

# **KARYA AKHIR**

**PENGARUH *BINAURAL BEAT* GELOMBANG BETA TERHADAP  
PENINGKATAN FUNGSI MEMORI JANGKA PENDEK DAN  
ATENSI PADA ORANG DEWASA MUDA YANG SEHAT**

***THE EFFECT OF BETA BINAURAL BEAT ON IMPROVEMENT OF  
SHORT-TERM MEMORY AND ATTENTION FUNCTIONS  
IN HEALTHY YOUNG ADULTS***

**TIO ANDREW SANTOSO**



**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1  
PROGRAM STUDI NEUROLOGI  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**

**PENGARUH *BINAURAL BEAT* GELOMBANG BETA  
TERHADAP PENINGKATAN FUNGSI MEMORI  
JANGKA PENDEK DAN ATENSI PADA  
ORANG DEWASA MUDA YANG SEHAT**

KARYA AKHIR

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Spesialis Neurologi

Program Pendidikan Dokter Spesialis-1 (Sp.1)  
Program Studi Neurologi

Disusun dan diajukan oleh:

**TIO ANDREW SANTOSO**

Kepada:

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1  
PROGRAM STUDI NEUROLOGI  
FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**

**KARYA AKHIR**

**PENGARUH *BINAURAL BEAT* GELOMBANG BETA  
TERHADAP PENINGKATAN FUNGSI MEMORI  
JANGKA PENDEK DAN ATENSI PADA  
ORANG DEWASA MUDA YANG SEHAT**

Disusun dan diajukan oleh :

**TIO ANDREW SANTOSO**

Nomor Pokok : C115216201

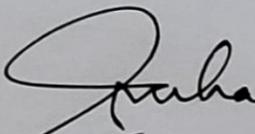
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

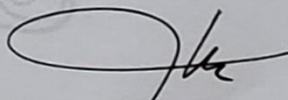
Pada tanggal 25 November 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

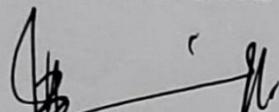
**Komisi Penasehat,**

  
**Dr. Muhammad Akbar, Ph.D, Sp.S(K), DFM**  
Pembimbing Utama

  
**Dr. dr. Andi Kurnia Bintang, Sp.S(K), MARS**  
Pembimbing anggota

Manajer Program Pendidikan Dokter Spesialis, Dekan  
Fakultas Kedokteran UNHAS

Wakil Dekan Bid. Akademik,  
Riset dan Inovasi

  
**Dr. Uleah Bahrun, Sp.PK(K), Ph.D**  
NIP.19680518 199802 2 001

  
**Dr. dr. Man Idris, M.Kes**  
NIP.19671103 199802 1 001



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertandatangan di bawah ini

Nama : Tio Andrew Santoso

Nomor Mahasiswa : C115216201

Program Studi : Neurologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 25 November 2020

Yang membuat pernyataan,



Tio Andrew Santoso

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat yang diberikan kepada penulis, sehingga naskah tesis ini dapat diselesaikan. Penulis yakin bahwa penyusunan tesis ini dapat terlaksana dengan baik berkat kerja keras, ketekunan, kesabaran, bantuan, bimbingan, dan kerjasama dari berbagai pihak.

Dengan selesainya tesis ini, terimakasih saya sampaikan kepada istri tercinta Stacia Juniata, yang telah menemani, mendoakan dan mendukung selama proses pendidikan, dan kepada anak-anak saya Darren Nathanael Santoso dan Derrick Emmanuel Santoso yang telah mendukung saya selama masa pendidikan. Orang tua tercinta Herman Santoso dan Citra Melanie, serta mertua tercinta Sugeng Harsono Notoprodjo dan Lisa Stephani yang telah mendukung, memberi semangat dan bantuan kepada saya selama masa pendidikan ini.

Penulis juga dengan tulus dan penuh rasa hormat menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dr. Muhammad Akbar, Sp. S(K). Ph.D, DFM sebagai ketua komisi penasehat, pembimbing akademik saya serta Ketua Program Studi Neurologi Fakultas Kedokteran Unhas periode 2019-2023 / Ketua Departemen Neurologi periode 2015-2019, dan juga kepada Dr. dr. Andi Kurnia Bintang, Sp. S(K), MARS sebagai anggota komisi penasehat serta Ketua Departemen Neurologi periode 2019-2023 / Ketua Program Studi periode 2015-2019

atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari pengajuan judul sampai selesainya tesis ini.

Tak lupa saya ucapkan terima kasih serta penghargaan yang sebesar-besarnya kepada tim penguji: Dr. dr. Yudy Goysal Sp.S(K); dr. Ashari Bahar, Sp.S(K), FINS, FINA; dan Dr. dr. Andi Alfian Zainuddin, MKM; yang telah memberikan penilaian dan masukan yang sangat berharga untuk tesis ini.

Penulis juga menghaturkan terima kasih kepada para supervisor : Prof. Dr. dr. Amiruddin Aliah, MM, Sp. S(K); Dr. dr. Susi Aulina, Sp.S(K); dr. Louis Kwandou, Sp. S(K); dr. Abdul Muis, Sp. S(K); Dr. dr. Hasmawaty Basir, Sp. S(K); Dr. dr. Jumraini Tammasse, Sp.S(K); Dr. dr. David Gunawan Umbas, Sp. S(K); dr. Cahyono Kaelan, Ph.D, Sp. PA(K), Sp. S; Dr. dr. Nadra Maricar, Sp.S; Dr. dr. Audry Devisanty Wuysang, M.Si, Sp.S(K) ; dr. Ummu Atiah, Sp. S; dr. Mimi Lotisna, Sp. S; dr. Andi Weri Sompas, Sp. S, M.Kes; dr. Moch. Erwin Rachman, Sp. S, M. Kes; dr. Anastasia Juliana, Sp.S; dr. Muh. Iqbal Basri, Sp. S, M. Kes; dr. Sri Wahyuni S. Gani, Sp. S, M.Kes; dr. Muh. Yunus Amran, Ph.D, Sp.S, M.Kes, FIPM, FINR; dr. Citra Rosyidah, Sp.S, M.Kes; dr. Nurussyariah Hammado Sp. N; dr. Lilian Triana Limoa, M.Kes, Sp.S yang telah dengan senang hati membimbing dan memberi petunjuk kepada penulis selama masa pendidikan penulis maupun untuk tesis ini. Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberkati.

Terima kasih kepada teman sejawat residen, teman seperjuangan saya *Mighty Elf* (dr. Armalia, dr. Zulfitri, dr. Yuthim Oktiany Rante Allo, dr. Shinta Fithri Hayati Azis, dr. Juliet Christy Gunawan Umbas, dr. Rahmawati, dr. Aayuh Khaeranih, dr. Raissa Alfaathir Heri, dr. Dwi Ariesty Ayu Suminar, dan dr. Agus Sulistyawati) ; terima kasih kepada Bapak Isdar Ronta, Sdr. Syukur, dan Ibu I Masse, SE, yang setiap saat tanpa pamrih membantu baik masalah administrasi maupun fasilitas perpustakaan serta penyelesaian tesis ini.

Terakhir kepada berbagai pihak yang tak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama penulis menjalani pendidikan ini. Dengan segala kerendahan hati dan penuh syukur ,saya mengucapkan terima kasih.

Makassar, November 2020

Penulis

## ABSTRAK

**TIO ANDREW SANTOSO.** *Pengaruh Binaural Beat Gelombang Beta terhadap Peningkatan Fungsi Memori Jangka Pendek dan Atensi pada Orang Dewasa Muda yang Sehat (dibimbing oleh Muhammad Akbar, Andi Kurnia Bintang, Yudy Goysal, Ashari Bahar, dan Andi Alfian Zainuddin).*

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh *Binaural Beat* gelombang beta terhadap peningkatan fungsi memori jangka pendek dengan menggunakan skor *Backward Digit Span* dan atensi dengan menggunakan skor *Forward Digit Span* pada orang dewasa muda yang sehat.

Desain penelitian adalah Pra Eksperimental *pre test – post test design*, pada 37 subjek dari bulan Agustus hingga Oktober 2020 di RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar. *Binaural Beat* gelombang beta dilakukan dengan aplikasi *smartphone* yaitu *Brain Waver* menggunakan *Frequency Following Response/FFR* 16 Hz selama 15 menit kemudian diukur perubahan skor *Backward Digit Span* sebelum dan sesudah intervensi untuk melihat perubahan fungsi memori jangka pendek serta mengukur perubahan skor *Forward Digit Span* sebelum dan sesudah intervensi untuk melihat perubahan fungsi atensi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan skor *Backward Digit Span* yang bermakna antara sebelum dan sesudah intervensi dengan nilai  $p (<0.001) < 0.05$  yang menunjukkan adanya peningkatan fungsi memori jangka pendek dengan menggunakan *Binaural Beat* gelombang beta. Hasil penelitian juga menunjukkan perbedaan skor *Forward Digit Span* yang bermakna antara sebelum dan sesudah intervensi dengan nilai  $p (<0.001) < 0.05$  yang menunjukkan adanya peningkatan fungsi atensi dengan menggunakan *Binaural Beat* gelombang beta.

Kata Kunci: Memori jangka pendek, Atensi, *Binaural Beat* Gelombang Beta



## **ABSTRACT**

**TIO ANDREW SANTOSO.** *The Effect of Beta Binaural Beat on Improvement Short-Term Memory and Attention Function in Healthy Young Adults* (supervised by Muhammad Akbar, Andi Kurnia Bintang, Yudy Goysal, Ashari Bahar, and Andi Alfian Zainuddin).

This research aimed at investigating the effect of the Beta Binaural Beat on improving short-term memory function by using the Backward Digit Span score and attention function using the Forward Digit Span score in healthy young adults.

The research used the pre-experimental pre-test - post-test design on 37 subjects from August to October 2020 at Central General Hospital Dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar. The Beta Binaural Beat was conducted by the smartphone application namely Brain Waver, using the Frequency Following Response / FFR 16 Hz for 15 minutes, then the difference of Backward Digit Span score is measured before and after the intervention to observe the improvement of short-term memory function, also the difference of Forward Digit Span score is measured before and after the intervention to observe the improvement of attention function.

The research result indicates that there is the significant difference of the Backward Digit Span score between before and after the intervention with the value of  $p (<0.001) <0.05$ , which means there is an improvement of short-term memory function using Beta Binaural Beat. The result also indicates the significant difference of the Forward Digit Span score between before and after the intervention with the value of  $p (<0.001) <0.05$ , which means there is an improvement of the attention function using Beta Binaural Beat.

Key words : Short-Term Memory, Attention, Beta Binaural Beat



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGANTAR .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GRAFIK .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
DAFTAR SINGKATAN .....	xvii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah .....	6
C. Tujuan Penelitian .....	6
1. Tujuan Umum .....	6
2. Tujuan Khusus .....	6
D. Manfaat Penelitian .....	7
1. Manfaat Teoritis .....	7
2. Manfaat Praktis .....	8
3. Manfaat Metodologi .....	8
E. Hipotesis Penelitian .....	8
BAB II .....	9
TINJAUAN PUSTAKA .....	9

A.	Memori .....	9
B.	Anatomi dan Fisiologi Memori.....	11
C.	Atensi .....	18
D.	Anatomi dan Fisiologi Atensi.....	18
E.	Pemeriksaan Memori jangka pendek dan Atensi.....	23
F.	<i>Brainwave Entrainment</i> (BWE) .....	25
G.	<i>Binaural Beat</i> .....	26
H.	Efek <i>Binaural Beat</i> .....	30
I.	Gelombang Beta.....	32
J.	<i>Binaural Beat</i> dan Gelombang Beta.....	33
K.	Quantitative EEG pada <i>Binaural Beat</i> Gelombang Beta.....	34
L.	<i>Binaural Beat</i> dan Fungsi Memori dan Atensi .....	35
M.	Kerangka Teori.....	40
N.	Kerangka Konsep .....	41
BAB III.....		42
METODE PENELITIAN .....		42
A.	Desain Penelitian.....	42
B.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	42
C.	Populasi Penelitian dan Teknik Sampel .....	42
1.	Populasi Penelitian.....	42
2.	Sampel Penelitian.....	43
3.	Cara Pengambilan Sampel .....	43
4.	Kriteria Inklusi.....	43
5.	Kriteria Eksklusi .....	43
6.	Perkiraan Besar Sampel.....	44
D.	Cara Pengumpulan Data .....	45
1.	Cara Kerja.....	45
2.	Alat dan Bahan .....	45
3.	Prosedur Penelitian .....	46
E.	Identifikasi dan Klasifikasi Variabel .....	47
F.	Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	48

G. Analisa Data dan Uji Statistik.....	50
H. Ijin Penelitian dan Kelayakan Etik .....	50
I. Alur Penelitian .....	52
BAB IV .....	53
HASIL PENELITIAN.....	53
A. Karakteristik Subjek Penelitian.....	53
B. Analisa Perubahan Skor <i>Digit Span</i> .....	55
BAB V .....	58
PEMBAHASAN.....	58
BAB VI .....	64
SIMPULAN DAN SARAN.....	64
A. Simpulan.....	64
B. Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses Memori.....	11
Gambar 2. Sirkuit Papez.....	12
Gambar 3. Perubahan molekular pembentukan memori jangka pendek .....	14
Gambar 4. Neuroanatomi proses atensi.....	21
Gambar 5. Prinsip kerja <i>Binaural Beat</i> .....	29

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian.....	54
Tabel 2. Analisa Perubahan Skor <i>Backward Digit Span</i> .....	55
Tabel 3. Analisa Perubahan Skor <i>Forward Digit Span</i> .....	56

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Perubahan Skor *Backward Digit Span* Pre dan Post Intervensi .....56

Grafik 2. Perubahan Skor *Forward Digit Span* Pre dan Post Intervensi .....57

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Uji Normalitas Data .....	72
Lampiran 2. Peak Frequency QEEG sebelum dan sesudah intervensi.....	73
Lampiran 3. Rekomendasi Persetujuan Etik .....	83
Lampiran 4. Naskah Penjelasan Pada Subjek .....	84
Lampiran 5. Formulir Persetujuan Mengikuti Penelitian .....	86
Lampiran 6. Kuesioner <i>Mood and Feeling Questionnaire</i> .....	87
Lampiran 7. Aplikasi Brain Waver Beserta Pengaturan.....	89
Lampiran 8. Formulir Penelitian .....	90
Lampiran 9. Formulir Pemeriksaan Digit Span.....	91
Lampiran 10. Data hasil penelitian <i>Digit Span</i> .....	92

## DAFTAR SINGKATAN

---

Singkatan	Arti dan Keterangan
<b>ADHD</b>	: <i>Attention Deficit Hyperactivity Disorder</i>
<b>AVS</b>	: <i>Audio Visual Stimulation</i>
<b>BWE</b>	: <i>Brainwave Entrainment</i>
<b>cAMP</b>	: <i>cyclic Adenosine Monophosphate</i>
<b>dB</b>	: desibel
<b>EEG</b>	: <i>Electroencephalography</i>
<b>Fp</b>	: Frontopolar
<b>et al.</b>	: dan kawan-kawan
<b>FFR</b>	: <i>Frequency Following Response</i>
<b>Hz</b>	: <i>Hertz</i>
<b>JBL</b>	: <i>James Bullough Lansing</i>
<b>MFQ</b>	: <i>Mood and Feelings Questionnaire</i>
<b>mg</b>	: miligram

<b>Napza</b>	: Narkotika, Psikotropika, dan zat adiktif berbahaya lainnya.
<b>PET</b>	: <i>Positron Emission Tomography</i>
<b>PTSD</b>	: <i>Post Traumatic Stress Disorder</i>
<b>Q EEG</b>	: <i>Quantitative Electroencephalography</i>
<b>rCBF</b>	: <i>regional Cerebral Blood Flow</i>
<b>RSUP</b>	: Rumah Sakit Umum Pusat
<b>SD</b>	: Standar Deviasi
<b>T</b>	: Temporal
<b>tDCS</b>	: <i>transcranial Direct Current Stimulation</i>
<b>TMS</b>	: <i>Transcranial Magnetic Stimulation</i>
<b>WAIS-R</b>	: <i>Wechsler Adult Intelligence Scale – Revised</i>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Fungsi kognitif merupakan modal utama manusia dalam aktivitas kehidupan sehari – hari. Fungsi ini terbagi dalam lima ranah (*domain*) besar, yaitu atensi, memori, visuospasial, bahasa, dan fungsi eksekutif. Kelima fungsi ini tidak dapat berdiri sendiri melainkan saling berhubungan. Fungsi kognitif yang baik dapat meningkatkan kualitas hidup menjadi lebih baik (Lastri & Mayza, 2017).

Memori didefinisikan sebagai proses pengambilan, penyimpanan, dan pemunculan kembali informasi / pengalaman masa lalu yang telah terekam sesaat atau dalam waktu yang lama. Memori merupakan hal yang sangat penting bagi setiap individu. Memori jangka pendek memiliki makna yang sama dengan memori kerja (*working memory*) yaitu memori yang bertanggung jawab untuk mengingat kembali hal – hal kecil terkait verbal maupun spasial dalam waktu singkat (5 detik sampai 30 menit hingga beberapa hari) dengan kapasitas yang terbatas (Lastri & Mayza, 2017). Memori sangat berperan dalam aktivitas sehari-hari termasuk proses belajar. (Bremner, 2006)

Atensi adalah pemrosesan secara sadar sejumlah kecil informasi dari sejumlah besar informasi yang tersedia. Gaya hidup modern yang sangat kompetitif saat ini menuntut seseorang untuk

melakukan banyak tugas dengan efisiensi semaksimal mungkin untuk periode waktu yang lama. Hal ini menjadi semakin sulit untuk dicapai karena banyaknya distraksi / gangguan yang muncul dari lingkungan sekitar sehingga diperlukan suatu metode untuk meningkatkan derajat atensi pada periode waktu yang lama untuk fokus pada pekerjaan / tugasnya (S. Sharma et al., 2017).

Memori dan atensi dapat mengalami gangguan. Gangguan terhadap memori jangka pendek dapat menyebabkan kesulitan belajar karena akan sulit untuk mengingat informasi yang baru diterima. Gangguan atensi ditandai dengan kesulitan untuk fokus dan mempertahankan konsentrasi pada suatu objek sehingga mudah beralih pada objek lain sebelum menyelesaikan tugasnya pada suatu objek sehingga cenderung terlihat kurang tanggung jawab terhadap tugas yang diberikan (Tumuluri et al., 2017).

Pelatihan *Brainwave* telah ditemukan sangat baik untuk memfasilitasi fungsi memori dan atensi. Salah satu bentuk dari pelatihan gelombang otak adalah *Brainwave Entrainment* (BWE). *Brainwave Entrainment* (BWE) merupakan aktivasi otak yang dilakukan berulang – ulang / ritmik dalam jangka waktu tertentu yang dapat berupa stimulasi visual dan auditori sehingga terjadi stimulasi pada gelombang otak tertentu sesuai dengan stimulus yang diberikan (Huang & Charyton, 2008). Stimulasi dengan gelombang suara melalui *Auditory tones* dinilai lebih efektif, murah, dan mudah digunakan (da Silva et al., 2015). *Binaural Beat/*

*Binaural Brainwave* adalah salah satu metode BWE dengan menggunakan stimulasi auditorik.

*Binaural Beat* adalah fenomena yang terjadi oleh karena adanya dua suara koheren dari frekuensi yang hampir sama diberikan pada masing-masing telinga dan frekuensi yang muncul sebagai respons di otak adalah hasil dari perbedaan frekuensi dari dua nada yang disebut FFR (*Frequency Following Response*). Oleh karena itu, menghadirkan satu nada dengan frekuensi 400 Hz ke satu telinga dan 404 Hz ke yang lain, frekuensi respons yang muncul di otak (FFR) adalah 4 Hz (Abeln et al., 2014). Ketika otak mendapatkan stimulus FFR, otak akan memancarkan muatan listrik dalam reaksi, yang disebut *Cortical Evoked Response* sehingga menghasilkan gelombang kortikal yang sesuai dengan FFR (V. Sharma et al., 2019). Pengaruh ini dapat diukur pada korteks serebri dengan menggunakan perekaman EEG. Jika FFR yang diberikan adalah 10 Hz maka akan terjadi perubahan gelombang otak menjadi 10 Hz (Padmanabhan et al., 2005).

Efek *Binaural Beat* tergantung FFR yang diberikan. *Binaural Beat* telah digunakan oleh komunitas di seluruh dunia untuk menstimulasi otak ke berbagai kondisi gelombang otak yang berkontribusi menghilangkan stres (gelombang alfa), meningkatkan atensi (gelombang beta), meningkatkan fungsi memori (gelombang beta), menghilangkan nyeri (gelombang theta), membantu tidur (gelombang delta), dan banyak lagi (V. Sharma et al., 2019).

Secara fisiologis gelombang beta mempunyai fungsi terkait dengan proses pengambilan keputusan, berpikir, konsentrasi, atensi, memori dan memproses informasi (On et al., 2013).

Peningkatan fase sinkronisasi gelombang beta dengan menggunakan *Binaural Beat* pada korteks serebri memfasilitasi komunikasi neural dan meningkatkan plastisitas saraf sehingga meningkatkan memori jangka pendek. Sinkronisasi beta yang diinduksi stimulasi dengan menggunakan *Binaural Beat* menghasilkan peningkatan koherensi antara area frontal dan temporal selama pemeliharaan memori jangka pendek. Sinkronisasi terbesar pada korteks serebri dengan menggunakan *Binaural Beat* gelombang beta didapatkan pada pola gelombang beta 16 Hz (Beauchene et al., 2016).

Beauchene (2016) menyimpulkan bahwa *Binaural Beat* menggunakan gelombang beta meningkatkan akurasi saat subjek diberikan tes memori dan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan FFR dengan pola gelombang alfa atau theta, serta lebih baik dibandingkan pemberian musik klasik. (Beauchene et al., 2016). Argibay (2019) mengatakan *Binaural Beat* gelombang beta berhubungan dengan tugas *recall* memori dan tugas rekognisi yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan pola gelombang theta dan white noise. Efek dari *Binaural Beat* gelombang beta terhadap aktivitas gelombang otak mempunyai efek positif yang sementara pada memori jangka pendek. (Kraus, 2005)

Penelitian sejauh ini memberikan bukti bahwa ada hubungan antara aktivitas otak berirama yang diinduksi oleh paparan *Binaural Beat* dan berbagai jenis memori, baik meningkatkan maupun mengurangnya kinerja tergantung pada frekuensi yang digunakan. Namun, jumlah penelitian masih sangat sedikit dengan hasil dan penggunaan FFR yang berbeda – beda (Garcia-Argibay et al., 2019).

Kennel et al. (2010) meneliti kegunaan *Binaural Beat* dalam meningkatkan atensi pada pasien dengan ADHD (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder*) dan dikatakan bahwa *Binaural Beat* tidak mempunyai efek signifikan pada atensi, namun dalam penelitian ini tidak disebutkan pola gelombang FFR yang dipakai. FFR dengan frekuensi tinggi (beta/gamma) mungkin memfasilitasi kontrol atensi, yang sesuai dengan pengamatan bahwa pelatihan *neurofeedback* frekuensi tinggi pada korteks frontal meningkatkan efisiensi atensi (Colzato et al., 2017).

Perangkat *Binaural Beat* tidak mahal serta tersedia dalam aplikasi *smart phone* sehingga mudah dilakukan secara mandiri. Terapi *Binaural Beat* masih jarang dilakukan dan penggunaan *Binaural Beat* gelombang beta belum pernah dilakukan di Makassar, Sulawesi Selatan. Penulis tertarik meneliti pengaruh *Binaural Beat* dengan menggunakan FFR 16 Hz (gelombang beta) terhadap peningkatan fungsi memori jangka pendek berdasarkan pemeriksaan Tes Rentang Angka Terbalik / *Backward Digit Span* karena penelitian ini belum pernah dilakukan sebelumnya di dunia. Selain itu, penulis ingin meneliti sejauh mana pengaruh *Binaural Beat*

gelombang beta pada peningkatan fungsi atensi berdasarkan pemeriksaan Tes Rentang Angka Maju / *Forward Digit Span*.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut :

Apakah terdapat pengaruh *Binaural Beat* gelombang beta terhadap peningkatan fungsi memori jangka pendek dan atensi pada orang dewasa muda yang sehat?

## **C. Tujuan Penelitian**

### **1. Tujuan Umum**

Untuk mengetahui pengaruh *Binaural Beat* gelombang beta terhadap peningkatan fungsi memori jangka pendek dan atensi pada orang dewasa muda yang sehat.

### **2. Tujuan Khusus**

- a. Mengukur fungsi memori jangka pendek menggunakan skor Tes *Backward Digit Span* sebelum dilakukan intervensi *Binaural Beat* gelombang beta.

- b. Mengukur fungsi memori jangka pendek menggunakan skor Tes *Backward Digit Span* setelah dilakukan intervensi *Binaural Beat* gelombang beta.
- c. Mengukur perbedaan skor Tes *Backward Digit Span* sebelum dan sesudah dilakukan intervensi *Binaural Beat* gelombang beta untuk mengetahui pengaruh *Binaural Beat* gelombang beta terhadap peningkatan fungsi memori jangka pendek.
- d. Mengukur fungsi atensi menggunakan skor Tes *Forward Digit Span* sebelum dilakukan intervensi *Binaural Beat* gelombang beta.
- e. Mengukur fungsi atensi menggunakan skor Tes *Forward Digit Span* setelah dilakukan intervensi *Binaural Beat* gelombang beta.
- f. Mengukur perbedaan skor Tes *Forward Digit Span* sebelum dan sesudah dilakukan intervensi *Binaural Beat* gelombang beta untuk mengetahui pengaruh *Binaural Beat* gelombang beta terhadap peningkatan fungsi atensi.

## **D. Manfaat Penelitian**

### **1. Manfaat Teoritis**

Penelitian ini akan memberikan pengetahuan dan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan *neuroscience* mengenai pengaruh *Binaural Beat* gelombang beta terhadap peningkatan fungsi memori jangka pendek dan atensi.

## **2. Manfaat Praktis**

*Binaural Beat* gelombang beta dapat dijadikan sebagai stimulasi otak dalam kehidupan sehari-hari pada orang sehat.

## **3. Manfaat Metodologi**

Penelitian ini dapat menjadi sumber referensi bagi peneliti lain dalam melakukan penelitian selanjutnya terkait dengan pengaruh *Binaural Beat* gelombang beta terhadap peningkatan fungsi memori jangka pendek dan atensi.

## **E. Hipotesis Penelitian**

1. Terdapat pengaruh *Binaural Beat* gelombang beta terhadap peningkatan fungsi memori jangka pendek pada orang dewasa yang sehat.
2. Terdapat pengaruh *Binaural Beat* gelombang beta terhadap peningkatan fungsi atensi pada orang dewasa yang sehat.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Memori**

Memori didefinisikan sebagai proses pengambilan, penyimpanan, dan pemunculan kembali informasi / pengalaman masa lalu yang telah terekam sesaat atau dalam waktu yang lama (Lastri & Mayza, 2017).

Klasifikasi memori di tiap kepustakaan dapat berbeda – beda. Tiga klasifikasi utama memori banyak digunakan saat ini adalah sebagai berikut: memori sensorik, memori jangka pendek, dan memori jangka panjang. Informasi dari dunia di sekitar kita disimpan dalam memori sensorik, sehingga memungkinkan informasi ini dapat digunakan di kemudian hari. Memori jangka pendek adalah memori yang bertanggung jawab untuk mengingat kembali hal – hal kecil terkait verbal maupun spasial dalam waktu singkat (5 detik sampai 30 menit hingga beberapa hari) dengan kapasitas yang terbatas. Memori jangka pendek memiliki makna yang sama dengan memori kerja (*working memory*). *Working memory* berfungsi menyediakan penyimpanan sementara dan manipulasi informasi yang diperlukan untuk tugas-tugas kognitif yang kompleks seperti pemahaman bahasa, pembelajaran dan penalaran (Camina & Güell, 2017).

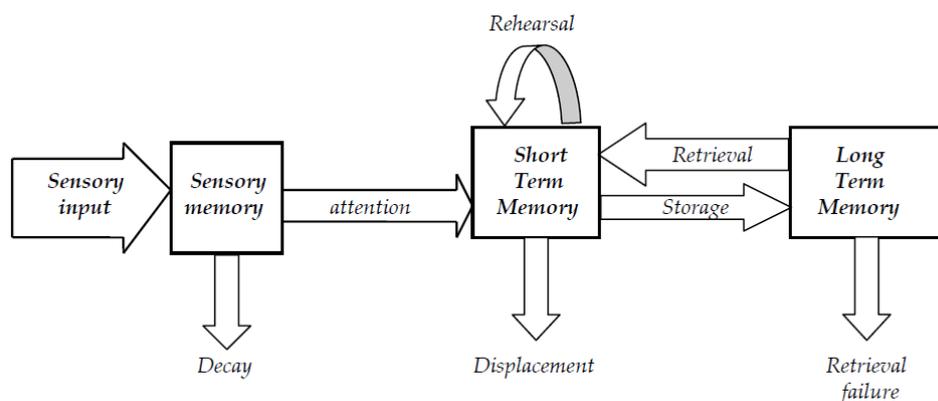
Penggunaan istilah yang sering bertukar – tukar memori jangka pendek dan memori kerja dalam literatur menunjukkan bahwa perbedaan antara keduanya belum jelas. Meskipun kedua istilah di atas mungkin secara konsep berbeda, penggunaan kedua istilah memori jangka pendek dan memori kerja tidak dapat dipahami karena ada saling tumpang tindih / *overlap* antara keduanya. Sejauh ini, studi menggunakan desain korelasi tidak dapat secara konsisten membedakan antara memori jangka pendek dan memori kerja (Aben et al., 2012).

Seseorang yang ingin mengingat informasi yang diterimanya harus melalui tiga tahap proses mengingat, yaitu :

1. Belajar (*learning*) sebagai tahap pertama proses mengingat berupa *encoding*, penyandian atau mencatat informasi.
2. Retensi (*retention*) sebagai tahap kedua proses mengingat untuk menyimpan informasi (*storage*) yang telah diperoleh.
3. Retrival (*retrieval*) sebagai tahap ketiga proses mengingat untuk mencari kembali informasi yang telah disimpan (*decoding*).

Memori sensori mencatat informasi atau stimuli yang masuk melalui salah satu atau kombinasi dari panca indra, yaitu secara visual melalui mata, pendengaran melalui telinga, bau melalui hidung, rasa melalui lidah, dan raba melalui kulit. Bila informasi atau stimuli tersebut tidak diperhatikan maka akan langsung terlupakan, namun bila diperhatikan maka informasi tersebut ditransfer ke sistem ingatan jangka pendek. Sistem ingatan jangka pendek menyimpan informasi atau stimuli selama sekitar 30 detik, dan

hanya sekitar tujuh bongkahan informasi dapat disimpan dan dipelihara di sistem memori jangka pendek dalam suatu saat. Setelah berada di sistem memori jangka pendek, informasi tersebut dapat ditransfer lagi dengan proses pengulangan ke sistem ingatan jangka panjang untuk disimpan, atau dapat juga informasi tersebut hilang/terlupakan karena tergantikan oleh tambahan bongkahan informasi baru (*displacement*). Selanjutnya setelah berada di sistem memori jangka panjang, informasi tersebut dapat diperoleh kembali melalui strategi tertentu, atau informasi tersebut terlupakan (gagal atau tidak dapat diperoleh kembali) karena adanya kekurangan dalam sistem pengarsipannya. Secara skematis proses memori tersebut disajikan dalam Gambar 1 (Solso et al., 2005).

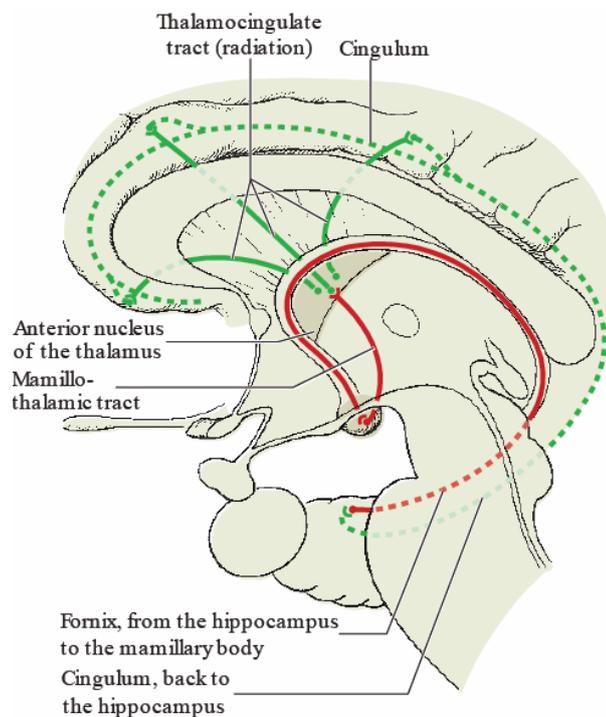


**Gambar 1. Proses Memori (Solso et al., 2005)**

## **B. Anatomi dan Fisiologi Memori**

Memori merupakan sebuah sistem yang terbentuk dari beberapa subsistem yang saling berkaitan. Beberapa subsistem ini membentuk tahapan – tahapan memori dimulai dari atensi, pengkodean (*encoding*),

penyimpanan (*storage*), dan pemanggilan kembali (*retrieval*). Pada setiap tahapan terdapat hubungan neuroanatomi yang saling memengaruhi kemampuan memori seseorang. Struktur yang berperan penting dalam memori episodik adalah temporal media (hipokampus, girus parahipokampus, korteks entorinal), diensefalon yang mengelilingi ventrikel ketiga (korpus mamilare, nukleus anterior dan dorsomedial thalamus, serta jaras penghubung), dan nukleus pada basal *forebrain*. Area penting ini dihubungkan beberapa jaras termasuk forniks dan girus singulata. Semua struktur di atas membentuk sistem limbik, yang dikenal pula dengan Sirkuit Papez (Baehr & Frotscher, 2012; Lastri & Mayza, 2017).



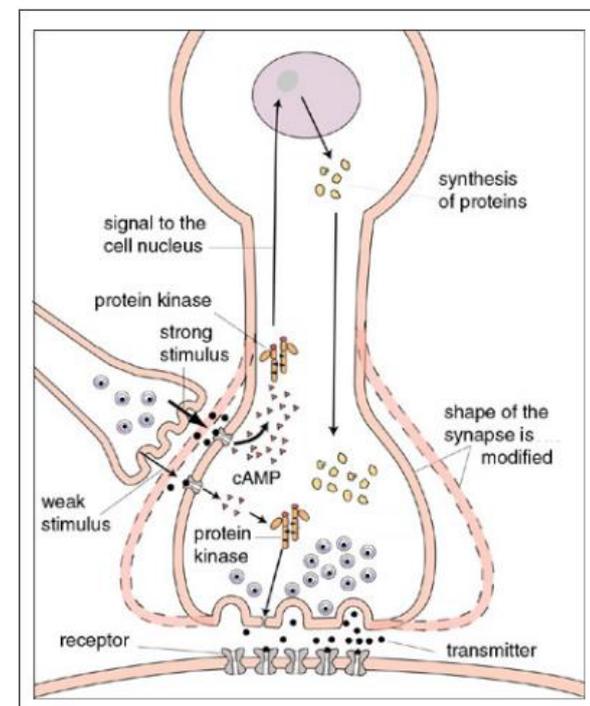
**Gambar 2. Sirkuit Papez (Baehr & Frotscher, 2012)**

Sirkuit Papez bekerja sebagai berikut. Dari hipokampus (kornu Ammon), impuls berjalan melalui lengkungan yang besar pada forniks menuju korpus mamilare. Kemudian nukleus ini menjadi tempat asal traktus mamilotalamikus (Vicus d'Azyr), yang menghantarkan impuls ke nukleus anterior talamus. Nukleus anterior berproyeksi pada girus singuli melalui radiasio talamosingulatum. Dari girus singuli, impuls berjalan melalui singulatum kembali pada hipokampus. Korpus mamilare mempunyai peran penting dalam sirkuit Papez karena menghubungkan sistem limbik dengan mesensefalon dan formasio retikularis. Traktus mamilotegmentalis dan pedunkel korpus mamilare membentuk sirkuit regulasinya sendiri. Impuls yang berasal dari sistem limbik juga dapat berjalan ke neokorteks melalui serabut asosiasi. Impuls sistem saraf otonom dapat berjalan melalui hipotalamus dan nukleus dorsalis medialis talamus untuk mencapai korteks orbitofrontalis (Baehr & Frotscher, 2012).

Memori disimpan dalam otak dengan mengubah sensitivitas dari transmisi antar sinaps neuron sehingga menghasilkan aktivitas neural. Transmisi yang terfasilitasi ini dinamakan *Memory traces* atau jejak ingatan dan diperantarai oleh aktivitas elektrik dan kimiawi. Memori dapat dipanggil kembali apabila bagian otak yang sama menciptakan transmisi yang sama sehingga memory trace terbentuk kembali. Dasar cara kerja memori pada umumnya adalah (Sweatt et al., 1989) :

1. Stimulasi pada terminal presinaps memicu dikeluarkannya neurotransmitter yang berada dalam vesikel-vesikel presinaptik.

2. Neurotransmitter yang dikeluarkan berikatan dengan reseptor di membran terminal. Reseptor kemudian akan mengaktifasi enzim adenyl cyclase pada membran. Adenyl cyclase kemudian akan membentuk Cyclic adenosine monophosphate (cAMP) yang terdapat pada terminal sinaps sensorik.
3. cAMP akan mengaktifasi protein kinase yang menyebabkan fosforilasi pada protein yang merupakan bagian dari kanal potassium pada membran sinaps terminal sensori, hal ini menyebabkan hambatan pada  $K^+$  .



**Gambar 3. Perubahan molekular pembentukan memori jangka pendek (Sweatt et al., 1989)**

4. Kekurangan konduksi pada potassium menyebabkan aksi potensial dengan durasi panjang di sinaps terminal sensori karena pengeluaran potassium penting untuk pemulihan aksi potensial.
5. Durasi aksi potensial yang lama menyebabkan aktivasi kanal kalsium yang lama, sehingga kalsium dapat masuk ke sinaps sensori terminal. Ion kalsium menyebabkan peningkatan pelepasan neurotransmitter sehingga memfasilitasi peningkatan sensitivitas eksitatori pada terminal sensorik dan membentuk memory trace (Sweatt et al., 1989).

Beberapa faktor yang memengaruhi memori jangka pendek adalah (Blasiman & Was, 2018) :

1. Tingkat kecerdasan

Tingkat kecerdasan yang rendah terkait dengan kemampuan memori jangka pendek yang buruk.

2. Usia

Fungsi memori jangka pendek menurun dengan bertambahnya usia, meskipun hal ini bersifat individual karena terpengaruh dengan beberapa faktor misalnya latihan memori berulang dapat meningkatkan memori jangka pendek.

3. Kondisi medis dan mental

Beberapa penyakit mental seperti Skizofrenia, depresi, dll serta penyakit medis seperti Parkinson, trauma kapitis, dll dapat menurunkan fungsi memori jangka pendek karena terjadi kerusakan pada jaras anatomi serta fisiologis dari memori.

4. Keadaan emosi / mood

Keadaan emosi dapat memengaruhi fungsi memori jangka pendek. Keadaan emosi yang negatif memperburuk kemampuan memori jangka pendek, sedangkan emosi yang positif mempunyai pengaruh sebaliknya. Hal ini disebabkan karena neurotransmitter dopamin dapat mempengaruhi efek positif emosi pada memori jangka pendek sedangkan norepinefrin memodulasi efek negatif emosi pada memori jangka pendek.

5. Stres dan kecemasan

Keadaan stres dan kecemasan yang berlebihan dapat memengaruhi fungsi memori jangka pendek seseorang. Hal ini disebabkan karena adanya stres dan kecemasan dapat menyebabkan berkurangnya atensi karena pikiran menjadi sibuk berpusat pada stimulus penghasil kecemasan / stres.

6. Merokok

Seseorang dengan kebiasaan merokok yang tidak merokok selama 12 jam (sangat berkeinginan merokok) menyebabkan penurunan kemampuan memori jangka pendek karena adanya pikiran preokupasi terhadap merokok mengurangi kemampuan memori jangka pendek.

7. Suhu udara

Suhu udara yang dingin menurunkan kemampuan memori jangka pendek. Hal ini disebabkan karena adanya stimulus stres yang meningkatkan tingginya katekolamin di otak.

#### 8. Tidur

Keadaan kurang tidur dapat memperburuk fungsi memori jangka pendek karena terjadi penurunan aktivitas pada korteks regio fronto-parietal.

#### 9. Pelatihan musik

Pelatihan musik yang rutin dapat meningkatkan fungsi memori jangka pendek dan efeknya tergantung pada seberapa lama pelatihan musik dilakukan.

#### 10. Ketinggian / Hipoksia

Seseorang yang tinggal di gunung mempunyai performa memori jangka pendek yang lebih buruk yang disebabkan karena kondisi hipoksia.

#### 11. Diet

Makanan yang mengandung glukosa / karbohidrat tinggi memperbaiki performa memori jangka pendek meskipun hanya bersifat sementara namun mekanismenya sampai saat ini belum jelas.

#### 12. Obat – obatan

Obat – obatan psikoaktif seperti kafein, dll dapat memengaruhi neurotransmitter dalam otak sehingga dapat meningkatkan fungsi memori jangka pendek. Alkohol dan obat – obatan golongan sedativa mempunyai efek negatif pada fungsi memori jangka pendek.

#### 13. Stimulasi otak

Beberapa metode stimulasi otak seperti TMS (*Transcranial Magnetic Stimulation*) dapat meningkatkan fungsi memori jangka pendek karena menyebabkan peningkatan aktivitas kortikal.

### **C. Atensi**

Atensi merupakan peningkatan aktivitas kegiatan otak berupa pemilihan dan pengelompokan rangsangan yang diterima. Definisi lain dari atensi adalah persiapan fisiologis untuk bertindak dan bereaksi serta proses mempertahankan aktivitas di dalam mencapai sasaran. Atensi berperan penting dalam mempertahankan fungsi kognitif yakni memori, bahasa, dan fungsi eksekutif. Oleh karena itu, atensi memiliki peran penting dalam proses belajar. Atensi berperan dalam kecerdasan. Kecepatan reaksi dan akurasi dalam memproses informasi merupakan faktor yang penting dalam kecerdasan dimana kecerdasan dihubungkan dengan kecepatan konduksi neuron. Atensi selalu berperan penting dalam hal ini karena seseorang harus memfokuskan perhatian kepada suatu rangsang terlebih dahulu sebelum memberikan respon terhadap stimulus tersebut. (Lastri & Mayza, 2017; Solso et al., 2005)

### **D. Anatomi dan Fisiologi Atensi**

Atensi terbentuk dari sistem yang spesifik yang dapat dibagi berdasarkan area anatomis di otak, yakni terdiri dari tiga bagian subfungsi yaitu *alerting*, *orienting*, dan *executive control network*. *Alerting* didefinisikan sebagai suatu proses waspada dan kemampuan untuk mempertahankan

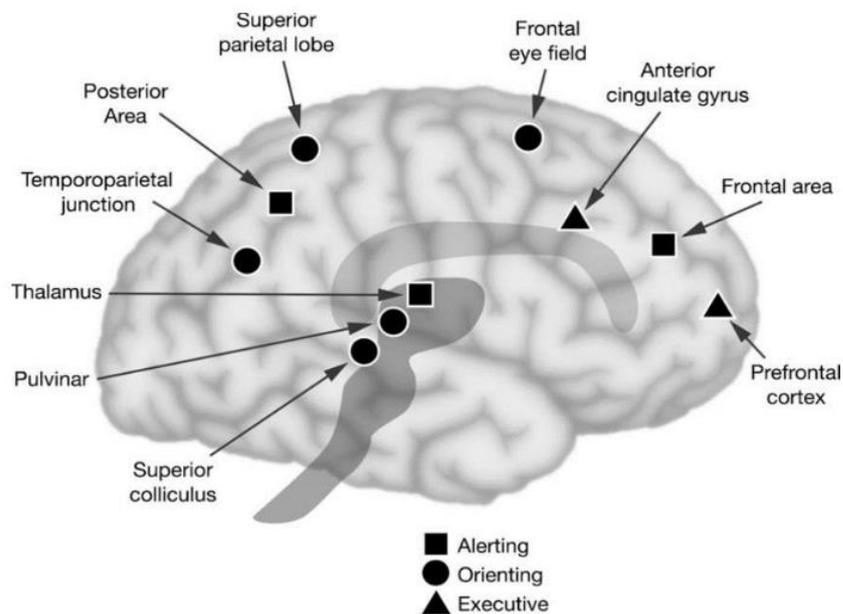
atensi terhadap suatu kejadian yang akan datang. Bagian otak yang berperan dalam alerting ini adalah korteks lobus frontal kanan dan lobus parietal serta *locus coeruleus*. Neurotransmitter norepinefrin terlibat dalam mempertahankan proses *alerting* ini. Beberapa penelitian menemukan bahwa *locus coeruleus* merupakan tempat produksi utama norepinefrin yang akan didistribusikan ke lobus frontal kanan dan lobus parietal. Produksi norepinefrin akan meningkat secara signifikan pada keadaan kewaspadaan tinggi. Produksi norepinefrin ini sangat penting bagi proses atensi, kesadaran, dan kognisi. Sistem *locus coeruleus* - norepinefrin ini berkontribusi dalam menginisiasi status aktivitas neuron untuk pengumpulan informasi sensorik, misal saat bangun tidur. Selain itu sistem ini juga berperan dalam mengumpulkan dan memproses informasi yang penting pada berbagai aktivitas yang membutuhkan atensi melalui sensori kortikal dan nonkortikal, atensi, dan sirkuit memori. Bila terjadi gangguan regulasi pada sistem *locus coeruleus* - norepinefrin yang berperan dalam fungsi *alerting* ini, maka dapat menyebabkan berbagai gangguan psikiatri, antara lain ADHD, gangguan tidur, dan gangguan afektif (Pirruccio, 2014; Solso et al., 2005).

*Orienting* adalah kemampuan untuk memfokuskan atensi langsung terhadap lokasi stimulus yang akan datang. *Orienting* ini dibutuhkan dalam proses pencarian impuls visual. Bagian otak yang berperan dalam *orienting* adalah lobus parietal superior, *temporo-parietal junction*, dan *frontal eye fields*. Neurotransmitter asetilkolin berperan dalam fungsi ini. Sistem

kolinergik asetilkolin memiliki efek seluler dalam korteks visual primer selama proses input visual. Aktivasi asetilkolin yang dirangsang oleh stimulus visual mampu meningkatkan kemampuan mendeteksi petunjuk dan *long-term facilitation* pada korteks visual primer. *Orienting* yang dirangsang oleh stimulus visual akan meningkatkan efisiensi dalam memproses suatu target dengan memperhatikan lokasi tempat target pusat atensi tanpa adanya gerakan kepala maupun gerakan mata. Namun apabila target pusat atensi muncul pada lokasi yang tidak seharusnya, maka *orienting* pada lokasi sebelumnya harus dilepaskan terlebih dahulu sebelum dialihkan menuju ke arah munculnya objek yang sebenarnya. Pada saat inilah *temporo-parietal junction* aktif bekerja. *Frontal eye fields* bersama dengan lobus parietal superior menjadi titik pusat dari fungsi *orienting*. *Frontal eye fields* terlibat dalam penyebaran atensi spasial serta mempertahankan lokasi target atensi selama ada waktu penundaan, ketika tidak ada stimulus visual dan selama diskriminasi visual. Sedangkan lobus parietal superior memiliki fungsi yang dipengaruhi oleh lokasi spasial sehingga memiliki peran dalam mengalihkan perhatian pada target (Pirruccio, 2014; Solso et al., 2005).

*Executive control network* meliputi proses untuk memonitor dan menyelesaikan konflik yang timbul dari proses internal yang meliputi pikiran, perasaan, dan respon. Bagian otak yang berperan dalam *executive control network* adalah korteks prefrontal serta korteks singulata anterior dan melibatkan neurotransmitter dopamin. Korteks prefrontal berfungsi dalam

*working memori*, kognisi sosial, dan pertimbangan. Sedangkan korteks singulata anterior merupakan bagian dari sistem limbik. (Pirruccio, 2014; Solso et al., 2005).



**Gambar 4. Neuroanatomi proses atensi (Pirruccio, 2014)**

Faktor – faktor yang memengaruhi Atensi adalah (Solso et al., 2005):

1. Usia

Seiring bertambahnya usia seseorang, atensi seseorang akan mengalami penurunan, terutama pada atensi visual, dimana hal ini dihubungkan dengan penurunan kemampuan sensorik. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa menurunnya lapangan pandang menjadi salah satu penyebab menurunnya atensi seiring dengan bertambahnya usia. Atrofi pada korteks dan melebarnya paraventrikuler yang mengakibatkan penurunan fungsi atensi pada seseorang.

2. Jenis Kelamin

Beberapa penelitian menunjukkan atensi bahwa laki-laki memiliki atensi yang lebih baik dibandingkan perempuan. Namun ada beberapa penelitian lain menunjukkan tidak ada perbedaan.

### 3. Pengalaman

Seseorang yang lebih sering menggunakan atau memberikan atensi, memiliki atensi yang lebih baik dibandingkan dengan yang jarang menggunakan atensi.

### 4. Latihan

Latihan mempunyai peran penting dalam peningkatan atensi. Penelitian membuktikan bahwa terjadi peningkatan fungsi atensi pada anak yang sehat maupun anak yang menderita ADHD setelah diberikan intervensi berupa latihan video game.

### 5. Hormon

Hormon yang berpengaruh dalam atensi adalah hormon estrogen dan progesteron. Reseptor estrogen berhubungan dengan fungsi kognisi yang bergantung pada neurotransmitter dopamin, hal ini akibat adanya membran asosiasi reseptor estrogen yang memungkinkan terjadinya ikatan dopamin.

### 6. Motivasi

Korteks singulata anterior berperan dalam meregulasi atensi dan proses emosional, sebuah studi membuktikan bahwa kemampuan mengeliminasi eror dipengaruhi oleh afek dan motivasi.

### 7. Stimulasi otak

Stimulasi otak menggunakan *transcranial Direct Current Stimulation* (tDCS) pada prefrontal cortex dapat meningkatkan fungsi atensi (Filmer et al., 2017).

#### **E. Pemeriksaan Memori jangka pendek dan Atensi**

Pemeriksaan memori jangka pendek dan atensi dapat dilakukan dengan tes rentang angka terbalik (*Backward Digit Span*) dan tes rentang angka maju (*Forward Digit Span*) menurut WAIS-R (*Wechsler Adult Intelligence Scale - Revised*). Pemeriksaan ini dilakukan dengan meminta subjek untuk mengulang beberapa angka yang disebutkan pemeriksa (Fink et al., 2014).

Tes *Forward Digit Span* bertujuan untuk melihat apakah subjek mampu memperhatikan stimulus verbal dan mempertahankannya untuk periode waktu tertentu yaitu melihat efisiensi dan kapasitas dari atensi. Cara pemeriksaan adalah : pemeriksa diminta membacakan setiap angka dengan suara intonasi normal, satu angka per satu detik dan kemudian meminta subjek untuk mengulangnya. Nilai normal tes rentang angka maju adalah  $6 \pm 1$ . Seorang dewasa muda cerdas diharapkan mampu melakukan minimal 6, sedangkan nilai 5 dapat dianggap normal pada lansia atau individu dengan kemampuan intelektual rendah. Berkurangnya tes ini merupakan gambaran adanya gangguan atensi (Fink et al., 2014; Lastri & Mayza, 2017).

Pemeriksaan tes *Backward Digit Span* mempunyai teknik pemeriksaan yang sama dengan tes rentang angka maju hanya subjek diminta untuk mengulangi angka – angka dengan urutan terbalik. Pemeriksaan ini ditujukan untuk melihat kemampuan fungsi eksekutif dan memori jangka pendek. Nilai normal tes rentang angka terbalik biasanya lebih rendah 1 poin dibanding tes rentang angka maju (Fink et al., 2014; Lastri & Mayza, 2017).

Urutan angka disajikan dimulai dengan panjang dua angka dan dua percobaan dilakukan pada setiap daftar jumlah angka yang bertambah. Tes dihentikan ketika subjek gagal menyebutkan urutan angka pada satu deretan angka atau ketika panjang angka maksimal tercapai (9 pada tes *Forward Digit Span*, 8 pada tes *Backward Digit Span*) (Woods et al., 2011). Pemeriksaan *Forward Digit Span* dilakukan untuk mengetahui fungsi atensi, bukan memori, seperti yang terlihat pada fakta bahwa pasien dengan gangguan memori seperti Penyakit Alzheimer memiliki hasil yang normal/hampir normal pada Tes *Forward Digit Span*. Pemeriksaan ini mempunyai spesifitas sebesar 90% dan sensitivitas sebesar 42% untuk mendeteksi gangguan atensi dan memori (Babikian et al., 2006).

Tes *Digit Span* telah banyak digunakan untuk menilai atensi dan memori jangka pendek dan merupakan suatu bagian integral dari evaluasi neuropsikologis rutin. *Forward Digit Span* merupakan pemeriksaan yang mudah dilakukan dan digunakan untuk menilai atensi. Sebaliknya, *Backward Digit Span* membutuhkan pemrosesan sentral yang lebih

kompleks sehingga digunakan untuk menilai memori jangka pendek (R. Tripathi, 2019)

#### **F. *Brainwave Entrainment (BWE)***

Brainwave Entrainment (BWE) merupakan aktivasi otak yang dilakukan berulang – ulang / ritmik dalam jangka waktu tertentu yang dapat berupa stimulasi visual dan auditori sehingga terjadi stimulasi pada gelombang otak tertentu sesuai dengan stimulus yang diberikan. *Entrainment* adalah istilah yang digunakan untuk melatih belahan otak kiri dan kanan agar dapat bekerjasama (sinkron) dengan baik. BWE juga dikenal sebagai *audiovisual stimulation (AVS)*, *Auditory entrainment* atau *photic stimulation* (Huang & Charyton, 2008). Stimulasi dengan gelombang suara melalui *Auditory tones* dinilai lebih efektif, murah, dan mudah digunakan (Thompson, 2007).

BWE mencapai efeknya melalui beberapa mekanisme sekaligus, yaitu (Siever, 2007) :

- 1) disosiasi / induksi hipnosis
- 2) peningkatan neurotransmitter
- 3) kemungkinan peningkatan pertumbuhan dendritik
- 4) mengubah aliran darah otak
- 5) mengubah aktivitas EEG

Disosiasi, dalam pengertian BWE, adalah “pemutusan diri” dari pikiran dan kesadaran somatik seperti yang dialami selama meditasi dalam

(*deep meditation*). Setelah 10 Hz dengan stimulasi Fotik, kadar serotonin, endorfin, dan melatonin meningkat pesat. Stimulasi neuron dengan frekuensi BWE ringan meningkatkan pertumbuhan dendrit dan sinaps dalam sel yang distimulasi. BWE meningkatkan metabolisme glukosa otak secara keseluruhan sebesar 5% dan meningkatkan aliran darah otak pada korteks striata secara dramatis. BWE juga telah terbukti meningkatkan fungsi kognitif pada orang lanjut usia. BWE dapat meningkatkan kadar serotonin sehingga dapat mengontrol emosi/suasana hati, meningkatkan sirkulasi darah, meningkatkan memori, dan lain – lain. BWE yang digunakan selama 20 menit sehari menyebabkan perubahan besar pada tekanan darah, stres, dan perasaan positif (Siever, 2007).

BWE juga telah terbukti memperbaiki luaran klinis pada penderita stroke iskemik akut berdasarkan NIHSS (Rahmat Syah Esi, 2013)

### **G. *Binaural Beat***

*Binaural Beat/* Binaural Brainwave adalah salah satu metode BWE dengan menggunakan stimulasi auditorik. *Binaural Beat* adalah fenomena yang terjadi oleh karena adanya dua nada sinusoidal yang hampir sama tetapi dengan frekuensi yang sedikit berbeda dan hadir sebagai fluktuasi nada tunggal. Fluktuasi nada tunggal dianggap sebagai modulasi amplitudo dengan frekuensi yang menyamai perbedaan frekuensi dari dua nada tersebut (Beauchene et al., 2016).

Dua suara koheren dari frekuensi yang hampir sama diberikan pada masing-masing telinga. Frekuensi yang muncul sebagai respons di otak adalah hasil dari perbedaan frekuensi dari dua nada. Oleh karena itu, menghadirkan satu nada dengan frekuensi 400 Hz ke satu telinga dan 404 Hz ke yang lain, frekuensi respons yang muncul di otak adalah 4 Hz. Hanya dengan menyajikan musik yang sama melalui dua pengeras suara yang sedikit bergeser waktunya memungkinkan terciptanya frekuensi rendah seperti itu. Dengan demikian, musik bertindak sebagai pembawa frekuensi. Frekuensi ketiga yang muncul disebut irama binaural / *Binaural Beat* (Abeln et al., 2014). Hilang timbulnya volume nada yang diberikan memiliki frekuensi yang sama dengan perbedaan antara dua nada murni yang disajikan, asalkan impuls asli <1000 Hz dan perbedaan antara kedua nada adalah antara 1 Hz dan 30 Hz (Padmanabhan et al., 2005). Frekuensi nada pembawa disarankan mendekati 400 Hz untuk menghasilkan *Binaural Beat* yang jelas (Guruprasath & Gnanavel, 2015).

*Binaural Beat* pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli fisika dan meteorologi Prusia bernama Heinrich Wilhelm Dove pada tahun 1839. Dokter ahli biofisika Gerald Oster yang memperkenalkannya lebih luas melalui makalah yang disebut '*Auditory Beats in the Brain*' pada tahun 1973. Dalam makalah tersebut, Oster menyarankan bahwa ada kemungkinan bahwa perubahan perilaku fisiologis dapat dibuat dengan menghitung spektrum binaural-beat. Setelah empat puluh lima tahun dan banyak penelitian yang dilakukan, *Binaural Beat* digunakan oleh komunitas

di seluruh dunia untuk menstimulasi otak ke berbagai kondisi gelombang otak yang berkontribusi menghilangkan stres, meningkatkan fokus, membantu tidur, menghilangkan rasa sakit dan banyak lagi (On et al., 2013).

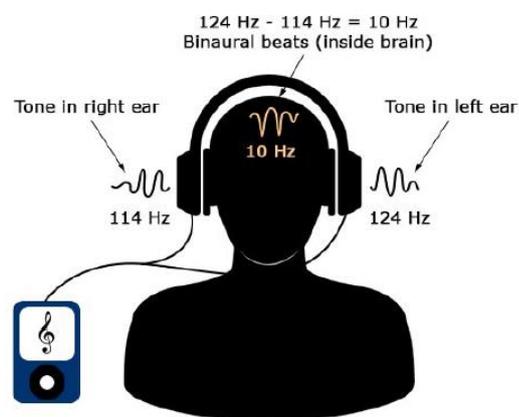
Perangkat *Binaural Beat* tidak mahal serta tersedia dalam aplikasi *smart phone* Android sehingga mudah dilakukan secara mandiri. Meskipun mekanisme *Binaural Beat* tidak sepenuhnya dipahami, diduga bahwa elemen pendengaran dari stimulasi *Binaural Beat* memodulasi aktivitas otak endogen dengan mengaktifkan sel silia yang sensitif terhadap tekanan di dalam koklea telinga. Sinyal auditorik dari masing – masing telinga dikonduksikan pada jalur auditorik *ascending* sisi ipsilateral. Namun, di batang otak, sinyal auditorik dari kedua sisi akan menuju nukleus olivarius superior, yaitu nukleus pertama dari jalur auditorik *ascending* yang menerima sinyal auditorik bilateral. Pada perekaman gelombang otak pada hewan coba telah diungkapkan bahwa respons perubahan gelombang otak yang paling awal ditimbulkan oleh stimulasi *binaural beat* adalah pada nukleus olivarius superior di batang otak. Lebih lanjut pada penelitian ini juga didapatkan respons pada kolikulus inferior di mesensefalon sama dengan FFR dari *Binaural Beat* (López-Caballero & Escera, 2017).

Potensial listrik yang ditimbulkan kemudian ditransmisikan melalui korpus geniculatum medial ke talamus di mana informasi sensoris auditorik diproses. Dari talamus, aktivitas listrik "*entrain*" disebarkan melalui sirkuit talamo-kortikal ke seluruh sistem limbik dan korteks serebri. Hal yang

penting adalah efek samping yang ditimbulkan minimal; satu-satunya kontraindikasi yang diketahui untuk orang dewasa adalah riwayat kejang (Tang et al., 2014).

Agar *Binaural Beat* berjalan optimal, beberapa yang harus dilakukan adalah (Gunawan, 2011) :

1. Menggunakan *headphone* yang berkualitas. Hal ini akan membuat terapi lebih efektif dan mengurangi gangguan suara dari luar. Dengan *headphone* suara akan langsung masuk ke otak tanpa terganggu gelombang lain.
2. Mengatur posisi senyaman mungkin. Dapat sambil berbaring, duduk, atau berdiri. Menutup mata dapat mengurangi rangsangan dari luar. Mendengarkan audio dengan mood yang baik, menerima dan terbuka serta menghayati suara yang dihasilkan



Gambar 5. Prinsip kerja *Binaural Beat* (On et al., 2013)

Efek dari *Binaural Beat* pada gelombang otak tertentu dapat ditingkatkan atau dikurangi dengan menggunakan jenis musik khusus. Musik ini harus memiliki rentang frekuensi tertentu tergantung pada gelombang otak yang ingin dipengaruhi (S. Sharma et al., 2017).

#### **H. Efek *Binaural Beat***

Jika frekuensi *Binaural Beat* terus menerus beresonansi di seluruh otak melalui frekuensi yang terbentuk dari kedua nada (*Frequency Following Response /FFR*), hal ini dapat menyebabkan perubahan gelombang otak. Ketika otak diberikan stimulus berulang, ritme akan terekonstruksi di otak dalam bentuk impuls listrik. Saat ritme menjadi cepat dan teratur, ia akan mempunyai kemiripan dengan ritme internal otak. Dalam proses ini, itu otak bereaksi dengan menyinkronkan siklus listrik internal dengan ritme yang diberikan. Ketika otak mendapatkan stimulus FFR, otak akan memancarkan muatan listrik dalam reaksi, yang disebut *Cortical Evoked Response*. Jadi dengan menggunakan frekuensi *Binaural Beat* yang tepat dapat digunakan untuk menghasilkan gelombang kortikal yang tepat (V. Sharma et al., 2019).

Analisa distribusi spasial dari FFR dapat menimbulkan *Cortical Evoked Response* terutama pada korteks lobus frontal, parietal, dan temporal, termasuk korteks auditorik (S et al., 2006). Biasanya korteks hemisfer kiri dan kanan menghasilkan pola dan frekuensi gelombang otak yang tidak sama, di mana satu hemisfer lebih aktif, biasanya sebelah kanan.

Kedua hemisfer otak biasanya saling bekerja sama dalam menerima sinyal yang berbeda untuk membuat keseimbangan aktivitas antara kedua korteks serebri (Garcia-Argibay et al., 2019).

Pengaruh ini dapat diukur pada korteks serebri dengan menggunakan perekaman EEG. Jika FFR yang diberikan adalah 10 Hz maka akan terjadi perubahan gelombang otak menjadi 10 Hz (Padmanabhan et al., 2005). Rata – rata diperlukan waktu 5 menit untuk melihat efek FFR pada gelombang EEG (S. Sharma et al., 2017). Pemberian *Binaural Beat* terlalu lama yaitu 30 menit atau lebih dapat meningkatkan insidens habituasi (Garcia-Argibay et al., 2019). Habituasi adalah kondisi bawah alam sadar mulai terbiasa dan mengabaikan *Binaural Beat* karena prediktabilitasnya (S. Sharma et al., 2017).

Efek *Binaural Beat* tergantung FFR yang diberikan. FFR bisa diberikan dalam frekuensi gelombang beta (>13-30 Hz), alfa (8-13 Hz), theta (4-7 Hz) dan delta (<4Hz). Berikut adalah beberapa manfaat dari target FFR yang diberikan (Padmanabhan et al., 2005) :

1. Pola gelombang Delta (<4Hz)

*Binaural Beat* pada pola gelombang delta dapat membantu seseorang untuk tidur lebih nyenyak. Dalam suatu studi didapatkan orang yang menerima frekuensi gelombang delta selama tidur memasuki tahap tidur yang lebih dalam, menurut hasil pemeriksaan Elektroensefalografi (EEG).

2. Pola gelombang Theta (4-7 Hz)

*Binaural Beat* pada pola gelombang theta berkontribusi pada peningkatan meditasi, kreativitas, dan memfasilitasi tidur fase REM.

3. Pola gelombang Alfa (8-13 Hz)

*Binaural Beat* pada pola gelombang alfa dapat mendorong relaksasi, menimbulkan pikiran positif, dan mengurangi stres.

4. Pola gelombang Beta (>13-30 Hz)

*Binaural Beat* pada pola gelombang beta dapat membantu meningkatkan atensi dan kewaspadaan, kemampuan kognitif, serta kemampuan memecahkan masalah.

Pastor et al. menggunakan *Positron Emission Tomography* (PET) beserta data EEG, dan melaporkan bahwa terjadi peningkatan aliran darah otak regional (*rCBF / regional Cerebral Blood Flow*) pada saat diberikan *Binaural Beat* gelombang tinggi sebesar 40 Hz sehingga diduga terkait dengan peningkatan aktivitas sinaptik keseluruhan pada korteks serebri pada frekuensi ini (Chaieb et al., 2015)..

## **I. Gelombang Beta**

Gelombang Beta adalah gelombang otak yang diukur menggunakan EEG dan mempunyai frekuensi >13-30 Hz. Fungsi dari gelombang beta telah banyak dipelajari. Fungsi gelombang beta dalam sistem sensorimotor adalah muncul selama postur stabil dan jarang ditemukan selama adanya gerakan dan beberapa peneliti telah mengusulkan bahwa mereka menunjukkan keseimbangan aktivitas neuron dari otak. Gelombang beta

juga ditemukan pada korteks prefrontal selama kontrol fungsi atensi serta memori jangka pendek. Selain itu gelombang beta yang dihasilkan di lobus frontal sebelah kanan berhubungan dengan penghentian sistem pergerakan motorik dan juga untuk proses *retrieval* memori jangka panjang (Schmidt et al., 2019).

Gelombang beta juga terkait dengan proses pengambilan keputusan, berpikir, konsentrasi, atensi, dan memproses informasi (On et al., 2013; Spitzer & Haegens, 2017). Gelombang beta terkait dengan proses kognitif tertentu seperti memori jangka pendek, pemahaman kalimat, kewaspadaan dan tugas yang memerlukan keterampilan dan dalam pembelajaran verbal. Sedangkan, aktivitas beta rendah juga telah diamati pada gangguan mental atau emosi seperti depresi dan anak dengan ADHD (Garcia-Argibay et al., 2019).

Gelombang beta biasanya dikaitkan dengan integritas kortikal, peningkatan kewaspadaan, dan proses kognitif. Gelombang beta terjadi terutama selama keadaan sadar. Tidak adanya gelombang beta terlihat pada kasus cedera kortikal dan dapat digunakan sebagai indikator fungsi kortikal yang terganggu (Kučikienė, 2018).

## **J. *Binaural Beat* dan Gelombang Beta**

Penelitian menunjukkan bahwa *Binaural Beat* dapat memengaruhi respons kortikal / gelombang otak sesuai dengan frekuensi yang diberikan. Namun, *Binaural Beat* dapat juga memengaruhi aktivitas gelombang otak

di luar frekuensi yang diberikan namun efek ini belum dapat dijelaskan dengan baik. Frekuensi nada pembawa mendekati 400 Hz menghasilkan perubahan gelombang otak yang jelas saat dilakukan perekaman EEG pada *Binaural Beat* yang menggunakan gelombang alfa dan beta (Vernon et al., 2012). Tidak ada perbedaan yang signifikan pada frekuensi gelombang otak menggunakan stimulus BWE dengan stimulus auditorik yang dilakukan baik pada mata terbuka atau tertutup (Frederick et al., 1999).

#### **K. Quantitative EEG pada *Binaural Beat* Gelombang Beta**

*Quantitative EEG* (QEEG), disebut juga *Brainmap* merupakan suatu teknik penilaian dimana data EEG (gelombang otak) dikumpulkan kemudian dibandingkan dengan *data base* normatif yang cocok berdasarkan usia (Wigton, 2015). QEEG mengukur aktivitas gelombang otak dan menyerupai suatu *motion picture* yang singkat dari aktivitas elektrik otak. QEEG bersifat non invasif, 19 sensor ditempatkan pada kulit kepala untuk mendeteksi aktivitas gelombang otak (Demos, 2005).

QEEG dapat menilai frekuensi dominan atau frekuensi puncak (*Peak Frequency*) dari suatu perekaman gelombang otak. Frekuensi dengan amplitudo tertinggi di EEG adalah irama osilasi yang dominan. QEEG dapat menemukan amplitudo yang tertinggi dengan pada semua 19 lokasi elektroda EEG. Selain mengetahui frekuensi dominan dapat juga diketahui frekuensi puncak dari suatu gelombang otak, misalnya gelombang beta

yang ingin diketahui dalam suatu perekaman EEG. Jadi dengan melihat frekuensi puncak dari gelombang beta dapat diketahui distribusi gelombang beta pada suatu lokasi elektroda spesifik serta dapat diketahui apakah terjadi perubahan pada frekuensi gelombang beta pada otak sesuai dengan FFR (*Frequency Following Response*) yang diberikan dengan menggunakan *Binaural Beat*. (Demos, 2005).

Pada suatu penelitian menggunakan Brainwave Entrainment (BWE) dengan stimulasi auditorik sebesar 18,5 Hz selama 7 menit didapatkan terjadi perubahan pada *Peak Frequency* QEEG sesuai dengan frekuensi stimulasi yang diberikan disertai dengan peningkatan amplitudo. Namun, didapatkan pula efek generalisasi yang lemah pada frekuensi EEG yaitu pada 13 – 21 Hz. Ketika diberikan *Binaural Beat* gelombang beta, terjadi peningkatan aktivitas beta di lobus frontal dan temporal bilateral pada perekaman QEEG (Park et al., 2018).

#### **L. *Binaural Beat* dan Fungsi Memori dan Atensi**

Penelitian telah menunjukkan bahwa peningkatan fase sinkronisasi elektrokortikal pada korteks memfasilitasi komunikasi neural, meningkatkan plastisitas saraf serta memori jangka pendek. Peningkatan fase sinkronisasi dari neuron presinaptik secara sinkron meningkatkan laju keluarnya neuron postsinaptik karena penggabungan beberapa input simultan meningkatkan kemungkinan tercapainya ambang neuron postsinaptik. Keberhasilan penyandian informasi (encoding) selama tugas memori membutuhkan

peningkatan fase sinkronisasi. Sinkronisasi beta yang diinduksi stimulasi dengan menggunakan *Binaural Beat* menghasilkan peningkatan koherensi antara area frontal dan temporal selama pemeliharaan memori jangka pendek. Sinkronisasi terbesar pada korteks serebri dengan menggunakan *Binaural Beat* gelombang beta didapatkan pada pola gelombang beta 16 Hz (Beauchene et al., 2016).

Pola penyebaran aktivasi dan sinkronisasi gelombang otak dapat memengaruhi komunikasi jarak pendek dan jarak jauh pada neuron – neuron otak. Proses ini bergantung pada sinkronisasi gelombang otak pada sistem neurotransmitter tertentu sehingga dapat memengaruhi proses kognitif. Namun pengaruh sinkronisasi beta pada neurotransmitter tertentu di otak belum jelas (Reedijk SA, 2013)

Meskipun *Binaural Beat* mudah diberikan dan merupakan prosedur yang non-invasif, efeknya pada memori jangka pendek hanya dieksplorasi dalam sejumlah kecil studi. Kennerly menyelidiki efek *Binaural Beat* pada kinerja selama dilakukan tes tugas rentang memori (*memory span task*). Penulis menyimpulkan bahwa kelompok *Binaural Beat* mempunyai kinerja yang lebih baik secara signifikan jika dibandingkan dengan kelompok kontrol. *Binaural Beat* menggunakan FFR 15 Hz selama 5 menit meningkatkan akurasi saat subjek diberikan tes memori visuospasial dan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan FFR dengan pola gelombang alfa atau theta, serta lebih baik dibandingkan pemberian musik klasik (Beauchene et al., 2016).

Penelitian lain menggunakan *Binaural Beat* dengan FFR 7 Hz (pola gelombang theta) selama 30 menit dan ditemukan terjadi penurunan pada proses *recall immediate memory* dibandingkan kontrol (Chaieb et al., 2015).

Lane et al membandingkan efek *Binaural Beat* pada gelombang beta dan theta pada memori jangka pendek yang diberikan selama 30 menit dan mendapatkan bahwa terjadi peningkatan kondisi bingung, lelah, dan kesulitan dalam melakukan tugas yang diberikan yang memerlukan konsentrasi tinggi pada kelompok yang mendapatkan FFR gelombang beta. (Garcia-Argibay et al., 2019).

Pada penelitian lain didapatkan bahwa *Binaural Beat* dengan pola gelombang beta 20 Hz yang dilakukan selama 17 menit berhubungan dengan proporsi yang lebih tinggi pada tugas *recall* memori dan sensitivitas yang lebih tinggi untuk tugas rekognisi dibandingkan dengan menggunakan pola gelombang theta 5 Hz dan white noise pada pemberian waktu yang sama (Garcia-Argibay et al., 2019). Pada suatu penelitian pilot, Kennel et al. menginvestigasi kegunaan *Binaural Beat* dalam meningkatkan atensi pada pasien dengan ADHD (*Attention Deficit Hyperactivity Disorder*) dan dikatakan bahwa *Binaural Beat* tidak mempunyai efek signifikan pada atensi, namun dalam penelitian ini tidak disebutkan pola gelombang FFR yang dipakai pada *Binaural Beat* (Chaieb et al., 2015).

Pada suatu penelitian didapatkan bahwa FFR dengan frekuensi tinggi (beta/gamma) mungkin memfasilitasi kontrol atensi, yang sesuai dengan pengamatan bahwa pelatihan *neurofeedback* frekuensi tinggi di

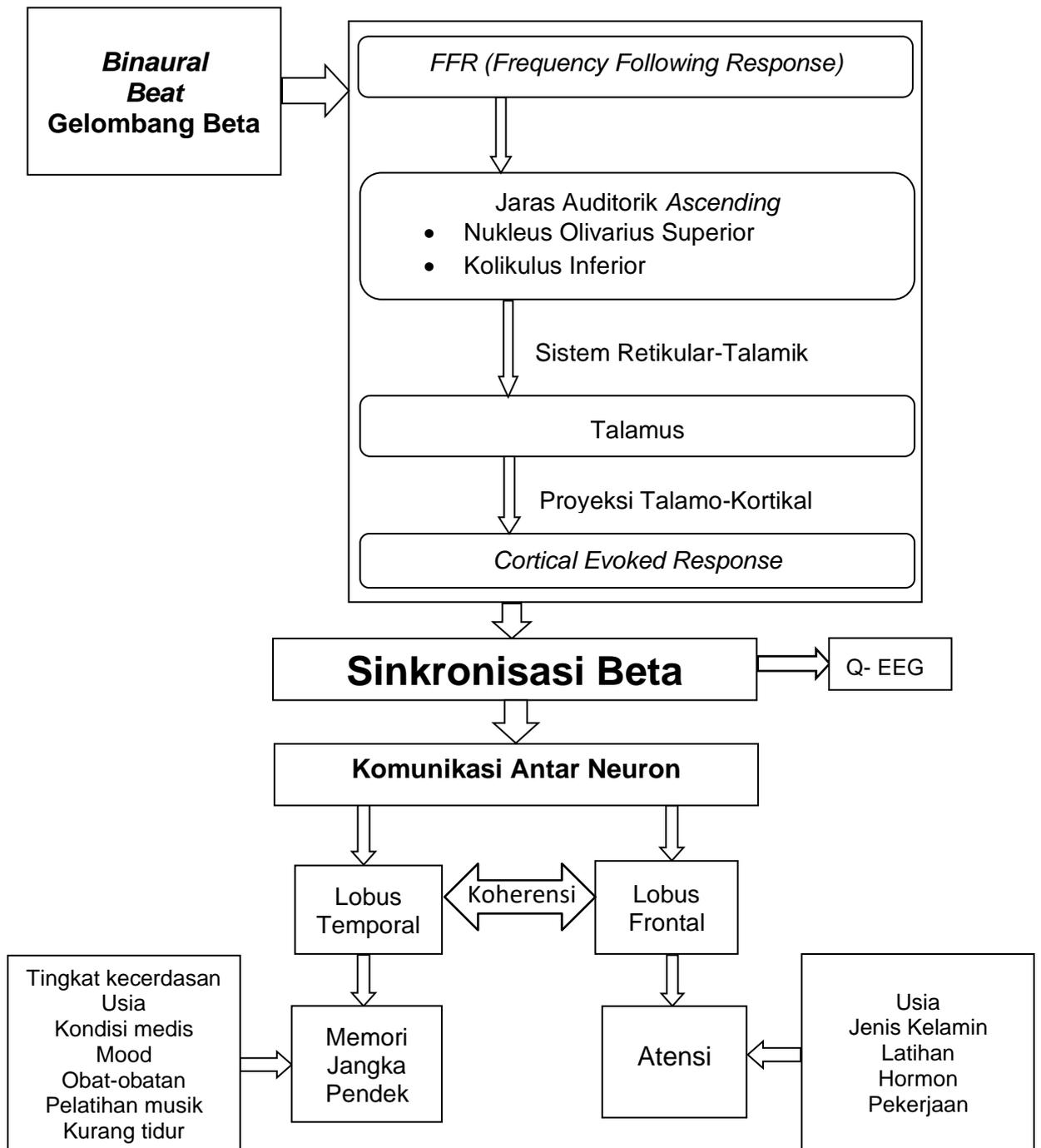
atas korteks frontal meningkatkan efisiensi atensi. Peningkatan aktivitas gelombang otak pada frekuensi gamma diduga berkaitan dengan fungsi atensi yang lebih baik (Colzato et al., 2017). Saat diberikan *Binaural Beat* gelombang beta, terjadi peningkatan rasio gelombang alfa dan beta dibandingkan dengan gelombang theta pada lobus frontal bilateral sehingga sangat signifikan bila dipakai untuk meningkatkan atensi (Park et al., 2018).

*Binaural Beat* dengan pola gelombang beta yang dilakukan pada populasi mahasiswa adalah metode yang efektif untuk memfasilitasi proses *recall* memori, kemampuan atensi, serta kemampuan untuk mempertahankan kemampuan motorik rutin. Penelitian pada kelompok yang menggunakan musik dengan *Binaural Beat* gelombang beta selama 15 menit mempunyai kemampuan memori dan atensi yang lebih baik dibandingkan kelompok yang mendengarkan musik. *Binaural Beat* dengan pola gelombang beta mempunyai dampak positif pada dimensi gangguan mental termasuk atensi yang ditemukan pada anak dengan ADHD (Kennerly, 1994).

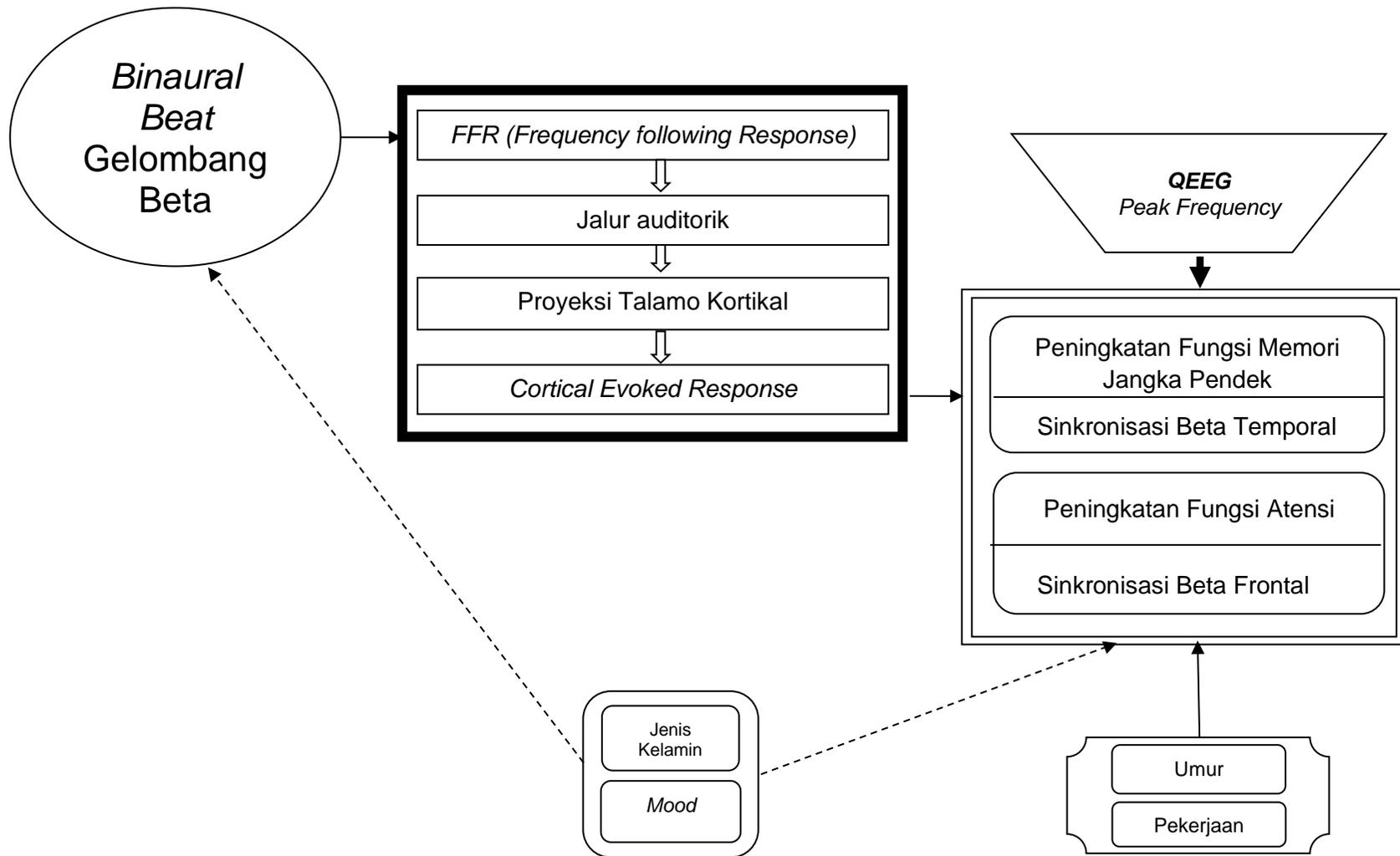
Huang et al. (2008) mengatakan bahwa satu sesi stimulasi dengan *Binaural Beat* mempunyai manfaat untuk memori jangka pendek, atensi, stres, nyeri, dan migrain (Huang & Charyton, 2008). Efek dari *Binaural Beat* gelombang beta terhadap aktivitas gelombang otak mempunyai efek positif yang sementara pada memori jangka pendek. *Binaural Beat* mempunyai efek kumulatif bila dilakukan berulang kali (Kraus, 2005).

Ortiz et al, (2009) sebaliknya, meneliti efek *Binaural Beat* pada memori verbal, sebelum dan selama diberikan tes pemeriksaan yang dilakukan selama 15 menit per hari selama 5 hari dan menemukan bahwa fungsi memori ditemukan lebih baik pada kelompok yang mendapat pola gelombang beta dibandingkan theta (Garcia-Argibay et al., 2019).

## M. Kerangka Teori



N. Kerangka Konsep



- = Variabel Bebas
- ▭ (thick border) = Variabel Antara
- ▭ (double border) = Variabel Kendali
- ▭ (double border) = Variabel Dependensi
- ▭ (double border) = Variabel Perancu
- ▭ (inverted trapezoid) = Variabel Tambahan