

## **OBJECTIVE STRESS MEASUREMENT: STUDI KORELASI PARAMETER SALIVA AMYLASE DAN AKTIVITAS GELOMBANG OTAK MENGGUNAKAN ELECTROENCEPHALOGRAPH (EEG)**

Alvin Sahroni<sup>1,\*</sup>, Hendra Setiawan<sup>1</sup>, Faizal Mahananto<sup>2</sup>, Hasballah Zakaria<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta

<sup>2</sup>Departemen Sistem Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Biomedis, Institut Teknologi Bandung, Bandung

<sup>\*</sup>) E-mail: [alvinsahroni@uii.ac.id](mailto:alvinsahroni@uii.ac.id)

### **Abstrak**

Stres menjadi suatu permasalahan sosial yang berdampak luas, seperti ekonomi, sosial, agama, dan aspek lainnya di masyarakat. Dengan dampak tersebut, instrumen *stress measurement* diyakini memiliki urgensi dalam menyelesaikan permasalahan tersebut. Hingga kini, mayoritas studi pengukuran tingkat stres masih menggunakan metode *personal assessment* (kuesioner) yang memungkinkan terjadinya inkonsistensi dalam proses evaluasinya. Metode pengukur stres lain dengan menggunakan sampel saliva pada manusia yang diyakini mengandung hormon *cortisol* yang dilepaskan saat stres/manifestasinya muncul. Namun, waktu *handling* cukup lama dan hasil yang diperoleh tidak konsisten jika dilakukan pengukuran berulang. Penelitian ini bertujuan menginvestigasi bagian otak yang memiliki korelasi antara parameter gelombang otak menggunakan *Electroencephalograph* (EEG) dengan perangkat *saliva amylase chip monitor* sebagai salah satu upaya mengestimasi tingkat stres pada seseorang secara objektif menggunakan sampel saliva. Sepuluh orang subjek berpartisipasi dalam penelitian ini. Dengan memberikan stimulasi untuk meningkatkan tingkat stres pada seseorang menggunakan sebuah permainan komputer, respon otak menunjukkan korelasi yang kuat pada bagian *frontal*/otak depan terhadap hasil pengukuran *saliva amylase*, terutama pada aktivitas gelombang beta pada bagian F8 dengan tujuh dari sepuluh subjek memiliki nilai korelasi  $\geq 0.7$ . Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas gelombang otak pada bagian depan merupakan bagian terpenting untuk mengukur tingkat stres secara objektif menggunakan sinyal biologis secara *real time*.

*Kata kunci: EEG, stres, gelombang otak, saliva amylase chip monitor, gelombang beta*

### **Abstract**

Stress becomes a social problem that has broad impacts, such as economic, social, religious, and other aspects in society. With such impact, stress measurement instruments have an essential role in resolving these problems. The majority of studies used the personal assessment method (questionnaire), which is possible for inconsistencies in the evaluation process while measuring the stress levels. Another way is using saliva samples in humans that consist of cortisol, hormones that elicited during stress. However, this method requires considerable handling time and inconsistent for repetitive measurements. This study aims to investigate which parts of the brain that have a strong correlation between brainwave parameters using *Electroencephalograph* (EEG) with the salivary amylase chip monitor devices that objectively estimate stress levels in a person. Ten subjects participated in this study. By providing stimulation to increase a person's stress level using a computer game, the brain's response shows a strong correlation between the frontal and salivary amylase levels, especially in beta wave activity in F8 with seven out of ten subjects having a correlation value  $\geq 0.7$ . It shows that brain wave activity in the frontal part is the most crucial part to measure stress levels using biosignal in real-time objectively.

*Keywords: EEG, stress, brain wave, saliva amylase chip monitor, beta wave*

### **1. Pendahuluan**

Stres adalah suatu masalah kondisi mental yang dipengaruhi oleh multifaktor yang kompleks mulai dari disebabkan oleh aspek sosial, ekonomi, politik, teknologi, maupun tuntutan norma-norma yang berlaku yang hingga

saat ini dampaknya selalu tumbuh dan meningkat secara signifikan sejalan dengan kemajuan zaman dan teknologi yang kian pesat. Stres sendiri dapat memicu beberapa dampak seperti gangguan mental dan penyakit, baik dalam tingkatan yang ringan hingga penyakit yang kronis dan mampu mempengaruhi produktivitas kerja seseorang. Jika

masalah terkait dengan stres ini tidak diatasi secara serius, maka diyakini dapat memperparah kondisi stres seseorang baik secara fisik maupun psikologis.

Studi evaluasi terhadap tingkat stres sebagai suatu media pengukuran keadaan mental seseorang diklaim sangat penting untuk mengatasi masalah-masalah yang muncul dan kebutuhan ini juga diperlukan pada berbagai bidang terkait metode *assessment*. Sebagai contoh dalam bidang olahraga, pengukuran tingkat stres digunakan untuk mengetahui pengaruh stres terhadap proses penyembuhan setelah cedera, atau pengukuran stres bagi para supir truk dan tentara saat melakukan pekerjaan mereka [1, 2, 3].

Untuk mengevaluasi dan memvalidasi keadaan mental tersebut, beberapa metode pengukuran konvensional umum telah dilakukan, baik dari segi klinis maupun psikologis seperti penggunaan *cortisol* atau *dehydroepiandrosterone* (DHEA) sebagai biomarker stres menggunakan sampel saliva dari subjek yang terkait [4,5,6]. Pengukuran dengan saliva dianggap sebagai suatu pengukuran yang lebih objektif karena menggunakan secara langsung sampel dari tubuh manusia, namun biomarker menggunakan saliva tidak memberikan hasil secara langsung karena membutuhkan waktu *handling* lebih dari beberapa menit. Untuk beberapa metode pengujian saliva bahkan membutuhkan beberapa jam untuk mendapatkan hasil pembacaannya dan kurang memiliki konsistensi yang baik pada saat dilakukan pengukuran yang berulang pada subjek yang sama. Selain itu, pengukuran konvensional lain yang umum digunakan yaitu kuesioner dengan beberapa kriteria seperti kriteria HARS (*Hamilton Anxiety Rating Scale*) yang digunakan dalam bidang klinis [7].

Berdasarkan pemaparan-pemaparan tersebut, maka dapat dilihat, bahwa permasalahan dalam validasi pengukuran stres masih dibutuhkan, terutama mendapatkan pengukuran yang objektif tanpa menggunakan persepsi subjektif manusia. Salah satu perangkat digital yang diklaim dapat memberikan informasi keadaan stres seseorang adalah menggunakan *salivary amylase*. Penggunaan *salivary amylase* dikenalkan pertama kali oleh *Yamaguchi, et al.*, yang merupakan awal dari pengembangan alat monitoring stres tersebut [8].

Penelitian ini menginvestigasi lebih lanjut hubungan antara pengukuran saliva sebagai media pengukuran stres secara objektif dengan aktivitas potensial listrik otak sebagai *central nervous system* yang juga bertanggung jawab terhadap regulasi emosi pada manusia. Penelitian-penelitian seperti ini masih jarang dilakukan. Penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya yaitu menganalisa EEG untuk mengukur stres dengan menggunakan *salivary amylase* sebagai validator eksperimen oleh *Al-Shargie, et al.* dengan fokus dari

penelitian tersebut yaitu asesmen stres menggunakan EEG dan *functional near-infrared spectroscopy* (fNIRS). Namun proses validasi apakah memang ditemukan suatu korelasi antara aktivitas otak dan *salivary amylase* belum dilakukan pada penelitian tersebut [9]. Selain itu, masih belum ditemukannya pernyataan bahwa metode *salivary amylase* tersebut berkaitan erat dengan gelombang otak sebagai fungsi kontrol tubuh dalam meregulasi emosi dan stres.

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk menginvestigasi lebih lanjut apakah ada suatu korelasi kuat antara aktivitas gelombang otak saat diberikan suatu stimulasi stres dengan nilai *salivary amylase* sebagai metode objektif dalam pengukuran stres. Penelitian ini adalah langkah awal untuk membantu mengkuantifikasikan gejala respon emosi beserta manifestasinya secara alamiah menggunakan sinyal tubuh menggunakan teknik rekayasa dan pemrosesan sinyal digital. Kontribusi lain dari penelitian ini adalah untuk menguatkan apakah EEG dapat digunakan secara *reliable* dalam asesmen stres serta bagaimana lokalisasi yang dominan terhadap perubahan stres seseorang.

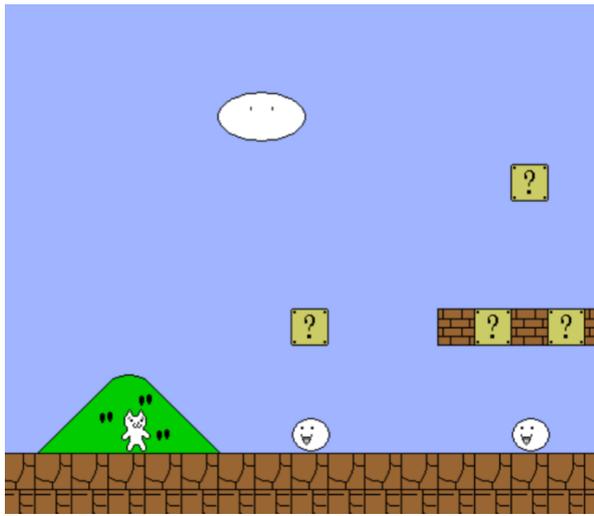
## 2. Metode

### 2.1. Ethical Clearance

Penelitian ini telah melalui proses kaji etik dengan no. referensi 80/Ka.Kom.Et/70/KE/II/2019 yang dikeluarkan oleh Komite Etik Penelitian Kedokteran dan Kesehatan, Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Proses kaji ini adalah syarat utama saat melakukan suatu kajian eksperimen dengan melibatkan manusia sebagai partisipan penelitian. Data seluruh subjek penelitian disimpan dan dijaga kerahasiaannya. Selain itu, sebelum penelitian dilakukan, seluruh subjek telah dijelaskan oleh petugas penelitian berkaitan informasi eksperimen penelitian dan proses pengambilan data EEG. Setelah memberikan penjelasan, eksperimen penelitian dapat dilakukan jika subjek setuju dan mengisi *informed consent* yang telah tersedia.

### 2.2. Subjek

Pada penelitian ini, sepuluh subjek yang berasal dari mahasiswa aktif Universitas Islam Indonesia (UII) dengan rentang umur 19 – 22 tahun dan berasal dari berbagai latar belakang program studi berpartisipasi dalam penelitian ini. Seluruh subjek dalam keadaan sehat dan tidak mengalami suatu gangguan penyakit serta tidak dalam masa perawatan dari rumah sakit. Sebelum penelitian/eksperimen dilakukan, setiap subjek akan diberikan penjelasan terlebih dahulu berkaitan dengan mekanisme selama eksperimen dilakukan. Di akhir penjelasan, subjek akan diminta untuk menandatangani *informed consent* sebagai persetujuan untuk ikut berpartisipasi dalam penelitian ini beserta segala ketentuan yang berlaku.



Gambar 1. Cuplikan permainan *Cat Mario* yang dikenal dengan tingkat kesulitannya sebagai cara untuk menstimulasi stres beserta manifestasinya

### 2.3. Desain Eksperimen

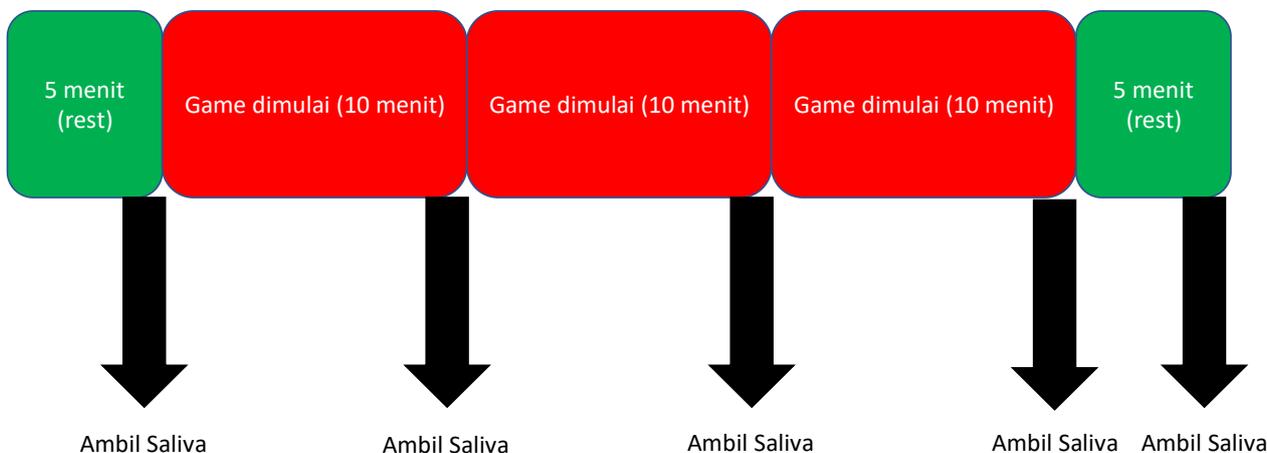
Penelitian/eksperimen dilakukan di Laboratorium Dasar Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Waktu pelaksanaan penelitian adalah pukul 10.00 WIB hingga 15.00 WIB. Setiap subjek akan diminta untuk bermain suatu game yang berjudul *Cat Mario* yang memang telah dikenal sangat sulit dan sering menimbulkan perubahan emosi para pemainnya. Emosi yang muncul adalah frustrasi, kesal, marah, yang merupakan manifestasi dari stres itu sendiri. Permainan *Cat Mario* dapat dengan mudah ditemukan dan di unduh di *website-website* kumpulan aplikasi seperti *softonic* maupun dari beberapa situs *online* yang menyediakan *flash-game* untuk permainan yang sejenis. Cuplikan permainan dapat dilihat pada Gambar 1.

Desain eksperimen (Gambar 2) dibagi menjadi 5 segmen. Dalam penelitian sejenis, segmen dalam pengambilan data diawali dengan istirahat, pemberian stimulasi, dan istirahat kembali. Stimulasi stres dapat diberikan selama beberapa kurun waktu berkisar 3 – 15 menit [10,11]. Setiap segmen, subjek menggunakan EEG *Cap* dan tiap jeda saat pergantian segmen akan dilakukan pengambilan sampel saliva. Adapun penjelasan masing-masing segmen adalah sebagai berikut:

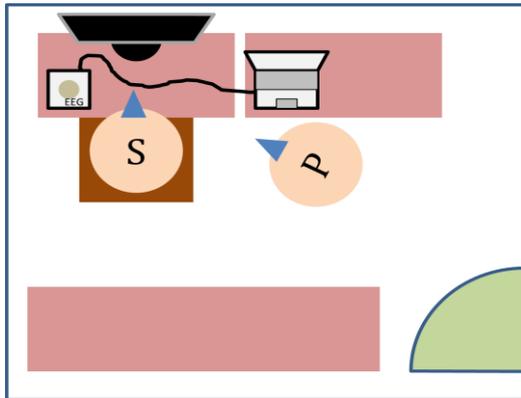
1) **Segmen 1:** Subjek telah memakai seluruh sensor untuk merekam aktivitas otak pada permukaan kulit kepala. Subjek diminta untuk relaks dan duduk dengan tenang menghadap ke layar monitor selama 5 menit (Gambar 3) dan tidak melakukan banyak gerakan. Di akhir segmen ini, *saliva* dari subjek akan diambil. Subjek dilarang untuk berkomunikasi maupun berbicara dengan orang lain selama periode eksperimen berlangsung.

2) **Segmen 2, 3, dan 4:** Permainan *Cat Mario* dilakukan sebanyak 3 kali *trial* pengulangan. Setiap *trial* dilakukan selama maksimal 10 menit dan antara *trial* akan diberi jeda 10-30 detik untuk mengambil sampel saliva subjek. Tujuan pengulangan *trial* adalah untuk mendapatkan data dengan konsistensi dan perubahan yang signifikan pada emosinya [10]. Subjek dapat mengulang permainan beberapa kali jika *game over* tanpa batas dan tidak diizinkan berkomunikasi dengan siapapun dalam ketiga periode segmen ini.

3) **Segmen 5:** Setelah 30 menit bermain, subjek akan diminta untuk duduk istirahat dengan tenang dan relaks selama 5 menit dengan tatapan menuju ke layar monitor (Gambar 3). Dalam kondisi ini, subjek tetap tidak boleh berkomunikasi dengan siapapun. Di akhir dari periode ini sampel saliva subjek akan diambil kembali.



Gambar 2. Desain eksperimen penelitian dengan beberapa segmen pengambilan data. Setiap segmen berakhir, akan dilakukan pengambilan sampel *saliva* dari tiap subjek. Saat seluruh segmen dilakukan, data aktivitas otak tetap direkam



Gambar 3. Posisi subjek (S) dan asisten peneliti (P) saat eksperimen berlangsung.

Untuk menjaga agar permainan dilakukan secara jujur dan efek stres dapat muncul dengan baik, maka para peneliti di lapangan akan melakukan komunikasi di awal sebelum hari eksperimen dilakukan, untuk memastikan bahwa subjek tidak mengetahui dan pernah bermain *game* yang digunakan pada eksperimen ini. Secara keseluruhan, subjek juga tidak boleh melakukan komunikasi dengan siapapun saat melakukan dan setelah eksperimen. Hal ini



Gambar 4. Sensor EEG dalam bentuk topi / cap (atas) dan EEG amplifier MITSAR-21 kanal

bertujuan untuk menjaga agar eksperimen berikutnya dapat berjalan dengan baik.

Tabel 1. Representasi stres berdasarkan nilai yang tertera pada alat saat membaca *chip* dari sampel *saliva* subjek

Nilai terbaca (KU/L)	Level Stres
0 – 30	Tidak ada
31 – 45	Awal Stres
46 – 60	Stres
>60	Stres Berat

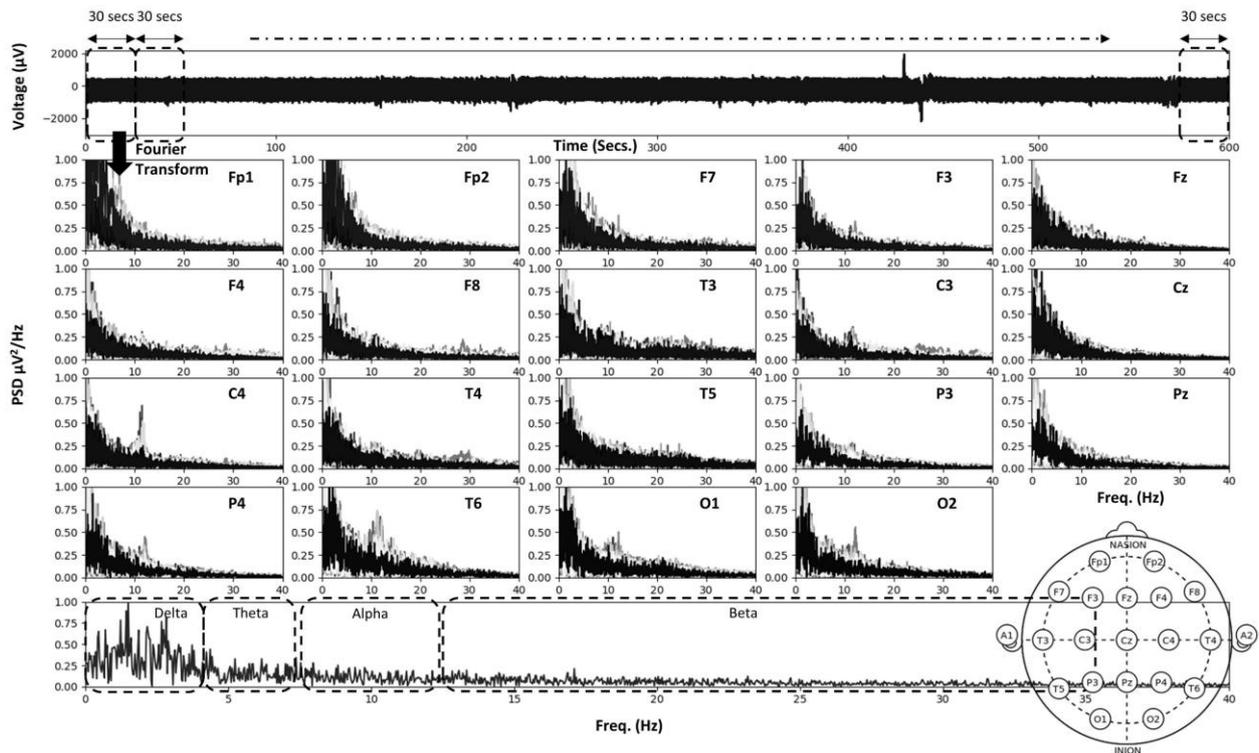


Gambar 5. NIPRO COCOROMETER salivary amylase chip monitor

## 2.4 Perakaman Data dan Perangkatnya

Total rekam data pada eksperimen ini maksimal adalah 40 menit. Selama 40 menit (dari segmen 1 s/d segmen 5), aktivitas otak yang berasal dari potensial listrik dipermukaan kepala direkam menggunakan alat *MITSAR-EEG* yang dikeluarkan oleh Rusia dengan spesifikasi 21-kanal elektrode dengan *sampling frequency* 250 Hz dan jenis elektroda yang digunakan adalah elektrode basah (Gambar 4). Dikarenakan menggunakan elektrode tipe basah, maka perlu ditambahkan gel khusus sebagai penambah konduktivitas elektrode dengan ketentuan bahwa impedansi harus dibawah 10 kilo-ohm saat eksperimen berlangsung. Selain menggunakan gel khusus untuk menambah konduktivitas elektrode, subjek juga diminta untuk mencuci rambut sebelum eksperimen dimulai agar kotoran-kotoran yang ada dipermukaan kepala tidak akan mengganggu konduktivitas sensornya.

Selama eksperimen berlangsung, data EEG akan direkam secara kontinyu. Setiap segmen berakhir akan diambil data sampel saliva tiap subjek menggunakan *COCOROMETER salivary amylase chip monitor* yang dikeluarkan oleh Jepang dan memang telah umum digunakan untuk mengestimasi keadaan stres pekerjanya. Alat ini akan mengukur saliva dari penggunaanya dengan menggunakan *chip* khusus (Gambar 5). Hasil dari pembacaan tersebut adalah sebuah nilai yang memiliki rentang interval tertentu untuk menggambarkan kondisi emosi dari pemilik saliva.



Gambar 6. Prosedur pemrosesan sinyal untuk ekstraksi fitur pada EEG menggunakan transformasi *fourier* dan daftar kanal sensor EEG yang terbaca dan yang akan dianalisis pada penelitian ini. Huruf depan F: *Frontal*, T: *Temporal*, C: *Central*, P: *Parietal*, dan O: *Occipital*.

Adapun rentang tersebut berasal dari tutorial penggunaan alat yang tersedia dalam bahasa Jepang. Representasi masing-masing nilai pengukuran saliva dapat dilihat pada Tabel 1.

### 2.5 Pemrosesan Sinyal dan Ekstraksi Fitur

Sinyal yang direkam oleh EEG amplifier MITSAR adalah dalam kawasan waktu dengan *sampling frequency* 250 Hz dan total rekam data lebih kurang 40 menit dengan tiap segmennya adalah 5, 10, 10, 10, dan 5 menit perekaman. Sinyal tersebut sangat mudah terkena gangguan, seperti *power interference* pada kawasan 50/60 Hz dan beberapa gangguan frekuensi tinggi lain yang berasal dari gerak tubuh subjek. Untuk itu, setiap sinyal EEG yang direkam akan ditapis menggunakan *notch filter* dengan *stop-band frequency* 50/60 Hz. Untuk mendapatkan fitur dasar dari gelombang otak, maka sinyal EEG akan ditapis kembali dengan menggunakan *band-pass filter* dengan lebar frekuensi antara 0.5 – 50 Hz.

Ekstraksi fitur adalah hal penting dalam pemrosesan sinyal EEG. Standar umum pengolahan fiturnya adalah menggunakan pendekatan kawasan frekuensi. Sinyal EEG pada umumnya memiliki lima gelombang dasar yang dikenal dengan *delta* (<4 Hz), *theta* (4 – 7 Hz), *alpha* (8 – 12 Hz), *beta* (13 – 30/36 Hz), dan *gamma* (> 36 Hz). Dari masing-masing gelombang tersebut, parameter yang umum digunakan adalah *relative power* yang merupakan rasio antara *power spectrum density* (PSD) dari suatu interval gelombang otak terhadap total *power* yang

digunakan pada seluruh gelombang otak. Pada umumnya bernilai antara 0 s/d 1. Untuk mendapatkan nilai masing-masing gelombang otak, cara yang umum digunakan adalah dengan menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada sinyal EEG yang terekam. Adapun sinyal yang berasal dari EEG adalah berjumlah 19 kanal (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, dan O2). Detail proses yang terjadi diilustrasikan pada Gambar 6. Setelah mendapatkan spektrum frekuensi, maka langkah selanjutnya adalah menghitung PSD tiap-tiap *band* (*delta*, *theta*, *alpha*, *beta*, dan *gamma*). Dalam penelitian ini, analisa deskriptif statistik digunakan untuk mengetahui kuantifikasi parameter tiap-tiap kanal EEG.

### 2.6 Analisis Data

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi antara parameter tiap kanal EEG dengan perangkat pengukur stres menggunakan *saliva amylase*. Untuk menganalisa korelasi kedua perangkat tersebut, penelitian ini akan menggunakan analisa statistik deskriptif dengan menggunakan analisa korelasi *pearson* yang merepresentasikan hubungan secara linear 2 buah variabel dengan rentang nilai -1 hingga 1.

$$r = \frac{\sum(x-x_{avg})(y-y_{avg})}{\sqrt{\sum(x-x_{avg})^2(y-y_{avg})^2}} \quad (1)$$

Tabel 2. Hasil uji korelasi *pearson* antara *relative power delta* dan skor alat pengukur stres saliva

Kanal	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1 Fp1-Av	0.58	-0.97	-0.90	0.98	-0.96	0.95	1.00	0.68	-0.93	-0.84
2 Fp2-Av	0.54	-0.97	-0.89	1.00	-0.98	0.95	0.95	0.55	-1.00	-0.92
3 F7-Av	-0.95	-0.97	-0.12	-0.98	-0.99	0.99	0.52	0.98	-0.99	-1.00
4 F3-Av	0.21	-0.97	-0.89	-0.21	-0.83	0.95	-0.02	-0.68	-0.80	-0.84
5 Fz-Av	0.67	-0.97	0.08	0.97	0.16	0.41	0.79	-0.98	-0.99	-0.88
6 F4-Av	-1.00	-0.97	-0.83	0.99	1.00	0.43	0.62	-0.42	-1.00	-0.83
7 F8-Av	1.00	-0.97	-0.76	0.67	-0.91	-0.05	-0.97	0.60	-1.00	-0.80
8 T3-Av	-0.86	-0.97	-0.73	-0.42	-0.80	0.95	0.47	0.72	-0.98	-0.79
9 C3-Av	-0.99	-0.97	-0.72	0.12	-0.97	1.00	0.06	0.86	-1.00	-0.94
10 Cz-Av	-0.36	-0.97	-0.65	-0.17	-0.70	1.00	0.93	0.97	-0.90	-0.93
11 C4-Av	-0.97	-0.97	-0.76	0.60	-0.90	1.00	0.99	0.99	-1.00	-0.91
12 T4-Av	-0.94	-0.97	-0.86	0.05	-0.96	0.80	0.49	0.77	-1.00	-0.96
13 T5-Av	0.97	0.97	-0.93	0.74	-0.99	0.99	0.36	1.00	-0.97	-0.86
14 P3-Av	0.83	-0.97	-0.95	0.96	-0.92	0.99	0.23	1.00	-0.97	-0.94
15 Pz-Av	0.11	-0.97	-0.88	0.96	-0.67	0.99	0.83	0.99	-0.99	-0.97
16 P4-Av	0.16	-0.97	-0.84	0.76	-0.76	0.99	0.94	0.98	-0.94	-0.95
17 T6-Av	0.80	0.97	-1.00	0.68	-0.63	0.98	0.47	0.90	-0.90	-0.96
18 O1-Av	0.69	0.97	-0.88	0.82	-0.77	0.96	0.57	1.00	-0.97	-0.76
19 O2-Av	0.45	0.97	-0.19	0.87	-0.87	1.00	0.53	0.89	-1.00	-0.80

Dimana  $r$  adalah nilai korelasi variabel yang diuji,  $x$  dan  $y$  adalah masing-masing variabel yang diuji,  $x_{avg}$  dan  $y_{avg}$  adalah rerata dari masing-masing variabel. Adapun variabel  $x$  adalah representasi fitur dari sinyal EEG dalam kawasan masing-masing pita frekuensi (*delta*, *theta*, *alpha*, *beta* dan *gamma*) untuk masing-masing kanal dan  $y$  adalah hasil pengukuran sampel saliva (KU/L). Nilai korelasi yang dihitung merupakan nilai fitur/parameter masing-masing variabel setiap segmen *trial* stimulasi stres. Nilai korelasi berada diantara rentang -1 s/d 1 dimana nilai negatif menunjukkan hubungan yang saling berlawanan antara kedua variabel. Sebaliknya, nilai positif menunjukkan hubungan yang searah antara variabel  $x$  dan  $y$ .

### 3. Hasil dan Analisa Pembahasan

Pada penelitian ini, kami melakukan analisa dari hasil uji korelasi antara masing-masing kanal pada EEG tiap subjek dari sepuluh subjek yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini. Nilai korelasi yang diperoleh merupakan hubungan antara parameter EEG dan saliva di tiap segmennya saat menerima stimulasi stres. Setiap hasil dari penelitian ini adalah sebagai gambaran dan informasi penting tentang lokalisasi aktivitas gelombang otak yang memiliki kemungkinan untuk diukur sebagai representasi perubahan keadaan stres seseorang. Untuk memberikan pembahasan yang lebih komprehensif, setiap hasil yang ada akan diikuti dengan justifikasi pandangan dan ulasan studi terdahulu untuk mendukung klaim dan hasil dari

penelitian yang kami lakukan. Pada pembahasan ini, kami menggunakan parameter *relative power* dari gelombang otak yang memiliki korelasi cukup tinggi, yaitu jika rerata nilai korelasi  $\geq 0.35$  dengan pertimbangan bahwa nilai korelasi tersebut merepresentasikan sedikitnya setengah dari seluruh subjek memiliki konsistensi korelasi yang sama yaitu positif atau negatif. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai uji korelasi *pearson* yang menggambarkan hubungan kedua variabel yaitu parameter *relative power* dari masing-masing kanal EEG dan nilai ukur pada uji saliva menggunakan NIPRO COCOROMETER *salivary amylase chip monitor*.

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, dapat terlihat bahwa bagian otak *frontal* memiliki nilai arah korelasi yang cukup konsisten dan dominan dibandingkan dengan kanal yang lain. Arah korelasi pada *band power delta* adalah berbanding terbalik, yang berarti semakin tinggi nilai ukur saliva sebagai evaluasi keadaan stres yang berasal pembacaan *saliva amylase chip monitor* maka semakin rendah pula nilai parameter *relative power delta* nya. Posisi elektroda F3 memiliki konsistensi yang paling baik yaitu delapan subjek memiliki konsistensi arah korelasi yang sama dengan rerata nilai korelasi -0.7 dari ke-sepuluh subjek yang berpartisipasi. Berdasarkan data ini menunjukkan bahwa, gelombang otak *delta* pada bagian *frontal* akan mengalami peningkatan aktivitas disaat stres tidak muncul. Hal ini menunjukkan suatu karakteristik gelombang otak yang akan semakin tinggi pada rentang frekuensi rendah (*delta*, *theta*, *alpha*) jika kondisi fisik dan

Tabel 3. Hasil uji korelasi *pearson* antara *relative power beta* dan skor alat pengukur stres *saliva*

Kanal	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1 Fp1-Av	-0.72	0.21	0.75	-0.96	0.98	-0.99	-0.82	-0.19	0.88	0.99
2 Fp2-Av	0.04	0.22	0.78	-0.99	0.97	-0.97	-0.99	-0.95	1.00	0.99
3 F7-Av	1.00	0.53	0.57	0.32	0.62	-0.99	-0.15	-0.71	0.95	0.99
4 F3-Av	1.00	0.30	0.73	-0.98	0.82	-0.96	0.32	0.10	0.54	0.80
5 Fz-Av	-0.55	-0.24	-0.05	-0.87	-0.61	-0.57	-0.17	0.29	0.96	0.85
6 F4-Av	0.99	0.96	0.78	-0.98	-0.72	-0.95	-0.18	0.52	0.99	0.77
7 F8-Av	0.97	0.97	0.80	-0.61	0.95	-0.45	0.69	-0.99	1.00	0.81
8 T3-Av	0.99	0.75	0.67	0.31	0.75	-0.92	-0.30	-0.98	0.95	0.73
9 C3-Av	1.00	0.99	0.69	-0.96	0.89	-1.00	-0.29	-0.67	0.99	0.90
10 Cz-Av	0.74	1.00	0.69	-0.76	-0.64	-0.98	-0.29	-0.75	0.99	0.89
11 C4-Av	1.00	1.00	0.74	-0.94	-0.64	-1.00	-0.19	-0.97	0.99	0.86
12 T4-Av	0.99	0.95	0.77	-0.09	0.98	-0.60	-0.36	-0.99	0.96	0.94
13 T5-Av	0.47	-0.55	0.94	-0.42	0.45	-0.98	-0.26	-0.87	0.95	0.78
14 P3-Av	0.99	-0.34	0.95	-0.91	0.78	-1.00	-0.09	-0.84	0.97	0.85
15 Pz-Av	0.00	0.47	0.88	-1.00	0.92	-0.98	-0.61	-0.92	0.94	0.85
16 P4-Av	0.31	0.48	0.84	-0.45	0.79	-0.98	-0.62	-0.88	0.94	0.85
17 T6-Av	0.56	-0.91	0.96	-0.68	0.97	-0.95	-0.13	-0.80	0.91	0.90
18 O1-Av	0.34	-0.64	0.61	-0.58	0.05	-0.92	-0.50	-0.89	0.99	0.60
19 O2-Av	0.68	-0.97	-0.99	-0.61	0.78	-1.00	-0.53	-0.77	1.00	0.62

fisiologis manusia semakin minimal (rileks, mengantuk maupun tidur) [12]. Berdasarkan beberapa studi yang telah menggunakan EEG untuk mengevaluasi tingkat stres juga menunjukkan bahwa komponen frekuensi yang lebih rendah dapat menjadi suatu fitur untuk membedakan antara perubahan emosi stres dan normal [10, 13]. Akan tetapi, perlu diketahui bahwa stimulasi stres yang berbeda akan memberikan keadaan yang berbeda pula. Perbedaan ini juga sangat dipengaruhi oleh suatu perubahan emosi yang terkadang memiliki kemiripan atau bentuk respon tubuh yang hampir sama [14]. Sehingga, penelitian ini tidak hanya berhenti sesaat perbedaan dan korelasi antara sinyal tubuh dapat mengevaluasi stres atau perubahan emosi seseorang, namun mampu mengenali manifestasi dan perubahan emosi yang lebih spesifik akan menjadi tantangan sendiri dalam topik penelitian ini.

Hal yang berbeda ditemukan pada gelombang otak pada frekuensi tinggi yaitu gelombang *beta*. Secara umum dapat kita lihat pada Tabel 3 bahwa arah korelasi (positif atau negatif) dari seluruh kanal EEG pada seluruh partisipan adalah cenderung seimbang. Keseimbangan itu menunjukkan bahwa beberapa subjek memiliki korelasi positif dan begitu juga selebihnya memiliki arah yang negatif. Pada kondisi seperti ini dapat menunjukkan bahwa, gelombang otak *beta* tidak memiliki korelasi yang konsisten terhadap perubahan stres yang diwakili dengan nilai sampel *saliva amylase* menggunakan NIPRO COCOROMETER *salivary amylase chip monitor*. Selain itu juga dapat terlihat bahwa, keseimbangan arah korelasi

dari masing-masing kanal EEG pada gelombang *beta* identik. Artinya, dibandingkan dengan gelombang *delta* yang didominasi oleh bagian *frontal*, maka kecenderungan itu tidak ditemukan pada gelombang otak *beta* yang cenderung merata diseluruh bagian permukaan otak (*frontal, central, temporal, parietal, dan occipital*). Adapun korelasi antara parameter EEG dan sampel saliva pada elektroda F8 adalah satu-satunya posisi aktivitas gelombang otak yang memiliki konsistensi arah korelasi yang baik, yaitu tujuh dari sepuluh subjek menunjukkan arah korelasi positif yang cukup tinggi. Adapun rata-rata nilai korelasi dari tujuh subjek tersebut 0.9. Hal ini berarti semakin tinggi stres yang muncul maka kondisi gelombang *beta* juga akan semakin meningkat. Hal ini mungkin berkaitan dengan karakteristik gelombang *beta* yang identik dengan aktivitas fisik yang lebih aktif dan bertolak belakang dengan gelombang *delta* dan *theta* yang identik dengan keadaan otak yang berfrekuensi rendah. Secara umum, kami menganggap bahwa, kenaikan nilai *relative power beta* menunjukkan keadaan tubuh subjek yang terkesan gelisah dan menimbulkan peningkatan gelombang otak sehingga manifestasi dari stres seperti gelisah, frustrasi, ataupun marah yang muncul saat distimulasi oleh permainan ini. Hal ini juga ditunjukkan dari studi terdahulu yang menggunakan gelombang *beta* sebagai salah satu fitur parameter EEG dalam mendeteksi stres [15].

Berdasarkan hasil investigasi ini, korelasi antara gelombang otak dengan *saliva amylase* untuk mengukur kadar stres pada seseorang dapat terlihat pada gelombang

otak *delta* yang merupakan gelombang otak berfrekuensi rendah dan gelombang otak *beta* yang memiliki frekuensi tinggi. Secara keseluruhan, kedua gelombang tersebut, memiliki kesamaan bahwa korelasi terkuat berada pada bagian frontal otak (F3 dan F8). Hal ini selaras dengan penelitian Minguillon *et. al.*, yang juga mengembangkan alat pendeteksi stres menggunakan EEG hanya pada bagian otak depan/frontal [15]. Kekurangan dari penelitian – penelitian terdahulu dalam menggunakan energi potensial listrik pada permukaan otak dengan menggunakan EEG untuk mendeteksi stres adalah tidak menginvestigasi secara spesifik bagian otak yang dominan beserta validasi instrumen untuk mengevaluasi stres beserta keadaan lingkungan eksperimen yang berbeda-beda. Penelitian ini telah berhasil membuktikan bahwa penggunaan gelombang otak *frontal* dapat digunakan untuk mengukur tingkat stres secara objektif seperti halnya penggunaan saliva yang dipercaya mengandung hormon *cortisol* sebagai penyebab stres.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan studi yang telah dilakukan, kami menyimpulkan bahwa bagian otak tertentu memiliki hubungan yang kuat dengan *saliva amylase chip monitor* sebagai alat yang digunakan untuk mengukur stres secara objektif. Hasil investigasi menunjukkan bahwa bagian *frontal* otak adalah bagian yang mendominasi untuk merepresentasikan stres terutama pada bagian F3 (gelombang *delta*) dan F8 (gelombang *beta*). Pada gelombang *delta* setidaknya delapan dari sepuluh partisipan menunjukkan korelasi negatif (rerata = -0.7) dan gelombang *beta* menunjukkan tujuh dari 10 partisipan berkorelasi positif (rerata = 0.9). Sebagai bahan kajian kedepan, maka *subjective evaluation* tetap dibutuhkan dan bentuk stimulasi stres yang beragam dapat diberikan kepada subjek di tiap segmennya dengan jumlah pengulangan yang lebih banyak.

#### Referensi

- [1]. Laux, P., Krumm, B., Diers, M., Flor, H. *Recovery-stress balance and injury risk in professional football players: a prospective study.*, *Journal of Sports and sciences*. 2015, vol. 30(20): pp. 2140-2148.
- [2]. Zheng, R., Yamabe, S., Nakano, N., Suda, Y. *Biosignal analysis to assess mental stress in automatic driving of trucks: palmar perspiration and masseter electromyography*. *Sensors*. 2015; vol. 15(1): pp. 5136-5150.
- [3]. Seoane, F., Mohino-Herranz, I., Ferreira, et al. *Wearable biomedical measurement systems for assessment of mental stress of combatants in real time*. *Sensors*. 2014; vol. 14(4): pp. 7120-7141.
- [4]. Danhof-pont, M.B., Van Veen, T., Zitman, F.G. *Biomarkers in burnout: a systematic review*. *J. Psychosom. Res.* 2011; 70: pp. 505-524.
- [5]. Lac, G., Dutheil, F., Brousse, G., Triboulet-Kelly, C. A. *Chamoux. Saliva DHEAS changes in patients suffering from psychopathological disorders arising from bullying at work*. *Brain Cogn.* 2012; vol. 80: pp. 277-281.
- [6]. Cohen, M., Khalaila, R. *Saliva pH as a biomarker of exam stress and a predictor of exam performance*. *Journal of Psychosomatic Research*. 2014; vol. 77: pp. 420-425.
- [7]. Corbett, B.A., Schupp, C., Levine, S., Mendoza, S. *Comparing cortisol, stress, and sensory sensitivity in children with autism*. *Autism Res.* 2009; 2: pp. 34-49.
- [8]. Yamaguchi, M., Kanemori, T., Kanemaru, M., Mizuno, Y., Yoshida, H. *Test-Strip-Type Salivary Amylase Activity Monitor and Its Evaluation*. *Sensors and Materials*. 2003; 15(5): 283-294.
- [9]. Al-Shargie, F., Kiguchi, M., Badruddin, N., Dass, S. C., Fadzil Mohammad Hani, A., Boon Tang, T. *Mental stress assessment using simultaneous measurement of EEG and fNIRS.*, *Biomedical Optics Express*. 2016; vol. 7(10): pp. 3882.
- [10]. Al-Shargie, F.M., Tang, T.B., Badruddin, N. and Kiguchi, M. *Mental stress quantification using EEG signals*. In *International Conference for Innovation in Biomedical Engineering and Life Sciences*. Springer, Singapore. 2015; pp. 15-19.
- [11]. Saidi, M., Hassanpoor, H. and Azizi Lari, A. *Proposed new signal for real-time stress monitoring: Combination of physiological measures*. *AUT Journal of Electrical Engineering*. 2017; vol. 49(1): pp.11-18.
- [12]. Britton, J.W., Frey, L.C., Hopp, J.L., Korb, P., Koubeissi, M.Z., Lievens, W.E., Pestana-Knight, E.M. and St, E.L. *Electroencephalography (EEG): An introductory text and atlas of normal and abnormal findings in adults, children, and infants*. *American Epilepsy Society, Chicago*. 2016: 8-20.
- [13]. Subhani, A.R., Xia, L. and Malik, A.S. *EEG signals to measure mental stress*. In *2nd International Conference on Behavioral, Cognitive and Psychological Sciences*. Maldives. 2011; (pp. 84-88).
- [14]. Nakasone, A., Prendinger, H. and Ishizuka, M. *Emotion recognition from electromyography and skin conductance*. In *Proc. of the 5th international workshop on biosignal interpretation*. September 2005; (pp. 219-222).
- [15]. Minguillon, J., Perez, E., Lopez-Gordo, M., Pelayo, F. and Sanchez-Carrion, M. *Portable system for real-time detection of stress level*. *Sensors*, 2018; vol. 18(8): p.2504.