



## **Kajian Indikator *Eye Tracking* untuk Deteksi Kewaspadaan pada Pekerjaan Inspeksi dengan Batasan Durasi Tidur dan Perbedaan Jenis Kelamin**

**Daniel Siswanto<sup>1</sup>, Adriana Jennifer Sugiharta<sup>2</sup>, Thedy Yogasara<sup>3</sup>, Yansen Theopilus<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Katolik Parahyangan  
Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141

Email: [daniels@unpar.ac.id](mailto:daniels@unpar.ac.id), [adrianajennifersugiharta@gmail.com](mailto:adrianajennifersugiharta@gmail.com), [thedy@unpar.ac.id](mailto:thedy@unpar.ac.id)

### **Abstract**

*Eye tracking (ET) has been widely used to detect ocular changes that are also correlated with fatigue. However, whether there is an ET indicator capable of detecting fatigue closely related to vigilance decrement is unknown. This study aims to determine which ET indicators are sensitive in detecting changes in vigilance due to sleep restriction (4 and 8 hours) in different gender. Fifty-six participants (28 men, 21.32 ± 1.16 years and 28 women, 21.5 ± 1.2 years) were involved in this study. Using an eye tracker device, participants were asked to simulate inspecting defects (dirt, scratches, missing parts, and poor assembly) at 50 flashlights. In addition, vigilance assessment was carried out with the Psychomotor Vigilance Task (PVT) and the Karolinska Sleepiness Scale (KSS). The results of ANOVA showed that sleep restriction affected the mean RT ( $p$ -value = 0.001), minor lapse ( $p$ -value = 0.036), mean 1/RT ( $p$ -value = 0.001), saccadic velocity ( $p$ -value = 0.001), and KSS ( $p$ -value = <0.001). Gender influenced the mean 1/RT ( $p$ -value = 0.016), pupil diameter ( $p$ -value = 0.022), and saccadic velocity ( $p$ -value = 0.030). The Pearson correlation test shows a weak relationship between the ET and PVT indicators. However, saccadic velocity has the potential to be able to detect changes in vigilance because it is influenced by sleep restriction. Further research is still needed to confirm these results because the correlation between saccade velocity and PVT indicators in this study still needs to show a stronger relationship to become a vigilance indicator.*

**Keywords:** *Eye Tracking, ocular, sleep restriction, saccadic velocity, vigilance*

### **Abstrak**

*Eye tracking (ET) sudah banyak digunakan untuk mendeteksi perubahan okular yang juga berkorelasi dengan kelelahan. Namun, sejauh ini belum diketahui apakah terdapat indikator ET yang mampu mendeteksi kelelahan yang berkaitan erat dengan penurunan kewaspadaan. Penelitian ini bertujuan menentukan indikator ET yang sensitif mendeteksi perubahan kewaspadaan akibat batasan durasi tidur (4 dan 8 jam) pada perbedaan jenis kelamin. Sebanyak 56 partisipan (28 pria, 21,32 ± 1,16 tahun dan 28 wanita, 21,5 ± 1,2 tahun) dilibatkan pada penelitian ini. Partisipan diminta melakukan simulasi inspeksi cacat (*dirt, scratch, missing part, dan poor assembly*) pada 50 senter sambil menggunakan *eye tracker*. Selain itu juga dilakukan pengujian kewaspadaan dengan Psychomotor Vigilance Task (PVT) dan Karolinska Sleepiness Scale (KSS). Hasil ANOVA menunjukkan durasi tidur memengaruhi *mean RT, minor lapse, mean 1/RT, kecepatan sakadik, dan KSS*. Sebaliknya, jenis kelamin memengaruhi *mean 1/RT, diameter pupil, dan kecepatan sakadik*. Selain itu, uji korelasi Pearson menunjukkan hubungan yang lemah antara indikator ET dan PVT. Meski demikian, kecepatan sakadik berpotensi mampu mendeteksi perubahan kewaspadaan karena dipengaruhi durasi tidur yang sangat terkait dengan kewaspadaan. Namun masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan hasil ini karena pada penelitian ini korelasi kecepatan sakadik dan indikator PVT masih menunjukkan hubungan yang lemah.*

**Kata kunci:** *batasan durasi tidur, Eye Tracking, kewaspadaan, kecepatan sakadik, okular*

## Pendahuluan

Menurut Shahraki (2011), terdapat 7% hingga 45% pekerja yang mengalami kelelahan di industri. Pekerja yang merasa kelelahan berpotensi untuk membahayakan diri sendiri dan orang lain, selain itu kecelakaan kerja fatal biasanya ditemui di antara pekerja yang merasa kelelahan (Sadeghniaat-Haghighi & Yazdi, 2015). Kelelahan didefinisikan sebagai dorongan biologis untuk memulihkan kondisi (Williamson et al., 2011) atau kantuk yang dihasilkan dari proses neurobiologis yang mengatur tidur dan irama sirkadian (Dawson et al., 2014). Timbulnya kelelahan dapat disebabkan oleh aktivitas mental dan/atau fisik pada periode waktu tertentu (Brown, 1994; Steege & Nussbaum, 2013).

Faktor utama penyebab kelelahan adalah tidur (*sleep related factors*) dan karakteristik pekerjaan (*task related factors*) (May & Baldwin, 2009; Williamson et al., 2011; Dawson et al., 2014). Perubahan irama sirkadian, kekurangan tidur (*sleep deprivation*), dan gangguan tidur (*sleep disorder*) merupakan faktor penyebab yang terkait tidur (May & Baldwin, 2009; Williamson et al., 2011; Dawson et al., 2014). Beban kerja, monotonitas, sistem kerja *shift*, dan durasi kerja panjang merupakan beberapa faktor yang terkait dengan karakteristik pekerjaan yang dapat menimbulkan kelelahan (May & Baldwin, 2009; Williamson et al., 2011; Dunn & Williamson, 2012; Soccolich et al., 2013; Steege & Nussbaum, 2013). Selain faktor eksternal, faktor demografi seperti jenis kelamin juga memiliki hubungan dengan kelelahan (Di Milia et al., 2011). Menurut Lauderdale et al. (2006), durasi tidur pria lebih singkat dibandingkan wanita sehingga memengaruhi tingkat kantuk yang menjadi satu manifestasi kelelahan.

Satu aspek kognitif yang sangat dipengaruhi kelelahan adalah kewaspadaan atau *vigilance* (Thiffault & Bergeron, 2003; Chua et al., 2012). Penurunan tingkat kewaspadaan akibat kelelahan menyebabkan respon yang lebih lambat sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan (*human error*) saat bekerja (Desai & Haque, 2006; Tyagi et al., 2009; Chua et al., 2012). Kewaspadaan mengacu pada kemampuan untuk tetap terjaga dan mempertahankan perhatian terhadap rangsangan (stimuli) yang muncul selama suatu

periode yang panjang (Davies & Parasuraman, 1982; Warm, 1984) atau kemampuan untuk mempertahankan kinerja yang konsisten dalam jangka waktu lebih lama (Rice & Liu, 2016). Kewaspadaan (*vigilance*) juga sering disamakan dengan perhatian berkelanjutan (*sustained attention*) yang mengacu pada proses mengendalikan perhatian agar tetap bertahan selama melakukan tugas dari waktu ke waktu (Oken et al., 2006; Tabai et al., 2017).

Kekurangan tidur yang menimbulkan kantuk tinggi (kelelahan) sehingga menurunkan kewaspadaan sering disebut sebagai faktor penyebab utama (Doran et al., 2001; Belenky et al., 2003; Mathis & Hess, 2009). Selain itu, karakteristik pekerjaan yang mudah, sederhana, dan berulang atau monoton juga rentan menimbulkan kebosanan yang dapat menurunkan kewaspadaan (Thiffault & Bergeron, 2003; Dunn & Williamson, 2012). Di lain pihak, beberapa aktivitas pekerjaan berulang sekarang ini membutuhkan kewaspadaan (*vigilance*) atau perhatian berkelanjutan untuk mencapai keberhasilan dalam pekerjaannya. Salah satu aktivitas pekerjaan berulang yang membutuhkan kewaspadaan adalah kegiatan pemeriksaan (inspeksi) kualitas dari suatu produk (Stollery, 2006). Operator inspeksi kualitas perlu memberikan perhatian yang berkelanjutan dalam melakukan tugasnya agar setiap produk yang dihasilkan dapat dijamin mutunya dan bebas dari cacat. Hal lain yang menarik terkait kewaspadaan adalah ternyata ada perbedaan kewaspadaan yang diukur dengan waktu reaksi antara pria dan wanita di berbagai rentang usia (Seidel & Joschko, 1991; Blatter et al., 2006; Venker et al., 2007; Beijamini et al., 2008).

Kewaspadaan dapat diukur dengan beberapa metode, dan salah satu pengukuran objektif adalah berbasis okular (pergerakan mata). Indikator okular berpotensi untuk mengukur perubahan kewaspadaan akibat kelelahan melalui pergerakan mata yang dapat diukur dengan mudah dan tidak berada di bawah kontrol sadar manusia sehingga menjadikannya pengukuran yang objektif dan tidak dapat dimanipulasi (Schleicher et al., 2008; Abe et al., 2011). Indikator okular dapat diukur berdasarkan kedipan (*blink*), gerak cepat mata (*saccade*), dan perubahan pupil (Schleicher et al., 2008; Abe et al., 2011). Satu metode pengukuran okular yang sering

digunakan adalah *eye tracking* (ET). Tingkat kewaspadaan seseorang diukur dengan sebuah alat yaitu *psychomotor vigilance task* (PVT). Menurut Killgore (2010), PVT merupakan alat ukur yang paling sering digunakan untuk penelitian yang berkaitan dengan tingkat kewaspadaan (*vigilance*) dan kekurangan tidur. PVT menjadi *gold standard* dalam pengukuran efek dari kekurangan tidur karena memiliki reliabilitas yang tinggi dan sensitif (Killgore, 2010). Menurut McClelland et al. (2010), tingkat kewaspadaan seseorang dapat diukur menggunakan pengukuran objektif dengan alat ukur okular.

*Eye tracking* (ET) merupakan metode pengukuran okular (pergerakan mata) berdasarkan lokasi, objek, dan durasi penglihatan subjek yang diukur (Baiausu & Dumitrescu, 2021). ET menghasilkan data yang objektif - dalam arti tidak didasarkan pada pendapat subjektif, persepsi, dan ingatan subjek yang rentan terhadap bias - melalui pergerakan mata untuk menilai perhatian, fokus, dan perilaku subjek (Tobii Pro, 2021). Menurut Bergstrom dan Schall (2014), ET membuat kesimpulan suatu studi menjadi lebih akurat, selain dapat juga memperlihatkan keunikan serta menghasilkan temuan yang berharga dan penting. Beberapa indikator okular yang diukur dengan ET adalah frekuensi kedipan (*blink frequency*), durasi kedipan (*blink duration*), dan kecepatan *saccade* (*saccade velocity*) (De Gennaro et al., 2000; Schleicher et al., 2008). Frekuensi kedipan merupakan indikator okular terbaik untuk mengukur tingkat kantuk (*drowsiness*) dan kekurangan tidur individu (Schleicher, et al., 2008). dalam kaitannya dengan kekurangan tidur, De Gennaro et al. (2000) menunjukkan adanya penurunan kecepatan *saccade* setelah subjek mengalami kekurangan tidur. Pada penelitian lain, Sargezeh et al. (2018) menyimpulkan adanya pengaruh jenis kelamin terhadap durasi fiksasi (*fixation duration*).

Meskipun indikator okular telah banyak diteliti dalam hubungannya dengan kekurangan tidur, kantuk, dan kelelahan, sejauh ini ET belum pernah digunakan sebagai metode pengukuran kewaspadaan yang sangat dipengaruhi oleh kondisi-kondisi tersebut. Padahal, penggunaan ET untuk mendeteksi perubahan kewaspadaan dapat menjadi satu metode yang tepat untuk melakukan pengawasan saat individu sedang bekerja.

Seharusnya, perubahan kewaspadaan dapat dideteksi melalui perubahan indikator okular yang direkam dengan ET. Namun, sejauh ini belum ada kajian yang menilai kinerja indikator ET untuk mengukur kewaspadaan serta indikator mana yang dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi penurunan kewaspadaan.

Penelitian ini bertujuan melakukan kajian penggunaan ET untuk mengukur kewaspadaan serta menentukan indikator ET yang berkorelasi erat dengan perubahan kewaspadaan. Konteks pekerjaan yang dilibatkan pada penelitian ini adalah pekerjaan inspeksi kualitas produk yang sering dilakukan di lantai produksi dan membutuhkan kewaspadaan (perhatian berkelanjutan) tinggi saat melakukannya. Pekerjaan inspeksi juga didominasi oleh pergerakan mata sehingga dapat dideteksi perubahan indikator okular. Penelitian ini menggunakan Tobii Pro Glasses 2 yang dapat dipakai saat melakukan inspeksi, tidak mengganggu pekerjaan, praktis, dan mudah dipakai karena bentuknya yang seperti kacamata (Tobii Pro, 2021).

### Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen terkontrol di laboratorium dengan *mixed design*, yaitu gabungan metode *within-subject design* dan *between-subject design* (Hastjarjo, 2014). Variabel bebas (faktor) *Time in Bed* (TIB) yang merepresentasikan durasi tidur menggunakan *within-subject design*, sedangkan variabel bebas jenis kelamin menggunakan *between-subject design*. Rancangan eksperimen dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Rancangan eksperimen

		<i>Time in Bed</i> (TIB)	
		8 jam (TIB8)	4 jam (TIB4)
<b>Jenis Kelamin</b>	<b>Pria (GM)</b>	P <sub>1</sub> ...P <sub>28</sub>	P <sub>1</sub> ...P <sub>28</sub>
	<b>Wanita (GF)</b>	W <sub>1</sub> ...W <sub>28</sub>	W <sub>1</sub> ...W <sub>28</sub>

Keterangan: P<sub>1</sub> = partisipan pria ke - 1, P<sub>2</sub> = partisipan pria ke - 2 dan seterusnya; W<sub>1</sub> = rpartisipasi wanita ke - 1, W<sub>2</sub> = partisipan wanita ke - 2 dan seterusnya.

Penentuan jumlah partisipan dilakukan dengan perhitungan *effect size* Cohen's d, dan

didapatkan partisipan sebanyak 28 pria ( $21,3 \pm 1,16$  tahun) dan 28 wanita ( $21,5 \pm 1,2$  tahun). Karena Tobii Pro Glasses 2 tidak dirancang untuk pengguna kacamata, maka partisipan tidak diperbolehkan memakai kacamata kecuali lensa kontak tidak berwarna (Tobii Pro, 2016). Partisipan yang dipilih berbadan sehat, tidak merokok, dan dilarang mengonsumsi obat, makanan, atau minuman mengandung kafein selama eksperimen. Pada malam sebelum eksperimen, partisipan diminta tidur selama 4 atau 8 jam (TIB) dan Fitbit Charge 2.0 dipasangkan di tangan partisipan selama tidur untuk mengukur durasi tidurnya. Eksperimen dilakukan di Laboratorium Analisis Perancangan Kerja & Ergonomi Universitas Katolik Parahyangan mulai pukul 08.00 WIB sampai 12.00 WIB untuk menghindari tingkat kantuk yang tinggi setelah pukul 12.00 WIB (Lerman, 2012). Selang waktu antar eksperimen ditetapkan selama tujuh hari untuk meminimasi risiko terbentuknya kurva belajar partisipan.

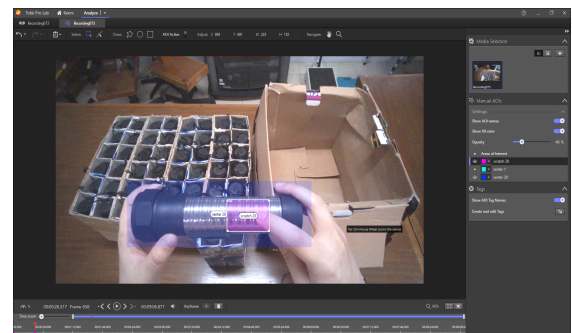
Sebelum melakukan inspeksi, partisipan melakukan uji kewaspadaan dengan Personal Computer-Psychomotor Vigilance Task 2.0 (PC-PVT 2.0) selama lima menit. Variabel tidak bebas yang didapatkan dari pengujian PVT adalah *mean* RT (milidetik), *mean* 1/RT (1/detik), dan *minor lapse* (%). Selanjutnya, partisipan melakukan simulasi inspeksi 50 senter sambil menggunakan Tobii Pro Glasses 2 dan diminta mendeteksi cacat (*dirt*, *scratch*, *missing part*, dan *poor assembly*). Saat melakukan inspeksi, partisipan ditanya tingkat kantuknya berdasarkan skala Karolinska Sleepiness Scale (KSS). Setelah selesai melakukan inspeksi, partisipan kembali melakukan uji kewaspadaan dengan PC-PVT 2.0 selama lima menit.

Perekaman data ET dilakukan dengan Tobii Pro Glasses 2 dan Tobii Pro Glasses Controller. Selanjutnya dilakukan penggambaran *Area of Interest* (AOI) pada Tobii Pro Lab (Gambar 1). Variabel tidak bebas yang didapatkan dari hasil perekaman data ET adalah durasi fiksasi (milidetik), diameter pupil (milimeter), jumlah sakadik, dan kecepatan sakadik (derajat/detik).

### Hasil

Untuk menentukan potensi indikator ET dalam mendeteksi kewaspadaan, perlu diuji apakah indikator-indikator ET dipengaruhi oleh

batasan durasi tidur yang menyebabkan kekurangan tidur sebagai faktor utama penurunan kewaspadaan. Selain itu, faktor jenis kelamin juga menarik untuk dilibatkan karena penelitian sebelumnya menyebut adanya perbedaan durasi fiksasi antara pria dan wanita (Sargezeh et al., 2018). Pengolahan data dilakukan dengan Two-way Mixed ANOVA dan Pearson Correlation. Digunakan Two-way Mixed ANOVA karena faktor batasan durasi tidur menggunakan within-subject design sedangkan jenis kelamin menggunakan between-subject design.



**Gambar 1.** Penggambaran *Area of Interest* (AOI) pada Tobii Pro Lab

Hasil uji asumsi normalitas dengan Kolmogorov-Smirnov menunjukkan bahwa semua indikator ET dan PVT berdistribusi normal ( $p\text{-value} > 0,050$ ). Sebaliknya, data KSS yang telah diubah dengan Methods of Successive Interval (MSI) justru tidak berdistribusi normal ( $p\text{-value} < 0,050$ ). Namun, beberapa penelitian menyebut uji F, yang menjadi dasar uji ANOVA, ternyata *robust* terhadap ketidaknormalan data sehingga uji ANOVA masih bisa dilakukan meski data tidak berdistribusi normal (Schmider et al., 2010; Blanca et al., 2017).

Hasil uji asumsi homogenitas dilakukan dengan Bartlett's Test untuk data indikator PVT dan ET yang berdistribusi normal. Untuk data KSS yang tidak berdistribusi normal digunakan Levene's Test. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan semua indikator PVT, ET, dan KSS memiliki variansi yang sama atau homogen ( $p\text{-value} > 0,050$ ).

### Pengaruh Batasan Durasi Tidur dan Jenis Kelamin terhadap Indikator PVT dan KSS

Two-way Mixed ANOVA digunakan untuk menguji pengaruh batasan durasi tidur (4 jam dan 8 jam) serta jenis kelamin (pria dan wanita)

terhadap indikator PVT dan KSS. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 hingga 4 dengan mengacu pada metode *Greenhouse-Geisser*, sedangkan metode *Huynh-Feldt* digunakan sebagai pembanding.

Hasil uji ANOVA (Tabel 2) menunjukkan batasan durasi tidur memengaruhi *mean RT* ( $p$ -value = 0,001). Namun, jenis kelamin dan interaksi antara kedua variabel bebas tidak memengaruhi *mean RT* ( $p$ -value > 0,050). Hasil serupa juga didapatkan untuk indikator *minor lapses* (Tabel 3). Hasil uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada *minor lapses* antara durasi tidur 4 jam dan 8 jam ( $p$ -value = 0,036) tapi tidak berbeda signifikan pada pria dan wanita ( $p$ -value = 0,628). Selain itu juga tidak didapati adanya interaksi antara batasan durasi tidur dan jenis kelamin terhadap *minor lapses* ( $p$ -value = 0,0502). Namun, jenis kelamin ternyata memengaruhi *mean 1/RT* ( $p$ -value = 0,016) seperti halnya batasan durasi tidur ( $p$ -value = 0,001). Sebaliknya, tidak ada interaksi signifikan antara batasan durasi tidur dan jenis kelamin ( $p$ -value = 0,303) seperti dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 2.** Hasil uji ANOVA untuk *mean RT*

<i>Within-Subjects</i>			
Source		F	Sig.
Durasi Tidur	<i>Greenhouse-Geisser</i>	12,293	0,001**
	<i>Huynh-Feldt</i>	12,293	0,001**
Durasi Tidur * Jenis Kelamin	<i>Greenhouse-Geisser</i>	2,68	0,107
	<i>Huynh-Feldt</i>	2,68	0,107
<i>Between-Subjects</i>			
Source		F	Sig.
Intercept		4369,015	< 0,001
Jenis Kelamin		1,918	0,172

Keterangan: \*signifikan pada  $\alpha = 0,050$ ; \*\*signifikan pada  $\alpha = 0,001$

**Tabel 3.** Hasil uji ANOVA untuk *minor lapses*

<i>Within-Subject</i>			
Source		F	Sig.
Durasi Tidur	<i>Greenhouse-Geisser</i>	4,621	0,036*
	<i>Huynh-Feldt</i>	4,621	0,036*
Durasi Tidur * Jenis Kelamin	<i>Greenhouse-Geisser</i>	3,952	0,0502
	<i>Huynh-Feldt</i>	3,952	0,0502
<i>Between-Subjects</i>			
Source		F	Sig.
Intercept		360,620	< 0,001
Jenis Kelamin		0,237	0,628

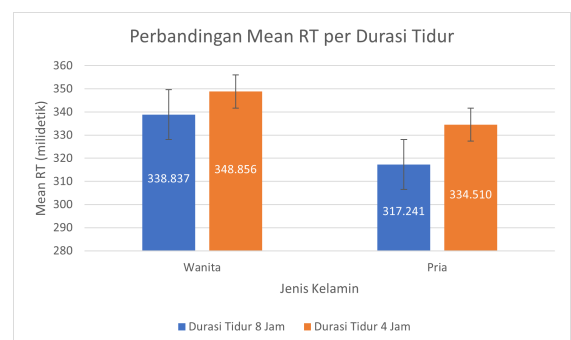
Keterangan: \*signifikan pada  $\alpha = 0,050$ ; \*\*signifikan pada  $\alpha = 0,001$

**Tabel 4.** Hasil uji ANOVA untuk *mean 1/RT*

<i>Within-Subject</i>			
Source		F	Sig.
Durasi Tidur	<i>Greenhouse-Geisser</i>	12,101	0,001**
	<i>Huynh-Feldt</i>	12,101	0,001**
Durasi Tidur * Jenis Kelamin	<i>Greenhouse-Geisser</i>	1,084	0,303
	<i>Huynh-Feldt</i>	1,084	0,303
<i>Between-Subjects</i>			
Source		F	Sig.
Intercept		4067,518	< 0,001
Jenis Kelamin		6,159	0,016*

Keterangan: \* signifikan pada  $\alpha = 0,050$ ; \*\* signifikan pada  $\alpha = 0,001$

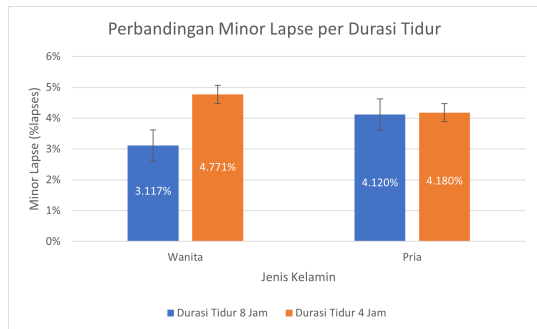
Secara deskriptif, terlihat adanya kenaikan MRT sebesar 3% pada wanita dan 5% pada pria ketika durasi tidur hanya 4 jam dibandingkan 8 jam (Gambar 2). Namun, hanya terdapat perbedaan ML sebesar 1,65% untuk wanita dan 0,06% untuk pria pada durasi tidur 4 jam dibandingkan 8 jam (Gambar 3). Perbedaan ML yang sangat kecil ini juga terlihat dari rata-rata MRT yang dibawah 500 milidetik pada semua kombinasi durasi tidur dan jenis kelamin. Perlambatan kecepatan reaksi (M1/RT) juga didapati pada wanita (5%) dan pria (9%) ketika durasi tidur hanya 4 jam (Gambar 4). Hasil ini semakin menegaskan adanya pengaruh durasi tidur terhadap kewaspadaan berdasarkan indikator PVT, tapi jenis kelamin hanya memengaruhi kecepatan reaksi (M1/RT).



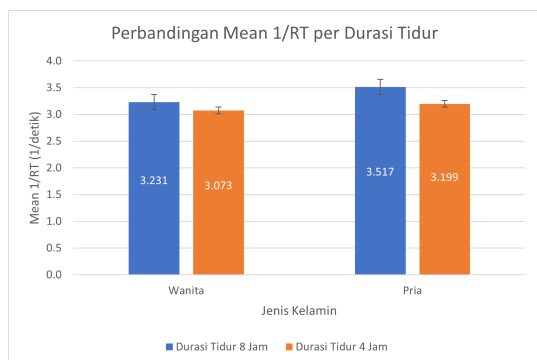
**Gambar 2.** MRT antar durasi tidur

Selain kewaspadaan yang diukur dengan PVT, kantuk juga dievaluasi dengan Karolinska Sleepiness Scale (KSS). Partisipan diminta menilai kantuk yang dirasakannya selama lima menit terakhir secara subjektif. Skala KSS selanjutnya diubah dengan Method of Successive Interval (MSI) agar bisa diuji dengan Two-way Mixed ANOVA. Hasil uji ANOVA (Tabel 5) menunjukkan batasan durasi

tidur memengaruhi nilai KSS ( $p$ -value = 0,001). Namun, jenis kelamin dan interaksi antara kedua variabel bebas tidak memengaruhi nilai KSS ( $p$ -value > 0,050).



**Gambar 3.** ML antar durasi tidur



**Gambar 4.** M1/RT antar durasi tidur

**Tabel 5.** Hasil uji ANOVA untuk KSS

<i>Within-Subject</i>			
Source		F	Sig.
Durasi Tidur	<i>Greenhouse-Geisser</i>	228,153	0,001**
	<i>Huynh-Feldt</i>	228,153	0,001**
Durasi Tidur * Jenis Kelamin	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,029	0,865
	<i>Huynh-Feldt</i>	0,029	0,865
<i>Between-Subjects</i>			
Source		F	Sig.
Intercept		3941,344	< 0,001
Jenis Kelamin		0,629	0,431

Keterangan: \* signifikan pada  $\alpha = 0,050$ ; \*\* signifikan pada  $\alpha = 0,001$

### Pengaruh Batasan Durasi Tidur dan Jenis Kelamin terhadap Indikator ET

Ada empat indikator ET yang diuji untuk menentukan indikator mana yang sensitif terhadap perubahan kewaspadaan. Keempat indikator tersebut adalah durasi fiksasi (milidetik), diameter pupil (milimeter), jumlah sakadik, dan kecepatan sakadik (derajat/detik). Keempatnya diuji dengan Two-way Mixed ANOVA untuk menentukan pengaruh batasan

durasi tidur dan jenis kelamin terhadap indikator ET tersebut.

Hasil uji ANOVA (Tabel 6) menunjukkan hanya kecepatan sakadik yang dipengaruhi batasan durasi tidur ( $p$ -value = 0,001). Pada durasi tidur 4 jam, terjadi penurunan kecepatan sakadik sebesar 0,31% pada wanita dan 1,44% pada pria (Gambar 5). Selain itu, interaksi durasi tidur dan jenis kelamin juga memengaruhi kecepatan sakadik ( $p$ -value = 0,005). Namun ternyata durasi tidur tidak memengaruhi diameter pupil ( $p$ -value = 0,135), durasi fiksasi ( $p$ -value = 0,073), dan jumlah sakadik ( $p$ -value = 0,891) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7, Tabel 8, serta Tabel 9.

Hasil ANOVA menunjukkan ada perbedaan signifikan dari diameter pupil ( $p$ -value = 0,022) dan kecepatan sakadik ( $p$ -value = 0,030) antara pria dan wanita (Tabel 6 dan 7). Sebaliknya, tidak ada perbedaan signifikan pada durasi fiksasi ( $p$ -value = 0,816) serta jumlah sakadik ( $p$ -value = 0,847) antara pria dan wanita (Tabel 8 dan 9).

Diameter pupil wanita memiliki ukuran lebih besar 11% saat tidur 8 jam dan 7% saat tidur 4 jam dibandingkan partisipan pria (Gambar 6). Namun kecepatan sakadik pria lebih besar 6% saat tidur 8 jam dan 5% saat tidur 4 jam jika dibandingkan wanita (Gambar 7).

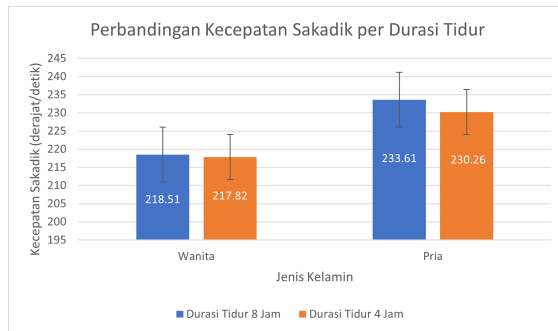
Hasil Pearson Correlation antara indikator PVT dan ET menunjukkan tidak ada indikator ET yang berkorelasi kuat dengan indikator PVT ( $p$ -value > 0,050). Meskipun kecepatan sakadik dipengaruhi batasan durasi tidur, tapi tidak berkorelasi kuat dengan indikator manapun dari PVT sehingga belum dapat digunakan sebagai pengganti PVT. Penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk mengonfirmasi temuan ini.

**Tabel 6.** Hasil uji ANOVA untuk kecepatan sakadik

<i>Within-Subject</i>			
Source		F	Sig.
Durasi Tidur	<i>Greenhouse-Geisser</i>	11,23	0,001**
	<i>Huynh-Feldt</i>	11,23	0,001**
Durasi Tidur * Jenis Kelamin	<i>Greenhouse-Geisser</i>	8,601	0,005**
	<i>Huynh-Feldt</i>	8,601	0,005**
<i>Between-Subjects</i>			
Source		F	Sig.
Intercept		6950,890	< 0,001
Jenis Kelamin		4,948	0,030*

Keterangan: \* signifikan pada  $\alpha = 0,050$ ; \*\* signifikan pada  $\alpha = 0,001$





**Gambar 5.** Kecepatan sakadik antar durasi tidur

### Diskusi

Untuk menentukan potensi indikator ET dalam mendeteksi kewaspadaan, perlu diuji apakah indikator-indikator ET dipengaruhi oleh batasan durasi tidur yang menyebabkan kekurangan tidur sebagai faktor utama penurunan kewaspadaan (Doran et al., 2001; Belenky et al., 2003; Mathis & Hess, 2009; May & Baldwin, 2009; Williamson et al., 2011; Dawson et al., 2014). Selain itu, faktor jenis kelamin juga menarik untuk dilibatkan karena penelitian sebelumnya menyebut adanya perbedaan durasi fiksasi antara pria dan wanita (Sargezeh et al., 2018). Pada penelitian lainnya, didapati adanya perbedaan kewaspadaan, yang diukur dengan waktu reaksi, antara pria dan wanita (Seidel & Joschko, 1991; Blatter et al., 2006; Venker et al., 2007; Beijamini et al., 2008). Sebagai pembanding digunakan indikator PVT (Basner & Dinges, 2011; Basner et al., 2011; Basner & Rubinstein, 2011; Yang et al., 2019; Nielson et al., 2021; Mao et al., 2021) dan KSS yang telah terbukti mampu mendeteksi perubahan kewaspadaan (Kaida, 2006; Johns, 2009).

**Tabel 7.** Hasil uji ANOVA untuk diameter pupil

<i>Within-Subject</i>			
Source		F	Sig.
Durasi Tidur	<i>Greenhouse-Geisser</i>	2,303	0,135
	<i>Huynh-Feldt</i>	2,303	0,135
Durasi Tidur * Jenis Kelamin	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,999	0,322
	<i>Huynh-Feldt</i>	0,999	0,322
<i>Between-Subjects</i>			
Source		F	Sig.
<i>Intercept</i>		2483,013	< 0,001
Jenis Kelamin		5,579	0,022*

Keterangan: \* signifikan pada  $\alpha = 0,050$ ; \*\* signifikan pada  $\alpha = 0,001$

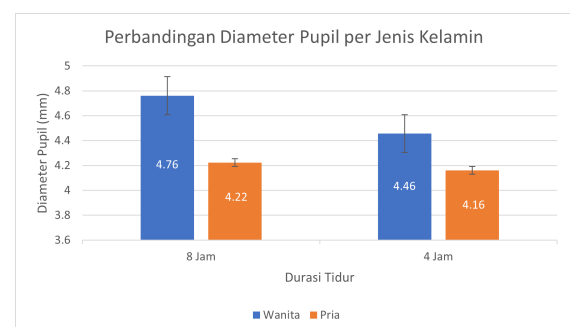
Diameter pupil wanita memiliki ukuran lebih besar 11% saat tidur 8 jam dan 7% saat tidur 4 jam dibandingkan partisipan pria (Gambar 6). Perubahan diameter pupil mengindikasikan adanya rangsangan visual yang sedang menjadi perhatian dan merepresentasikan kinerja yang baik (Sari, 2021). Membesarnya diameter pupil juga dapat mengindikasikan tingkat fokus yang tinggi yang dibutuhkan pada pekerjaan inspeksi. Sanchis-Gimeno, et al. (2012) juga menyebut wanita memiliki diameter pupil lebih besar dibandingkan pria. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan wanita memiliki kinerja yang lebih baik dan fokus lebih tinggi dibandingkan pria karena memiliki ukuran diameter pupil lebih besar.

**Tabel 8.** Hasil uji ANOVA untuk durasi fiksasi

<i>Within-Subject</i>			
Source		F	Sig.
Durasi Tidur	<i>Greenhouse-Geisser</i>	3,088	0,073
	<i>Huynh-Feldt</i>	3,088	0,073
Durasi Tidur * Jenis Kelamin	<i>Greenhouse-Geisser</i>	2,701	0,092
	<i>Huynh-Feldt</i>	2,701	0,092
<i>Between-Subjects</i>			
Source		F	Sig.
<i>Intercept</i>		1522,932	< 0,001
Jenis Kelamin		0,080	0,816

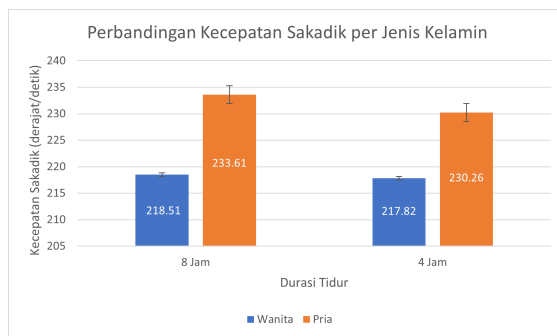
**Tabel 9.** Hasil uji ANOVA untuk jumlah sakadik

<i>Within-Subject</i>			
Source		F	Sig.
Durasi Tidur	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,019	0,891
	<i>Huynh-Feldt</i>	0,019	0,891
Durasi Tidur * Jenis Kelamin	<i>Greenhouse-Geisser</i>	0,015	0,904
	<i>Huynh-Feldt</i>	0,015	0,904
<i>Between-Subjects</i>			
Source		F	Sig.
<i>Intercept</i>		961,357	< 0,001
Jenis Kelamin		0,038	0,847

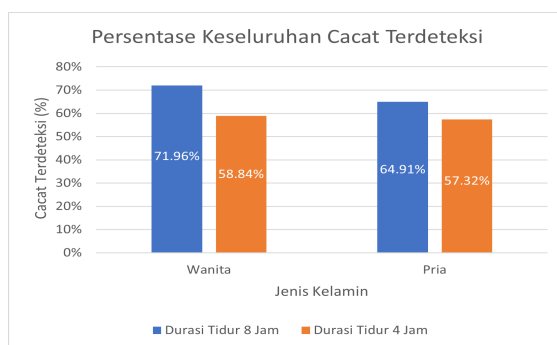


**Gambar 6.** Diameter pupil antar jenis kelamin

Kecepatan sakadik merupakan pergerakan cepat mata dari satu titik fiksasi ke titik fiksasi yang lain dan bergantung pada waktu ketika memroses sesuatu (Seideman, et al., 2018). Kecepatan sakadik yang makin kecil menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memroses sesuatu lebih singkat. Artinya semakin kecil kecepatan sakadik, kemungkinan mendeteksi cacat juga semakin tinggi. Sebaliknya, jumlah sakadik menunjukkan banyaknya sakadik pada suatu periode tertentu. Artinya semakin banyak jumlah sakadik menunjukkan lokasi penglihatan yang makin luas sehingga kemungkinan menemukan cacat juga lebih besar. Pria memiliki kecepatan sakadik lebih tinggi dibandingkan wanita sehingga pria cenderung lebih cepat mengenali cacat pada senter dibandingkan wanita karena otak pria lebih cepat mengenali rangsangan visual dibandingkan wanita (Sargezeh et al., 2019).



**Gambar 7.** Kecepatan sakadik antar jenis kelamin



**Gambar 8.** Perbandingan cacat terdeteksi

Menurut Di Stasi, et al. (2013), kecepatan sakadik bergantung pada kesulitan tugas yang dikerjakan. Inspeksi kualitas produk merupakan pekerjaan yang memiliki tingkat kesulitan, ketelitian, dan kewaspadaan yang tinggi dalam waktu lama sehingga pria seharusnya cenderung berkinerja lebih baik. Selain itu, inspeksi kualitas produk tergolong pekerjaan

visual untuk mendeteksi cacat. Pria dapat melakukan inspeksi lebih baik dibandingkan wanita karena kecepatan merespon visual yang lebih tinggi untuk dengan cepat mendeteksi adanya cacat.

Namun, wanita juga dapat memiliki kinerja yang baik pada inspeksi kualitas produk karena memiliki diameter pupil yang lebih besar dibandingkan pria. Hal ini mengindikasikan wanita memiliki kinerja dan fokus yang baik ketika melakukan pekerjaan yang membutuhkan perhatian dan ketelitian yang tinggi. Adanya fokus dan kinerja yang baik pada wanita di penelitian ini tergambar dari persentase jumlah cacat yang berhasil dideteksi (Gambar 8).

Ariyaya (2021) juga menyebutkan wanita memiliki ketelitian lebih tinggi dibandingkan pria. Inspeksi kualitas produk merupakan pekerjaan yang membutuhkan ketelitian tinggi sehingga wanita cocok untuk melakukannya. Persentase cacat terdeteksi (Gambar 8) didasarkan juga pada ketepatan partisipan dalam mendeteksi cacat sehingga dapat disimpulkan wanita memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pria ketika melakukan inspeksi.

Namun, perbedaan signifikan kecepatan rekasi (M1/RT) wanita dan pria ( $p$ -value = 0,016) menunjukkan wanita lebih lambat dalam bereaksi. Kondisi ini mengindikasikan adanya pengaruh batasan durasi tidur yang juga berbeda signifikan antara 4 dan 8 jam ( $p$ -value = 0,001). Durasi inspeksi kualitas produk bisa berlangsung dalam waktu yang lama sehingga mengakibatkan kelelahan bagi pekerjanya. Karenanya, pekerja wanita di bagian inspeksi kualitas produk sebaiknya memiliki beberapa penyesuaian seperti penambahan frekuensi istirahat dan mengurangi durasi kerja untuk meminimasi kelelahan.

Secara teoritis, hasil penelitian ini memberikan implikasi adanya peluang menggunakan kecepatan sakadik sebagai indikator perubahan kewaspadaan yang dapat dideteksi selama melakukan aktivitas pemeriksaan kualitas. Selain itu, didapatkan temuan bahwa kecepatan sakadik pria lebih baik dari wanita saat kekurangan tidur. Sebaliknya, kekurangan durasi tidur lebih berakibat buruk pada pria dibandingkan wanita. Meski demikian, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengonfirmasi hasil ini. Secara praktis, hasil penelitian ini menguatkan



pentingnya memastikan kecukupan tidur bagi pekerja inspeksi agar dapat melakukan tugas pemeriksaan dengan baik karena kekurangan durasi tidur membuat penurunan jumlah cacat yang terdeteksi. Selain itu, jika pemeriksaan cacat melibatkan jumlah yang cukup banyak, maka pekerja pria lebih disarankan untuk melakukan pemeriksaan karena pria mampu mendeteksi objek visual dengan lebih cepat. Namun, jika proses pemeriksaan berlangsung dalam durasi panjang, lebih baik melibatkan pekerja wanita yang lebih mampu mempertahankan fokusnya. Hasil ini dapat menjadi masukan bagi perusahaan yang melibatkan pemeriksaan sebagai bagian dalam proses produksinya.

### Kesimpulan

Dari temuan-temuan yang didapat pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa indikator kecepatan sakadik memiliki kemungkinan untuk mendeteksi perubahan kewaspadaan karena dipengaruhi batasan durasi tidur. Namun, korelasi yang lemah dengan indikator PVT masih belum menegaskan kinerja indikator kecepatan sakadik untuk menggantikan PVT. Jenis kelamin memengaruhi kecepatan sakadik dan diameter pupil. Kecepatan sakadik pria lebih baik dari wanita saat kurang tidur (4 jam) dan ini mengindikasikan kemampuan pria yang lebih baik untuk mendeteksi objek visual. Sebaliknya, diameter pupil wanita lebih baik dari pria saat kurang tidur (4 jam) dan ini mengindikasikan wanita lebih mampu mempertahankan fokus.

Meski demikian, penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk mengonfirmasi temuan-temuan dari penelitian ini. Perubahan pekerjaan yang disimulasikan, penggunaan alat ukur yang berbeda, dan *total sleep deprivation* dapat menjadi faktor yang dilibatkan pada penelitian selanjutnya.

### Daftar Pustaka

- Abe, T., Nonomura, T., Komada, Y. Asaoka, S., Sasai, T., Ueno, A., & 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.
- Ariyaya, A. (2021). *Analisis Beban Kerja Fisiologis dan Psikologis pada Operator (Studi Kasus: PT. Ravana Jaya)*. Gresik: Universitas Muhammadiyah.
- Baiasu, A-M. & Dumitrescu, C. (2021). Contributions to Driver Fatigue Detection based on Eye-tracking. *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*, 15, 1-7.
- Basner, M. & Dinges, D.F. (2011). Maximizing Sensitivity of The Psychomotor Vigilance Test (PVT) to sleep loss. *Sleep*, 34(5), 581-591.
- Basner, M. & Rubinstein, J. (2011). Fitness for Duty: A 3-minute Version of The Psychomotor Vigilance Test Predicts Fatigue Related Declines in Luggage Screening Performance. *J Occup Environ Med.*, 53(10), 1146-1154.
- Basner, M., Mollicone, D., & Dinges, D.F. (2011). Validity and Sensitivity of a Brief Psychomotor Vigilance Test (PVT-B) to Total and Partial Sleep Deprivation. *Acta Astronaut*, 69(11-12), 949-959.
- Bejjamini, F., Silva, A.G.T., Peixoto, C.A.T, & Louzada, F.M. (2008). Influence of Gender on Psychomotor Vigilance Task Performance by Adolescents, *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 41, 734-738.
- Belenky, G., Wesensten, N.J., Thorne, D.R., Thomas, M.L., Sing, H.C., Redmond, D.P., Russo, M.B., & Balkin, T.J. (2003). Patterns of Performance Degradation and Restoration during Sleep Restriction and Subsequent Recovery: A Sleep Dose-response Study. *J Sleep Res*, 12, 1–12.
- Bergstrom, J. R., & Schall, A. J. (2014). *Eye Tracking in User Experience Design*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.
- Blanca, M.J., Alarcon, R., Arnau, J., Bono, R., & Bendayan, R. (2017). Non-normal Data: Is ANOVA Still a Valid Option? *Psicothema*, 29(4), 552-557.
- Blatter, K., Graw, P., Münch, M., Knoblauch, V., Wirz-Justice, A., & Cajochen, C. (2006). Gender and Age Differences in Psychomotor Vigilance Performance Under Differential Sleep Pressure Conditions. *Behavioural Brain Research*, 168, 312-317.
- Brown, I.D. (1994). Driver Fatigue. *Human Factors*, 36(2), 298-314.
- Budiono, A. M. S., Jusuf, S. M. S., & Pusparini, A. (2003). *Bunga Rampai Hiperkes dan KK*. Semarang: BP Universitas Diponegoro.

- Chua, E. C. P., Tan, W. Q., Yeo, S. C., Lau, P., Lee, I., Mien, I. H., Puvannendran, K., & Gooley, J. J. (2012). Heart Rate Variability Can Be Used to Estimate Sleepiness-Related Decrements in Psychomotor Vigilance During Total Sleep Deprivation. *Sleep*, 35, 325-334.
- Davies, D.R., & Parasuraman, R. (1982). *The Psychology of Vigilance*. New York, NY: Academic Press.
- Dawson, D., Searle, A.K., & Peterson, J.L. (2014). Look Before You (S)leep: Evaluating The Use of Fatigue Detection Technologies within A Fatigue Risk Management System for The Road Transport Industry. *Sleep Medicine Reviews*, 18, 141 – 152.
- De Gennaro, L. Ferrara, M., Urbani, L., & Bertini, M. (2000). Oculomotor Impairment After 1 Night of Total Sleep Deprivation: A Dissociation Between Measures of Speed and Accuracy. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 111(10), 1771-1778.
- Desai, A. V., & Haque, M. A. (2006). Vigilance Monitoring for Operator Safety: A Simulation Study on Highway Driving. *J Safety Res.*, 37(2), 139-47.
- Dewi, S. V. (2014). *Pengaruh Kafein pada Cokelat (Theobroma Cacao) Terhadap Waktu Reaksi Sederhana Pria Dewasa*. Bandung: Universitas Kristen Maranatha.
- Di Milia, L., Smolensky, M., Costac, G., Howarth, H., Ohayon, M., & Philip, P. (2011). Demographic Factors, Fatigue, and Driving Accidents: An Examination of the Published Literature. *Advancing Fatigue and Safety Research*, 516-532.
- Di Stasi, L. L., Catena, A., Cañas, J. J., Macknik, S. L., & Martinez-Conde, S. (2013). Saccadic Velocity as an Arousal Index in Naturalistic Tasks. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 37(5), 968-975.
- Doran, S.M., Van Dongen, H.P., & Dinges, D.F. (2001). Sustained Attention Performance During Sleep Deprivation: Evidence of State Instability. *Archives Italiennes de Biologie*, 139, 253–267.
- Dunn, N., & Williamson, A. (2012). Driving Monotonous Routes in a Train Simulator: The Effect of Task Demand on Driving Performance and Subjective Experience. *Ergonomics*, 55, 997-1008.
- Hastjarjo, T.D. (2014). *Rancangan Eksperimen*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Johns, M.W. (2009). *What is Excessive Daytime Sleepiness? Sleep Deprivation: Causes, Effects, and Treatment (Chapter 2)*. Nova Science Publisher, Inc.
- Kaida, K., Takahashi, M., Akerstedt, T., Nakata, A., Otsuka, Y., Haratani, T., & Fukusawa, K. (2006). Validation of The Karolinska Sleepiness Scale Against Performance and EEG Variables. *Clinical Neurophysiology*, 117, 1574- 1581.
- Killgore, W. D. S. (2010). Effects of Sleep Deprivation on Cognition. *Progress in Brain Research*, 185, 105–129.
- Kooiker, M. J., Pel, J. J., Verbunt, H. J., de Wit, G. C., van Genderen, M.M., & van der Steen, J. (2016). Quantification of Visual Function Assessment Using Remote Eye Tracking in Children: Validity and Applicability. *Acta Ophthalmol*, 94, 599-608.
- Laerd Statistics, *Correction for Violation of Sphericity in Repeated Measures Designs*, [Online], Diakses dari: <https://statistics.laerd.com/statistical-guides/sphericity-statistical-guide-2.php> [2022, 10 Juli].
- Lauderdale, D.S., Knutson, K.L., Yan, L.L., Rathouz, P.J., Hulley, S.B., Sidney, S., & Liu, K. (2006). Objectively Measured Sleep Characteristics Among Early- middle-aged Adults: The CARDIA Study. *Am. J. Epidemiol*, 164, 5–16.
- Lerman, S. E., Eskin, E., Flower, D. J., George, E. C., Gerson, B., Hartenbaum, N., Hursh, S. R., & Moore-Ede, M. (2012). Fatigue Risk Management in The Workplace. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 54(2), 231-258.
- Lestari, W.S. (2016). *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kelelahan pada Pekerja Pembuat Tahu di Pabrik Tahu Kelurahan Sumurrejo Kecamatan Gunungpati Semarang*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Mahardika, R. (2009). *Quality Control PT. Tiga Pilar Sejahtera Food Tbk (Unit Candy) PT. Poly Meditra Indonesia*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Mao, T., Dinges, D.F., Deng, Y., Zhao, K., Yang, Z., Lei, H., Fang, Z., Yang, F.N., Galli, O., Goel, N., Basner, M., & Rao, H. (2021). Impaired Vigilant Attention Partly Accounts for Inhibition Control Deficits After Total

- Sleep Deprivation and Partial Sleep Restriction. *Nature and Science of Sleep*, 13, 1545-1560.
- Mathis, J. & Hess, C.W. (2009). Sleepiness and Vigilance Test. *Swiss Med Wkly*, 139(15-16), 214-219.
- 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.
- McClelland, L. E., Pilcher, J. J., & Moore, D. D. (2010). Oculomotor Measures as Predictors of Performance During Sleep Deprivation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 81(9), 833-842.
- Nielson, S.A., Buysse, D.J., & Kay, D.B. (2021): Fidelity of Information Processing on A Psychomotor Vigilance Task Predicts Changes in Self-reported Sleepiness Ratings. *Nature and Science of Sleep*, 13, 659-671.
- Oken, B. S, Salinsky, M. C., & Elsas, S. M. (2006). Vigilance, Alertness, or Sustained Attention: Physiological Basis and Measurement. *Clin Neurophysiol*, 117(9), 1885-901.
- Rahadhi, A., dan Sriyanto, S. (2016). Pengaruh Beban Kerja Mental, Kelelahan Kerja, dan Tingkat Kantuk Terhadap Penurunan Tingkat Kewaspadaan Perawat (Studi Kasus di Instalasi Gawat Darurat Rumah Sakit Umum Puri Asih Salatiga). *Industrial Engineering Online Journal*, 5(2).
- Ramadhani, M., 10 Dampak Buruk dari Kurang Tidur (3-Habis), [Online], Diakses dari: <https://www.republika.co.id/berita/gaya-hidup/info-sehat/13/01/31/mhhaup-10-dampak-buruk-dari-kurang-tidur-3habis> [2022, 21 Februari].
- Rice, V. J., & Liu, B. (2017) The Relationship Between Sustained Attention and Mindfulness Among U.S. Active-Duty Service Members and Veterans. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 487, Springer, Cham.
- Sadeghniaat-Haghighi, K., Yazdi, Z. (2015). Fatigue Management in the Workplace. *Industrial Psychiatry Journal*, *Industrial Psychiatry Journal*.
- Sargezeh, B. A., Tavakoli, N., & Daliri, M. R. (2019). Gender-Based Eye Movement Differences in Passive Indoor Picture Viewing: An Eye-Tracking Study. *Physiology & Behavior*, 206, 43-50.
- Sanchis-Gimeno, J. A., Sanchez-Zuriaga, D., & Martinez-Soriano, F. (2012). White-to-white Corneal Diameter, Pupil Diameter, Central Corneal Thickness and Thinnest Corneal Thickness Values of Emmetropic Subjects. *Surg Radiol Anat*, 34, 167-170.
- Sari, N. A. (2021). *Wah, Orang dengan Pupil Mata Besar Konon Lebih Cerdas*, [Online], Diakses dari: <https://mediaindonesia.com/weekend/410265/wah-orang-dengan-pupil-mata-besar-konon-lebih-cerdas> [2022, 31 Agustus].
- Seidel, W.T., Joschko, M. (1991). Assessment of Attention in Children, *The Clinical Neuropsychologist*, 5, 53-66.
- Seideman, J. A., Stanford, T. R., & Salinas, E. (2018). Saccade Metrics Reflect Decision-Making Dynamics During Urgent Choices. *Nat Commun*, 9, 2907.
- Schleicher, R., Galley, N., Briest, S. & Galley, L. (2008). Blinks and Saccades as Indicators of Fatigue in Sleepiness Warnings: Looking Tired? *Ergonomics*, 51, 982-1010.
- Schmider, E., Ziegler, M., Danay, E., Beyer, L., & Bühner, M. (2010). Is It Really Robust? Reinvestigating the Robustness of ANOVA Against Violations of the Normal Distribution Assumption. *Methodology European Journal of Research Methods for the Behavioral and Social Sciences*, 6(4), 147-151.
- Shahraki, S., Bin Abu Bakar, N. (2011). Effects of Nervous Fatigue on Workforce Productivity, *Int J Acad Res*, 3, 370-378.
- Socolich, S.A, Blanco, M., Hanowski, R.J, Olson, R.L., Morgam, J.F., Guo, F., & Wu, S. (2013). An Analysis of Driving and Working Hour on Commercial Motor Vehicle Driver Safety Using Naturalistic Data Collection. *Accident Analysis and Prevention*, 58, 249-258.
- Steege, L.M.B. & Nussbaum, M.A. (2013). Dimension of Fatigue as Predictors of Performance: A Structural Equation Modelling Approach Among Registered Nurses. *IIE Transaction on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 16-30.
- Stollery, B. (2006). Vigilance. (Dalam: Karwowski, W.), *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors*, 01, 964-967. Kentucky: Taylor & Francis.
- Tabai, B.H., Bagheri, M., Sadeghi-Firoozabadi, V., & Shahidi, V. (2017). The Relationship

- Between Train Drivers' Attention and Accident Involvement. *2017 4<sup>th</sup> International Conference on Transportation Information and Safety, Banff, Canada*, 1034-1039.
- Thiffault, P., & Bergeron, J. (2003a). Fatigue and Individual Differences in Monotonous Simulated Driving. *Personality and Individual Differences*, 34, 159-176.
- Tobii Pro, *Are Pupil Size Calculations Possible with Tobii Eye Trackers?*, [Online], Diakses dari: <https://www.tobii.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/is-pupil-size-calculations-possible-with-tobii-eye-trackers/> [2022, 21 Juli].
- Tobii Pro. (2016). *Tobii Pro Glasses 2 User's Manual*. Sweden: Tobii Pro AB.
- Tobii Pro. (2021). *Applications for Eye Tracking*. [Online], Diakses dari: <https://www.tobii.com/application/> [2021, 29 Desember].
- Tyagi R., Shen, K., Shao, S., dan Li, X. (2009). A Novel Auditory Working-memory Vigilance Task for Mental Fatigue Assessment. *Safety Science*, 47, 967-972.
- Warm, J. (1984). *Sustained Attention in Human Performance*. Wiley, Chichester.
- 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.
- Venker, C.C., Goodwin, J.L., Roe, D.J., Kaemingk, K.L., Mulvaney, S., Quan, S.F. (2007). Normative Psychomotor Vigilance Task Performance in Children Ages 6 to 11 - The Tucson Children's Assessment of Sleep Apnea (TuCASA), *Sleep Breath*, 11, 217-224.
- Yang, F.N., Xu, S., Chai, Y., Basner, M., Dinges, D.F., & Rao, H. (2018). Sleep Deprivation Enhances Inter-stimulus Interval Effect on Vigilant Attention Performance. *Sleep J.*, 1-12.