

Pengaruh Penggunaan *Transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS) Terhadap Pasien Stroke

Odilia Valentine¹

¹ Teknik Listrik dan Instalasi, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng
Nipa-Nipa, Pa'jukukang, Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan
E-mail: Odilia@akom-bantaeng.ac.id

Naskah Masuk: 29 Juni 2023; Diterima: 04 Agustus 2023; Terbit: 28 Agustus 2023

ABSTRAK

Abstrak - Stroke atau sering disebut juga sebagai abnormalitas pada pembuluh darah di otak (*Cerebrovascular Accident/CVA*) adalah kondisi di mana terjadinya penyumbatan atau pecahnya pembuluh darah yang disebabkan oleh kurangnya atau terhentinya penyaluran darah ke otak sehingga mengakibatkan penyumbatan atau pecahnya pembuluh darah dan sel-sel pada beberapa bagian otak yang mengalami kelumpuhan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan *Transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS) pada pasien pasca stroke dengan menggunakan pendekatan *quantitative Electroencephalograph* (qEEG) yang dimana berfungsi dalam memperhatikan perubahan pita gelombang frekuensi EEG yang diamati. Parameter kuantitatif yang digunakan adalah parameter *power* pada tiap gelombang EEG (Delta, Theta, Alfa, Beta, dan Gamma). Perekaman sinyal EEG berlangsung selama 5 (lima) menit dalam kondisi sadar dengan pemberian stimulus sebesar 2 mA dalam waktu ± 10 menit kepada 12 subjek pasien pasca stroke, dan 11 subjek normal sebagai kontrol. Hasil penelitian ini menunjukkan perubahan yang baik pada parameter *power* setiap gelombang EEG setelah stimulus diberikan kepada subjek pasca stroke. Sebelum pemberian tDCS, gelombang EEG yang dominan berada pada pita gelombang delta, dengan rerata persentase sebesar $43.03 \pm 5.06\%$. Setelah stimulus diberikan, terjadi peningkatan pada pita frekuensi alfa dan penurunan pada pita frekuensi delta yaitu $1.42 \pm 0.15\%$ ($p = 0.001$) dan $10.44 \pm 2.02\%$ ($p = 0.000$). Dengan demikian, penggunaan *Transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS) membawa perubahan terhadap hasil gelombang EEG pada subjek pasca stroke mengikuti struktur hasil gelombang EEG pada subjek normal.

Kata kunci: *Transcranial Direct Current Stimulation*, EEG, qEEG, Stroke.

ABSTRACT

Abstract - Stroke, also known as cerebrovascular accident (CVA), refers to an abnormality in the blood vessels of the brain. It occurs when there is a blockage or rupture of blood vessels due to inadequate or interrupted blood flow to the brain. This leads to the blockage or rupture of blood vessels, resulting in paralysis of cells in various parts of the brain. The objective of this study was to analyze the impact of transcranial direct current stimulation (tDCS) on post-stroke patients using a quantitative electroencephalograph (qEEG) approach. This approach focuses on observing changes in the frequency wavebands of the EEG. The quantitative parameters utilized were the power parameters in each EEG waveband (Delta, Theta, Alpha, Beta, and Gamma). EEG signals were recorded for a duration of 5 minutes while the subjects were conscious. A stimulus of 2 mA was administered for approximately 10 minutes to twelve post-stroke patients, with eleven normal subjects serving as controls. The findings of this study demonstrated significant changes in the power parameters of each EEG waveband following the administration of the stimulus to the post-stroke subjects. Prior to tDCS administration, the dominant EEG waveband was in the delta frequency range ($43.03 \pm 5.06\%$). There was an increase in the alpha frequency band and a decrease in the delta frequency band after giving the stimulus, specifically $1.42 \pm 0.15\%$ ($p = 0.001$) and $10.44 \pm 2.02\%$ ($p = 0.000$), respectively. Therefore, the use of *Transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS) induces changes in the EEG wave patterns of post-stroke subjects, aligning them with the EEG wave patterns observed in normal subjects.

Keywords: *Transcranial Direct Current Stimulation*, EEG, qEEG, Stroke.

Copyright © 2023 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018 [1], prevalensi stroke di Indonesia cukup tinggi yakni mencapai 10,9% per 1.000 penduduk. Dari hasil ini terjadi peningkatan dibandingkan

tahun 2013 yaitu sebesar 7%. Di Indonesia, sebanyak 14,5% stroke telah menjadi penyebab kematian utama pada hampir semua rumah sakit. Berdasarkan diagnosis dokter pada tahun 2018, prevalensi stroke tertinggi berada di Provinsi Kalimantan Timur sebesar 14,7%, diikuti oleh DIYogyakarta (14,5%), dan terendah di Provinsi Papua (4,1%) [1].

Stroke atau sering disebut juga sebagai abnormalitas pada pembuluh darah di otak (*Cerebrovascular Accident/CVA*) adalah kondisi di mana terjadinya penyumbatan atau pecahnya pembuluh darah yang disebabkan oleh kurangnya atau terhentinya penyaluran darah ke otak sehingga mengakibatkan penyumbatan atau pecahnya pembuluh darah dan sel-sel pada beberapa bagian otak yang mengalami kelumpuhan. Stroke menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan kecacatan secara global. Kebanyakan stroke terjadi saat pembuluh darah yang menuju ke otak terhalang oleh gumpalan darah. Akibat pasokan darah yang tidak mencukupi, otak mengalami kerusakan dengan cepat yang mungkin bersifat permanen. Kerusakan ini sering kali mengakibatkan gangguan dalam aktivitas sehari-hari dan fungsi motorik pada penderita stroke. Saat ini, strategi rehabilitasi yang digunakan memiliki keterbatasan dalam mengatasi gangguan-gangguan tersebut. Sehingga, untuk meningkatkan efektivitas rehabilitasi yang telah ada, dapat dipertimbangkan salah satu metode stimulus yaitu menggunakan teknik non-invasif yang dikenal sebagai *Transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS) atau stimulus arus searah transkraniyal untuk memberikan stimulasi tambahan pada otak.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tae-Gyu An dkk pada tahun 2016 [2], yang menganalisis dampak pemberian stimulus *transcranial direct current* terhadap tingkat kualitas hidup pasien stroke, ditemukan bahwa pemberian stimulus tersebut meningkatkan tingkat kualitas hidup pasien stroke berdasarkan hasil tes SS-QOL (*Stroke-Specific Quality of Life*).

Untuk menunjukkan hasil yang baik pada terapi *Neurofeedback* (NF) digunakan pendekatan *quantitative Electroencephalograph* (qEEG). *Electroencephalograph* (EEG) adalah alat yang digunakan untuk mengukur aktivitas listrik otak, yang dikenal sebagai gelombang otak, melalui elektroda yang ditempatkan pada kulit kepala selama periode waktu tertentu. EEG mengukur perubahan tegangan yang terjadi akibat aliran ion di dalam otak. Penggunaan EEG umumnya digunakan untuk mendiagnosis epilepsi, koma, tumor, stroke, dan gangguan otak lainnya.

Pada tahun 2018, Sofiah melakukan penelitian yang menggunakan parameter kuantitatif untuk memvalidasi kelainan sinyal EEG. Parameter kuantitatif yang digunakan meliputi perhitungan parameter PDR, parameter ritme beta, serta parameter ritme lain seperti eksistensi ritme theta dan delta. Serupa dengan penelitian Sofiah (2018) [3], penelitian yang dilakukan oleh Cynthia pada tahun 2019 [4] juga menerapkan metode analisis parameter kuantitatif untuk mengkaji peningkatan terapi *Neurofeedback* pada pasien *Vascular Cognitive Impairment* (VCI). Dari hasil penelitian ini, setelah melakukan terapi tersebut terjadi perbaikan pada parameter *power* pada individu dengan *Vascular Cognitive Impairment* (VCI).

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Finnigan dkk tahun 2012 [5], menganalisis sinyal EEG pada pasien stroke iskemik dengan menggunakan pendekatan *quantitative Electroencephalograph* (qEEG). Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa parameter *power* pada gelombang delta memiliki tingkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan *power* pada gelombang alfa. Analisis menggunakan parameter kuantitatif sinyal EEG dianggap sensitif terhadap indeks abnormalitas pada pasien stroke iskemik.

Sehingga, penelitian ini akan mengamati dan menganalisis pengaruh penggunaan stimulus transkraniyal arus searah atau *Transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS) pada pasien pasca stroke dengan menggunakan pendekatan *quantitative Electroencephalograph* (qEEG) yang dimana akan menganalisis terkait dengan perubahan pada sinyal *power* di masing-masing pita frekuensi gelombang otak.

2. KAJIAN PUSTAKA

Stroke atau *Cerebrovascular Accident* (CVA) adalah kelainan klinis yang terjadi pada sebagian otak, dimana salah satu penyebabnya adalah kurangnya suplai darah ke area otak tersebut. Keadaan ini menyebabkan terjadinya penurunan oksigen dan nutrisi yang dialirkan oleh darah ke sel-sel otak (neuron), yang mengakibatkan bagian otak tersebut mengalami kehilangan fungsi dan secara perlahan mengalami kerusakan. Sehingga, bagian tubuh yang dikontrol oleh daerah otak tersebut tidak dapat berfungsi dengan normal. Semakin luas kerusakan pada sel-sel otak, semakin banyak penurunan yang akan dialami oleh individu yang mengalami stroke.

Stroke terbagi menjadi dua jenis yaitu stroke iskemik dan stroke hemoragik. Stroke iskemik merupakan jenis stroke yang paling sering dialami dimana penyebab stroke iskemik adalah penyempitan atau penyumbatan pembuluh arteri di otak, yang mengakibatkan perlambatan aliran darah. Penyempitan atau penyumbatan pembuluh darah ini dapat terjadi akibat penumpukan lemak, pembekuan darah, atau masuknya bahan asing ke dalam pembuluh darah otak melalui aliran darah. Di sisi lain, stroke hemoragik terjadi saat salah satu pembuluh darah pada suatu area otak pecah yang menyebabkan penurunan atau pemberhentian aliran darah yang membawa oksigen ke bagian otak tertentu.

2.1. Transcranial Direct Current Stimulation

tDCS atau *Transcranial Direct Current Stimulation* merupakan salah satu pendekatan non-invasif yang digunakan untuk merangsang otak menggunakan arus searah. Penelitian ilmiah telah lama berfokus pada peningkatan proses kognitif manusia, dan baru-baru ini, stimulasi tDCS muncul sebagai alat yang menjanjikan untuk memodulasi kemampuan kognitif, motorik, dan sosial. Selain itu, tDCS juga memiliki potensi untuk mengubah perilaku, mendukung proses daya ingat, dan meningkatkan kinerja.

Transcranial Direct Current Stimulation memiliki perbedaan dengan teknik stimulasi otak lainnya seperti TES (*Transcranial Electrical Stimulation*) dan TMS (*Transcranial Magnetic Stimulation*). tDCS tidak merangsang potensial aksi pada saraf karena medan statis yang dihasilkan tidak memicu depolarisasi cepat yang diperlukan untuk menghasilkan potensial aksi di membran saraf. Oleh karena itu, tDCS dapat diklasifikasikan sebagai suatu intervensi neuromodulator. Penerapan arus listrik melalui tDCS akan menyebabkan polarisasi jaringan yang terkena. tDCS akan mengubah rangsangan dan mengaktifasi neuron secara spontan dengan menginduksi depolarisasi atau hiperpolarisasi pada potensial membran istirahat.

2.2. Electroencephalograph (EEG)

Electroencephalograph (EEG) merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur aktivitas listrik otak yang dikenal dengan istilah gelombang otak. Elektroda ditempatkan pada kulit kepala untuk merekam pola gelombang otak. Dengan melalui pola gelombang otak yang tercatat dalam EEG, aktivitas otak dapat diketahui dan diinterpretasikan untuk mengidentifikasi kelainan atau penyakit yang dialami oleh pasien. Sinyal EEG direkam dengan menggunakan elektroda logam yang dilekatkan pada kulit kepala atau langsung di korteks serebral. Amplitudo puncak-ke-puncak gelombang yang dapat diukur dari kulit kepala biasanya berada dalam kisaran 100 μV atau kurang, sekitar 1 mV. Frekuensi gelombang sangat beragam tergantung pada kondisi yang sedang diamati. Secara normal, frekuensi EEG berkisar antara 0,5 hingga 50 Hz. Sifat gelombang ini dapat bervariasi di berbagai bagian kulit kepala.

Perekaman sinyal EEG dapat dilakukan secara invasif maupun non-invasif. Sinyal yang direkam kemudian disalurkan ke dalam sistem EEG, yang terdiri dari elektroda, penguat sinyal, penyaring sinyal, dan alat perekaman untuk merekam dan mengukur aktivitas listrik otak. Setiap elektroda terhubung ke *differential amplifier*. Fungsi dari *amplifier* ini adalah untuk memperkuat tegangan karena amplitudo tegangan EEG sangat rendah. Setelah dilakukan penguatan sinyal, dilakukan proses filtrasi.

Gelombang otak merupakan hasil dari aktivitas neuron di dalam otak dimana akibat dari aktivitas ini menghasilkan sinyal listrik yang menjadi pembawa sinyal informasi sensori dan motorik. Karakteristik dari setiap gelombang EEG memiliki keunikan yang berbeda-beda dan terbagi menjadi beberapa jenis gelombang yaitu:



Gambar 1. Gelombang delta normal

Gelombang delta (1-4 Hz) adalah gelombang otak lambat, yang mulai muncul pada tahap 3 dari siklus tidur, dan pada tahap 4 yang mendominasi hampir semua aktivitas EEG. Ketika gelombang delta dominan pada kondisi sadar, maka dapat mengakibatkan ketidakmampuan belajar dan ADHD (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder*) serta membuat sangat sulit untuk fokus.



Gambar 2. Gelombang theta normal

Gelombang theta (4-8 Hz) terutama terlihat pada saat seseorang dalam keadaan bermimpi dan tidur di siang hari. Jika terlalu banyak theta di otak kiri maka diperkirakan seseorang mengalami kurangnya pengorganisasian, sedangkan terlalu banyak theta di sebelah kanan menghasilkan kondisi impulsif. Theta yang dominan di frontal mengindikasikan orang tersebut sedang mengalami gangguan perhatian.



Gambar 3. Gelombang alfa normal

Gelombang alfa (8-12 Hz) mendominasi dalam kondisi pikiran tenang, rileks ataupun saat meditasi. Gelombang Alpha membantu koordinasi mental secara keseluruhan, ketenangan dan kewaspadaan, integrasi pikiran / tubuh dan pembelajaran. Alpha cenderung dominan di hemisfer otak sebelah kanan.



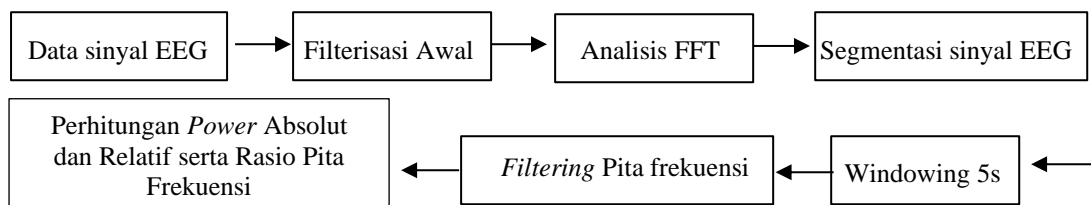
Gambar 4. Gelombang beta normal

Gelombang beta mempunyai frekuensi 12-38 Hz. Dalam keadaan normal, gelombang beta cenderung mendominasi di bagian hemisfer kiri otak. Beta adalah aktivitas gelombang cepat ketika dalam keadaan waspada, penuh perhatian dan terlibat dalam pemecahan masalah serta pengambilan keputusan. Gelombang beta terbagi dalam tiga gelombang yaitu beta rendah yang memiliki frekuensi antara 12 – 15 Hz, beta (15-22 Hz) adalah kondisi sedang mencari tahu berbagai hal dan beta tinggi (22-38 Hz) adalah seseorang saat berpikir sangat kompleks, kecemasan tinggi atau sangat gembira.

3. METODE PENELITIAN

Data penelitian ini bersumber dari hasil perekaman secara langsung pada subjek pasien pasca stroke di klinik Mandiri Center Stroke & Neuro Rehabilitation Jakarta Selatan dimana berupa data gelombang eeg sebelum dan sesudah stimulus *transcranial direct current*. Serta subjek normal yang dipilih secara acak sebagai bahan perbandingan. Perekaman sinyal EEG berlangsung selama 5 (lima) menit dalam kondisi sadar dan kondisi sebelum diberikan stimulus *transcranial direct current* maupun setelah pemberian stimulus. Pengambilan data sinyal EEG ini dilakukan pada 12 subjek pasien pasca stroke, 5 wanita dan 7 pria. Dimana berusia sekitar 40 – 80 tahun. Pengambilan data ini menggunakan *Electroencephalograph* (EEG) Neuroelectrics Starstim 8 Kanal yaitu F3, C3, P3, F4, C4, P4, Cz, dan Pz serta kanal referensi mengikuti sistem penempatan elektroda 10-20 di kepala yang telah ditetapkan secara internasional. Selanjutnya, pemberian stimulus menggunakan tDCS Sooma dan penggunaan software OpenVibe 32 Bit untuk perekaman data.

Stimulus yang digunakan adalah *Transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS), dengan arus searah yang diberikan sebesar 2 mA dalam waktu ± 10 menit pada masing-masing subjek. Pemberian stimulus dalam penelitian ini menggunakan stimulus anoda dan katoda dengan lokasi penempatan elektroda pada titik F3 dan F4 berdasarkan protokol alat tDCS Sooma. Stimulus ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas sinyal EEG yang kurang baik. Setelah pemberian stimulus dan perekaman sinyal eeg selesai, kemudian dilakukan proses pengolahan sinyal eeg seperti dalam diagram blok berikut ini:



Gambar 5. Diagram blok proses pengolahan data

Proses pengolahan awal sinyal EEG adalah filterisasi yaitu menghilangkan *noise* jala-jala di frekuensi ±50 Hz dan sinyal DC yang memiliki frekuensi dibawah 1 Hz dengan menggunakan *filter* jenis *bandpass*, metode *butterworth IIR Filter*, dengan frekuensi *cut off* 0.5 – 45 Hz, setelah melakukan filterisasi, hasil dari sinyal yang disaring ini kemudian dibentuk menjadi spektrum dengan menggunakan metode FFT (*Fast Fourier Transform*). Proses ini bertujuan untuk melihat sinyal hasil setelah *filter* telah bebas dari *noise* sinyal dc dan jala-jala listrik. Kemudian melakukan proses segmentasi selama 1 menit diikuti dengan proses *windowing* dengan membagi data selama 5 detik. Proses segmentasi adalah proses membagi sinyal menjadi

beberapa bagian segmen dalam waktu tertentu dimana bertujuan untuk menyamakan panjang data semua subjek. Pemilihan waktu segmentasi ini berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sofiah tahun 2018 [6] yakni panjang data selama satu menit menghasilkan parameter kuantitatif yang lebih konsisten jika dibandingkan dengan segmentasi yang menggunakan keseluruhan waktu data. Sedangkan proses *windowing* adalah proses mengambil bagian kecil dari sebuah data yang memiliki ukuran yang besar sehingga dapat dengan mudah diproses dan dianalisis.

Selanjutnya, dilakukan *filtering* yang memisahkan pita frekuensi pada masing-masing kanal. Jenis *filter* yang digunakan dalam tahapan ini adalah *Finite Impulse Response* (FIR) dengan menggunakan bantuan *software* matlab R2014b. Tipe *window* yang dipilih pada penelitian ini adalah Hamming. *Window* ini dipilih dikarenakan tipe tersebut memiliki respon amplitudo yang linier tanpa redaman (*ripple*) sehingga pengaruh atenuasi ataupun amplifikasi dapat diminimalisir. Setelah itu, menghitung dan menganalisis parameter kuantitatif yang telah didapatkan dengan melakukan penghitungan estimasi *power spectral density* (PSD). Dalam tahap ini sinyal EEG yang berada dalam domain waktu akan ditransformasikan ke dalam domain frekuensi sehingga informasi yang akan didapatkan adalah informasi frekuensi dari sinyal tersebut. Metode untuk mendapatkan *power spectral density* (PSD) adalah menggunakan metode *Welch*. Sinyal masukan akan terbagi menjadi beberapa segmen yang pendek kemudian dilakukan perhitungan periodogram atau *power* spektrum berdasarkan perhitungan nilai dari imajiner *Fast Fourier Transform*. Ukuran *power* dari sebuah sinyal EEG inilah yang disebut dengan *power* absolut dimana *power* spektrum adalah persamaan kuadrat dari nilai absolut respons magnitudo.

$$P_x(f) = |X(f)|^2 = X(f) X^*(f) \quad (1)$$

dimana, $X(f)$ adalah hasil transformasi Fourier dan $X^*(f)$ adalah konjugatnya. Setelah mendapatkan *power* dari sinyal EEG tersebut kemudian dilakukan pendeteksian puncak *power* dengan menggunakan fungsi maksimum lokal dan dipilih puncak maksimumnya dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_{pk(\delta,\theta,\alpha,\beta,\gamma)}(c,s) = \max(\text{peak}(P_{(\delta,\theta,\alpha,\beta,\gamma)}(c,s,f))) \quad (2)$$

dimana, $P_{pk(\delta,\theta,\alpha,\beta,\gamma)}$ merupakan puncak *power* dari setiap pita frekuensi (delta, theta, alfa, beta dan gamma), c adalah kanal eeg, s adalah jumlah segmen, dan f merupakan frekuensi batas atas dan bawah dari tiap gelombang otak yang dihitung.

Berikutnya adalah menghitung *power* relatif dengan membagi *power* pada pita frekuensi tertentu dengan jumlah keseluruhan *power* pada semua pita frekuensi. Dimana persamaannya adalah sebagai berikut:

$$P_{(\gamma,\beta,\alpha,\theta,\delta)rel} = \frac{P_{(\gamma,\beta,\alpha,\theta,\delta)}}{P_{Total}} \quad (3)$$

dimana, $P_{(\gamma,\beta,\alpha,\theta,\delta)rel}$ merupakan *power* relatif untuk pita frekuensi tertentu, $P_{(\gamma,\beta,\alpha,\theta,\delta)}$ adalah *power* pada pita frekuensi tertentu dan P_{Total} adalah total dari *power* semua pita frekuensi.

Setelah menghitung parameter *power* pada setiap gelombang eeg, selanjutnya adalah perhitungan rasio frekuensi gelombang di setiap kanal yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar amplitudo masing-masing pita frekuensi gelombang terhadap total amplitudo gelombang disemua kanal agar pemberian stimulus dapat diberikan di frekuensi yang tepat. Berdasarkan teori Parseval, amplitudo merupakan akar dari *power* sinyal dengan formulasi untuk perhitungan rasio tersebut adalah:

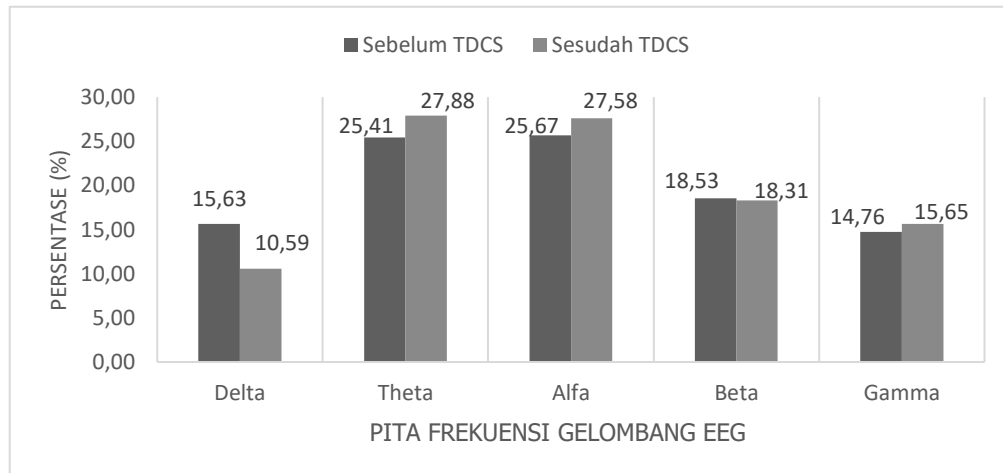
$$\%(\delta,\theta,\alpha,\beta,\gamma)(c) = \frac{\overline{A_{(\delta,\theta,\alpha,\beta,\gamma)}(c)}}{\overline{A_T}(c)} \times 100\% \quad (4)$$

dengan, $\%(\delta,\theta,\alpha,\beta,\gamma)(c)$ menyatakan rasio pita frekuensi gelombang tertentu, $\overline{A_{(\delta,\theta,\alpha,\beta,\gamma)}(c)}$ adalah rerata amplitudo pada pita frekuensi tertentu dan $\overline{A_T}(c)$ merupakan rerata amplitudo disemua pita frekuensi.

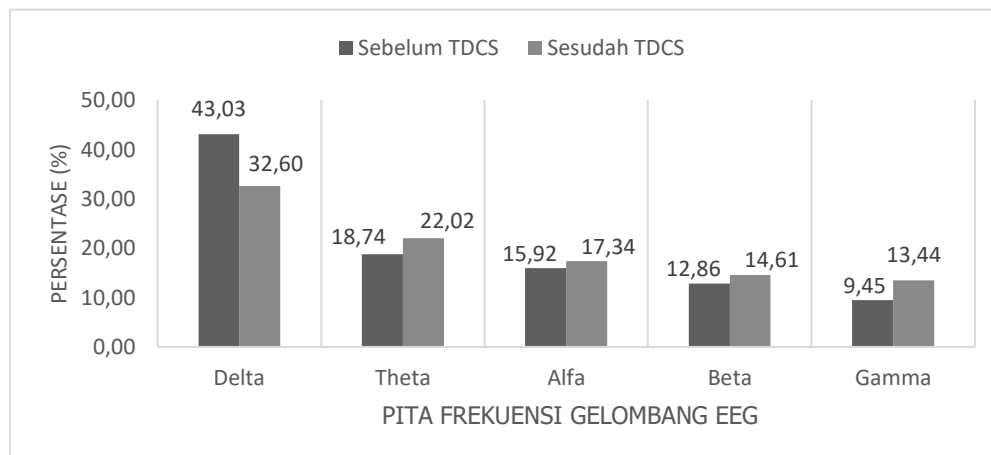
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data EEG yang diambil memiliki frekuensi sampling sebesar 500 Hz atau 500 data untuk satu detiknya sesuai dengan yang ditetapkan oleh alat EEG yang digunakan. Setiap subjek melakukan perekaman sebanyak dua kali, sebelum dan setelah pemberian stimulus. Pemberian stimulus ini hanya dilakukan satu kali untuk tiap subjek dengan durasi stimulus adalah 10 menit. Hasil dari pengolahan data sinyal EEG akan digunakan untuk mengamati perubahan yang terjadi pada parameter rasio setiap gelombang eeg. Hal ini

bertujuan agar dapat melihat perbedaan frekuensi gelombang EEG sebelum dan setelah stimulus. Berikut ini rerata nilai parameter setiap gelombang dari sebelum dan setelah pemberian stimulus *Transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS).



Gambar 6. Grafik perbandingan rerata pita frekuensi gelombang eeg sebelum dan sesudah pemberian tDCS pada subjek normal



Gambar 7. Grafik perbandingan rerata pita frekuensi gelombang eeg sebelum dan sesudah pemberian tDCS pada subjek pasca stroke

Dari Gambar 6. dapat terlihat bahwa adanya perbedaan pada subjek normal sebelum diberikan stimulus dan sesudah stimulus. Pada gelombang delta sebelum stimulus, untuk subjek normal dihasilkan rerata persentase sebesar $15.63 \pm 3.44\%$ sedangkan hasil rerata setelah stimulus pada gelombang delta mengalami penurunan menjadi $10.59 \pm 3.02\%$. Rerata persentase gelombang theta sebelum stimulus sebesar $25.41 \pm 2.19\%$ dan setelah stimulus meningkat menjadi $27.88 \pm 4.01\%$. Begitupun dengan gelombang alfa, sebelum pemberian tDCS hasil rerata persentase gelombangnya yaitu $25.67 \pm 3.26\%$ dan setelah pemberian tDCS juga mengalami peningkatan menjadi $27.58 \pm 4.78\%$. Untuk rerata persentase pada gelombang beta dan gamma pada subjek normal adalah $18.53 \pm 2.24\%$ dan $18.31 \pm 2.32\%$, setelah stimulus mengalami perubahan menjadi $14.76 \pm 2.26\%$ dan $15.65 \pm 5.70\%$.

Selanjutnya untuk hasil persentase pita gelombang frekuensi pada subjek pasien pasca stroke dapat dilihat dalam Gambar 7. dimana hasil rerata persentase pita frekuensi gelombang delta sebelum pemberian stimulus adalah sebesar $43.03 \pm 5.06\%$ lebih tinggi dibandingkan dengan hasil rerata persentase gelombang delta pada subjek normal. Setelah pemberian stimulus, persentase gelombang delta mengalami penurunan menjadi $32.60 \pm 3.04\%$. Untuk rerata persentase gelombang theta sebelum tDCS pada subjek pasien pasca stroke sebesar $18.74 \pm 2.66\%$ dan mengalami peningkatan setelah pemberian stimulus menjadi $22.02 \pm 2.27\%$.

Berikutnya, hasil rerata persentase gelombang alfa. Sebelum pemberian stimulus hasilnya adalah $15.92 \pm 1.53\%$ dan setelah stimulus meningkat menjadi $17.34 \pm 1.38\%$. Untuk persentase gelombang selanjutnya adalah rerata persentase gelombang beta dan gamma. Sebelum stimulus diperoleh hasil rerata gelombang beta adalah $12.86 \pm 1.83\%$ dan gelombang gamma adalah $9.45 \pm 2.13\%$, sedangkan setelah stimulus rerata persentase gelombang beta meningkat menjadi $14.61 \pm 1.55\%$ dan gelombang gamma sebesar $13.44 \pm 2.68\%$.

5. KESIMPULAN

Perhitungan parameter kuantitatif sinyal EEG pada subjek normal dan pasien pasca stroke setelah pemberian stimulus transkraniar arus searah ditemukan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan sebelum pemberian *Transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS) pada pita gelombang. Pada subjek normal, pita frekuensi delta menurun dari $15.63 \pm 3.44\%$ menjadi $10.59 \pm 3.02\%$ ($p = 0.002$), pita frekuensi alfa meningkat dari $25.67 \pm 3.26\%$ menjadi $27.58 \pm 4.78\%$ ($p = 0.042$). Begitupun dengan subjek pasien pasca stroke juga mengalami peningkatan pada pita frekuensi alfa dari $15.92 \pm 1.53\%$ menjadi $17.34 \pm 1.38\%$ ($p = 0.001$) kemudian juga terjadi penurunan pada pita frekuensi gelombang delta dari $43.03 \pm 5.06\%$ menjadi $32.60 \pm 3.04\%$ ($p = 0.000$). Hal ini mengindikasikan bahwa setelah pemberian *Transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS) terjadi pergeseran nilai pita gelombang frekuensi pada subjek pasien pasca stroke yang mendekati nilai pita gelombang frekuensi pada subjek normal. Sehingga, pada penelitian selanjutnya untuk memperoleh hasil yang signifikansi lebih optimal dan spesifik dapat menambahkan beberapa kanal elektroda EEG dan meningkatkan durasi pemberian stimulus serta penggunaan tDCS dilakukan secara rutin.

REFERENSI

- [1] Data riset kesehatan dasar tahun 2018 dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, data diperoleh melalui https://www.depkes.go.id/resources/download/infoterkini/materi_rakorpop_2018/Hasil%20Risikesdas%202018.pdf. Diunduh pada tanggal 25 Januari 2020.
- [2] Tae-Gyu An, Ko-Un Kim, Su-Han Kim, "Effect of transcranial direct current stimulation on visual perception function and performance capability of activities of daily living in stroke patients," *Journal of Physical Therapy Science*. 2016 Sep;28(9):2572-2575. doi: 10.1589/jpts.28.2572.
- [3] Sofiah, Amila and H. Zakaria, "Calculation of Quantitative Parameters of Clinical EEG Signals by Adopting Visual Reading Methods," *International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, p. 1-7, 2018, doi: 10.1109/ISESD.2018.8605482.
- [4] Cynthia, L.F.A.R., et.al, "Analysis of qEEG parameters of vascular cognitive impairment patients undergoing sound wave therapy," *AIP Conference Proceedings* 2193, 050001 (2019), doi: 10.1063/1.5139374.
- [5] Finnigan, Simon., Wong Andrew., dan Read Stephan, "Defining abnormal slow EEG activity in acute ischaemic stroke: Delta/alpha ratio as a optimal QEEG index," *Clinical Neurophysiology*, vol.127, Issue 2, pp. 1452 – 1459, 2016, doi: 10.1016/j.clinph.2015.07.014.