

TESIS

**PENGARUH STIMULASI ALPHA BINAURAL
BEATS AUDITORY PADA GAMBARAN
QUANTITATIVE ELECTROENCEPHALOGRAPHY
(QEEG) DAN INTENSITAS NYERI KEPALA TIPE
TEGANG**

*THE EFFECT OF ALPHA BINAURAL BEATS
AUDITORY STIMULATION ON QUANTITATIVE
ELECTROENCEPHALOGRAPHY (QEEG) AND PAIN
INTENSITY AMONG TENSION TYPE HEADACHE*



ANANDA ASMARA

C155201010

**DEPARTEMEN NEUROLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

**PENGARUH STIMULASI ALPHA BINAURAL BEATS AUDITORY
PADA GAMBARAN QUANTITATIVE ELECTROENCEPHALOGRAPHY (QEEG)
DAN INTENSITAS NYERI KEPALA TIPE TEGANG**

KARYA AKHIR

Sebagai syarat untuk mencapai gelar Spesialis Neurologi

Disusun dan diajukan oleh

ANANDA ASMARA

Kepada :

**PROGRAM PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS-1
PROGRAM STUDI NEUROLOGI
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**PENGARUH STIMULASI ALPHA BINAURAL BEATS AUDITORY
PADA GAMBARAN QUANTITATIVE ELECTROENCEPHALOGRAPHY (QEEG)
DAN INTENSITAS NYERI KEPALA TIPE TEGANG**

Disusun dan diajukan oleh:

**ANANDA ASMARA
C155201010**

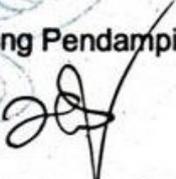
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Pendidikan Dokter Spesialis Program Studi Neurologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
Pada tanggal **28 MARET 2024**
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui:

Pembimbing Utama

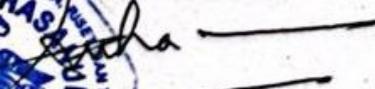
Pembimbing Pendamping,


Dr. dr. Audry Devisanty Wuysang, M.Si, Sp.S(K)
NIP. 197703062009122002

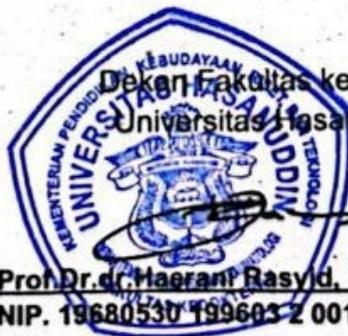

Dr. dr. Hasmawaty Basir, Sp.S(K)
NIP. 196408261990112001

Ketua Program Studi Neurologi
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin

Dekan Fakultas kedokteran
Universitas Hasanuddin


dr. Muhammad Akbar, Ph.D, Sp.S(K), DFM
NIP. 19620921 198311 1 001


Prof. Dr. dr. Haerani Rasyid, M.Kes.Sp.GK,Sp.PD,KGH,M.Kes
NIP. 19680530 199603 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Ananda Asmara
No. Mahasiswa : C155201010
Program Studi : Neurologi
Jenjang : Program Pendidikan Dokter Spesialis-1

Menyatakan dengan ini bahwa tesis dengan judul Pengaruh Stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory* Pada Gambaran *Quantitative Electroencephalography (QEEG)* Dan Intensitas Nyeri Kepala Tipe Tegang adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari tesis karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan melanggar hak cipta pihak lain, saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 28 Maret 2024

Yang menyatakan



Ananda Asmara

KATA PENGANTAR

Salam sejahtera penulis ucapkan kepada seluruh pembaca. Segala pujidan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat-Nyasehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul Pengaruh Stimulasi Alpha Binaural Binaural Beats Auditory Pada Gambaran Quantitative Electroencephalography (QEEG) Dan Intensitas Nyeri Kepala Tipe Tegang. Tesis ini tersusun dengan baik berkat kerja keras, ketekunan, kesabaran, bantuan, dan kerja sama dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat secara langsung maupuntidak langsung.

Pada kesempatan pertama, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada suami saya dr. Dervin Ariansyah, Sp.JP, FIHA, anak saya Nabdhi Albi Denandra, kedua orang tua saya, Bapak Ir. Ishak Akhmar dan Ibu Alfiah Aziz, SE, dan saudara saya Abjinda Putra Asmara, S.Sos dan Abhinanda Galang Asmara, atas doa, kasih sayang, kesabaran, dan dukungan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dengan baik.

Penulis dengan tulus dan penuh rasa hormat menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dr. Muhammad.....Akbar, Ph.D, Sp.S(K), DFM sebagai Ketua Program Studi Neurologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin periode 2023–2027, Kepala Departemen Dr. dr. Jumraini Tammasse, Sp.S(K) dan penasehat akademik saya Dr. dr. Audry Devisanty Wuysang, M.Si, Sp.S(K) atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan sejak awal pendidikan dokter spesialis hingga tesis ini selesai.

Tesis ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan partisipasi berbagai pihak. Dalam kesempatan ini, penulis menghaturkan terima kasih yang tulus kepada Dr. dr. Hasmawaty Basir, Sp.S (K) sebagai Ketua Komisi Penasihat / Pembimbing kedua, Dr. dr. Audry Devisanty Wuysang, M.Si, Sp.S (K), sebagai pembimbing utama, Dr. dr. Rina Masadah Sp.PA(K), MPM, DFM sebagai Anggota Komisi Penasihat / Pembimbing Metode Penelitian dan.....Statistik, Dr. dr. Nadra Maricar, Sp.S (K), sebagai Anggota Tim Penilai, serta dr. Mochammad Erwin Rachman, M.Kes, Sp.S(K) sebagai Anggota Tim Penilai, yang telah memberikan waktu dan bimbingan sejak proposal hingga seminar hasil penelitian.

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada semua supervisor Departemen Neurologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin: Prof. Dr. dr. Amiruddin Aliah, MM, Sp.S(K); Dr. dr. Susi Aulina, Sp.S(K); dr. Louis Kwadow, Sp.S(K); Dr. dr. David Gunawan Umbas, Sp.S(K); Dr. dr. Nadra Maricar, Sp.S(K); Dr. dr. Yudy Goysal, Sp.S(K); dr. Abdul Muis, Sp.S(K); Dr. dr. Hasmawaty Basir, Sp.S(K); Dr. dr. Jumraini Tammasse, Sp.S(K); dr. Cahyono Kaelan, Ph.D, Sp.PA(K), Sp.S; dr. Ummu Atiah, Sp.S(K); dr. Anastasia Juliana, Sp.S(K); Dr.dr. Audry Devisanty Wuysang, M.Si, Sp.S(K); dr. Ashari Bahar, M.Kes, Sp.S(K), FINS; dr. M. Iqbal Basri, Sp.S(K); dr. Andi Weri Sompas, Sp.S(K); dr. Sri Wahyuni Gani, Sp.S(K); dr. M. Erwin Rachman, M.Kes, Sp.S(K), M.Kes; dr. Muh. Yunus Amran, Ph.D, Sp.S, M.Kes, FIPM, FINR; dr. Citra Rosyidah, Sp.S(K), M.Kes; dr. Nurussyariah Hammado, M.AppSci, Sp.N(K); dr. Lilian Triana Limoa, M.Kes, Sp.S(K); dr. Achmad Harun..... Muchsin, Sp.N; dr. Ahmad Zaki, Sp.N; dr. Raissa Alfatir Heri, Sp.N, dan dr. Andi Ahwal Rauf, Sp.N yang telah memberi

Petunjuk pada penulis. Terima kasih kepada staf Neurologi: Bapak Isdar Ronta, Sdr. Syukur, Bapak Arfan, dan Ibu I Masse, SE, yang telah membantu masalah administrasi, fasilitas perpustakaan, serta penyelesaian tesis ini.

Terima kasih kepada seluruh teman sejawat PPDS Neurologi yang turut membantu dalam penyelesaian tesis ini. Kebersamaan dan persaudaraan merupakan hal yang tak terlupakan. Semoga persaudaraan ini tetap terjaga sampai seterusnya.

Terima kasih kepada direktur RSUP dr. Wahidin Sudirohusodo, RSPTN Universitas Hasanuddin, RS Pelamonia, RS Ibnu Sina, RSUD Labuang Baji, RS Akademis, RSI Faisal, RSUD Haji, ketua dan staf Departemen Anatomi, Fisiologi, Patologi Anatomi, Radiologi, dan Psikiatri; serta seluruh pasien yang bersedia menjadi subjek penelitian atas segala bantuan yang telah diberikan.

Penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak atas segala kesalahan yang terjadi selama penyusunan tesis ini. Penulis berharap karya akhir ini dapat memberikan sumbangan terhadap perkembangan neurologi di masa depan. Semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu menyertai setiap langkah pengabdian kita.

Makassar, 28 Maret 2024

Yang menyatakan

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ananda Asmara', written in a cursive style with a prominent horizontal stroke.

Ananda Asmara

ABSTRAK

Ananda Asmara. *Pengaruh Stimulasi Alpha Binaural Binaural Beats Auditory Pada Gambaran Quantitative Electroencephalography (QEEG) Dan Intensitas Nyeri Kepala Tipe Tegang* (Dibimbing Audry Devisanty Wuysang, Hasmawaty Basir, Rina Masadah, Nadra Maricar, Mochammad Erwin Rachman)

Pendahuluan : Nyeri kepala didefinisikan sebagai rasa nyeri dan rasa tidak menyenangkan pada daerah kepala memanjang dari orbita sampai ke daerah belakang kepala (area oksipital dan sebagian daerah tengkuk). Nyeri kepala menduduki komposisi jumlah pasien terbanyak yang berobat jalan ke dokter saraf. Manajemen terapi masih menjadi sebuah tantangan, karena menyebabkan morbiditas yang signifikan bila tidak diterapi secara efektif. Perlu dipertimbangkan penggunaan terapi farmakologi profilaksis bersamaan dengan terapi non farmakologi. Terapi brainwave entrainment dengan menggunakan binaural beats merupakan terapi non farmakologi yang dapat dipertimbangkan untuk digunakan dalam mengatasi nyeri kepala kronis, sebagai terapi alternatif maupun komplementer.

Metode penelitian : Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental dengan desain pre-test, post-test yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory* pada gambaran QEEG dan penurunan intensitas nyeri kepala tipe tegang.

Hasil : Dari total 32 pasien, uji perbandingan Wilcoxon pengaruh Alpha binaural beats terhadap quantitative Electroencephalography (QEEG) dan Intensitas nyeri kepala tipe tegang diperoleh hasil Peningkatan *relative power* gelombang alfa bermakna secara statistik antara sebelum dan setelah mendengarkan *binaural beats* alfa dengan nilai p 0.000 ($p < 0.050$). Uji T berpasangan didapatkan Penurunan *relative power* gelombang beta bermakna secara statistik antara sebelum dan setelah mendengarkan *binaural beats* alfa dengan nilai p 0.045 ($p < 0.050$). Uji Wilcoxon pada penurunan numerical rating scale (NRS) bermakna secara statistik dengan nilai p 0.000 ($p < 0.05$).

Pembahasan : Stimulasi *Alpha binaural beats auditory* secara signifikan meningkatkan aktivitas gelombang alfa (*Z score FFT relative power*), secara signifikan menurunkan aktivitas gelombang beta (*Z score FFT relative power*) pada gambaran QEEG dan secara signifikan menurunkan intensitas nyeri kepala tipe tegang (Numerical Rating Scale). Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan mendengarkan binaural beats gelombang alfa beberapa sesi sehingga dapat diketahui efek kumulatif serta apakah efeknya dapat bertahan lama terhadap nyeri kepala tipe tegang.

Kata kunci: Binaural beats auditory, Quantitative electroencephalography, Numerical rating scale, Nyeri kepala tipe tegang.

ABSTRACT

Ananda Asmara. *The Effect of Alpha Binaural Beats Auditory*(Dibimbing Audry Devisanty Wuysang, Hasmawaty Basir, Rina Masadah, Nadra Maricar, Mochammad Erwin Rachman)

Introduction: Headache is a pain and discomfort in the head area extending from the orbits to the back of the head (occipital area and part of the nape). Headaches occupy the largest composition of the number of outpatient patients visiting neurologists. Management of therapy remains a challenge, as it causes significant morbidity if not treated effectively and promptly. The use of prophylactic pharmacological therapy along with non-pharmacological therapy should be considered. Brainwave entrainment therapy using binaural beats is a non-medication therapy that can be considered for use in addressing chronic headaches as an alternative or complementary therapy.

Research Method: This study is experimental research with a pre-test and post-test design to determine the effect of Alpha Binaural Beats Auditory stimulation on the QEEG pattern and the reduction in tension-type headache intensity.

Results: Out of a total of 32 patients, the Wilcoxon comparison test on the effect of Alpha binaural beats on quantitative Electroencephalography (QEEG) and tension-type headache intensity showed a statistically significant increase in relative alpha wave power between before and after listening to alpha binaural beats with a p-value of 0.000 ($p < 0.050$). A paired T-test showed a statistically significant decrease in relative beta wave power before and after listening to alpha binaural beats with a p-value of 0.045 ($p < 0.050$). The Wilcoxon test on the decrease in the numerical rating scale (NRS) was statistically significant with a p-value of 0.000 ($p < 0.05$).

Discussion: Alpha binaural beats auditory stimulation significantly increases alpha wave activity (Z score FFT relative power), significantly decreases beta wave activity (Z score FFT relative power) in the QEEG pattern, and significantly reduces the intensity of tension-type headaches (Numerical Rating Scale). Further research is needed by listening to alpha binaural beats in several sessions to determine the cumulative effect and whether the effect can last long against tension-type headaches.

Keywords: Binaural beats auditory, Quantitative electroencephalography, Numerical rating scale, Tension-type headache.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	6
I.3 Hipotesis Penelitian	6
I.4 Tujuan Penelitian.....	7
I.4.1 Tujuan Umum.....	7
I.4.2 Tujuan Khusus.....	7
I.5 Manfaat Penelitian.....	8
I.5.1 Bidang Akademik.....	8
I.5.2 Bidang Aplikasi Klinik dan Medik	8
I.5.3 Bidang Kesehatan Masyarakat	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	9
II.1 Nyeri Kepala Tipe Tegang	9
II.1.1 Definisi dan Klasifikasi.....	9
II.1.2 Epidemiologi	13
II.1.3 Patofisiologi	13
II. 1.4 Terapi Nyeri Kepala Tipe Tegang.....	16
II.2 Gelombang Otak.....	18
II.3 Binaural Beat	20
II.3.1 Manfaat Penggunaan Binaural Beat.....	23
II.4 Pengaruh Alpha Binaural Beat	26
II.4.1 Gelombang Alfa.....	26
II.4.2 Gelombang Beta.....	27
II.4.3 Pengaruh Binaural Beat Alfa Terhadap Gelombang Alfa	27

II.4.4 Pengaruh Binaural Beat Alfa Terhadap Gelombang Beta	29
II.4.5 Pengaruh Binaural Beat Alfa Terhadap Nyeri Kepala.....	30
II.5 Quantitative EEG	31
II.5.1 Quantitative EEG dan Database Normatif.....	34
II.5.2 Terminologi Brain Map	35
II.5.3 Power dengan Amplitudo	36
II.5.4 Absolut dengan Relatif	36
II.5.5 Perekaman Mata Terbuka dengan Mata Tertutup	37
II.5.6 Koherensi Hemisfer Kontralateral dengan Ipsilateral	37
II.5.7 Asimetri	39
II.5.8 Perekaman Quantitative EEG	39
II. 6 Kerangka Teori.....	40
II. 7 Kerangka Konsep	41
BAB III. METODE PENELITIAN	42
III.1 Desain Penelitian.....	42
III.2 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	42
III.3 Subek Penelitian.....	42
III.3.1 Populasi Penelitian	42
III.3.2 Sampel Penelitian	42
III.3.3 Kriteria Inklusi	43
III.3.4 Kriteria Eksklusi.....	43
III.3.4 Kriteria Drop Out	43
III. 4 Perkiraan Besar Sampel	44
III. 5 Cara Pengumpulan Data.....	45
III.5.1 Alat dan Bahan.....	45
III.5.2 Prosedur Stimulasi Auditorik	45
III. 6 Identifikasi dan Klarifikasi Variabel.....	47
III. 7 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	47
III. 8 Analisa Data dan Uji Statistik.....	51
III. 9 Izin Penelitian dan Kelayakan Etik.....	51
III. 10 Alur Penelitian.....	52
BAB IV. HASIL PENELITIAN	53
IV. 1 Karakteristik Subjek Penelitian	55
IV. 2 Perubahan Z Score FFT Relative Power Gel. Alfa dan Gel. Beta	57
IV. 3 Perubahan Numerical Rating Scale.....	59
BAB V PEMBAHASAN.....	61
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN.....	66
IV. 1 Simpulan	66

IV.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Gelombang Alfa	18
Gambar 2 Gelombang Beta	18
Gambar 3 Gelombang Delta	19
Gambar 4 Gelombang Gamma	19
Gambar 5 Gelombang Theta	19
Gambar 6 Montage EEG	33
Gambar 7 Z Score.....	35
Gambar 8 Z Score FFT Absolut power dan Koherensi.....	38
Gambar 9 Perbandingan Brain Mapping.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Obat Tension Type Headache.....	16
Tabel 2 Karakteristik Subjek Penelitian.....	54

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1 Perbandingan Z Score FFT Relative Power Gelombang Alfa sebelum dan setelah mendengarkan Binaural	55
Grafik 2 Perbandingan Z Score FFT Relative Power Gelombang Beta sebelum dan setelah mendengarkan Binaural	57
Grafik 2 Perbandingan Skor Numerical Rating Scale (NRS) Nyeri Kepala sebelum dan setelah mendengarkan binaural	59

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Nyeri seperti didefinisikan oleh International Association for Study of Pain (IASP) adalah suatu pengalaman sensorik dan emosional yang tidak menyenangkan sehubungan dengan atau menyerupai yang sehubungan dengan kerusakan jaringan yang aktual atau potensial (Vader et al., 2021). Nyeri kepala didefinisikan sebagai rasa nyeri dan rasa tidak menyenangkan pada daerah kepala memanjang dari orbita sampai ke daerah belakang kepala (area oksipital dan sebagian daerah tengkuk) (Pokdi Nyeri Kepala PERDOSSI, 2013). Nyeri bukanlah penyakit akan tetapi merupakan keluhan atau tanda klinis yang harus dicermati dengan baik. Penyebab nyeri bisa kelihatan misalnya cedera infeksi atau penyebab yang tidak kelihatan "seperti nyeri kepala tipe tegang atau migren" (Jan S, 2016).

Nyeri kepala masih merupakan masalah dalam bidang kesehatan karena angka kejadiannya sangat tinggi. Nyeri kepala menduduki komposisi jumlah pasien terbanyak yang berobat jalan ke dokter saraf. Nyeri kepala primer terdiri atas Migraine, Nyeri kepala tipe tegang atau Tension Type Headache, Cluster Headache and other Trigeminal-Autonomic Cephalgia dari Other Primary Headaches (Konsensus Nyeri kepala, 2018). Perkiraan prevalensi nyeri kepala seumur hidup adalah 66%: 14% hingga 16% untuk migrain, 46% hingga 78% untuk *Tension Type*

Headache (TTH), dan 0,1% hingga 0,3% untuk cluster headache (10). Dalam studi berbasis populasi di Denmark, prevalensi seumur hidup TTH tinggi (78%), tetapi mayoritas mengalami episodic infrequent TTH tanpa kebutuhan medis khusus. Sekitar 24% hingga 37% mengalami TTH beberapa kali sebulan, 10% mengalami setiap minggu, dan 2% hingga 3% dari populasi memiliki penyakit kronis TTH, biasanya berlangsung selama sebagian besar seumur hidup (Mutmainna et al., 2022). Sakit kepala yang berlangsung terus menerus yang terjadi ≥ 15 hari dalam sebulan menyebabkan terjadinya *chronictension-type headache* (CTTH). Diagnosis CTTH hanya berdasarkan gejala klinis. CTTH berdampak cukup besar terhadap aktivitas sehari-hari dan tingkat kehadiran di tempat kerja pada pasien CTTH. Patogenesis CTTH masih belum jelas. Namun didapatkan hubungan antara CTTH dengan gangguan fungsi muskuloskeletal kranioservikal (posisi kepala depan, titik pemicu otot trapezius, mobilitas leher). (Primadona E. et al., 2020). Meskipun ada banyak faktor yang menyebabkan CTTH, faktor kontraksi otot sering dianggap sebagai salah satu faktor utama CTTH. Penelitian ilmiah menyatakan bahwa ada *trigger points myofascial* pada otot kranial dan perikranial yang menyebabkan timbulnya sakit kepala. (Primadona E. et al., 2020). Pasien CTTH memiliki kadar serotonin (5-HT) yang lebih rendah dari subjek control (Andrea, 2015). Beberapa penelitian menyatakan bahwa kadar serotonin otak yang rendah dikaitkan dengan stress (Primadona E. et al., 2020). Serotonin (5-hydroxytryptamine, 5-HT) adalah neurotransmitter yang didistribusikan

secara luas yang memiliki peran penting dan kompleks dalam modulasi nyeri. Serotonin pada modulasi desendens dari proses transmisi nyeri. Pada proses stimulasi elektrik RVM dapat memicu pelepasan serotonin pada cairan medulla spinalis ke serebrospinal, dan pemberian serotonin langsung pada medulla spinalis menghambat proses nosiseptif. Serotonin memiliki efek antinosiseptif pada sistem saraf pusat. (Primadona E. et al., 2020).

Manajemen terapi masih menjadi sebuah tantangan, karena menyebabkan morbiditas yang signifikan bila tidak diterapi secara efektif dan segera. Meskipun beberapa pendekatan terapi telah menunjukkan keberhasilan, nyeri kepala tipe tegang kronis seringkali sulit diatasi. Nyeri kepala tipe tegang kronis menjadi faktor risiko untuk penggunaan obat analgesik yang berlebihan, dan hanya 20% pasien yang berobat ke dokter. Perlu dipertimbangkan penggunaan terapi farmakologi profilaksis bersamaan dengan terapi non farmakologi. Terapi non farmakologi dilaporkan memiliki manfaat, dengan efek samping yang kecil (Primadona E. et al., 2020). Terapi brainwave entrainment dengan menggunakan binaural beats merupakan terapi non medikamentosa yang dapat dipertimbangkan untuk digunakan dalam mengatasi nyeri kepala kronis, sebagai terapi alternatif maupun komplementer (Locke H.N et al., 2020). Ketika suatu bunyi dengan suatu intensitas dan frekuensi diperdengarkan ke salah satu telinga dan telinga yang lain dengan intensitas yang sama akan tetapi dengan frekuensi yang sedikit berbeda, otak akan

menghasilkan pulsasi dengan amplitudo dan lokalisasi yang sama dengan suara yang diterima, yang disebut sebagai suatu “*binaural beats*” atau “*binaural tones*” (Gao et al., 2014).

Dalam dekade terakhir, *Binaural Beats Audiotory* (BBA) telah difokuskan dan disarankan karena memiliki manfaat yang positif khususnya di bidang kesehatan karena merupakan relaksasi yang sangat baik untuk mengatasi stres jangka panjang dan penghilang rasa nyeri. (Sung, H.C, et al 2017). Relaksasi rangsangan atau unsur irama dan nada masuk ke canalis auditorius di hantar sampai ke thalamus sehingga memori di system limbik aktif secara otomatis mempengaruhi saraf otonom yang disampaikan ke *thalamus* dan kelenjar *hipofisis* dan muncul respon terhadap emosional melalui *feedback* ke kelenjar adrenal untuk menekan pengeluaran hormon stres sehingga Seseorang menjadi rileks (Lee M. et al., 2019). Dalam keadaan rileks, secara alamiah akan memicu pengeluaran hormon endorfin, hormon ini merupakan analgesik alami dari tubuh sehingga nyeri akan berkurang (Masriansyah L. 2018) Relaksasi membuat pasien dapat mengontrol diri ketika terjadi rasa tidak nyaman atau nyeri, stres fisik dan emosi pada nyeri (Potter, 2005).

Telah banyak dilaporkan proses fisiologis dan psikologis yang dipengaruhi oleh *binaural beats alfa*. Penelitian oleh Puzi et al., tahun 2013 melaporkan bahwa *binaural beats* alfa mampu meningkatkan frekuensi gelombang alfa yang diukur dengan EEG pada 33 orang subjek penelitian. Peningkatan gelombang alfa ditandai dengan subjek penelitian yang

merasa lebih rileks ketika mendengarkan *binaural beats* alfa tersebut (Puzi et al., 2013).

Aly et al. (2021) meneliti tentang pengaruh Binaural Beats pada nyeri orthodontic dan dikatakan bahwa Intensitas aspek sensorik dan psikologis nyeri berkurang secara signifikan pada kelompok binaural beat music (BBM). Penelitian tentang *binaural beats* telah menemukan efek positif untuk mengurangi rasa sakit, kecemasan, dan mempertajam memori. Meta-analisis dari 22 studi tentang efek *binaural beats* pada memori, fokus, rasa cemas, dan upaya mengurangi rasa sakit menunjukkan hasil dan konsisten (Miguel., 2018)

Penelitian oleh Gupta et al menunjukkan bahwa stimulasi dengan *binaural beats* alfa selama 20 menit membantu partisipan untuk mencapai kondisi relaksasi dan meditasi dengan lebih cepat dan efektif jika dibandingkan dengan proses meditasi konvensional (Shekar et al., 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Cruceanu dan Rotarescu pada tahun 2103 menunjukkan bahwa *brainwave entrainment* dengan menggunakan *binaural beats* alfa memiliki efek yang signifikan terhadap area kognitif (Cruceanu & Rotarescu, 2013).

Eksperimen terkait oleh Puzi, Jailani, Norhazman, dan Zaini (2013) menunjukkan bahwa stres dan kecemasan pada siswa berkurang sebesar 61% setelah stimulasi binaural beat 10 Hz, menurut Skala Depresi, Kecemasan, dan Stres .tes (DASS). Terakhir, studi percontohan yang dilakukan oleh Le Scouranec, Poirier, Owens, dan Gauthier (2001)

menunjukkan studi terkait pertama pada aplikasi binaural beats, yang menghubungkan hasil positif setelah menerapkan stimulus yang disebutkan di atas dalam gelombang theta dan delta. Mereka menerapkan stimulus binaural beat dalam waktu 4 minggu, dari 1 hingga 2 kali per minggu, selama kurang lebih 30 menit. Hasilnya dilaporkan dan dianalisis berdasarkan jawaban STA-I, yang menunjukkan bahwa skor cenderung menuju penurunan tingkat kecemasan, setelah sesi.

Pengaruh Binaural Beats tidak mahal serta tersedia dalam aplikasi komputer atau smartphone. Terapi Binaural Beats juga masih jarang dilakukan, dan penggunaan binaural beat gelombang alfa dalam mengurangi intensitas nyeri kepala tipe tegang kronik belum pernah dilakukan di Makassar, Sulawesi Selatan. Penulis tertarik meneliti pengaruh Binaural Beats Alfa pada gambaran QEEG dan Perubahan Intensitas nyeri kepala tipe tegang kronik karena penelitian ini belum pernah dilakukan sebelumnya di dunia.

I.2 RUMUSAN MASALAH

Apakah Stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory* berpengaruh pada gambaran *QEEG* dan penurunan intensitas nyeri kepala tipe tegang?

I.3 HIPOTESIS PENELITIAN

Stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory* berpengaruh pada gambaran *QEEG* dan perubahan intensitas nyeri kepala tipe tegang yang

ditandai dengan peningkatan *Z score FFT relative power* gelombang alfa dan penurunan *Z score FFT relative power* gelombang beta, serta penurunan intensitas nyeri (Numerical Rating Scale) Nyeri kepala tipe tegang.

I.4 TUJUAN PENELITIAN

I.4.1 Tujuan Umum

Mengetahui pengaruh stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory* pada gambaran QEEG dan penurunan intensitas nyeri kepala tipe tegang.

I.4.2 Tujuan Khusus

1. Menilai *Z Score Fast Fourier Transform (FFT) Relative Power* gelombang alfa sebelum dan setelah dilakukan stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory*.
2. Menilai *Z Score Fast Fourier Transform (FFT) Relative Power* gelombang beta sebelum dan setelah dilakukan stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory*.
3. Menilai Intensitas nyeri kepala tipe tegang episode sering dan kronik berdasarkan *numerical rating scale* sebelum dan setelah dilakukan stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory*.
4. Membandingkan *Z Score Fast Fourier Transform (FFT) Relative Power* gelombang alfa sebelum dan setelah dilakukan stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory*.

5. Membandingkan Z Score *Fast Fourier Transform* (FFT) *Relative Power* gelombang beta sebelum dan setelah dilakukan stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory*.

6. Membandingkan Intensitas nyeri kepala tipe tegang berdasarkan *numerical rating scale* sebelum dan setelah dilakukan stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory*.

I.5. MANFAAT PENELITIAN

I.5.1. Bidang Akademik

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan pengetahuan bagi peneliti dan membantu perkembangan *neuroscience* khususnya pengaruh stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory* pada gambaran *QEEG* dan penurunan intensitas nyeri kepala tipe tegang.

I.5.2. Bidang Aplikasi Klinik dan Medik

Aktivitas mendengarkan *Binaural Beats Auditory* dapat dijadikan sebagai stimulasi relaksasi otak dalam kehidupan sehari-hari.

I.5.3. Bidang Kesehatan Masyarakat

Penelitian ini dapat menjadi sumber referensi bagi peneliti lain dalam melakukan penelitian selanjutnya terkait dengan pengaruh stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory* pada gambaran *QEEG* dan penurunan intensitas nyeri kepala tipe tegang episode sering atau kronik

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II. 1 NYERI KEPALA TIPE TEGANG

II.1.1 Definisi dan Klasifikasi

Nyeri Kepala Tipe Tegang *atau Tension Type Headache (TTH)* adalah episode nyeri kepala berulang yang berlangsung beberapa menit hingga berminggu-minggu. Rasa nyeri biasanya terasa kencang atau menekan (*squeezing/pressing*), intensitas ringan hingga sedang, dan bilateral, dan tidak diperburuk dengan aktivitas fisik. Biasanya tidak ada mual dan muntah, tetapi kemungkinan ada fotofobia atau fonofobia. Nyeri kepala ini sebelumnya dikenal dengan berbagai istilah seperti nyeri kepala psikogenik, nyeri kepala stres, nyeri kepala psikomiogenik, nyeri kepala kontraksi otot, dan lain sebagainya. Namun, istilah "*Tension Type Headache*" (TTH) telah dipilih oleh *The International Classification of Headache Disorders* (ICHD I) pada tahun 1988 dan telah dipertahankan oleh ICHD II pada tahun 2004. Kata-kata "*Tension*" dan "*Type*" menggarisbawahi patogenesisnya yang tidak pasti dan menunjukkan semacam ketegangan otot mungkin memainkan peran penyebab. Namun banyak studi klinis dan neurofisiologis meninggalkan sedikit keraguan tentang dasar neurobiologisnya dan menjauhkannya dari bidang penyakit psikologis. IHS (*International Headache Society*) membagi TTH menjadi beberapa subklasifikasi :

a. Tension Type Headache Episodik Infrequent (*Infrequent episodic tension type headache*).

TTH episodik yang jarang dapat bertahan dari hitungan menit hingga hari, nyeri dirasakan bilateral dengan kualitas yang dirasakan menekan dan mengikat, nyeri dapat dirasakan dengan intensitas ringan hingga sedang, tidak diperberat dengan aktivitas rutin, tidak mengalami mual namun fotofobia atau fonofobia dapat muncul. Pada palpasi manual, bila dirasakan mengalami peningkatan *pericranial tenderness* maka diagnosis menjadi *infrequent episodic tension type headache* disertai dengan *pericranial tenderness*. Pada *infrequent episodic tension type headache*, memiliki kriteria diagnostik:

A. Setidaknya ada 10 kali serangan dihitung dengan serangan yang datang

. 1 serangan per bulan atau kurang dari 12 nyeri kepala per tahun.

B. Nyeri kepala terjadi selama 30 menit sampai 7 hari

C. Nyeri kepala memiliki setidaknya 2 dari karakteristik berikut:

1. Lokasi bilateral
2. Bersifat menekan/mengikat dan tidak berdenyut
3. Intensitas nyeri dari ringan hingga sedang
4. Tidak diperburuk dengan aktivitas fisik rutin seperti berjalan atau naik tangga

D. Memiliki semua karakteristik:

1. Tidak ada mual (anoreksia dapat terjadi)
2. Fotofobia atau fonofobia (dapat terjadi salah satu tapi tidak keduanya)

E. Tidak ada hubungan/kaitan ke penyakit lain

b. Tension Type Headache Episodik (*Frequent Episodic Tension Type Headache*).

Nyeri kepala episode frequent, dengan tipikal bilateral, menekan atau diikat dengan intensitas nyeri ringan sampai sedang, berlangsung beberapa menit sampai beberapa hari. Nyeri tidak bertambah berat dengan aktivitas fisik rutin dan tidak ada mual, tetapi mungkin didapat fotofobia dan fonofobia.

A. Setidaknya ada 10 kali serangan dalam 1-14 hari/bulan berlangsung > 3 bulan (>12 dan <180 hari/tahun) dan memenuhi kriteria B-D

B. Nyeri kepala terjadi selama 30 menit sampai 7 hari

C. Nyeri kepala memiliki setidaknya 2 dari 4 karakteristik berikut:

1. Lokasi bilateral
2. Bersifat menekan/mengikat dan tidak berdenyut
3. Intensitas nyeri dari ringan hingga sedang
4. Tidak diperburuk dengan aktivitas fisik rutin seperti berjalan atau naik tangga

D. Tidak didapatkan :

1. Mual atau muntah
2. Lebih dari satu keluhan fotofobia atau fonofobia

E. Tidak memenuhi kriteria diagnosis ICHD-3 yang lain

c. Tension Type Headache kronik (*Chronic tension type headache/CTTH*)

TTH kronis dapat bertahan dari hitungan menit hingga hari, nyeri dirasakan bilateral dengan kualitas yang dirasakan menekan dan mengikat, nyeri dapat dirasakan dengan intensitas ringan hingga sedang, tidak diperberat dengan aktivitas rutin, dapat mengalami mual ringan dan dapat muncul fotofobia atau fonofobia. Kriteria diagnosis Tension Type Headache kronik:

- A. Nyeri kepala terjadi rata-rata ≥ 15 hari per bulan selama > 3 bulan atau ≥ 180 hari per tahun dan memenuhi kriteria B-D.
- B. Nyeri kepala berlangsung beberapa jam atau terus menerus.
- C. Nyeri kepala memiliki setidaknya 2 dari karakteristik berikut:
 1. Lokasi bilateral
 2. Bersifat menekan/mengikat dan tidak berdenyut
 3. Intensitas nyeri dari ringan hingga sedang
 4. Tidak diperburuk dengan aktivitas fisik rutin seperti berjalan atau naik tangga

D. Tidak didapatkan :

1. Lebih dari satu : fotofobia, fonofobia atau mual yang ringan
2. Mual yang sedang atau berat, maupun muntah

E. Tidak memenuhi kriteria diagnosis ICHD-3 yang lain.

II.1.2 Epidemiologi

Perkiraan prevalensi nyeri kepala seumur hidup adalah 66%: 14% hingga 16% untuk migrain, 46% hingga 78% untuk *Tension Type Headache* (TTH), dan 0,1% hingga 0,3% untuk cluster headache (10). Dalam studi berbasis populasi di Denmark, prevalensi seumur hidup TTH tinggi (78%), tetapi mayoritas mengalami episodic infrequent TTH tanpa kebutuhan medis khusus. Sekitar 24% hingga 37% mengalami TTH beberapa kali sebulan, 10% mengalami setiap minggu, dan 2% hingga 3% dari populasi memiliki penyakit kronis TTH, biasanya berlangsung selama sebagian besar seumur hidup. Berbeda dengan migrain, pada TTH, wanita lebih sedikit banyak terkena dibandingkan pria (rasio TTH wanita-pria adalah 5:4) dan usia rata-rata onset 25 sampai 30 tahun. Puncaknya prevalensi terjadi antara usia 30 hingga 39 tahun dan sedikit menurun seiring bertambahnya usia (Mutmainna et. al 2022).

II.1.3 Patofisiologi

Patofisiologi TTH secara pasti belum diketahui, namun beberapa penelitian menyatakan bahwa sensitisasi perifer (nosisepsi dari jaringan miofasial perikranium) dan sensitisasi sentral (peningkatan rangsangan pada central nervous system) memegang peranan penting pada patofisiologi TTH. Salah satu teori yang dominan pada patofisiologi TTH adalah adanya

input nosiseptik dari jaringan miofasial perikranial yang akan meningkatkan eksitabilitas jalur nyeri ke susunan saraf pusat. Ada dua faktor yang berperan pada proses terjadinya TTH, yaitu: (1) Faktor perifer, dimana rangsang nyeri diantarkan oleh serabut saraf dengan selubung myelin tipis (serabut saraf A delta) dan serat tidak bermielin (serabut saraf C). Pada TTH bermacam stimuli menimbulkan eksitasi dan sensitisasi pada nosiseptor di miofasial yang akan menyebabkan sensitivitas nyeri. Peregangan gigi, posisi statis saat kerja, mediator kimia (asam laktat dan piruvat), kontraksi lokal miofasial, tekanan darah yang rendah (disebut dengan *ischemic muscle contraction*) dan proses inflamasi bisa menyebabkan sensitisasi pada nosiseptor nyeri. (2) Faktor sentral, peningkatan sensitisasi miofasial pada TTH disebabkan oleh faktor sentral yaitu sensitisasi dari neuron orde kedua di kornu dorsalis medula spinalis atau nukleus trigemini kaudalis (TNC). Sensitisasi supra spinal ini bersamaan dengan penurunan antinosiseptik dari struktur supra spinal. Dari beberapa studi memperlihatkan adanya disfungsi sistem modulasi endogen supra spinal pada *chronic tension type headache* (CTTH), hal ini yang menyebabkan terjadinya sensitisasi sentral Pada individu yang rentan secara genetik, stres dapat menyebabkan elevasi glutamat yang persisten. Stimulasi reseptor *N-methyl-D- aspartate receptor* (NMDA) mengaktivasi *nuclear faktor k-light-chain* (NFkB), yang memicu transkripsi *inducible nitric oxide synthase* (iNOS) dan *cyclooxygenase-2* (COX-2), di antara enzim enzim lainnya. Tingginya kadar nitric oxide menyebabkan vasodilatasi

struktur intrakranial, seperti sinus sagitalis superior, dan kerusakan nitrosative memicu terjadinya nyeri (Fan X. et al., 2022). Meskipun ada banyak faktor yang menyebabkan CTTH, faktor kontraksi otot sering dianggap sebagai salah satu faktor utama CTTH. Penelitian ilmiah menyatakan bahwa ada *trigger points myofascial* pada otot kranial dan perikranial yang menyebabkan timbulnya sakit kepala. (Kaniecki 2015) Pasien CTTH memiliki kadar serotonin (5-HT) yang lebih rendah dari subjek control. (Primadona E. et al., 2020). Beberapa penelitian menyatakan bahwa kadar serotonin otak yang rendah dikaitkan dengan stress (Jenkins. 2016). Serotonin (*5-hydroxytryptamine*, 5-HT) adalah neurotransmitter yang didistribusikan secara luas yang memiliki peran penting dan kompleks dalam modulasi nyeri. ((Primadona E. et al., 2020). Serotonin pada modulasi desendens dari proses transmisi nyeri. Pada proses stimulasi elektrik RVM dapat memicu pelepasan serotonin pada cairan medulla spinalis ke serebrospinal, dan pemberian serotonin langsung pada medulla spinalis menghambat proses nosiseptif. Serotonin memiliki efek antinoseptif pada sistem saraf pusat. (Primadona E. et al., 2020). Yang paling umum yang menjadi pemicu nyeri kepala tipe tegang kronik adalah stress, makan tidak teratur, konsumsi kopi yang tinggi, dehidrasi, gangguan tidur, masalah pshycobehavioral serta hormone (Nash JM, Thebarger RW, 2006). Stress dilaporkan menjadi factor pemicu yang paling sering menginduksi nyeri kepala terutama nyeri kepala tipe tegang kronik Dikatakan pula bahwa

stress terlibat dalam translasi nyeri kepala tipe tegang episodic, menjadi nyeri kepala tipe tegang kronik (Primadona E. et al., 2020).

II.1.4 Terapi Nyeri Kepala Tipe Tegang

Terapi Farmakologi

Sebagian besar pasien TTH episodik jarang melapor ke dokter dan langsung menggunakan analgesik. Untuk pasien dengan *episodic frequent* TTH, analgesik sederhana dan NSAID adalah andalan dalam terapi akut. Pengobatan akut paling sering dilakukan dengan analgesik sederhana yaitu aspirin dan parasetamol (acetaminophen), serta dengan obat antiinflamasi nonsteroid (NSAID). (Becker WJ et al., 2014).

Rekomendasi pengobatan yang diberikan tercantum pada Tabel

Tabel 3. Obat Tension Type Headache (2)

<i>Medication</i>	<i>Dose</i>
<i>Acute</i>	
Ibuprofen	400 mg
ASA	1000 mg
Naproxen sodium	500-550 mg
Acetaminophen	1000 mg
<i>Prophylactic</i>	
First line	
• amitriptyline	10-100 mg/hari
• nortriptyline	10-100 mg/hari
<i>Second line</i>	
• mirtazapine	30 mg/hari
• venlafaxine	30 mg/hari
ASA—acetylsalicylic acid.	
Adapted from Toward Optimized Practice	

Tabel 1. Obat tension type headache

Terapi Nonfarmakologi

Terapi fisik : Ini adalah pengobatan TTH non-farmakologi yang paling umum digunakan. Komponennya termasuk perbaikan postur tubuh, relaksasi, program latihan, paket panas dan dingin, USG, dan stimulasi listrik. Strategi pengobatan aktif umumnya direkomendasikan. Sebuah studi terkontrol menggabungkan berbagai teknik, seperti pijat, relaksasi, dan latihan berbasis rumah menemukan efek sederhana. Menambahkan pelatihan craniocervical ke fisioterapi klasik mungkin lebih baik daripada fisioterapi saja.

Terapi psikologis : Ini termasuk pelatihan relaksasi, biofeedback EMG dan terapi perilaku-kognitif. Selama latihan relaksasi, pasien secara sadar mengurangi ketegangan otot dan gairah otonom yang dapat memicu dan mengakibatkan sakit kepala. Jadi, ini adalah strategi untuk melatih pengaturan diri. Biofeedback EMG membantu pasien untuk mengembangkan kendali atas ketegangan otot perikranial. Pasien menggunakan umpan balik yang disajikan dengan tampilan pendengaran atau visual dari aktivitas listrik otot di wajah, leher, atau bahu. Tidak pasti apakah pengurangan ketegangan otot atau perubahan kognitif dari efikasi diri menjelaskan perbaikan. Yang terakhir lebih mungkin. Dalam terapi perilaku-kognitif, pasien diajari untuk mengidentifikasi pikiran dan keyakinan yang menimbulkan stres dan

memperparah sakit kepala. Meskipun hasil pengobatan dari terapi psikologis sulit untuk diukur. (Becker WJ et al., 2014)

II.2 GELOMBANG OTAK

Gelombang otak adalah suatu impuls listrik didalam otak. Perilaku, emosi, dan pikiran seseorang dikomunikasikan melalui neuron-neuron di dalam otak. Semua gelombang otak dihasilkan melalui getaran listrik yang disinkronkan dari massa neuron yang berkomunikasi satu sama lain. Gelombang otak memiliki frekuensi berbeda ada yang cepat dan ada yang lambat. Nama klasik dari gelombang *EEG* adalah *delta*, *theta*, *alpha*, *beta*, dan *gamma*. Gelombang otak yang direkam melalui *EEG* diukur dalam siklus per-detik atau *hertz* (*Hz*) (Sinha Clinic, 2021).

1. Gelombang *Alpha*

Gelombang *alpha* (8-12 Hz) memiliki karakteristik lebih lambat dan lebih besar. Gelombang *alpha* dikaitkan dengan kondisi pada saat relaksasi. Gelombang *alpha* akan meningkat ketika sedang menutup mata dan membayangkan sesuatu yang damai.



Gambar 1. Gelombang *Alpha*

2. Gelombang *Beta*

Gelombang *beta* (13-38 Hz) memiliki karakteristik lebih cepat dan lebih kecil. Gelombang *beta* dikaitkan dengan kondisi mental, aktivitas berpikir, dan konsentrasi. Pada dasarnya gelombang *beta* akan meningkat ketika

seseorang dalam kondisi waspada.



Gambar 2. Gelombang *Beta*

3. Gelombang *Delta*

Gelombang *delta* (1-3 Hz) adalah gelombang otak yang paling lambat dengan amplitudo yang tertinggi. Gelombang *delta* akan meningkat secara alami ketika seseorang sedang tidur. Secara umum, tingkat kesadaran yang berbeda dikaitkan dengan keadaan gelombang otak yang paling dominan.



Gambar 3. Gelombang *Delta*

4. Gelombang *Gamma*

Gelombang *gamma* (39-42 Hz) adalah gelombang otak tercepat dan terhalus. Gelombang *gamma* memodulasi persepsi dan kesadaran.



Gambar 4. Gelombang *Gamma*

5. Gelombang *Theta*

Gelombang *theta* (4-7 Hz) adalah gelombang otak yang mewakili keadaan seseorang yang sedang melamun dan dikaitkan dengan

inefisiensi mental. Pada tingkat yang sangat lambat, gelombang *theta* akan meningkat ketika seseorang sedang bersantai atau sedang diantara keadaan bangun dan tidur.



Gambar 5. Gelombang *Theta*

II.3 BINAURAL BEAT

Binaural Beat 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 Rusia 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* dan komputer 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,

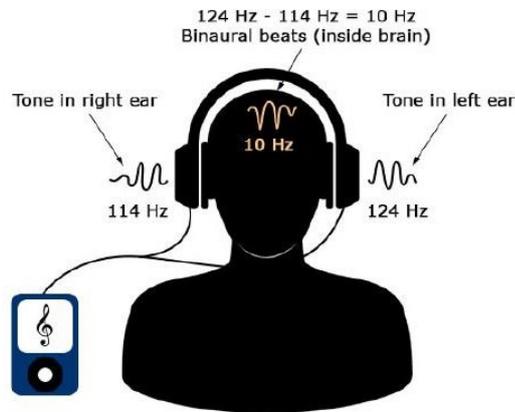
di batang otak, sinyal auditorik dari kedua sisi akan menuju nukleus olivarius superior, yaitu nukleus pertama dari jalur auditorik *ascending* yang menerima sinyal auditorik bilateral. Pada perekaman gelombang otak pada hewan coba telah diungkapkan bahwa respons perubahan gelombang otak yang paling 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



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).

II.3.1 Manfaat Penggunaan 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 juga sistem limbik (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 sinyalyang 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).

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 (S. Sharma et al., 2017):

a. 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).

b. Pola Gelombang Theta (4-7 Hz)

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

c. Pola gelombang Alfa (8-13 Hz)

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

d. 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).

Eksperimen terkait oleh Puzi, Jailani, Norhazman, dan Zaini (2013) menunjukkan bahwa stres dan kecemasan pada siswa berkurang sebesar 61% setelah stimulasi binaural beat 10 Hz, menurut Skala Depresi, Kecemasan, dan Stres .tes (DASS). Terakhir, studi percontohan yang dilakukan oleh Le Scouranec, Poirier, Owens, dan Gauthier (2001) menunjukkan studi terkait pertama pada aplikasi binaural beats, yang

menghubungkan hasil positif setelah menerapkan stimulus yang disebutkan di atas dalam gelombang theta dan delta. Mereka menerapkan stimulus binaural beat dalam waktu 4 minggu, dari 1 hingga 2 kali per minggu, selama kurang lebih 30 menit. Hasilnya dilaporkan dan dianalisis berdasarkan jawaban STA-I, yang menunjukkan bahwa skor cenderung menuju penurunan tingkat kecemasan, setelah sesi.

II.4. PENGARUH ALPHA BINAURAL BEAT

II.4.1 Gelombang Alfa

Gelombang alfa dapat dideteksi pada otak bagian posterior dengan range frekuensi antara 8-13 Hz. Gelombang ini biasanya juga muncul pada bagian occipital. Pada daerah occipital, gelombang alpha memiliki amplitude yang lebih tinggi, yang mana normalnya kurang dari 50 mikrovolt. Kehadiran gelombang ini mengindikasikan kondisi relaks dengan tingkat kesadaran tanpa adanya konsentrasi. Gelombang alpha umumnya berupa gelombang sinusoidal. Selain relaks dalam kesadaran, gelombang ini juga berkorelasi dengan pemikiran kreatif, ketenangan, dan rasa damai. Sehingga disebut sebagai gelombang relaksasi. Peningkatan jumlah gelombang alpha diketahui sebagai kondisi relaksasi maupun meditasi. (Lestari S., 2018). Para ilmuwan di University of Birmingham di Inggris, dan University of Maryland School of Dentistry di AS, telah berhasil menunjukkan bahwa satu pola aktivitas otak yang lazim, disebut gelombang alfa, sangat berkaitan dengan kerentanan atau ketahanan tubuh terhadap rasa nyeri. Gelombang alfa berosilasi antara 8-14 Hz, dengan frekuensi puncak bervariasi pada setiap individu. Para peneliti

mendemonstrasikan bagaimana pengukuran frekuensi gelombang alfa seseorang dapat digunakan sebagai indikator rasa sakit yang dapat diandalkan (David et al, 2020).

II.4.2 Gelombang Beta

Gelombang Beta (12-38 Hz) mewakili keadaan kesadaran normal kita ketika perhatian diarahkan pada tugas-tugas kognitif dan dunia luar. Beta adalah aktivitas 'gelombang cepat' dan didominasi saat kita waspada, penuh perhatian, dan terlibat dalam pemecahan masalah, pengambilan keputusan, dan aktivitas mental terfokus. Beta rendah (12-15 Hz) dianggap 'menganggur cepat', atau pemikiran yang merenung, Beta (15-22 Hz) adalah keterlibatan tinggi dan aktif mencari tahu, dan terakhir, Beta Tinggi (22-38 Hz) adalah pemikiran yang sangat kompleks, mengintegrasikan pengalaman baru, kecemasan atau kegembiraan yang tinggi. Pemrosesan frekuensi tinggi yang terus-menerus bukanlah cara yang efisien untuk menjalankan otak kita, dan dapat berakibat buruk. Penelitian yang dilakukan oleh Panagiotis et al pada tahun 2022 didapatkan perekaman eeg sebagai persepsi nyeri, dimana beta power sebagai penilaian intensitas nyeri subjektif dan terdapat peningkatan aktivitas beta terutama di bagian temporal.

II.4.3 Pengaruh Binaural Beat Alfa Terhadap Gelombang Alfa

Binaural beats merupakan satu teknik stimulasi auditorik untuk *entrainment* gelombang otak yang terdiri dari 2 (dua) nada dengan frekuensi yang sedikit berbeda yang diperdengarkan ke masing-masing telinga. Hasil dari interaksi dua nada dalam *auditory brainstem* sama

dengan perbedaan antara 2 (dua) frekuensi dan hal ini disebut frekuensi ketiga. Hasil interaksi ini memodulasi ritme elektrik dari getaran otak pada frekuensi yang sama sehingga gelombang otak akan mulai bersinkronisasi terhadap frekuensi ketiga. Hal ini menjelaskan bagaimana aktivitas gelombang otak bereaksi dan berespon terhadap binaural beat. *Brainwave Eentrainment* merujuk pada penggunaan stimulus ritmik dengan tujuan untuk menghasilkan suatu *frequency following response* dari gelombang otak yang sesuai dengan frekuensi stimulus (On et al., 2013). Kemampuan binaural beats untuk mempengaruhi gelombang otak diyakini bergantung pada prinsip *entrainment* gelombang otak. Secara umum, prinsip *entrainment* adalah dua atau lebih frekuensi berdekatan yang ritmenya menyatu satu sama lainnya. Menurut Crowe pada tahun 2004, *entrainment* merupakan suatu istilah dalam psikoakustik yang menunjukkan efek dari pola suara berulang pada pola gelombang otak. Menurut Atwater, *binaural beats* akan mempengaruhi *entrain* kedua hemisfer pada frekuensi yang sama, menetapkan lingkungan elektromagnetik yang ekuivalen dan memaksimalkan komunikasi neural interhemisferik. Teori dari *entrainment* gelombang otak bekerja pada hemisfer kiri dan kanan, dimana keduanya bekerja bersama-sama untuk menghasilkan sinyal elektrik yang ketiga, yang dirasakan sebagai suatu suara yang nyata (Atwater, 1997). Berbeda dengan modalitas lain yang menginduksi perubahan kondisi gelombang otak, misalnya musik, narkosintesis, dan meditasi, *binaural beats* bekerja pada mekanisme yang sedikit berbeda. Atwater pada tahun 1997 dan

Leeds pada tahun 2001 menyatakan bahwa *binaural beats* mampu mempengaruhi pola gelombang otak spesifik melalui pemetaan data EEG mentah dari gelombang otak manusia ke dalam pola suara yang spesifik yang dihasilkan oleh *binaural beats*. Sebagai contoh jika *binaural beats* dibuat dalam rentang frekuensi alfa. Ketika mendengarkan suara ini, secara hipotesis gelombang otak seharusnya bermodulasi dari status terkini gelombangnya ke status alfa yang berhubungan dengan *binaural beats*. Dengan demikian, frekuensi *binaural beats* dapat dipilih untuk menghasilkan gelombang otak di EEG dengan frekuensi yang diinginkan (Engelbregt et al., 2021)

II.4.4 Pengaruh Binaural Beat Terhadap Gelombang Beta

Gelombang beta yang berhubungan dengan pemikiran aktif atau stres dominan yang akan memicu spasme otot sehingga akan menjadi pembangkit nyeri. Dengan pemberian stimulus *binaural beats* 10Hz aktivitas otak akan berubah dan tersinkronisasi dengan frekuensi tersebut. Secara teoritis, gelombang otak Beta berhubungan dengan kesadaran terjaga dan waspada normal. Kemudian, penurunan gelombang otak Beta menunjukkan bahwa subjek tidak dalam kondisi sadar dan waspada. Sederhananya, subjek menjadi lebih tenang setelah mendengarkan *binaural beat* (Puzi et al, 2013)

Binaural beats akan mempengaruhi *entrainment* kedua hemisfer serebri pada frekuensi yang sama, menetapkan lingkungan elektromagnetik yang ekuivalen dan memaksimalkan komunikasi neural intrahemisferik dan interhemisferik (Santoso, 2020). *Binaural beats* dianggap sebagai sebuah

situasi auditorik yang menantang dengan konflik persepsi binaural yang oleh sistem auditorik diatasi melalui peningkatan komunikasi antara kedua korteks auditorik.

II.4.5 Pengaruh Binaural Beat Alfa Terhadap Nyeri Kepala Tipe Tegang

Nyeri kepala tipe tegang merupakan nyeri kepala primer dengan prevalensi paling besar, sekitar 2-5% dari populasi umum. Penyakit ini memiliki dampak terhadap kualitas hidup dan kesehatan mental penderita, gangguan fisik, sosial, dan fungsi pekerjaan. Manajemen terapi menjadi sebuah tantangan, karena menyebabkan morbiditas yang signifikan bila tidak diterapi secara efektif dan segera. Meskipun beberapa pendekatan terapi telah menunjukkan keberhasilan, nyeri kepala tipe tegang kronis seringkali sulit diatasi. Nyeri kepala tipe tegang kronis menjadi faktor risiko untuk penggunaan obat analgesik yang berlebihan, dan hanya 20% pasien yang berobat ke dokter (Chowdhury D et. al 2012).

Pasien Tension Type Headache memiliki kadar serotonin (5-HT) yang lebih rendah dari subjek control (Andrea,2015). Beberapa penelitian menyatakan bahwa kadar serotonin otak yang rendah dikaitkan dengan stress. (Primadona E. et al., 2020). Serotonin (*5-hydroxytryptamine*, 5-HT) adalah neurotransmitter yang didistribusikan secara luas yang memiliki peran penting dan kompleks dalam modulasi nyeri. (Primadona E. et al., 2020).

Relaksasi rangsangan atau unsur irama dan nada masuk ke canalis auditorius di hantar sampai ke thalamus sehingga memori di system limbic

aktif secara otomatis mempengaruhi saraf otonom yang disampaikan ke *thalamus* dan kelenjar *hipofisis* dan muncul respon terhadap emosional melalui *feedback* ke kelenjar adrenal untuk menekan pengeluaran hormon stres sehingga Seseorang menjadi rileks. Dalam keadaan rileks, secara alamiah akan memicu pengeluaran hormon endorfin dan serotonin. hormon ini merupakan analgesik alami dari tubuh sehingga nyeri akan berkurang (Lee M. et al., 2019). Relaksasi membuat pasien dapat mengontrol diri ketika terjadi rasa tidak nyaman atau nyeri, stres fisik dan emosi pada nyeri (Potter, 2005).

Perlu dipertimbangkan penggunaan terapi farmakologi profilaksis bersamaan dengan terapi non farmakologi. Terapi non farmakologi dilaporkan memiliki manfaat, dengan efek samping yang kecil (Primadona E. et al., 2020). Terapi brainwave entrainment merupakan terapi non medikamentosa dapat dipertimbangkan untuk digunakan dalam mengatasi nyeri kepala kronis, sebagai terapi alternatif maupun komplementer (Locke H.N et al., 2020)

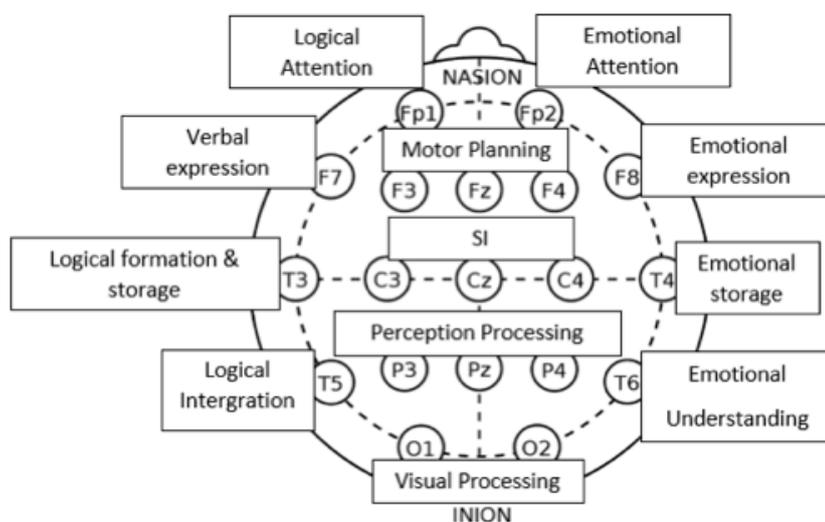
II.5 QUANTITATIVE EEG

Sejak 1929, ketika Hans Berger merekam elektroensefalogram (EEG) pertama, bidang elektrofisiologi otak telah mengalami kemajuan yang signifikan. Pengamatan Berger terbatas pada domain waktu, tetapi ia menyarankan bahwa analisis frekuensi akan meningkatkan interpretasi sinyal EEG di masa depan. Pemanfaatan komputer untuk analisis EEG dimulai pada tahun 1970-an, dan Marc Nuwer mendefinisikan EEG digital

untuk pertama kalinya pada tahun 1997. Digital EEG memberikan banyak keuntungan, seperti pemilihan fitur signifikan yang mudah untuk akuisisi EEG yang benar, kemungkinan memodifikasi sensitivitas parameter, dan rentang frekuensi untuk menganalisis hanya bagian tertentu dari sinyal EEG, lebih tepat dan spesifik interpretasi.(Livia L. P. et al., 2021). Elektroensefalografi kuantitatif (QEEG) adalah jenis analisis elektroensefalografi (EEG) modern yang melibatkan perekaman sinyal EEG digital yang diproses, diubah, dan dianalisis menggunakan algoritme matematika kompleks. QEEG telah membawa teknik baru ekstraksi fitur sinyal EEG: analisis pita frekuensi spesifik dan kompleksitas sinyal, analisis konektivitas, dan analisis jaringan. Aplikasi klinis QEEG sangat luas, termasuk gangguan neuropsikiatri, epilepsi, stroke, demensia, cedera otak traumatis, gangguan kesehatan mental, dan banyak lainnya. (Livia L. P. et al., 2021). Penelitian ini memungkinkan berbagai jenis gelombang otak dapat terdokumentasikan. Dari analisis data penelitian QEEG, telah diketahui bahwa berbagai rentang frekuensi dari gelombang otak merefleksikan kondisi fisik dan mental, baik itu yang sifatnya positif maupun negatif. Praktisi berusaha untuk memperbaiki kondisi gelombang otak dengan menggunakan instrumen-instrumen elektronik untuk mengukur faktor-faktor fisiologis, seperti tekanan darah dan temperatur. Umpan balik ini dapat dimodifikasi melalui proses kimiawi atau kontrol dalam keadaan sadar dan memberikan bahan-bahan untuk memperbaiki kondisi fisiologis atau psikologis yang tidak seimbang (Curtis, 2007). *Quantitative EEG*

(QEEG), disebut juga *Brainmap* merupakan suatu teknik penilaian dimana data EEG (gelombang otak) dikumpulkan kemudian dibandingkan dengan *database* 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 noninvasif, 19 sensor ditempatkan pada kulit kepala untuk mendeteksi aktivitas gelombang otak. QEEG berhubungan dengan EEG *neurofeedback* (Demos, 2005). *Neurofeedback* telah diteliti dan menunjukkan efikasinya untuk berbagai penyakit seperti nyeri, depresi, ansietas, penyalahgunaan zat, PTSD (*Post Traumatic Stress Disorder*), ADHD, nyeri kepala, atau peningkatan kognitif (Thatcher & Lubar, 2014).

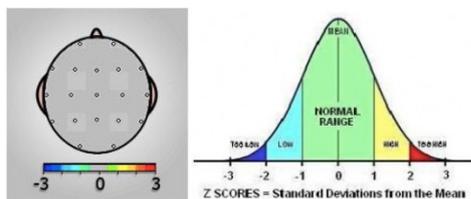
Montage EEG



II.5.1 Quantitative EEG dan Database Normatif

Data EEG berasal dari 19 lokasi di kulit kepala yang dirancang oleh sistem internasional 10-20. Setelah data diterima, kemudian disingkirkan artefak dari data yang berasal dari pergerakan otot, kedipan mata, elektrokardiogram (EKG), dan faktor-faktor perancu lainnya. Setelah itu, data yang sudah disaring kemudian diproses oleh perangkat lunak *database* normatif. Peta-peta berkode warna dan data dalam bentuk digital dapat dicetak. Pada proses pemberian warna ditampilkan sejumlah peta otak. Tiap lingkaran merepresentasikan kepala. Tiap periode atau titik di kepala mewakili satu titik di kulit kepala sesuai dengan sistem internasional 10-20. Hidung berada di bagian atas dari tiap lingkaran sehingga hemisfer kiri (*left hemisphere/LH*) terletak di sebelah kiri dan hemisfer kanan (*right hemisphere/RH*) terletak di sebelah kanan (Tatcher, 2015). Salah satu jenis perangkat lunak *database* normatif adalah *Lifespan Normative EEG database*, atau yang disebut juga *NeuroGuide*. *NeuroGuide* menggunakan warna hijau untuk menunjukkan kondisi yang normal. *NeuroGuide* menggunakan analisis statistik dan nilai z / *z-values* (Tatcher, 2015). Perangkat lunak *database* normatif telah digunakan dalam proses diagnostik. QEEG yang spesifik telah diketahui berhubungan dengan sejumlah penyakit, yang mencakup *attention deficit disorder* dengan atau tanpa hiperaktivitas, gangguan belajar, demensia, skizofrenia, depresi unipolar dan bipolar, gangguan kecemasan, gangguan obsesif kompulsif, penyalahgunaan zat dan alkohol, trauma kepala, tumor, epilepsi, dan

penyakit serebrovaskular (Tatcher, 2015). Perangkat lunak *database* normatif menginterpretasikan data melalui analisis statistik. Suatu kurva distribusi normal ditentukan dengan rumus matematika yang bervariasi, termasuk standar deviasi. Klien biasanya biasanya memiliki satu atau lebih standar deviasi yang berbeda dari standar deviasi yang normal, bergantung pada kekuatan, koherensi dan asimetri pada satu atau lebih regio di korteks serebral. *NeuroGuide* (perangkat lunak QEEG) mengindikasikan variasi standar deviasi atau *Z-score*. Pengkodean warna sesuai dengan derajat variasi (Tatcher, 2015). Metode *Z score* FFT merupakan suatu aplikasi matematis (Gaussian curve) melalui estimasi probabilitas menggunakan auto- dan spektrum dari EEG. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi regio otak yang mengalami deregulasi dan menyimpang dari nilai yang diharapkan (Tharawadeepimuk & Wongsawat, 2017).



Gambar 7. *Z score* (Wigton, 2015)

II.5.2 Terminologi *Brain Map*

Brain map berkode warna berfungsi untuk mengidentifikasi area-area pada otak yang berada di luar nilai normal dan kemungkinan dapat bermanfaat setelah diberikan intervensi. Akan tetapi, interpretasi peta yang

akurat membutuhkan pemahaman akan terminologi *brain map* yang digunakan oleh perangkat lunak database normatif (Demos, 2005).

II.5.3 Power dengan Amplitudo

Amplitudo dinyatakan dalam satuan mikrovolt/hertz, sedangkan *power* dinyatakan dalam satuan mikrovolt kuadrat/hertz. Data EEG mentah diukur dalam bentuk amplitudo. Perangkat lunak database normatif biasanya mengubah data tersebut ke dalam *power* (Mathewson et al., 2015).

II.5.4 Absolut dengan Relatif

Pengukuran absolut merefleksikan apa yang terdapat tepat dibawah sensor, tanpa mempertimbangkan karakteristik fisik dari tengkorak. Metode yang digunakan untuk mengontrol perbedaan pada resistensi kulit kepala dan ketebalan tengkorak dan lainnya, adalah dengan menghitung *power* relatif dan/atau amplitudo relatif. Amplitudo relatif merupakan ukuran persentase dan dihitung melalui amplitudo pada sebuah rentang frekuensi dibagi dengan amplitudo total (amplitudo total merupakan jumlah amplitudo dari seluruh frekuensi). Dengan kata lain, amplitudo relatif merupakan suatu ukuran proporsi dari amplitudo total dalam suatu pita frekuensi dan oleh karena itu bersifat independen terhadap ketebalan tengkorak, resistensi kulit, dan lainnya, akan tetapi tidak mencakup seluruh sumber aktivitas elektrik yang bukan berasal dari otak, misalnya artefak pergerakan mata dan artefak EKG (Demos, 2005). *Absolute power* merupakan nilai

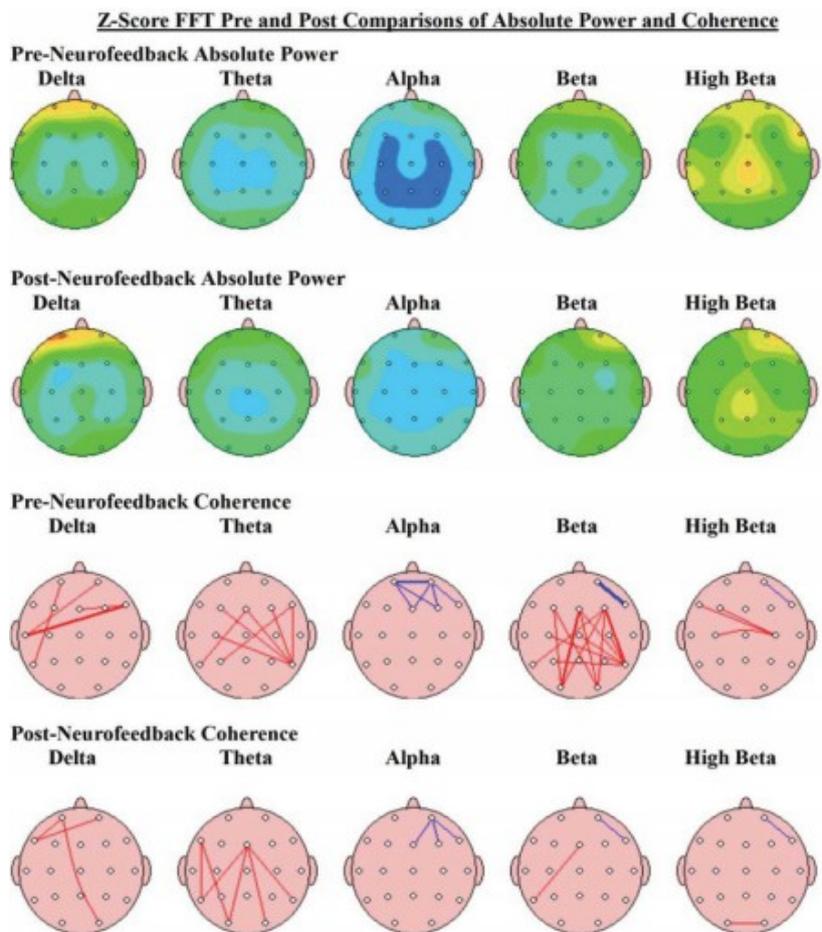
power dalam *frequency band* tertentu Dinyatakan dalam satuan μVHz . *Relative power* merupakan presentasi *absolute power* pada satu *frequency band* dibandingkan dengan *absolute power* pada seluruh jenis *frequency bands*. Dinyatakan dalam % (Yuvaraj et al., 2014).

II.5.5 Perekaman Mata Terbuka dengan Mata Tertutup

NeuroGuide dapat memproses data dengan mata terbuka maupun dengan mata tertutup. Perekaman dengan mata tertutup biasanya lebih akurat dibandingkan perekaman dengan mata terbuka disebabkan oleh minimalnya artefak yang muncul dari pergerakan mata (Yuvaraj et al., 2014).

II. 5.6 Koherensi Hemisfer Kontralateral dengan Ipsilateral

Koherensi antara dua sinyal EEG merupakan suatu pengukuran akan sinkronisasi dua sinyal tersebut dan dapat diinterpretasikan sebagai suatu indikator dari hubungan fungsional antara regio otak yang berbeda (Yuvaraj et al., 2014).



Gambar 8. Z-Score FFT *absolute power* dan koherensi sebelum dan setelah *neurofeedback* (Collura et al., 2010)

Pengukuran kohorensi oleh aplikasi *NeuroGuide* adalah untuk interhemisferik (kontralateral) dan intrahemisferik (ipsilateral), sebagaimana halnya dengan perekaman mata terbuka dan tertutup. Koherensi disajikan sebagai data dan garis-garis berkode warna serta Z- score. Yang digunakan adalah rentang frekuensi, bukan frekuensi tunggal (Yuvaraj et al., 2014). Konektivitas otak secara

objektif diukur melalui koherensi. Koherensi menganalisa ukuran similaritas frekuensi antara dua titik/*channel*, tanpa mempertimbangkan amplitudonya.

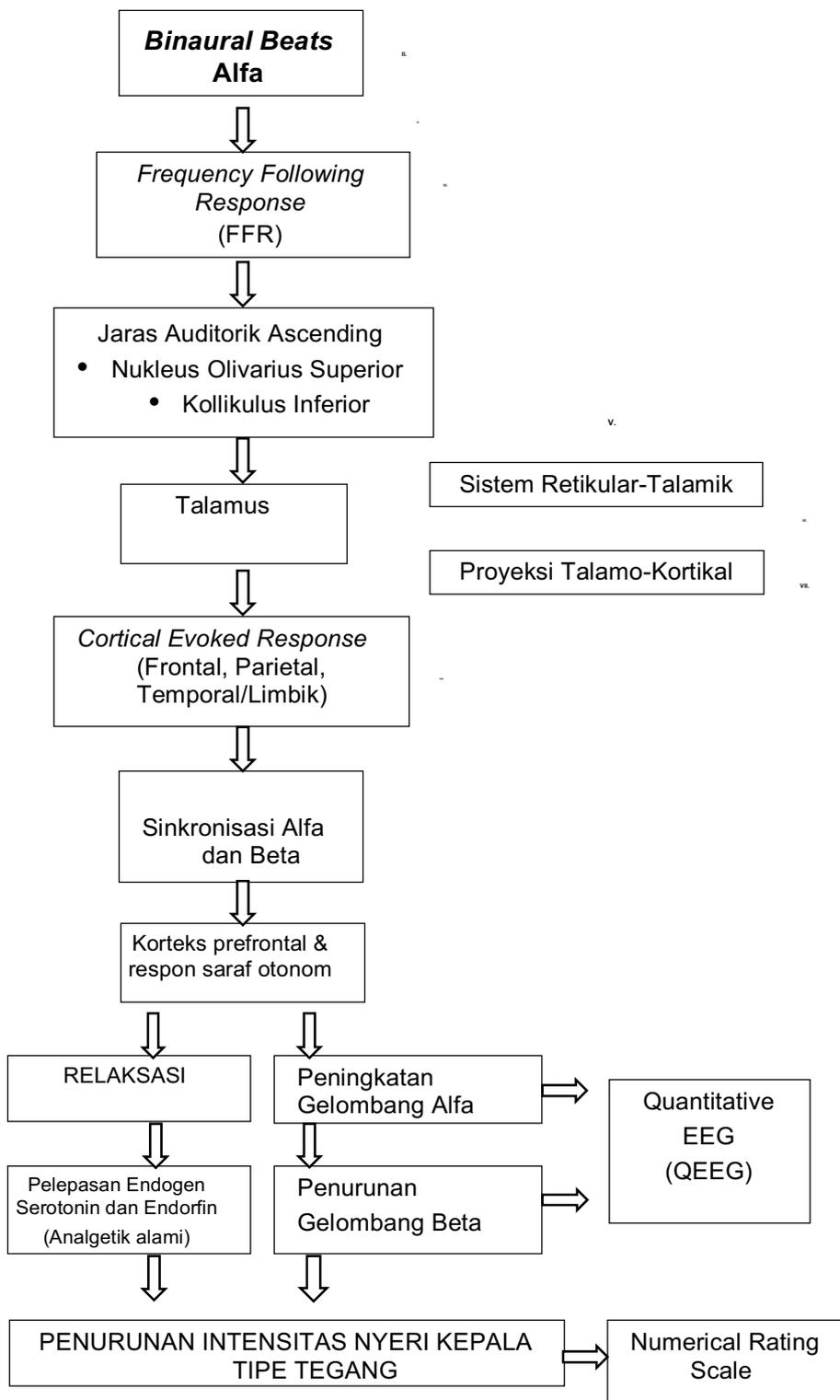
II.5.7 Asimetri

Ketika dua lokasi kulit kepala kontralateral asimetris, hal tersebut menandakan bahwa kedua lokasi tersebut sangatlah berbeda. Penelitian oleh Demos tahun 2005 menunjukkan bahwa asimetritas alfa di bagian posterior berhubungan dengan depresi dan kecemasan (Yuvaraj et al., 2014).

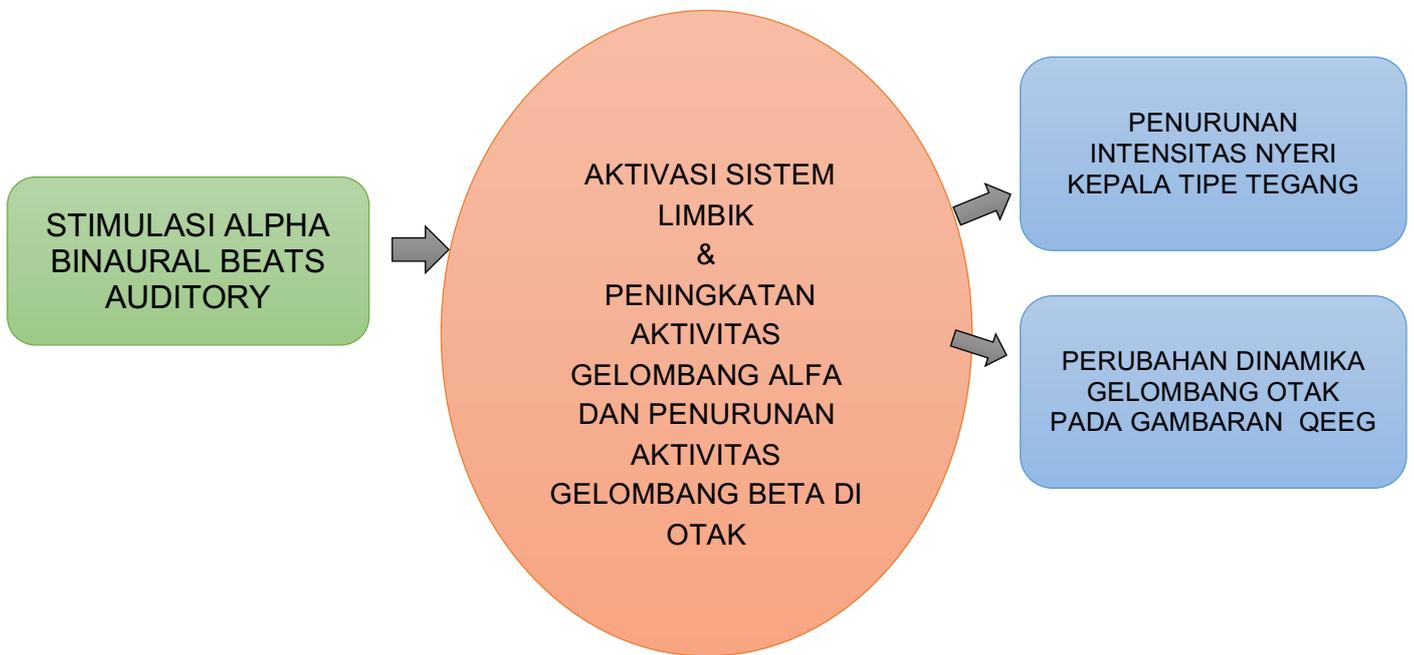
II.5.8 Perekaman *Quantitative EEG*

Selama perekaman QEEG dengan mata tertutup berlangsung, beberapa klien dapat merasakan ketegangan atau malahan menjadi mengantuk. Perlu diperhatikan untuk meminta klien agar memberitahukan kepada teknisi jika merasa mengantuk atau tidak nyaman. Setelah pengambilan data selesai, data EEG mentah siap untuk dikemas dan diproses oleh perangkat lunak QEEG *database* normatif, misalnya perangkat lunak *NeuroGuide* (Tatcher, 2015)

II.6 KERANGKA TEORI



II.7 KERANGKA KONSEP



KETERANGAN

-  : VARIABEL INDEPENDEN
-  : VARIABEL ANTARA
-  : VARIABEL DEPENDEN

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimental dengan desain pre-test, post-test yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh stimulasi *Alpha Binaural Beats Auditory* pada gambaran QEEG dan penurunan intensitas nyeri kepala tipe tegang.

III.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada Agustus 2023 hingga sampel terpenuhi. Tempat penelitian di Poliklinik Brain Centre RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar

III.3 Subjek Penelitian

III.3.1 Populasi Penelitian

Populasi penelitian ini adalah pasien poliklinik Brain Centre RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar tahun 2023.

III.3.2 Sampel Penelitian

Sampel penelitian ditentukan dengan cara *consecutive sampling* yaitu semua subjek yang datang dan memenuhi kriteria penelitian dimasukkan dalam penelitian sampai jumlah subjek yang diperlukan terpenuhi. Sampel diambil dari populasi penelitian berdasarkan urutan datang ke rumah sakit (*Consecutive sampling*) dan telah memenuhi kriteria inklusi.

III.3.3 Kriteria Inklusi

1. Umur 18-50 tahun.
2. Memenuhi kriteria diagnostik International Headache Society tentang Frequent Episodic atau Chronic Tension Type Headache.
3. Tidak menggunakan obat-obatan analgetik dalam 1 hari terakhir.
4. Subjek kooperatif dan bersedia dikutsertakan dalam penelitian dengan menandatangani surat persetujuan bersedia sebagai sampel penelitian.

III.3.4 Kriteria Eksklusi

1. Subjek memiliki riwayat epilepsi, trauma kapitis, dan gangguan otak lainnya.
2. Subjek dengan gangguan pendengaran.
3. Subjek menggunakan obat penenang, psikoaktif atau analgetik.
4. Subjek memiliki gangguan cemas atau gangguan psikiatrik lainnya.

III.3.5 Kriteria Drop Out

1. Subjek menarik kembali kesediaannya untuk mengikuti penelitian ini.
2. Subjek tidak berhasil menyelesaikan seluruh rangkaian prosedur penelitian.
3. Subjek menggunakan analgetik saat sementara dalam proses penelitian.

III.4 Perkiraan Besar Sampel

Besar sampel yang diperlukan untuk pengujian dua sisi diperoleh