

Meningkatkan Aktivitas Memori Kerja Berbantuan *Binaural Beats*: Studi Kasus Neuropedagogi pada Aktivitas Membaca Artikel Ilmiah

Jatmika Nurhadi¹, Syihabuddin²

^{1,2} Program Studi Doktorat Linguistik, Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia

*e-mail: jatmikanurhadi@upi.edu

Abstract

This study aims to investigate the impact of providing binaural beats (BB) stimulus on working memory activity. This study used an experimental method using a one-time case study (one-chance case study). This study involved 30 respondents consisting of men and women aged 18-20 years. The participants will do two readings of different scientific articles with the same cognitive level. The first data collection was carried out without providing any stimulus, while the second data collection was carried out by providing a stimulus in the form of a BB with a frequency of 15Hz. Data were collected from the results of electroencephalographic recording (EEG) then processed using the EEG Lab to calculate the value of the Power Spectral Density (PSD). The average PSD value before and after the stimulus was calculated statistically by performing the Paired Sample T-Test. The results of this study indicate that there is a significant difference between the mean value of PSD before and after the stimulus is given. This shows that BB can have an impact on improving memory performance in reading scientific articles.

Keyword: working memory; binaural beats; neuropedagogy; reading; scientific article

How to cite : Nurhadi, J., & Syihabuddin, S. (2021). Meningkatkan Aktivitas Memori Kerja Berbantuan Binaural Beats. *Pedagoggi: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 21(2), 99-106. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/pedagogi.v21i2.1086>



Licenses may copy, distribute, display and perform the work and make derivative and remixes based on it only if they give the author or licensor the credits (attribution) in the manner specified by these. Licensees may copy, distribute, display, and perform the work and make derivative works and remixes based on it only for non-commercial purposes

PENDAHULUAN

Istilah memori diperkenalkan oleh Hermann Ebbinghaus sekitar 1880-an. Pada tahun 1890, William James melakukan kategorisasi memori yang sampai saat ini masih digunakan, yakni memori jangka panjang, memori jangka pendek (Cowan et al., 2005, 2008). Kemudian (Miller et al., 2017) menyebutkan istilah memori kerja. Kategorisasi ini dilakukan berdasarkan periode penyimpanan di otak. Memori jangka panjang diyakini sebagai penyimpanan peristiwa masa lalu, sedangkan memori jangka pendek berkaitan dengan informasi yang dapat diakses sementara dan terbatas. Sementara itu, memori kerja memiliki kesamaan dengan memori jangka pendek, yang disimpan dalam hitungan menit hingga jam. Jika memori jangka pendek hanya menyimpan informasi inderawi dan persepsi, memori kerja beroperasi lebih kompleks dan melibatkan multikomponen karena tidak hanya menyimpan informasi, tetapi juga memanipulasi penyimpanan informasi yang bermanfaat untuk fungsi kognitif (Baars & Franklin, 2003; Chein et al., 2011; Cowan et al., 2005; Chein et al., 2011; Ashkenazi et al., 2013; D'Esposito & Postle, 2015; Kim et al., 2015).

Memori kerja juga berkaitan dengan empat subkomponen, yakni memori kerja verbal, memori kerja visuo-spasial, kontrol eksekutif, dan memori "*buffer episodik*" (Baddeley, 2000; Baddeley &

Hitch, 1974; Baddeley, 2000; Baddeley, 2008). Buffer episodik dianggap sebagai sistem penyimpanan sementara yang memodulasi dan mengintegrasikan informasi sensorik yang berbeda (Baddeley, 2000). Singkatnya, eksekutif pusat berfungsi sebagai "pusat kendali" yang mengawasi manipulasi, penarikan kembali, dan pemrosesan informasi (non-verbal atau verbal) untuk fungsi yang bermakna seperti pengambilan keputusan, pemecahan masalah, atau bahkan penulisan naskah. Seluruh subkomponen ini berperan untuk melakukan pengikatan informasi. Informasi yang diterima selama pengikatan memori kerja juga dapat ditransfer ke penyimpanan jangka panjang. (Sudaryat et al., 2019) menunjukkan bahwa aktivitas memori kerja berkaitan dengan tingkat atensi seseorang, semakin tinggi atensi yang diberikan semakin besar informasi yang diserap. Oleh karena itu, peningkatan aktivitas memori kerja menunjukkan informasi yang diikat dan disimpan ke memori jangka panjang akan lebih banyak.

Beberapa studi terdahulu menunjukkan bahwa salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas dan aktivitas memori kerja adalah dengan cara memberikan rangsangan berupa *binural beats* (BB). BB merupakan sensasi pendengaran subjektif yang disebabkan oleh nada frekuensi yang sedikit berbeda secara terpisah ke setiap telinga. Akibatnya, pendengar merasakan suara dengan amplitudo yang berubah dengan frekuensi yang sama dengan perbedaan frekuensi dalam nada yang disajikan (Kasprzak, 2011). Efek BB terhadap memori kerja telah dilakukan di antaranya (Kraus & Porubanová, 2015), yakni "The Effect of Binural Beats on Working Memory Capacity", yang menunjukkan bahwa hanya kelompok yang dirangsang dengan BB yang mengalami peningkatan kapasitas memori kerja. Sementara itu, terdapat (Beauchene et al., 2016, 2017) yang menunjukkan peningkatan aktivitas memori kerja visuospasial dan verbal setelah diberikan BB. Kemudian (Jirakittayakorn & Wongsawat, 2017) menemukan bahwa pemberian BB pada frekuensi 40Hz dapat berdampak pada peningkatan aktivitas memori kerja. Sementara itu, (Yurgil et al., 2020) menemukan bahwa memberikan rangsangan musik dapat meningkatkan kapasitas memori kerja. Studi terdahulu belum secara khusus menginvestigasi aktivitas memori kerja yang dikhususkan pada aktivitas membaca, khususnya membaca artikel ilmiah. Dalam ranah akademik, khususnya pada tingkat universitas, membaca artikel ilmiah menjadi hal yang penting. Peningkatan aktivitas memori kerja pada aktivitas membaca artikel ilmiah dapat menunjukkan peningkatan aktivitas penyimpanan informasi. Oleh karena itu, perlu ditinjau peningkatan aktivitas memori kerja khususnya dalam membaca artikel ilmiah.

Salah satu upaya dalam mengukur aktivitas memori kerja adalah dengan melakukan perekaman elektroensefalografi (EEG). EEG merupakan metode pemantauan elektrofisiologi untuk merekam aktivitas listrik otak. Pemantauannya bersifat noninvasif, dengan elektroda ditempatkan di beberapa bagian kulit kepala walaupun dalam beberapa kasus elektroda invasif kadang-kadang digunakan. Dalam konteks klinis, EEG mengacu pada rekaman aktivitas listrik spontan otak selama periode waktu tertentu.

Diagnostik EEG umumnya terfokus pada pengukuran gelombang otak dengan mempergunakan elektroensefalografi. Melalui perekaman dan pengukuran elektroensefalografi (EEG) dapat diketahui frekuensi gelombang pada aktivitas yang terdapat di area memori kerja. Secara umum, gambaran dari gelombang EEG dilihat berdasarkan parameter yang mencakup tempat, tegangan (amplitudo), bentuk (morfologi), frekuensi, ritme, kontinuitas, jumlah gelombang yang terlihat dan di mana keadaan klinis tertentu terjadi (terbangun atau tertidur). Ritme dalam tipe frekuensi menggunakan istilah delta, theta, alpha, dan beta yang didefinisikan sebagai gelombang delta dengan rentang frekuensi 0,1 to < 4 Hz, gelombang theta dengan rentang 4 to < 8 Hz, gelombang alpha dengan rentang 8 to < 13 Hz, dan gelombang beta dengan rentang > 13-30 Hz. (Libenson, 2012). Frekuensi gelombang otak ini kemudian diukur dayanya berdasarkan rata-rata Kerapatan Spektrum Daya (*Power Spectral Density/PSD*). PSD dapat digunakan untuk mengukur kepadatan amplitudo berdasarkan frekuensi tertentu *Fast Fourier Transform* (FFT) (Sudaryat et al., 2019). Semakin besar PSD menunjukkan bahwa daya pada area dan aktivitas tersebut semakin besar.

Untuk memaparkan dan menginterpretasikan hasil perekaman dan pengukuran EEG terhadap tindak tutur direktif dalam hipnoterapi tiga teori, yakni: teori neurolinguistik, teori

interpretasi gelombang otak (*brain wave*). Teori neurolinguistik diadaptasi dari (Ingram, 2007). Teori gelombang otak diadaptasi dari (Stern & Engel, 2005; Quigg, 2006). Untuk itu, studi ini bertujuan untuk menginvestigasi kinerja memori kerja berbantuan *binaural beats* dalam aktivitas membaca artikel ilmiah. Peneliti berasumsi bahwa dengan memberikan BB akan meningkatkan kinerja memori kerja ketika aktivitas membaca berlangsung. Kinerja memori kerja akan diukur berdasarkan nilai rata-rata PSD dari hasil perekaman elektroensefalografi.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan desain grup tunggal menggunakan studi kasus satu kesempatan (*one-shot case study*). Dalam studi kasus satu kesempatan, peneliti mengelola perlakuan (stimulus) dan kemudian melakukan tes akhir untuk menentukan efek perlakuan (stimulus) (Mertens, 2014). Desain ini digunakan karena dalam penelitian ini tidak digunakan kelompok kontrol dan tidak melakukan pretes. Tidak hanya itu, pada penelitian ini juga digunakan teknik deskriptif karena akan memanfaatkan analisis lebih lanjut untuk menghasilkan simpulan. Unsur-unsur yang dideskripsikan adalah interpretasi dari hasil perekaman EEG berupa gelombang otak (*brain wave*).

Partisipan

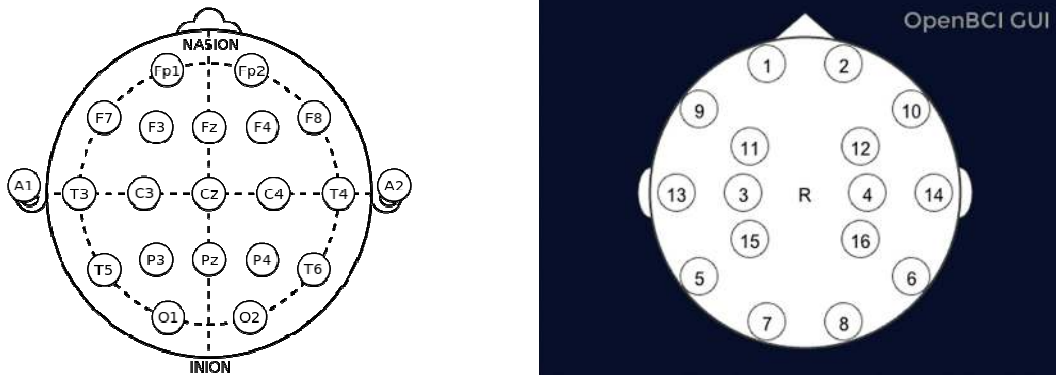
Penelitian ini melibatkan 30 responden yang terdiri dari laki-laki dan perempuan berusia 18-20 tahun. Seluruh partisipan adalah penutur asli bahasa Indonesia yang tidak kidal. Para responden tidak memiliki riwayat gangguan pendengaran dan neurologis. Seluruh responden memberikan persetujuan tertulis (consent form) setelah diberi penjelasan utuh terkait kegiatan eksperimen yang akan dilakukan.

Stimulus

Akustik stimulasi berupa *binaural beat brainwave entrainment*. Stimulus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemberian gelombang beta 15Hz dengan menggunakan *software* Natura Sound Therapy. Kegiatan membaca dibagi menjadi dua. Pertama, para partisipan dibiarkan membaca artikel ilmiah tanpa stimulus apa pun di ruangan yang kedap suara. Kedua, para partisipan diperintahkan untuk membaca artikel ilmiah dengan tingkat yang sama dengan stimulus frekuensi gelombang beta 15Hz (R: 240 Hz, L: 255 Hz). R dan L mengindikasikan bunyi frekuensi dari telinga kanan dan kiri terpisah. Stimulus diberikan melalui sambungan kabel dari laptop ASUS A442UQ dan dipresentasikan ke partisipan menggunakan studio headset Dolphin Sound DS-50. Sebelum memulai proses eksperimen ini, volume dari stimulus ini disesuaikan dengan kondisi ruangan dan kenyamanan partisipan.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi perekaman dan pengukuran EEG melalui perangkat keras dan lunak *Open Brain Computer Interface* (OpenBCI). Perangkat keras berupa Cyton+Daisy 32bit Board dengan 16 kanal dan sampel perekaman 125Hz dan dihubungkan melalui OpenBCI Dongle ke laptop ASUS A442UQ, sedangkan perangkat lunak menggunakan aplikasi *standalone* dari *OpenBCI*. Dari perangkat-perangkat tersebut dilakukan perekaman sinyal listrik di otak melalui elektroda yang dipasang berdasarkan titik Sistem Internasional 10-20, yakni pada: Fp1 (Frontal Polar 1), Fp2, F3 (Frontal 3), F4, F7, F8, C3 (Central 3), C4, T3 (Temporal 3), T4, T5, T6, P3 (Parietal 3), P4, O1 (Occipital 1), O2, dan titik referensi A1 (Earlobe 1), dan A2.



Gambar 1. Titik Pemasangan Elektrode Sistem Internasional 10-20 (<https://docs.openbci.com/docs/assets/HeadwareImages/1020.jpg>)

Teknik Pengolahan Data

Perekaman sinyal EEG dalam penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu: (1) Tahap Preprocessing, (2) Tahap Ekstraksi dengan Power Spectral Density (PSD), dan (3) Tahap Klasifikasi. Data diolah menggunakan EEGLab (Brunner et al., 2013; Delorme et al., 2011; Delorme & Makeig, 2004). Pada tahap pertama, kami menggunakan EEGLab untuk melakukan filter pada rentang 12 sampai 20 Hz. Butterworth bandpass filter digunakan untuk memfilter frekuensi beta. Klasifikasi beta yang digunakan adalah 15 Hz. Kemudian pada tahap kedua dilakukan pengukuran *Power Spectral Density* (PSD). Hasil dari penghitungan PSD kemudian dihitung secara statistika menggunakan Paired Sample T Test.

Data berupa hasil PSD aktivitas membaca artikel ilmiah dianalisis dengan memanfaatkan *software* SPSS 26 untuk windows. Berikut langkah-langkah pengolahan data hasil tes.

1. Mengolah data observasi.
2. Data sebelum dan sesudah pemberian stimulus.
3. Menganalisis dan mendeskripsikan hasil sebelum dan sesudah stimulus.
4. Menentukan skor tes awal dan skor tes akhir, kemudian diolah menjadi nilai dengan
5. Melakukan uji reliabilitas untuk nilai sebelum dan sesudah. Model yang digunakan dalam uji reliabilitas adalah model Alpha.
6. Melakukan uji normalitas. Pada statistik parametrik, data digunakan harus terdistribusi secara normal. Dalam uji normalitas pada kelas eksperimen dan kelas kontrol ini menggunakan uji Shapiro Wilk.
7. Melakukan uji homogenitas varian nilai sebelum dan sesudah pemberian stimulus. Dalam penelitian ini dilakukan uji homogenitas untuk mengetahui sampel berupa kelas eksperimen dan kelas kontrol apakah memiliki varian yang homogen atau heterogen. Uji homogenitas dalam penelitian ini menggunakan uji Levene.
8. Melakukan uji hipotesis signifikansi. Uji signifikansi perbedaan rata-rata nilai sebelum dan sesudah pemberian stimulus.

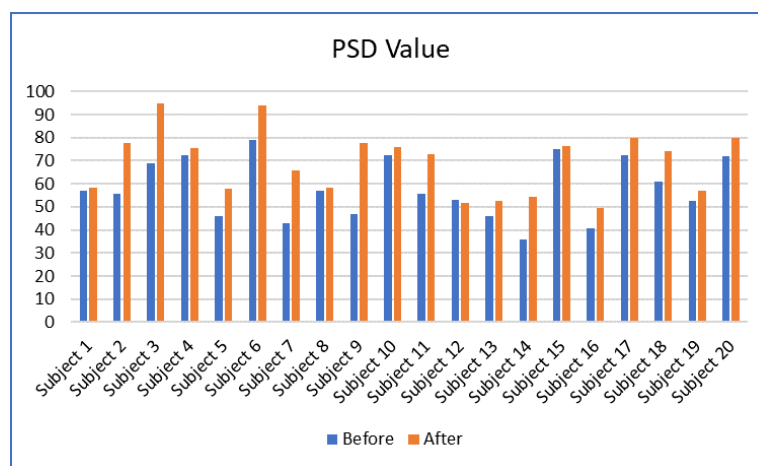
HASIL DAN DISKUSI

Data berikut ini merupakan hasil kalkulasi Kerapatan Spektrum Daya (*Power Spectral Density/PSD*) dari aktivitas membaca artikel ilmiah mahasiswa sebelum dan setelah diterapkan *binaural beats* sebagai upaya meningkatkan aktivitas memori kerja. Secara keseluruhan data yang didapatkan adalah data primer. Data-data tersebut didapatkan perekamanelekt roensefalografi (EEG) kemudian diolah menggunakan EEGLab untuk selanjutnya dihitung nilai rata-rata PSD pada aktivitas memori kerja. Durasi membaca setiap responden berbeda-beda bergantung kecepatan membaca. Jumlah artikel yang diberikan pada responden sebanyak dua artikel. Artikel pertama

dibaca tanpa diberikan stimulus apa pun, sementara artikel kedua dibaca dengan pemberian stimulus berupa *binaural beats*. Data disajikan dalam bentuk tabel-tabel yang telah dilakukan pengelolaan terlebih dahulu. Berikut ini data-data temuan penelitian yang dibahas pada penelitian ini.

Tabel 1. Skor Rata-Rata *Power Spectral Density* Aktivitas Memori Kerja

Skor Rata-Rata PSD pada Area Memori Kerja		
Subjek	Sebelum	Sesudah
Subjek 1	57	58,5
Subjek 2	55,5	77,5
Subjek 3	69	95
Subjek 4	72,5	75,5
Subjek 5	46	58
Subjek 6	79	94
Subjek 7	43	66
Subjek 8	57	58,5
Subjek 9	47	77,5
Subjek 10	72,5	76
Subjek 11	55,5	73
Subjek 12	53	51,5
Subjek 13	46	52,5
Subjek 14	36	54,5
Subjek 15	75	76,5
Subjek 16	40,5	49,5
Subjek 17	72,5	80
Subjek 18	61	74
Subjek 19	52,5	57
Subjek 20	72	80
Rata-Rata	58,13	69,25



Gambar 2. Grafik Skor Rata-Rata *Power Spectral Density* Aktivitas Memori Kerja

Berdasarkan Tabel 1 dan Grafik 1 di atas terdapat perbedaan rata-rata nilai PSD pada aktivitas memori kerja. Aktivitas memori kerja sebelum diberikan *binaural beats* rata-rata 58,13, sementara aktivitas setelah diberikan *binaural beats* menjadi 69,25. Terdapat 8 subjek memiliki rata-rata PSD di atas rata-rata PSD keseluruhan sebelum diberikan *binaural beats*, sementara terdapat 11 subjek memiliki rata-rata PSD di atas rata-rata PSD keseluruhan. Skor tertinggi pada aktivitas memori kerja sebelum diberikan *binaural beats* adalah 79 (Subjek 6), sementara skor terendah adalah 43

(Subjek 7). Sementara itu, skor tertinggi pada aktivitas memori kerja setelah diberikan *binaural beats* adalah 95 (Subjek 3), sementara skor terendah adalah 49,5 (Subjek 16).

Berikut ini disajikan hasil penghitungan statistika Paired Sample T Test menggunakan SPSS ver. 26.

Tabel 2. Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair	Sebelum	58,13	20	12,938	2,893
	Sesudah	69,25	20	13,646	3,051

Tabel 3. Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair	Sebelum-Sesudah	20	0,759	0,000

Tabel 4. Paired Samples Test

Pair	Sebelum-Sesudah	Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Dev.	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
		-11,125	9,246	2,068	-15,452	-6,798	-5,381	19	0,000

Berdasarkan Tabel 3 nilai korelasi antara variabel sebelum dan sesudah adalah 0,759, artinya memiliki korelasi kuat dan positif dengan tingkat signifikansi hubungan sebesar 0,000 yang artinya signifikan pada level 0,01. Sementara itu, berdasarkan tabel 4 dapat diinterpretasikan bahwa t hitung -5,381 dengan nilai absolut 5,381, sementara t tabel 1,729. Ini menunjukkan bahwa t hitung > dari t tabel yang berarti ada perbedaan secara signifikan. Hal ini diperkuat oleh sig. (2 tailed) yang menunjukkan hasil 0,000. Artinya, terdapat perbedaan yang signifikan antara sebelum dan sesudah perlakuan karena nilai *p value* < 0,01 (95% kepercayaan 2 tailed). Sementara itu, mean bernilai negatif (berbanding terbalik), yakni -11,125, artinya terdapat perbedaan kenaikan rata-rata PSD sebelum dan sesudah dengan rata 11,125 nilai PSD. Dengan demikian dapat dideskripsikan bahwa pemberian *binaural beats* berdampak pada aktivitas memori kerja.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengobservasi efek pemberian BB terhadap aktivitas memori kerja pada aktivitas membaca artikel ilmiah. Seperti yang telah dinyatakan dalam studi terdahulu (Kraus & Porubanová, 2015; Beauchene et al., 2016, 2017; Jirakittayakorn & Wongsawat, 2017) bahwa pemberian BB dapat memberikan dampak positif temporer terhadap aktivitas memori kerja. Hasil dari penelitian ini menunjukkan temuan serupa bahwa dari hasil penghitungan PSD dapat ditunjukkan bahwa pemberian BB 15Hz dapat meningkatkan PSD gelombang beta rendah pada aktivitas memori kerja.

Pemberian BB berupa gelombang alpha 9,55Hz dapat memicu kondisi relaksasi sehingga informasi tidak relevan dapat dikurangi, serta kapasitas memori kerja dapat ditingkatkan (Kraus & Porubanová, 2015). Hal ini terjadi karena BB yang diberikan meningkatkan frekuensi alpha yang dikenal sebagai gelombang relaksasi. Stimulus yang berbeda dilakukan pada studi (Jirakittayakorn & Wongsawat, 2017), dengan memberikan stimulus frekuensi gamma 40Hz. Stimulus ini juga berdampak pada peningkatan aktivitas memori kerja. Dalam studi terkini tidak diberikan stimulus yang sama. Akan tetapi, stimulus yang diberikan tetap meningkatkan aktivitas memori kerja.

Peneliti berasumsi bahwa pemberian stimulus pada frekuensi yang berbeda mungkin memicu dampak yang berbeda, tetapi perbedaan stimulus tersebut bisa jadi sama-sama dapat memicu peningkatan aktivitas memori kerja, baik secara langsung maupun tidak langsung. Peningkatan yang terjadi secara langsung dan tidak langsung ini juga perlu diinvestigasi lebih lanjut sehingga dapat dibuktikan frekuensi yang sesuai untuk meningkatkan aktivitas memori kerja. Dalam studi terkini tidak dilakukan tes pemahaman membaca sehingga belum dapat ditunjukkan peran memori kerja terhadap pemahaman terhadap isi bacaan.

Beauchene menemukan bahwa pemberian 15Hz dapat meningkatkan aktivitas memori kerja visuospatial dan memori kerja verbal (Beauchene et al., 2016; Beauchene et al., 2017). Dalam studi terkini, pemberian 15 Hz juga menunjukkan peningkatan PSD gelombang beta rendah. Peneliti berasumsi bahwa peningkatan gelombang beta rendah berkaitan dengan tingkat atensi. Semakin tinggi tingkat atensi maka semakin besar pula peluang informasi terserap ke memori kerja. Hal ini serupa dengan temuan (Sudaryat et al., 2019) yang menyebutkan bahwa atensi membaca pada gelombang 15Hz–18Hz berperan dalam meningkatkan penyerapan informasi. Keterbatasan dalam studi terkini juga belum dilakukan investigasi terhadap tingkat penyerapan informasi. Studi lanjutan yang mengaitkan antara aktivitas memori kerja dan tingkat penyerapan informasi dapat dilakukan dengan melakukan tes tambahan terhadap hasil bacaan.

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa BB dengan frekuensi 15Hz dapat meningkatkan rata-rata PSD pada area memori kerja secara signifikan pada aktivitas membaca artikel ilmiah. Penelitian berikutnya dapat diarahkan untuk membandingkan perbedaan frekuensi terhadap aktivitas memori kerja. Selain itu, dapat pula dilakukan penelitian serupa pada aktivitas lain, selain membaca.

REFERENSI

- Ashkenazi, S., Rosenberg-Lee, M., Metcalfe, A. W., Swigart, A. G., & Menon, V. (2013). Visuo Spatial Working Memory is an Important Source of Domain-General Vulnerability in The Development of Arithmetic Cognition. *Neuropsychologia*, *51*(11), 2305–2317.
- Baars, B. J., & Franklin, S. (2003). How Conscious Experience and Working Memory Interact. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(4), 166–172.
- Baddeley, A. D. (2000). Short-term and Working Memory. *The Oxford Handbook of Memory*, *4*, 77–92.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). *Working Memory*. In *Psychology of Learning and Motivation*. Academic press.
- Baddeley, A. (2000). The Episodic Buffer: A New Component of Working Memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 166–172.
- Baddeley, Alan. (2008). Working Memory. *Current Biology*, *20*(4), R136–R140.
- Beauchene, C., Abaid, N., Moran, R., Diana, R. A., & Leonessa, A. (2016). The Effect of Binaural Beats on Visuospatial Working Memory and Cortical Connectivity. *PLoS One*, *11*(11), e0166630.
- Beauchene, C., Abaid, N., Moran, R., Diana, R. A., & Leonessa, A. (2017). The Effect of Binaural Beats on Verbal Working Memory and Cortical Connectivity. *Journal of Neural Engineering*, *14*(2), 026014.
- Brunner, C., Delorme, A., & Makeig, S. (2013). Eeglab—an Open Source Matlab Toolbox for Electrophysiological Research. *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, *58*(SI-1-Track-G), 000010151520134182.
- Chein, J. M., Moore, A. B., & Conway, A. R. (2011). Domain-general Mechanisms of Complex Working Memory Span. *Neuroimage*, *54*(1), 550–559.
- Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., & Conway, A. R. (2005). On The Capacity of Attention: Its Estimation and Its Role in Working Memory and Cognitive Aptitudes. *Cognitive Psychology*, *51*(1), 42–100.

- Cowan, N., Morey, C. C., Chen, Z., Gilchrist, A. L., & Saults, J. S. (2008). Theory and Measurement of Working Memory Capacity Limits. *Psychology of Learning and Motivation*, 49, 40–104.
- D'Esposito, M., & Postle, B. R. (2015). The Cognitive Neuroscience of Working Memory. *Annual Review of Psychology*, 66, 115–142.
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: An Open Source Toolbox for Analysis of Single-trial EEG Dynamics Including Independent Component Analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9–21.
- Delorme, A., Mullen, T., Kothe, C., Akalin Acar, Z., Bigdely-Shamlo, N Vankov, A., & Makeig, S. (2011). EEGLAB, SIFT, NFT, BCILAB, and ERICA: New Tools for Advanced EEG Processing. *Computational Intelligence and Neuroscience*.
- Ingram, J. C. L. (2007). *Neurolinguistics: An Introduction to Spoken Language Processing and its Disorders*. UK: Cambridge University Press.
- Jirakittayakorn, N., & Wongsawat, Y. (2017). Brain Responses to 40-Hz Binaural Beat and Effects on Emotion and Memory. *International Journal of Psychophysiology*, 120, 96–197.
- Kasprzak, C. (2011). Influence of Binaural Beats on EEG Signal. *Acta Physica Polonica A*, 119(6), 986–990.
- Kim, C., Kroger, J. K., Calhoun, V. D., & Clark, V. P. (2015). The Role of The Frontopolar Cortex in Manipulation of Integrated Information in Working Memory. *Neuroscience Letters*, 595, 25–29.
- Kraus, J., & Porubanová, M. (2015). The Effect of Binaural Beats on Working Memory Capacity. *Studia Psychologica*, 57(2), 135.
- Libenson, M. H. (2012). Practical Approach to Electroencephalography E-Book. *Elsevier Health Sciences*.
- Mertens, D. M. (2015). *Research and Evaluation in Education and Psychology*. Sage Publications.
- Miller, G. A., Eugene, G., & Pribram, K. H. (2017). *Plans and The Structure of Behaviour*.
- Quigg, M. (2006). *EEG Pearls*. Mosby Inc. and Elsevier Inc.
- Stern, J. M., & Engel, J. (2005). *An Atlas of EEG Patterns*. USA: Lippincott Williams.
- Sudaryat, Y., Nurhadi, J., & Rahma, R. (2019). Spectral Topographic Brain Mapping in EEG Recording for Detecting Reading Attention in Various Science Books. *Journal of Turkish Science Education*, 16(3), 440–450.
- Yurgil, K. A., Velasquez, M. A., Winston, J. L., Reichman, N. B., & Colombo, P. J. (2020). Music Training, Working Memory, and Neural Oscillations: A Review. *Frontiers in Psychology*, 11.