypical Factors and Time Spent on Task - A Double Dissociation. *PLoS ONE*,9, 1, e87146
- Dawson, D., Sprajeer, M., dan Thomas, M. (2021). How much sleep do you need? A comprehensive review of fatigue related impairment and the capacity to work or drive safely. *Accident Analysis and Prevention*, 151, 105955
- Di Milia, L., Smolensky, M. H., Costa, G., Howarth, H. D., Ohayon, M. M., and Philip, P. (2011), Demographic factors, fatigue, and driving accidents: An examination of the published literature. *Accident Analysis and Prevention*, 43, pp. 516-532
- Ge, Y., Sheng, B., Qu, W., Xiong, Y., Sun, X., & Zhang, K. (2019). Differences in visual-spatial working memory and driving behavior between morning-type and evening-type drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105402>
- Genuardi, M. V., Althouse, A. D., Sharbaugh, M. S., Ogilvie, R. P., & Patel, S. R. (2018). Exploring the mechanisms of the racial disparity in Drowsy Driving. *Sleep Health*, 4, pp. 331-338. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2018.04.003>
- Girdhar, S., Sharma, S., Chaudary, A., Bansal, P., Satija, M. (2016). An Epidemiological Study of Overweight and Obesity Among Women in an Urban Area of North India. *Indian Journal of Community Medicine*, 41(2), pp. 154-157
- Haltia, L. T., Rinne, J. O., Merisaari, H., Maguire, R. P., Savontaus, E., Helin, S., et al. (2007). Effects of intravenous glucose on dopaminergic function in the human brain in vivo. *Synapse*, 61, 748-756.
- Hiestand, D.M., Britz, P., Goldman, M., Phillips, B., 2006. Prevalence of symptoms and risk of sleep apnea in the US population: results from the national sleep foundation sleep in America 2005 poll. *Chest* 130, 780-786
- Hole, A. R. (2007). Fitting mixed logit models by using maximum simulated likelihood. *The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata*, 7(3), 388–401. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/1536867x0700700306>
- Jagannath, M, Balasubramanian, V. (2014). Assessment of early onset of driver fatigue using multimodal fatigue measures in a static simulator. *Applied Ergonomics*, 45, 1140-1147

- Jap, B.D., Lal, S., Fischer, P. (2011). Comparing Combinations of EEG activity in train drivers during monotonous driving. *Expert System with Applications*, 38, 996-1003
- Johns, M. W. (1998) : Rethinking the assessment of sleepiness. *Sleep Medicine Reviews*, 2.3-15
- Johns, M. W. (2000) : A sleep physiologist's view of the drowsy driver. *Transportation Research Part F*, 3,241-249
- Lal, S.K., dan Craig, A., (2001). A critical review of psychophysiology of driver's fatigue, *Biological Physiology*, 55, 173-194
- Liu, J., Zhang, C., Zheng, C. (2010). EEG-based estimation of mental fatigue by using KPCA-HMM and complexity parameters. *Biomedical Signal Processing and Control*, 5, 124-130
- May, J., Baldwin, C. L. (2009). Driver fatigue: The importance of identifying causal factors of fatigue when considering detection and countermeasure technologies. *Transportation Research Part F*, 12, 218-224
- Messiah, S. (2013). Body Mass Index. In: Gellman, M.D., Turner, J.R. (eds) *Encyclopedia of Behavioral Medicine*. Springer, New York, NY.
- Mills, P.J., Kim, J.H., Bardwell, W., Hong, S., Dimsdale, J.E., 2008. Predictors of fatigue in obstructive sleep apnea. *Sleep Breath*. 12, 397-399
- Russo, M., Thomas, M., Thorne, D., Sing, H., Redmond, D., Rowland, L., Johnson, D., Hall, S., Krichmar, J., dan Balkin, T. (2003) : Oculomotor impairment during chronic partial sleep deprivation. *Clinical Neurophysiology*, 114, 723-736
- Sellaro, R., S. Colzato, L. (2017). High body mass index is associated with impaired cognitive control. *Appetite*, 113, pp. 301-309.
- Shope, J. T. (2006). Influences on youthful driving behavior and their potential for guiding interventions to reduce crashes. *Injury Prevention*, 12(suppl_1), i9-i14. <https://doi.org/10.1136/ip.2006.011874>
- Taillard, J., Sagaspe, P., Phillip, P., & Bioulac, S. (2021). Sleep timing, chronotype and Social Jetlag: Impact on cognitive abilities and psychiatric disorders. *Biochemical Pharmacology*, 191, 114438
- Ulleberg P. Rundmo T. (2003), Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers. *Safety Science*, 41(5), pp. 427-43. Available from: doi:10.1016/0925-7535(0100077-7
- Wang, J., Li, Y. R., Jiang, C. Q., Zhu, T., Zhu, F., Jin, Y. L., Lam, T. H., Cheng, K. K., & Xu, L. (2022). eClinicalMedicine. *Chronotype and cognitive function: Observational study and bidirectional Mendelian randomization*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101713>
- Williamson A., Lombardi D.A., Folkard S., Stutts J., Courtney T.K., Connor J.L. (2011). The link between fatigue and safety. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 498-515
- Yilmaz, V., & Celik, H. E. (2004). A model for risky driving attitudes in Turkey. *Social Behavior and Personality: an International Journal*, 32(8), 791-796. <https://doi.org/10.2224/sbp.2004.32.8.791>
- Zhang, G., Yau, K., Chen, G. (2013). Risk factors associated with traffic violations and accident severity in China. *Accident Analysis and Prevention*, 59, 18-25

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang didanai oleh Hibah PUTI Q2 tahun 2022 oleh DRPM Universitas Indonesia (No kontrak: No. NKB-697/UN2.RST/HKP.05.00/2022)