

## ANALISIS SISTEM PENDETEKSI TAHAPAN TIDUR [SLEEP STAGE DETECTION SYSTEM ANALYSIS]

Junita<sup>1\*</sup>, David Hareva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Informatika, Universitas Pelita Harapan, Tangerang, Indonesia

\*Korespondensi penulis: [junita.fti@uph.edu](mailto:junita.fti@uph.edu)

### ABSTRACT

*The COVID-19 pandemic has forced some parents to work at home while taking care of their children and taking care of household chores without the help of relatives, housemaids, or nurses. The demands of doing many jobs at once can result in parents, especially parents with babies, being careless in supervising their babies. One of the moments that make parents careless in supervising their babies is when parents suspect the baby is sleeping, because at that moment parents are usually busy doing other chores. With a system that can detect baby's sleep activity, especially detecting stage one, also called NREM (non-rapid eye movement) stage 1, where a person is almost awake, this risk can be minimized because parents can know when the baby is about to wake up and supervise before the baby is fully awake. This study analyzes the ability of two devices, namely, EEG (electroencephalogram) and a smart watch with a sleep tracker feature, as tools for detecting sleep activity of the research subject, specifically detecting stage 1 of the subject's sleep cycle. In this study, CCTV was also used to find out when the subject was awake. The results of this study indicate that both tools can detect when the subject is awake. Between the two tools used, there was a higher match between CCTV (Closed Circuit Television) footage and the smart watch sleep cycle diagram. For the analysis of the transfer of stages before the subject awakens, the stage that most often becomes the stage before awakening is Light, which is 69.2% for detection with EEG and 76.1% for detection with smart watch. And what rarely happens is moving the sleep stages from Deep to waking up, which is 0% for detection with EEG and 2.3% for detection with smart watch.*

**Keywords:** baby; EEG; sleep; tracker

### ABSTRAK

Pandemi COVID-19 mengharuskan beberapa orang tua bekerja di rumah sambil menjaga anak dan mengurus pekerjaan rumah tangga tanpa bantuan sanak saudara, pembantu rumah tangga, ataupun suster. Tuntutan mengerjakan banyak pekerjaan sekaligus dapat mengakibatkan orang tua, khususnya orang tua dengan bayi, lengah dalam mengawasi bayinya. Salah satu momen yang membuat orang tua lengah dalam mengawasi bayinya adalah ketika orang tua menduga bayinya sedang tidur, karena di momen itu biasanya orang tua paling leluasa untuk mengerjakan pekerjaan yang lain. Dengan sistem yang dapat mendeteksi aktivitas tidur bayi, terutama mendeteksi tahap satu, yang disebut juga dengan NREM (*non-rapid eye movement*) stage 1, di mana seseorang sudah hampir bangun, risiko tersebut dapat diminimalkan karena orang tua dapat mengetahui ketika bayinya sudah akan terbangun dan mengawasi sebelum bayinya sepenuhnya bangun. Penelitian ini menganalisis kemampuan dua buah alat yaitu, EEG (*electroencephalogram*) dan *smart watch* dengan fitur *sleep tracker*, sebagai alat pendeteksi aktivitas tidur dari subjek penelitian, khususnya mendeteksi tahap 1 dari siklus tidur pada subjek penelitian. Pada penelitian ini digunakan juga CCTV (*Closed Circuit Television*) untuk mengetahui kapan subjek penelitian sepenuhnya bangun. Hasil dari penelitian ini menunjukkan kedua alat dapat mendeteksi saat subjek terbangun. Di antara kedua alat yang

dipakai, didapatkan kesesuaian yang lebih tinggi antara rekaman CCTV dan diagram siklus tidur *smart watch*. Untuk analisis perpindahan tahapan sebelum subjek penelitian terbangun, tahapan yang paling sering menjadi tahapan sebelum terbangun adalah Light yaitu sebanyak 69,2% untuk pendeteksian dengan EEG dan 76,1% untuk pendeteksian dengan *smart watch*, sedangkan yang paling jarang terjadi adalah perpindahan tahapan tidur dari Deep kemudian terbangun, yaitu 0% untuk pendeteksian dengan EEG dan 2,3% untuk pendeteksian dengan *smart watch*.

**Kata kunci:** bayi; EEG; tidur; *tracker*

## PENDAHULUAN

Pandemik COVID-19 mengharuskan masyarakat melakukan pembatasan sosial sehingga banyak orang tua harus bekerja di rumah sambil menjaga anak dan mengurus pekerjaan rumah tangga tanpa bantuan sanak saudara, pembantu rumah tangga, ataupun suster. Tuntutan mengerjakan banyak pekerjaan sekaligus dapat mengakibatkan orang tua, khususnya orang tua dengan bayi, lengah dalam mengawasi bayinya. Hal tersebut sangat berisiko terutama untuk orang tua dengan bayi yang berumur 1-2 tahun. Rasa ingin tahu yang tinggi tanpa disertai kemampuan mengenali bahaya dan kemampuan berjalan yang baik, serta tanpa pengawasan orang tua, dapat mengakibatkan bayi berusia 1-2 tahun terjatuh, terbentur, tersedak, ataupun tersandung. Risiko cedera yang tinggi, khususnya terjatuh, pada bayi berumur 1-2 tahun adalah isu yang mengkhawatirkan, tidak hanya di Indonesia, namun juga di negara-negara lain (Agran *et al.*, 2003; Anam *et al.*, 2017; Atak *et al.*, 2010; Ong *et al.*, 2016)

Salah satu momen yang membuat orang tua lengah dalam mengawasi bayinya adalah ketika orang tua menduga bayinya sedang tidur, karena di momen itu biasanya orang tua paling leluasa untuk mengerjakan pekerjaan yang lain. Permasalahannya adalah seringkali bayi tidak menangis saat terbangun dari tidur. Setelah sepenuhnya bangun, bayi dapat dengan sigap dan cepat merangkak atau berjalan atau berusaha meraih benda-benda yang ada disekitar mereka. Hal ini sangat berbahaya tanpa pengawasan orang tua. Dengan sistem yang dapat mendeteksi aktivitas tidur bayi, terutama mendeteksi tahap satu, yang disebut juga dengan NREM (*non-rapid eye movement*) *stage 1* (Mishra *et al.*, 2019; Patel *et al.*, 2022) di mana seseorang sudah hampir bangun, risiko tersebut dapat diminimalkan karena orang tua dapat mengetahui ketika bayinya sudah akan terbangun dan mengawasi sebelum bayinya sepenuhnya bangun.

Pada tahap awal penelitian ini, sebelum melakukan penelitian pada bayi, yang terlebih dahulu dijadikan subjek penelitian adalah orang dewasa. Penelitian

ini menganalisis kemampuan dua buah alat yaitu, EEG (*electroencephalogram*) dan *smart watch* dengan fitur *sleep tracker*, sebagai alat pendeteksi aktivitas tidur dari subjek penelitian, khususnya mendeteksi tahap 1 dari siklus tidur subjek penelitian. Kedua alat ini dikenakan pada subjek secara bersamaan ketika subjek akan tidur, kemudian keduanya dihubungkan dengan koneksi Bluetooth ke tablet PC yang menerima hasil deteksi gelombang otak dari EEG, serta hasil deteksi gerakan dan pola detak jantung dari *smart watch*. Pada penelitian ini digunakan juga CCTV (*Closed Circuit Television*) untuk mengetahui kapan subjek terbangun.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Penelitian ini menganalisis kemampuan dua buah alat yaitu, EEG dan *smart watch* dengan fitur *sleep tracker*.

### EEG

EEG adalah alat yang dipakai untuk mendeteksi gelombang otak. Saat otak bekerja, sel-sel saraf di otak mengirimkan gelombang ke sel saraf, sel otot atau sel kelenjar lain di dalam tubuh. EEG menangkap besaran tegangan dan arus dari gelombang yang dikirimkan oleh sel-sel saraf tersebut (Mishra *et al.* 2019; Tatum *et al.*, 2011).

EEG yang dipakai pada penelitian ini adalah Muse S Brain Sensing EEG (Muse, 2022) yang dapat mendeteksi aktivitas otak dan pergerakan. Alat ini terdiri dari 2 bagian, yaitu ikat kepala yang terbuat dari kain, yang bagian dalamnya dilengkapi dengan sensor, seperti yang terlihat pada Gambar 1, dan sensor pod yang menjadi kontrol pusat, seperti yang terlihat pada Gambar 2. Sensor pada ikat kepala menempel pada dahi serta kulit di belakang dan di atas telinga untuk membaca aktivitas otak, detak jantung serta saturasi oksigen dalam darah. Sensor pod yang menjadi kontrol pusat dapat dipasang pada ikat kepala untuk diletakkan di dahi. Sensor pod ini memakai LED hijau serta dilengkapi dengan baterai, giroskop dan akselerometer.



Gambar 1. Ikat kepala Muse S Brain Sensing EEG



Gambar 2. Sensor pod Muse S Brain Sensing EEG

## Smart Watch

Beberapa *smart watch* menawarkan fitur *sleep tracker* yang dapat menganalisis durasi tidur seseorang di setiap *stage*. *Smart watch* ini bekerja dengan beberapa cara. Cara yang paling sederhana adalah dengan menerjemahkan frekuensi gerakan pergelangan tangan dengan pola tidur seseorang. Cara lainnya adalah dengan mengestimasi pola detak jantung penggunaannya (Martin dan Hakim, 2011).

*Smart watch* yang dipakai pada penelitian ini adalah Fitbit Charge 4 (Fitbit, 2022) seperti yang terlihat pada Gambar 3. *Smart watch* ini memakai LED hijau untuk mendeteksi detak jantung serta saturasi oksigen dari pergelangan tangan penggunaannya. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan dengan baterai yang dapat di-charge, serta giroskop dan akselerometer untuk dapat mendeteksi pergerakan dari penggunaannya



Gambar 3. Fitbit Charge 4

## CCTV

Kamera CCTV yang digunakan pada penelitian ini adalah Xiaomi Yi Dome 1080P. Rekaman hasil tangkapan kamera terbagi-bagi menjadi sejumlah video yang berdurasi 1 menit dan tersimpan di kartu memori dengan format pengaturan folder seperti yang terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Folder data mengelompokkan rekaman setiap 1 jam, di mana di dalam setiap folder terdapat 60 buah video berdurasi 1 menit.

- 2021Y06M30D16H
- 2021Y06M30D17H
- 2021Y06M30D18H
- 2021Y06M30D19H
- 2021Y06M30D20H
- 2021Y06M30D21H
- 2021Y06M30D22H
- 2021Y06M30D23H
- 2021Y07M01D00H
- 2021Y07M01D01H
- 2021Y07M01D16H
- 2021Y07M01D17H

Gambar 4. Contoh daftar folder data rekaman CCTV per hari

- 00M00S60.mp4
- 01M00S60.mp4
- 02M00S60.mp4
- 03M00S60.mp4
- 04M00S60.mp4
- 05M00S60.mp4
- 06M00S60.mp4
- 07M00S60.mp4
- 08M00S60.mp4
- 09M00S60.mp4
- 10M00S60.mp4

Gambar 5. Contoh daftar video berdurasi 1 menit dalam 1 jam.

Format penamaan folder seperti yang terlihat pada Gambar 4 memberikan informasi tanggal dan jam rekaman. 2021Y06M30D16H artinya folder tersebut menyimpan rekaman CCTV yang tertangkap kamera pada tanggal 30 Juni 2021 jam 11 malam. Mengikuti pola yang ada, maka nama folder 2021Y06M30D20H artinya folder tersebut menyimpan rekaman CCTV yang tertangkap kamera pada tanggal 1 Juli 2021 jam 3 pagi, dan seterusnya. Kemudian, untuk penamaan file video seperti yang terlihat pada Gambar 5 memberikan informasi menit dari proses rekaman. File dengan nama 00M00S60 artinya rekaman itu tertangkap kamera di menit ke nol dari jam yang sesuai dengan folder di mana video ini berada. Gambar 5 mencontohkan daftar video untuk rekaman dari menit ke nol sampai dengan menit ke sepuluh.

### Metode Penelitian

Siklus tidur secara garis besar dibagi menjadi 2 kelompok yaitu NREM dan REM (*rapid eye movement*). Dan siklus tidur manusia pada umumnya terdiri dari empat tahap yaitu NREM *stage 1* hingga *stage 3*, dan REM. Semakin tinggi tahap atau *stage* dari siklus tidur, semakin lelap kondisi tidurnya.

NREM *stage 1* adalah kondisi tidur yang paling ringan di mana seseorang dapat dengan mudah terbangun dengan sedikit

rangsangan. Memasuki NREM *stage 2* seseorang sudah mulai lebih lelap, lebih sulit dibangunkan dan gelombang otaknya melambat. Pada NREM *stage 3* adalah kondisi tidur lelap yang penting karena pada waktu ini tubuh kita bertumbuh, memperbaiki diri dan meningkatkan fungsi kekebalannya. Tahap yang terakhir, yaitu REM, adalah kondisi tidur yang diasosiasikan dengan momen ketika seseorang bermimpi. Pada tahap ini, otak menjadi lebih aktif sehingga gelombang otak serta pola detak jantung akan menyerupai orang yang sedang terbangun (Schupp & Hanning, 2003).



Gambar 6. Skema penelitian

Penelitian dilakukan dengan pengaturan sistem seperti yang terlihat pada Gambar 6. Penelitian dimulai dengan membuat sistem yang menghubungkan sensor EEG serta *smart watch* dengan fitur *sleep tracker* pada subjek penelitian, yang pada tahap awal ini adalah orang dewasa. Kedua alat ini terhubung dengan Bluetooth ke tablet PC, yang menjalankan aplikasi dari kedua alat, untuk menerima pendeteksian gelombang otak dari EEG, serta pendeteksian gerakan dan pola detak

jantung dari *smart watch*. CCTV yang terhubung dengan tablet memakai jaringan WiFi digunakan untuk memonitor pergerakan subjek penelitian agar diperoleh data waktu saat subjek terbangun. Ketiga alat pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini beroperasi saat terhubung dengan tablet PC, maka pengaturan waktu pada ketiga alat pengamatan tersebut tersinkronisasi dengan waktu pada sistem di dalam tablet PC.

Sistem yang terdiri dari dua buah sensor ini dipasangkan secara bersamaan untuk mendeteksi siklus tidur dari subjek penelitian, terutama tahap 1, ketika subjek terbangun. Sensor EEG dipasangkan di area dahi, sedangkan *smart watch* di pergelangan tangan dari subjek penelitian. CCTV digunakan selama subjek penelitian tidur sampai terbangun. Hasil pemantauan CCTV, yang berupa rekaman video, disimpan di kartu memori untuk mencocokkan kondisi kesadaran sesungguhnya dari subjek penelitian dengan diagram siklus tidur pada aplikasi EEG dan *smart watch*.

Selanjutnya dibandingkan hasil analisis pola-pola sinyal yang didapatkan dari kedua sensor, yaitu EEG dan sleep tracker pada *smart watch*, untuk mendapatkan evaluasi faktor akurasi pendeteksian saat bangun.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rekaman CCTV

Dari rekaman CCTV yang ada, diambil sampel untuk melihat waktu di mana subjek penelitian tidur dan terbangun. Dari sampel yang ada, dicatat waktu di mana subjek penelitian mulai tidur dan menyalakan aplikasi dari EEG dan *smart watch*, waktu di mana subjek terbangun sesaat, serta waktu di mana subjek penelitian terbangun sepenuhnya dan mematikan aplikasi. Dalam menentukan waktu di mana subjek terbangun sesaat, peneliti mengambil waktu di mana subjek membuat gerakan badan yang signifikan.

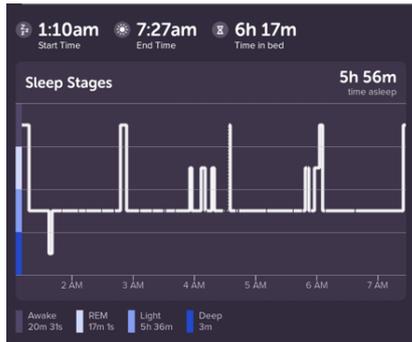
### Diagram Siklus Tidur

Diagram siklus tidur dari aplikasi Muse S Brain Sensing EEG dan *smart watch* Fitbit Charge 4 secara berurutan, yang waktunya bersesuaian dengan data sampel CCTV pada Tabel 1 dapat dilihat pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 14. Kedua sensor yang dipakai memakai aplikasi bawaan masing-masing sehingga diagram yang terbentuk berbeda namun konsep penggambarannya tetap sama. Diagram yang dihasilkan oleh kedua aplikasi dari kedua alat pendeteksi aktivitas tidur yang dipakai, axis horizontal menunjukkan waktu sedangkan axis vertikal menunjukkan kondisi tidur dari subjek penelitian. Pada axis vertikal, susunan tahapan tidur diurut sesuai keaktifan aktivitas otak dan kecepatan detak jantung. Semakin ke atas, aktivitas otak semakin aktif dan detak jantung semakin cepat. Maka, aktivitas otak dan detak jantung paling aktif terdeteksi pada kondisi terbangun, atau NREM 1. NREM 2 pada diagram ditunjukkan pada

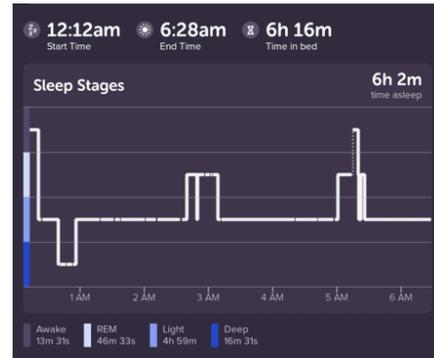
tahapan tidur Light dan NREM 3 ditunjukkan pada tahapan tidur Deep.

Tabel 1. Waktu subjek penelitian tidur dan terbangun

Sampel	Pukul	Siklus Tidur
1 (2021Y06M25D18H)	01:10:00	Menyalakan aplikasi dan menjelang tidur
	03:28:00	Terbangun sesaat
	04:22:00	Terbangun sesaat
	06:05:00	Terbangun sesaat
	06:21:48	Terbangun sesaat
	07:04:30	Terbangun sesaat
	07:26:00	Terbangun sesaat
	07:27:00	Bangun sepenuhnya dan mematikan aplikasi
2 (2021Y06M28D17H)	11:58:00	Menyalakan aplikasi dan menjelang tidur
	03:23:00	Terbangun sesaat
	03:43:30	Terbangun sesaat
	03:49:30	Terbangun sesaat
	05:41:00	Bangun sepenuhnya dan mematikan aplikasi
3 (2021Y06M29D17H)	12:12:00	Menyalakan aplikasi dan menjelang tidur
	01:39:00	Terbangun sesaat
	02:24:20	Terbangun sesaat
	02:31:00	Terbangun sesaat
	03:59:00	Terbangun sesaat
	04:41:00	Terbangun sesaat
	04:56:35	Terbangun sesaat
	05:28:00	Terbangun sesaat
	06:00:00	Terbangun sesaat
	06:25:00	Terbangun sesaat
06:28:00	Bangun sepenuhnya dan mematikan aplikasi	
4 (2021Y06M30D16H)	11:31:00	Menyalakan aplikasi dan menjelang tidur
	01:00:00	Terbangun sesaat
	02:14:50	Terbangun sesaat
	02:22:00	Terbangun sepenuhnya
	03:44:00	Mulai tidur lagi
	04:33:00	Terbangun sesaat
	05:56:00	Terbangun sesaat
	06:00:00	Terbangun sesaat
	06:43:00	Terbangun sesaat
07:24:00	Bangun sepenuhnya dan mematikan aplikasi	



Gambar 7. Diagram siklus tidur dari EEG sampel 1



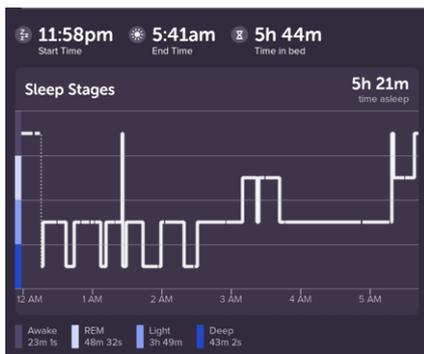
Gambar 11. Diagram siklus tidur dari EEG untuk sampel 3



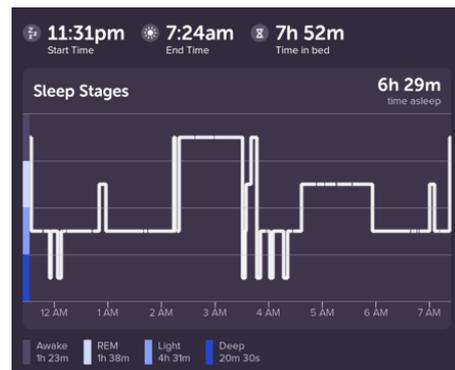
Gambar 8. Diagram siklus tidur dari Smart watch untuk sampel 1



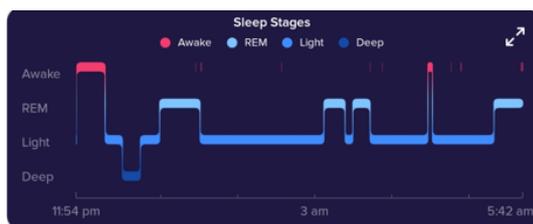
Gambar 12. Diagram siklus tidur dari Smart watch untuk sampel 3



Gambar 9. Diagram siklus tidur dari EEG untuk sampel 2



Gambar 13. Diagram siklus tidur dari EEG untuk sampel 4



Gambar 10. Diagram siklus tidur dari Smart watch untuk sampel 2



Gambar 14. Diagram siklus tidur dari Smart watch untuk sampel 4

## Analisis

Dari rekaman CCTV dan diagram siklus tidur EEG serta *smart watch*, dapat dibuat perbandingan yang terlihat pada Tabel 2 sampai dengan Tabel 5.

Frekuensi terbangunnya subjek penelitian ditentukan dari bentuk gelombang atau titik yang terlihat di daerah

tahapan terbangun. Semakin tebal titik atau gelombang yang terlihat maka nilai frekuensinya semakin besar. Gelombang atau titik pada awal diagram di mana subjek baru akan tidur tidak ikut dalam perhitungan karena tidak termasuk dalam kategori terbangun dari tidur.

Tabel 2. Perbandingan data antara rekaman CCTV dan diagram siklus tidur untuk kondisi terbangun subjek penelitian pada sampel 1.

Data Jam Terbangun dari Rekaman CCTV	Rentang Jam Terbangun yang Terdeteksi oleh EEG	Frekuensi Terbangun	Rentang Jam Terbangun yang Terdeteksi oleh <i>Smart watch</i>	Frekuensi Terbangun
01:10:00	01:10 - 02:00	0	01:10 - 02:00	0
03:28:00	02:00 - 03:00	3	02:00 - 03:00	1
04:22:00	03:00 - 04:00	0	03:00 - 04:00	2
06:05:00	04:00 - 05:00	1	04:00 - 05:00	5
06:21:48	05:00 - 06:00	0	05:00 - 06:00	2
07:04:30	06:00 - 07:00	2	06:00 - 07:00	4
07:26:00	07:00 - 07:27	1	07:00 - 07:27	4
07:27:00				

Tabel 3. Perbandingan data antara rekaman CCTV dan diagram siklus tidur untuk kondisi terbangun subjek penelitian pada sampel 2.

Data Jam Terbangun dari Rekaman CCTV	Rentang Jam Terbangun yang Terdeteksi oleh EEG	Frekuensi Terbangun	Rentang Jam Terbangun yang Terdeteksi oleh <i>Smart watch</i>	Frekuensi Terbangun
11:58:00	11.58 - 01:00	0	11.58 - 01:00	0
03:23:00	01:00 - 02:00	1	01:00 - 02:00	2
03:43:30	02:00 - 03:00	0	02:00 - 03:00	1
03:49:30	03:00 - 04:00	0	03:00 - 04:00	2
05:41:00	04:00 - 05:00	0	04:00 - 05:00	5
	05:00 - 05:41	2	05:00 - 05:41	0

Tabel 4. Perbandingan data antara rekaman CCTV dan diagram siklus tidur untuk kondisi terbangun subjek penelitian pada sampel 3.

Data Jam Terbangun dari Rekaman CCTV	Rentang Jam Terbangun yang Terdeteksi oleh EEG	Frekuensi Terbangun	Rentang Jam Terbangun yang Terdeteksi oleh <i>Smart watch</i>	Frekuensi Terbangun
12:12:00	12:12 - 01:00	0	12:12 - 01:00	0
01:39:00	01:00 - 02:00	0	01:00 - 02:00	1
02:24:20	02:00 - 03:00	0	02:00 - 03:00	3
02:31:00	03:00 - 04:00	0	03:00 - 04:00	2
03:59:00	04:00 - 05:00	0	04:00 - 05:00	4
04:41:00	05:00 - 06:00	2	05:00 - 06:00	2
04:56:35	06:00 - 06:28	0	06:00 - 06:28	3
05:28:00				
06:00:00				
06:25:00				
06:28:00				

Tabel 5. Perbandingan data antara rekaman CCTV dan diagram siklus tidur untuk kondisi terbangun subjek penelitian pada sampel 4.

Data Jam Terbangun dari Rekaman CCTV	Rentang Jam Terbangun yang Terdeteksi oleh EEG	Frekuensi Terbangun	Rentang Jam Terbangun yang Terdeteksi oleh <i>Smart watch</i>	Frekuensi Terbangun
11:31:00	11:31 - 12:00	0	11:31 - 12:00	0
01:00:00	12:00 - 01:00	0	12:00 - 01:00	1
02:14:50	01:00 - 02:00	0	01:00 - 02:00	1
02:22:00	02:00 - 03:00	1	02:00 - 03:00	1
03:44:00	03:00 - 04:00	3	03:00 - 04:00	4
04:33:00	04:00 - 05:00	0	04:00 - 05:00	2
05:56:00	05:00 - 06:00	0	05:00 - 06:00	2
06:00:00	06:00 - 07:00	0	06:00 - 07:00	1
06:43:00	07:00 - 07:24	0	07:00 - 07:24	2
07:24:00	Note: Pada sekitar pukul 02:22, EEG dan <i>smart watch</i> mendeteksi subjek terbangun sepenuhnya sebelum kembali tidur pada sekitar pukul 03:30			

Dari Tabel 2 sampai dengan Tabel 5 terlihat kalau diagram siklus tidur yang diperoleh dari *smart watch* lebih banyak mendeteksi frekuensi terbangunnya subjek penelitian daripada diagram siklus tidur dari EEG. Hal tersebut mungkin terjadi karena *smart watch* dipakaikan di tangan sedangkan EEG dipakaikan di kepala dari subjek penelitian. Dari rekaman CCTV terlihat, saat terbangun sejenak, subjek penelitian lebih banyak menggerakkan tangan daripada kepala. Frekuensi terbangunnya subjek penelitian dari diagram siklus tidur *smart watch* juga lebih banyak daripada yang tercatat pada data rekaman CCTV karena peneliti mendata jam terbangunnya subjek penelitian ketika subjek penelitian membuat gerakan yang signifikan.

Pada beberapa interval waktu, tabel perbandingan yang ada juga memperlihatkan rentang waktu yang

berdekatan untuk intensitas bangun yang sesuai antara data dari rekaman CCTV dengan diagram siklus tidur dari *smart watch*. Pada sampel 1 rekaman CCTV menunjukkan subjek sering terbangun pada rentang waktu 06:00 hingga 07:27. Diagram siklus tidur *smart watch* juga memperlihatkan frekuensi terbangun yang tinggi pada rentang waktu ini. Hal ini mungkin terjadi untuk alasan yang sama, di mana jam terbangun berdasarkan rekaman CCTV dibuat dengan melihat gerakan tubuh yang signifikan dari subjek penelitian, yang berarti di saat itu subjek penelitian kemungkinan besar juga menggerakkan tangannya. Hal yang terlihat secara signifikan terdeteksi dengan baik oleh EEG dan *smart watch* adalah pada sampel 4 di mana subjek penelitian terbangun sepenuhnya sekitar pukul 02:00 dan kembali tidur sekitar pukul 03:44.

Dari diagram siklus tidur kedua alat dibuat Tabel 6 dan Tabel 7 untuk melihat perpindahan tahapan tidur dari subjek penelitian di momen subjek akan terbangun.

Tabel 6. Perpindahan tahapan tidur sebelum subjek terbangun dengan EEG.

Sampel ke-	Momen Subjek Terbangun ke-	Tahapan Tidur Sebelum Terbangun
1	1	Light
	2	Light
	3	REM
	4	Light
2	1	Light
	2	Light
	3	REM
3	1	REM
	2	Light
4	1	Light
	2	Light
	3	REM
	4	Light

Dari Tabel 6 dan Tabel 7 dapat dihitung persentase dari setiap tahapan

Tabel 7. Perpindahan tahapan tidur sebelum subjek terbangun dengan *smart watch*.

Sampel ke-	Momen Subjek Terbangun ke-	Tahapan Tidur Sebelum Terbangun	Sampel ke-	Momen Subjek Terbangun ke-	Tahapan Tidur Sebelum Terbangun
1	1	REM	3	1	Light
	2	Light		2	Light
	3	Light		3	Light
	4	Deep		4	Light
	5	Light		5	Light
	6	Light		6	Light
	7	Light		7	Light
	8	Light		8	Light
	9	Light		9	Light
	10	Light		10	Light
	11	Light		11	REM
	12	Light		12	Light

untuk menjadi tahapan tidur sebelum subjek penelitian terbangun, yang terlihat pada Tabel 8 dan Tabel 9. Dari hasil perhitungan persentase terlihat perpindahan tahapan tidur yang paling sering adalah perpindahan tahapan tidur dari Light kemudian terbangun, yaitu sebanyak 69,2% untuk pendeteksian dengan EEG dan 76,1% untuk pendeteksian dengan *smart watch*. Dan yang paling jarang terjadi adalah perpindahan tahapan tidur dari Deep kemudian terbangun, yaitu 0% untuk pendeteksian dengan EEG dan 2,3% untuk pendeteksian dengan *smart watch*. Sedangkan perpindahan tahapan tidur dari REM kemudian terbangun cukup sering terjadi untuk pendeteksian dengan EEG yaitu sebesar 30,8%, sementara untuk pendeteksian dengan *smart watch* hanya sebesar 18,6%.

	13	Light			
2	1	REM	4	1	Light
	2	REM		2	Light
	3	Light		3	Light
	4	REM		4	Light
	5	Light		5	Light
	6	Light		6	Light
	7	Light		7	REM
	8	Light		8	REM
	9	REM		9	Light

Tabel 8. Persentase dari setiap tahapan untuk menjadi tahapan tidur sebelum subjek penelitian terbangun dengan EEG.

Tahapan	Frekuensi	Persentase (%)
Light	9	69,2
REM	4	30,8
Total	13	

Tabel 9. Persentase dari setiap tahapan untuk menjadi tahapan tidur sebelum subjek penelitian terbangun dengan *smart watch*.

Tahapan	Frekuensi	Persentase (%)
Light	34	79,1
REM	8	18,6
Deep	1	2,3
Total	43	

## KESIMPULAN

Diagram siklus tidur yang diperoleh dari *smart watch* lebih banyak mendeteksi frekuensi terbangunnya subjek penelitian serta memiliki kesesuaian yang lebih tinggi dengan rekaman CCTV, daripada diagram siklus tidur dari EEG, karena *smart watch* yang dipakaikan di tangan lebih banyak digerakkan oleh subjek daripada kepala yang mengenakan EEG.

Perpindahan tahapan tidur yang paling sering adalah perpindahan tahapan tidur dari Light kemudian terbangun, yaitu sebanyak 69,2% untuk pendeteksian dengan EEG dan 76,1% untuk pendeteksian dengan *smart watch*. Perpindahan tahapan tidur yang paling jarang terjadi adalah perindahan tahapan tidur dari Deep kemudian terbangun, yaitu 0% untuk pendeteksian dengan EEG dan 2,3% untuk pendeteksian dengan *smart watch*. Perpindahan tahapan tidur dari REM kemudian terbangun cukup sering terjadi untuk pendeteksian dengan EEG yaitu sebesar 30,8%, sementara untuk pendeteksian dengan *smart watch* hanya sebesar 18,6%.

## SARAN

Perlu dilakukan pengamatan yang lebih detail dari rekaman CCTV terhadap subjek penelitian seperti gerakan bola mata yang dapat menjadi indikator subjek terbangun sesaat.

Perlu dilakukan analisis yang lebih mendalam dari sekedar melihat diagram siklus tidur, yaitu menganalisis besaran fisik yang dipakai oleh EEG dan *smart watch* untuk menghasilkan diagram siklus tidur.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada UPH, yang melalui LPPM, telah mendanai penelitian bernomor P-042-FaST/II/2021 ini, hingga akhirnya penelitian ini dapat dilakukan dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agran, P. F., Anderson, C., Winn, D., Trent, R., Haynes, L. W. & Thayer, S. (2003). Rates of pediatric injuries by 3-month intervals for children 0-3 years of age. *Journal of Pediatrics*, 111(6), 683-692. <https://doi.org/10.1542/peds.111.6.e683>
- Anam, A. K., Mulyadi, A. & Sagar, D. W. (2017). Upaya orang tua dalam pencegahan cedera anak balita di rumah. *Jurnal Ners dan Kebidanan*, 4(1), 12-16. <https://doi.org/10.26699/jnk.v4i1.ART.p012-016>
- Atak, N., Karaoğlu, L., Korkmaz, Y. and Usubütün, S. (2010). A household survey: unintentional injury frequency and related factors among children under five years in Malatya. *Turkish Journal of Pediatrics*, 52(3), 285–293.
- Fitbit. (2022). *Understand the Impact of Your Sleep*. Retrieved March 22, 2023 from <https://www.fitbit.com/global/us/technology/sleep>
- Martin, J. L., & Hakim, A. D. (2011). Wrist actigraphy. *Chest*, 139(6), 1514-1527. <https://doi.org/10.1378/chest.10-1872>
- Mishra, A., Bhateja, V., Gupta, A., Mishra, A., Satapathy, S. C. (2019). Feature Fusion and Classification of EEG/EOG Signals. In Wang J., Reddy G., Prasad V., Reddy V. (Eds). *Soft Computing and Signal Processing. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer.
- Muse. (2022). *Muse 2 Starter Guide*. Retrieved March 22, 2023 from <https://choosemuse.com/blog/muse-2-starter-guide/>
- Ong, A. C. W., Low, S. G., & Vasawala, F. F. (2016). Childhood injuries in Singapore: Can local physicians and the healthcare system do more to confront this public health concern? *International Journal of Environmental Research Public Health*, 13 (7). <https://doi.org/10.3390/ijerph13070718>
- Patel, A. K., Reddy, V., Shumway, K. R., & Araujo, J. F. (2022). *Physiology, Sleep Stages*. StatPearls.
- Schupp, M., & Hanning, C. D. (2003). Physiology of Sleep. *BJA CEPD Reviews*, 3(3), 69-74. <https://doi.org/10.1093/bjacepd/mkg069>
- Tatum, W. O., Dworetzky, B. A., & Schomer, D. L. (2011). Artifact and recording concepts in EEG. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 28(3), 252-263. <https://doi.org/10.1097/wnp.0b013e31821c3c93>