

PENGARUH TERAPI OKSIGEN HIPERBARIK TERHADAP PERBAIKAN PERSEPSI COCHLEAR PADA SUDDEN DEAFNESS

Azzeldine Aliya Zahira ¹, Djatiwidodo Edi Pratiknya, Roostantia Indrawati,
Aditya Wira Buana

¹Fakultas Kedokteran, Universitas Hang Tuah

²Departemen Kesehatan Kelautan Fakultas Kedokteran,
Universitas Hang Tuah

³Departemen Farmasi Kedokteran Fakultas Kedokteran
Universitas Hang Tuah

⁴Departemen THT Fakultas Kedokteran Universitas Hang Tuah,
Surabaya, Provinsi Jawa Timur, Indonesia

Korespondensi: djatiwidodoedip@gmail.com Telp/ HP: 081331170290

Naskah Masuk 02 Februari 2023, Revisi 25 Maret 2024, Layak Terbit 31 Mei 2025

Abstrak

Tujuan Penelitian: Gangguan pendengaran sensorineural mendadak adalah kondisi menurunnya kemampuan pendengaran atau tuli secara mendadak yang ditandai dengan penurunan pendengaran untuk mendengar setidaknya 30 dB yang diukur lebih dari tiga frekuensi secara berturutan yang terjadi dalam waktu 72 jam. Salah satu manajemen tuli mendadak yang sering dilakukan dalam jangka waktu yang pendek adalah terapi oksigen hiperbarik. Penelitian ini bertujuan untuk memahami pengaruh terapi oksigen hiperbarik terhadap perbaikan persepsi koklea pada gangguan pendengaran mendadak.

Metode: Penelitian ini disusun dengan desain deskriptif, dengan metode studi literatur dengan jurnal yang dipublikasikan tahun 2017 hingga 2022.

Hasil: Temuan menunjukkan bahwa terapi oksigen hiperbarik diketahui berpengaruh terhadap perbaikan persepsi koklea pada pasien yang mengalami gangguan pendengaran mendadak, setelah pemberian terapi dengan rata-rata waktu satu hingga dua minggu, dengan tekanan 1,8 ATA hingga 2 ATA, baik dikombinasikan dengan kortikosteroid maupun terapi oksigen hiperbarik saja.

Kata kunci: Gangguan Pendengaran Mendadak, Koklea, Terapi Oksigen Hiperbarik

Abstract

Study aim: Sudden sensorineural hearing loss is a condition of sudden decreased hearing ability or deafness which is characterized by a decrease in hearing to hear at least 30 dB measured at more than three frequencies in a row that occurs within 72 hours. One of the management of sudden deafness that is often done in a short time is hyperbaric oxygen therapy. This study aims to understand the effect of hyperbaric oxygen therapy on improving cochlear perception in sudden hearing loss.

Methods: This study was compiled using a descriptive design, using the literature study method with journals published from 2017 to 2022.

Results: The findings show that hyperbaric oxygen therapy is known to have an effect on improving cochlear perception in patients with sudden hearing loss, after administration of therapy with an average time of one to two weeks, with pressures of 1.8 ATA to 2 ATA, either in combination with corticosteroids or hyperbaric oxygen therapy alone.

Keyword: Sudden Hearing Loss, Cochlea, Hyperbaric Oxygen Therapy

PENDAHULUAN

Gangguan pendengaran adalah hilangnya kemampuan untuk mendengarkan bunyi dalam cakupan ambang pendengaran normal 20db. Gangguan pendengaran dapat mengenai salah satu atau kedua telinga sehingga penderitanya kesulitan dalam mendengar ucapan percakapan atau suara keras menurut (Chadha, Cieza, Varughese, Reyes, & Toroyan, 2020). Angka prevalensi gangguan pendengaran mendadak secara global diketahui terjadi pada 5 hingga 20 orang pada 100.000 orang per tahun (Kuo, Chung, Wang, Chien, & Chen, 2019). Gangguan pendengaran mendadak diketahui menjadi salah satu gangguan pendengaran yang sering terjadi, dengan jumlah kasus berkisar 80 hingga 90% kasus, dan mayoritas berdampak pada gangguan pendengaran mendadak di salah satu telinga.

Kasus gangguan pendengaran mendadak diketahui dapat disembuhkan melalui manajemen yang sesuai. Manajemen gangguan pendengaran mendadak dapat merujuk pada etiologinya, meskipun pada dasarnya etiologi faktor penyebab gangguan pendengaran mendadak masih belum diketahui secara pasti. Dilain pihak kelainan vaskuler, kelainan imunologi, infeksi akibat virus serta rusaknya membran koklea dinilai sebagai faktor penyebab gangguan pendengaran (Chen, Fu, & Zhang, 2019); (Xie, et al., 2020)). Keempat etiologi tersebut diketahui berkontribusi terhadap kerusakan koklea secara permanen dan tidak dapat pulih

kembali (ireversibel). Sedangkan sebagian besar kasus gangguan pendengaran mendadak diketahui dapat pulih kembali (reversibel). Hal ini menyebabkan kondisi gangguan pendengaran mendadak masuk dalam kedaruratan otologi yang memerlukan penanganan segera manajemen gangguan pendengaran mendadak yang komprehensif (Chen, Fu, & Zhang, 2019), (Xie, et al., 2020)).

Salah satu manajemen gangguan pendengaran mendadak yang sering dilakukan dalam jangka waktu yang pendek adalah terapi oksigen hiperbarik (Eryigit, Ziylan, Yaz, & Thomeer, 2018). Terapi oksigen hiperbarik pertama kali diperkenalkan oleh Goto dan dilakukan dengan memberikan oksigen murni dengan kandungan 100% dalam Ruang Udara Bertekanan Tinggi (RUBT) atau high pressure air chamber dengan tekanan lebih dari 1 ATA (Atmosfer Absolut) atau setara dengan 760 mmHg, yakni 2,4 ATA dalam waktu antara 60 hingga 120 menit. Hal ini dilakukan karena penambahan tekanan pada oksigen diketahui dapat mendorong percepatan distribusi oksigen dalam tubuh (Bayoumy & De Ru, 2019).

Berdasarkan penjabaran di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan pembelajaran lebih mendalam melalui metode studi literatur yang berfokus pada pemberian terapi oksigen hiperbarik pada pasien gangguan pendengaran mendadak. Peneliti akan menganalisis dosis berupa tekanan dan waktu pemberian terapi oksigen hiperbarik dengan mengamati perbaikan persepsi koklear pada gangguan

pendengaran mendadak, sehingga dapat diketahui efektivitas terapi oksigen hiperbarik. Penelitian ini akan difokuskan pada judul “Pengaruh terapi Oksigen Hiperbarik terhadap Perbaikan Persepsi koklear pada gangguan pendengaran mendadak”.

METODE

Peneliti menggunakan tinjauan literatur sistematis yang bertujuan mengidentifikasi, mengevaluasi dan menginterpretasikan temuan studi-studi primer (Andriani, 2022). Tehniknya dengan menggabungkan hasil-hasil penelitian primer untuk memberikan fakta yang lebih akurat dan jelas, yaitu dengan mengumpulkan pustaka-pustaka berupa artikel ilmiah bersumber pada basis data yang valid dan memiliki relevansi dengan variabel serta tujuan dalam penelitian ini (Rahayu & Hosizah, 2021).

Peneliti akan mengangkat temuan utama yang diungkap dalam artikel yang ditelaah, termasuk melakukan pengamatan pada kelebihan, kekurangan, perbedaan atau kesamaan, serta mengkomparasikan penelitian dan hasil penelitian terdahulu (Rahayu & Hosizah, 2021). Teknik literasi jurnal penelitian, menggunakan metode telaah kritis dengan worksheet terapeutik.

Sampel penelitian ini merupakan jurnal bereputasi internasional yang menunjukkan pengaruh terapi oksigen hiperbarik terhadap perbaikan pada gangguan pendengaran mendadak yang sudah terindeks oleh Proquest, Wiley Online, Science direct, Tylor Francis, SAGE dan Pudmed serta jurnal nasional yang sudah terindeks SINTA (Science and Technology Index) dan dipublikasi dari tahun 2017 sampai 2022 dengan jumlah minimal 11 jurnal.

HASIL

Nama Penulis, Judul, Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
Feng et al. (2022). <i>Clinical Efficacy of Hyperbaric Oxygen Therapy at Different Pressures in the Treatment of Sudden Deafness.</i>	Kohort retrospektif	Pada jumlah sampel total 82 pasien menghasilkan p=0,039 hasil ini menunjukan bahwa terapi oksigen hiperbarik efektif dengan kedua kelompok. Hasil peneliian menunjukkan tingkat efektivitas terapi oksigen hiperbarik 1,8 ATA sebesar 90,00%, dan 2.2 ATA sebesar 76,19%. Tingkat efektif kelompok studi 1 secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok studi 2 (p <0,05).

Nama Penulis, Judul, Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
Chin <i>et al.</i> (2022). <i>Idiopathic Sudden Sensorineural Hearing Loss: Is Hyperbaric Oxygen Treatment the Sooner and Longer, the Better?</i>	Kohort retrospektif	Pasien dengan terapi oksigen hiperbarik, dengan: 102 pasien yang menerima terapi selama 1-5 sesi, dan 46 pasien menerima terapi selama 6-10 sesi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terapi oksigen hiperbarik menunjukkan perbaikan berdasarkan hasil PTA dengan indikator faktor usia odds ratio 0,976 dan p=Value 0,270. Tingkat dari gangguan pendengaran dari berat sampai sedang odds ratio 2,267, p=Value 0,132. Dari derajat parah sampai sedang odds ratio 5,034, p=Value 0,002. Waktu intervensi < 12 hari atau >13 hari odds ratio 6,484, p=Value 0,000. Berdasarkan Analisa waktu intervensi antara onset gangguan pendengaran mendadak dan dimulainya terapi oksigen hiperbarik pada setiap kelompok pasien yang hanya menerima terapi oksigen hiperbarik pertama 1-5 sesi (N=102) dan yang mendapat tambahan terapi oksigen hiperbarik ke dua 6-10 sesi (N=20) hasilnya pasien yang mendapatkan terapi oksigen hiperbarik 12 hari terdapat peningkatan pendengaran 20,5dB dan pemulihan pendengaran 41,6% dibandingkan dengan terapi oksigen hiperbarik setelah 13 hari dengan peningkatan pendengaran hanya 3 dB dan pemulihan 9,4%. Namun dari kedua perbandingan tersebut tidak menunjukkan manfaat lebih lanjut.

Ahn <i>et al.</i> (2021). <i>The Effectiveness of Hyperbaric Oxygen Therapy in Severe Idiopathic Sudden Sensorineural Hearing Loss.</i>	Kohort retrospektif	Terapi oksigen hiperbarik dilakukan 10-20 kali selama 100 menit perhari menggunakan oksigen murni 100% untuk ventilasi pada 2 ATA berdasarkan protokol rumah sakit. Terapi steroid oral dimulai pada hari ke 5 dengan methylon dosis tinggi (48mg) dan dihentikan secara bertahap selama 5 hari. Injeksi intratimpani (5 mg/mL). Ambang PTA awal lebih besar dari 80 dB, tidak menunjukkan perbedaan ($P = 0,074$). Kesenjangan antara PTA awal dan akhir adalah $44,12 \pm 28,19$ dB pada kelompok PO, $40,77 \pm 31,55$ dB pada kelompok PO+IT, dan $27,7 \pm 26,74$ dB pada kelompok HBOT, menunjukkan nilai pemulihan pendengaran yang rendah pada kelompok HBOT ($P = 0,076$). Analisis statistik antar kelompok untuk setiap frekuensi PTA tidak memberikan hasil yang signifikan.
Chrisna <i>et al.</i> (2021). Hubungan Usia, Derajat Ketulian, dan Onset Tuli Mendadak dengan Perbaikan Pendengaran setelah Hyperbaric Oxygen Therapy	Cross sectional	Hasil penelitian menggunakan uji fisher bahwa menunjukkan tidak ada hubungan derajat gangguan pendengaran dengan perbaikan ($p = 0,307$) dan onset gangguan pendengaran mendadak sebagai faktor prognostik tidak hubungan dengan perbaikan pendengaran ($p = 0,559$).

Choi <i>et al.</i> (2020). <i>Hyperbaric oxygen (HBO) therapy as an effective approach to the treatment of patients with severe idiopathic sudden sensorineural hearing loss.</i>	Kohort retrospektif	Hasil penelitian pada penggunaan W4FA didapatkan hasil yaitu peningkatan frekuensi pendengaran secara signifikan ($p = <0,05$) pada kelompok yang diberikan terapi oksigen hiperbarik (28.1 ± 26.9 dB) dibandingkan dengan kelompok kontrol (14.8 ± 13.5 dB). Terapi oksigen hiperbarik menunjukkan efektif digunakan sebagai pilihan pengobatan awal pasien yang mengalami gangguan pendengaran mendadak.
Tong <i>et al.</i> (2020). <i>Comparison of Therapeutic Results with/without Additional Hyperbaric Oxygen Therapy in Idiopathic Sudden Sensorineural Hearing Loss: A Randomized Prospective Study.</i>	Kohort retrospektif	Hasil penelitian menunjukkan Tingkat keberhasilan kelompok terapi farmakologis dan terapi oksigen hiperbarik sebesar 60,6% dan kelompok yang hanya mendapat terapi farmakologis sebesar 42,9%. Kelompok terapi farmakologis dan terapi oksigen hiperbarik memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan kelompok yang hanya mendapat terapi farmakologis ($p <0,05$). Oleh karena itu, gabungan kelompok terapi obat dengan perawatan farmakologis
Eski <i>et al.</i> (2020). <i>Comparing the Efficiencies of Hyperbaric Oxygen Therapy and Intratympanic Steroid Treatment for Sudden Hearing Loss.</i>	Kohort retrospektif	Hasil penelitian diperoleh bahwa tidak ada perubahan dalam HG yang ditentukan antara kelompok pengobatan HBOT dan ITS. Namun, waktu pemulihan lebih tinggi pada kohort pengobatan ITS (40%) dibandingkan kohort HBOT (17%).
Krajčovičová <i>et al.</i> (2019). <i>Hyperbaric oxygen therapy in treatment of sudden sensorineural hearing loss: finding for the maximal therapeutic benefit of different applied pressures.</i>	Kohort retrospektif	Kedua kelompok perlakuan dibandingkan dengan kelompok kontrol mendapat perlakuan yang lebih signifikan. Terapi oksigen hiperbarik diberikan kombinasi farmakologis pada tekanan 2,5 ATM diketahui lebih efisien pada frekuensi rendah (250 – 500 Hz), sedangkan pada frekuensi yang tinggi (4000 – 8000 Hz) diperoleh pendengaran yang lebih baik dengan pemberian terapi oksigen hiperbarik dan farmakologis pada tekanan 2 ATM ($p = 0,001$)

Hosokawa et al. (2018). <i>Cross-sectional</i> <i>Hyperbaric oxygen</i> <i>therapy as concurrent</i> <i>treatment with systemic</i> <i>steroids for idiopathic</i> <i>sudden sensorineural</i> <i>hearing loss: a</i> <i>comparison of three</i> <i>different steroid</i> <i>treatments.</i>	Pada kelompok HBOT + SS, 42 dari 161 (26,1%) pasien menunjukkan pemulihan total, 41 (25,5%) menunjukkan pemulihan yang baik, 42 (26,1%) menunjukkan pemulihan yang cukup, dan 36 (22,4%) menunjukkan tidak ada perubahan. Tingkat pemulihan pendengaran keseluruhan secara signifikan lebih tinggi pada kelompok HBOT + SS (125/161 [78,3%] dibandingkan SS (52/160 [32,5%]; $p < 0,001$) dan IT + SS (17/35 [48,6] %; $p < 0,001$)
Cavaliere et al, (2020). <i>Randomized</i> <i>Combination of</i> <i>Hyperbaric Oxygen</i> <i>Therapy and Oral</i> <i>Steroids for the Treatment</i> <i>of Sudden Sensorineural</i> <i>Hearing Loss: Early</i> <i>or Late?</i>	Hasil penelitian bahwa kombinasi terapi oksigen hiperbarik dengan oral steroid menunjukkan peningkatan signifikan lebih baik dari pada kelompok terapi oksigen hiperbarik saja ($p < 0,05$) dan oral steroid saja ($p < 0,05$). Pasien yang menjalani terapi oksigen hiperbarik memperoleh pemulihan lebih baik di banding dengan yang dirawat menggunakan oral steroid saja ($p < 0,05$). Kelompok terapi oksigen hiperbarik dan kelompok kombinasi terapi oksigen hiperbarik dan oral steroid menunjukkan variasi yang signifikan sebelum dan sesudah perlakuan masing-masing ($p < 0,05$). Pada pemeriksaan audiometri Pasien dengan ambang pendengaran yang parah pada proses pemulihan menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara menggunakan terapi oksigen hiperbarik saja (9,3), steroid saja (8,3) dan terapi kombinasi oksigen hiperbarik + oral steroid (13,9) dengan ($p = 0,08$). sedangkan ambang pendengaran upsloping menunjukkan hasil yang baik pada penggunaan terapi oksigen hiperbarik saja (14,8) dibandingkan dengan oral steroid saja (0) dan terapi kombinasi oksigen hiperbarik dan oral steroid (13,9) dengan ($p < 0,05$).

Pada ambang pendengaran downsloping dan flat menunjukkan hasil yang baik dengan terapi oksigen hiperbarik dan oral steroid (33,3/38.9) dibandingkan dengan oksigen hiperbarik saja (31,5/44,4) dengan ($p < 0,05$).

Yucel & Ozbugday (2020). <i>Comparison of Steroid Treatment with and without Hyperbaric Oxygen Therapy for Idiopathic Sudden Sensorineural Hearing Loss</i>	Kohort retrospektif	Hasil penelitian menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok dalam rerata usia dan jenis kelamin ($p < 0,05$). Tingkat PTA sebelum dan sesudah perawatan adalah 65 dan 43 dB masing-masing kelompok. Tidak ada perbedaan signifikan masing-masing kelompok dalam hal nilai PTA pra perawatan dan peningkatan ambang pendengaran ($p > 0,05$).
---	---------------------	---

PEMBAHASAN

Gangguan pendengaran mendadak menjadi kasus yang memerlukan penanganan segera. Angka pasien yang menderita gangguan pendengaran mendadak dan tidak mendapatkan penanganan tepat sebesar 28 – 65% dimana gejala timbul dalam dua minggu. Gangguan pendengaran mendadak apabila diabaikan akan menyebabkan keberlanjutan pada kehilangan pendengaran secara permanen. Penyebab gangguan pendengaran mendadak sejauh ini belum ada teori pasti dari para peneliti. Menurut McTaggart et al pada tahun 2018 dijelaskan bahwa 1% kasus gangguan pendengaran mendadak disebabkan oleh kelainan retrokoklea yang berhubungan dengan vestibular schwannoma, penyakit demiyelinisasi, atau stroke. Sedangkan 10-15% kasus lainnya disebabkan oleh penyakit Meniere, trauma, penyakit autoimun, sifilis, penyakit Lyme, atau fistula perilmfe.

darah dikarenakan injury atau perlukaan. Dampaknya akan mempengaruhi jaringan berupa hipoksia jaringan, necrosis hingga kematian sel. Pada pendengaran kondisi hipoperfusi vaskuler ini akan menimbulkan kehilangan fungsi dari organ corti, sehingga terjadilah gangguan pendengaran mendadak.

Dari penelitian Thompson et al pada tahun 2020 dijelaskan bahwa respons akut yang dapat diidentifikasi sebagai gangguan pendengaran mendadak dapat berlangsung selama 48-72 jam setelah terjadinya gangguan pendengaran mendadak. Perbandingan antara neutrofil/limfosit

Salah satu systematic review, menguraikan beberapa kemungkinan penyebab gangguan pendengaran mendadak, yaitu idiopatik (71%), penyakit infeksi (12,8%), penyakit telinga (4,7%), trauma (4,2%), vaskular dan hematologik (2,8%), neoplasma (2,3%), serta penyebab lainnya (2,2%) (Putra et al, 2018).

Salah satu penyebab dari gangguan pendengaran mendadak adalah perlukaan pada vaskuler endotel arteri labirin. Hal ini terjadi karena adanya suara bising yang sangat keras sehingga mengalami trauma pendengaran. Karena adanya luka maka terjadi perdarahan yang akan bergerak cepat ke arah luka menyebabkan hipoperfusi jaringan yang menyebabkan terjadinya reaksi inflamasi atau peradangan maupun non inflamasi. Proses peradangan ini merupakan reaksi dari sistem kekebalan tubuh dalam melindungi jaringan di sekitarnya menyebabkan terjadinya hipoperfusi aliran darah, peningkatan plasma serta kekentalan

turun untuk penyebab gangguan pendengaran mendadak dikarenakan infeksi virus, sedangkan perbandingan neutrofil/limfosit akan naik untuk penyebab kelainan vaskuler. Kerusakan telinga bagian dalam menyebabkan terjadinya sekresi glutamat yang semakin bertambah pada sinaps diantara inner hair cell dan neuron. Hal ini akan menyebabkan gangguan transduksi mekano-elektrik sehingga terjadinya perubahan rangsangan akustik menjadi impuls saraf. Akibatnya terjadi penurunan kemampuan pendengaran. Disfungsi hair cell yang menetap mengambil peranan dalam peningkatan glutamat yang berbanding lurus dengan

peningkatan kalsium sitoplasmik dan intramitokondria di saraf aferen. Ini menghasilkan depolarisasi mitokondria sehingga akhirnya terjadi apoptosis (Çiçek, Acar, & Özdamar, 2021).

Diagnosis gangguan pendengaran mendadak berdasarkan Guidline American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery, mengharuskan adanya perbedaan antara gangguan pendengaran sensorineural dengan gangguan pendengaran konduktif. Cara yang dapat diambil adalah dengan pemeriksaan audiometri, pemeriksaan fisik, anamnesis, tes penala dan penunjang yang lain (Chandrasekhar, et al., 2019). Perbedaan kedua gangguan pendengaran ini adalah, gangguan pendengaran konduktif penyebabnya adanya kelainan pada telinga bagian luar, rongga udara telinga tengah, struktur tulang, abnormalitas telinga bagian luar, hingga tulang pendengaran. Sedangkan gangguan otalgia, dan lainnya. Pemeriksaan audiometri dilakukan dengan segera maksimal 14 hari setelah gejala muncul, agar dapat mendiagnosis gangguan pendengaran mendadak.

KARAKTERISTIK PADA PENDERITA GANGGUAN PENDENGARAN MENDADAK

Karakteristik penderita dengan gangguan pendengaran mendadak yang diberi terapi dengan kombinasi terapi hiperbarik, tertinggi adalah pria. Terdapat Sembilan referensi yang menunjang pemberian terapi kombinasi hiperbarik pada gangguan pendengaran mendadak menurut jenis

pendengaran

sensorineural penyebabnya adalah ketidaknormalan pada koklea, saraf auditorik, dan bagian lainnya yang memiliki peran dalam mengolah impuls neural ke korteks auditorik pada otak (Hara, Kusunoki, Honma, Kidokoro, & Ikeda, 2020).

Dalam jurnal penelitian oleh Chrisna et al ditahun 2021 dikatakan bahwa onset gangguan pendengaran mendadak terbanyak adalah < 7 hari sebanyak 80.6% pasien. Gejala gangguan pendengaran mendadak yang dapat terjadi adalah kehilangan kemampuan pendengaran 30 dB pada tiga frekuensi beruntut dalam 72 jam. Pasien akan mengalami gejala pada pagi hari, kemampuan mendengar akan menurun. Hal ini merupakan gejala bersifat non spesifik, sehingga terjadi keterlambatan pada diagnosis dan pengobatan. Gejala lain yang dapat ditemukan adalah sensasi penuh pada telinga, vertigo, otorea, tinitus, disequilibrium, nyeri pada kepala, kelamin.

Dari hasil penelitian oleh Chrisna et al pada tahun 2021 terdapat 36 sampel penelitian yang terdiri 20 pria dan 16 wanita dengan gangguan pendengaran mendadak. Sedangkan, hasil penelitian lainnya yang dilakukan oleh Krajčovičová et al pada tahun 2019 terdapat 115 sampel penelitian yang terdiri 59 pria dan 56 wanita dengan gangguan pendengaran mendadak. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Choi, et al pada tahun 2020 didapatkan pasien gangguan pendengaran mendadak dengan jumlah sampel penelitian sebanyak 83 pasien yang hasilnya wanita sejumlah 42 orang lebih banyak dibandingkan pria sebanyak 41

orang.

Salah satu faktor resiko yang menyebabkan pria memiliki angka kejadian tertinggi gangguan pendengaran mendadak adalah rokok (Chrisna, et al., 2021). Faktor resiko penyakit kardiovaskuler, diabetes dan kebiasaan merokok menjadi pencetus sehingga pria lebih sering mengalami penyakit gangguan pendengaran mendadak. Hasil penelitian Alexander, et al menunjukkan bahwa pasien gangguan pendengaran mendadak pada pria dibandingkan wanita adalah 1,07:1 (Chrisna, et al., 2021). Temuan ini juga didukung oleh referensi lain meski tidak ada penjelasan lebih dalam mengenai penyebab tersebut.

Hasil penelitian terapi oksigen hiperbarik terhadap perbaikan gangguan pendengaran mendadak menunjukkan hasil yang baik mayoritas pada wanita. Hal ini dikarenakan perbedaan anatomi kardiovaskuler (Cavaliere, et al., 2022). Teori ini didukung dengan hasil kombinasi terapi oksigen hiperbarik dengan oral steroid menunjukkan hasil yang baik pada jenis kelamin wanita dibanding pria dengan $p < 0,05$ (Cavaliere, et al., 2022).

Karakteristik penderita dengan gangguan pendengaran mendadak yang diberi terapi dengan kombinasi hiperbarik berdasarkan usia yang sering terjadi pada usia produktif >50 tahun. Terdapat lima referensi jurnal penelitian yang menunjang pemberian terapi kombinasi hiperbarik pada gangguan pendengaran mendadak menurut usia.

Dari hasil penelitian oleh Krajčovičová et al pada tahun 2019 didapatkan 115 sampel penelitian pasien gangguan pendengaran mendadak dengan rerata usia 49 tahun. Sedangkan, hasil penelitian lainnya yang dilakukan oleh Yücel A, & Özbuğday Y pada tahun 2020 dengan total 272 sampel penelitian pasien gangguan pendengara mendadak didapatkan hasil rerata usia 48 tahun pada pasien yang menggunakan terapi kombinasi hiperbarik dan steroid, sedangkan rerata usia 46 tahun untuk penggunaan steroid saja. Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Eski, et al pada tahun 2020 menunjukkan hasil yang berbeda. Dari total 69 sampel penelitian pasien gangguan pendengaran mendadak didapatkan rerata usia 53 tahun pada terapi injeksi intratimpani dan rerata usia 54 tahun pada terapi kombinasi hiperbarik.

Usia menjadi faktor resiko terbesar pada gangguan pendengaran mendadak. Terdapat 2 faktor utama penyebab penurunan pendengaran yaitu faktor internal, gentik dan faktor eksternal (paparan suara bising). Penurunan pendengaran semakin meningkat seiring pertambahan usia, proses degenerasi telinga dalam atau perubahan jalur dari telinga menuju ke otak. Kondisi medis seperti hipertensi dan diabetes dapat memperparah penurunan pendengaran, bersamaan dengan peningkatan penggunaan antibiotik dan kemoterapi. Hal ini yang menjadi faktor resiko terjadinya gangguan pendengaran mendadak pada usia < 50 tahun (Chrisna, et al., 2021). Berdasarkan penelitian Zhang et al., 2015 yang melakukan penelitian

retrospektif selama 10 tahun menunjukkan bahwa gangguan pendengaran mendadak tertinggi prevalensi pada usia 41-50 tahun dengan 26,4%, berikutnya pada usia 51-61 tahun dengan 19,5% (Tong, et al., 2021).

Penelitian lain yang mendukung penggunaan terapi oksigen hiperbarik sebagai terapi tambahan berdasarkan penelitian Aslan et al, 2002 menunjukkan perbaikan pendengaran lebih baik pada usia <50 tahun dibandingkan pada pasien >50 tahun (Tong, et al., 2021). Teori ini didukung oleh Tong, et al pada tahun 2021 yang menyatakan bahwa penggunaan terapi oksigen hiperbarik dengan terapi medikamentosa memberikan hasil berupa perbaikan pendengaran pada usia < 50 tahun (71,4%) dibandingkan dengan usia > 50 tahun (38,5%) dengan p value 0.017.

Faktor lain yang dapat menyebabkan gangguan pendengaran mendadak adalah penyakit dasar yang diderita oleh atau jaringan sebanding dengan tekanan parsial gas yang bersentuhan dengan cairan atau jaringan. Dalam terapi oksigen hiperbarik, oksigen yang dipasok akan bertambah sehingga tekanannya semakin tinggi di dalam jaringan dan menghasilkan efek hiperoksia pada jaringan hipoksia (La Rakhmat, 2019).

Ketika tekanan oksigen mengalami penurunan, maka neutrophil akan aktif. Neutrofil ini akan mengkonsumsi oksigen sehingga kadar oksigen turun pada jaringan hipoksia. Tingkat oksigen yang rendah akan menyebabkan cedera pada

pasien. Kelainan vaskuler berkorelasi dengan diabetes militus dan hipertensi. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Hosokawa, et al pada tahun 2018 menunjukan bahwa pasien dengan diabetes militus yang mendapat terapi oksigen hiperbarik dengan sistemik steroid memiliki tingkat perbaikan pendengaran 75,8%(p=0,816) tidak berbeda signifikan dengan pasien tanpa diabetes militus 78,1%. Sedangkan pada pasien hipertensi yang menggunakan terapi oksigen hiperbarik dengan sistemik steroid dan obat antihipertensi memiliki tingkat perbaikan pendengaran 75%(p=0,803) tidak berbeda signifikan dengan pasien tanpa hipertensi 78,2%.

TERAPI OKSIGEN HIPERBARIK SEBAGAI ADJUVAN TERAPI GANGGUAN PENDENGARAN MENDADAK

Cara kerja terapi oksigen hiperbarik dengan menerapkan hukum Henry yang menyatakan bahwa jumlah gas yang terlarut dalam cairan

jaringan. Inilah peranan terapi oksigen hiperbarik yang mengembalikan cedera pada jaringan hipoksia dengan membuat konsentrasi oksigen naik. Neutrofil pun akan memasok oksigen sehingga proses penyembuhan terjadi. Kadar oksigen yang tinggi menghasilkan perubahan pada jaringan sehingga berguna untuk edema jaringan pasca trauma. Neovaskularisasi dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen sehingga semakin tinggi tekanan oksigen maka pertumbuhan kapiler semakin meningkat (Choudhury, 2018).

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Chrisna et al pada tahun

2021, pemberian terapi oksigen hiperbarik pada 36 pasien di RSAL Dr. Mintohardjo dengan jangka waktu 90 menit sekali sehari selama 10 hari pada tekanan 243 kPa, menghasilkan perbaikan pendengaran pada 31 pasien. Selain itu juga didapatkan bahwa derajat gangguan pendengaran dan onset gangguan pendengaran mendadak tidak berhubungan signifikan dengan perbaikan pendengaran.

Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Tong et al pada tahun 2021 terhadap 136 pasien yang terbagi menjadi 2 kelompok, yakni kelompok pertama yang mendapat terapi farmakologis dan kelompok kedua mendapat terapi farmakologis kombinasi terapi oksigen hiperbarik.

Didapatkan bahwa tingkat keberhasilan kelompok terapi farmakologis dan terapi oksigen hiperbarik sebesar 60,6%, sedangkan kelompok yang hanya mendapat terapi farmakologis sebesar 42,9%. Kelompok terapi farmakologis dan dengan terapi oksigen hiperbarik + sistemik steroid yaitu : grade 1 (<40dB) 62,5%, grade 2 (40-60dB) 65,5%, grade 3 (60-90dB) 84%, grade 4 (>90dB) 77,6%). Perbaikan berdasarkan grade level pendengaran dengan sistemik steroid yaitu : grade 1 (<40dB) 25,5%, grade 2 (40-60dB) 60%, grade 3 (60-90dB) 30,8%, grade 4 (>90dB) 76,2%.

Terdapat pengaruh variabel lain termasuk rerata tingkat pendengaran 5 frekuensi awal. kelompok kontrol dengan pemberian terapi steroid intratimpani dan kelompok yang diberi tambahan terapi oksigen

terapi oksigen hiperbarik memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan kelompok yang hanya mendapat terapi farmakologis ($p < 0,05$).

Penelitian yang lain dilakukan oleh Hosokawa et al pada tahun 2018 didapatkan temuan bahwa analisis terhadap 356 pasien dengan gangguan pendengaran mendadak pada kelompok terapi oksigen hiperbarik (HBOT) + sistemik steroid (SS), 42 dari 161 (26,1%) pasien menunjukkan pemulihan total, 41 (25,5%) menunjukkan pemulihan yang baik, 42 (26,1%) menunjukkan pemulihan yang cukup, dan 36 (22,4%) menunjukkan tidak ada perubahan. Tingkat pemulihan pendengaran keseluruhan secara signifikan lebih tinggi pada kelompok terapi oksigen hiperbarik (HBOT) + sistemik steroid (SS) (125/161 [78,3%] dibandingkan sistemik steroid (SS) (52/160 [32,5%]; $p < 0,001$) dan injeksi intratimpani (IT) + sistemik steroid (SS) (17/35 [48,6%]; $p < 0,001$). Sedangkan perbaikan berdasarkan grade level pendengaran hiperbarik selama 14 hari, dengan frekuensi satu kali sehari. Setelah diberikan perawatan selama dua minggu, terjadi peningkatan frekuensi pendengaran secara signifikan ($p = < 0,05$) pada kelompok yang diberikan terapi oksigen hiperbarik dan steroid (28.1 ± 26.9 dB) dibandingkan dengan kelompok kontrol (14.8 ± 13.5 dB). Terapi oksigen hiperbarik menunjukkan efektif digunakan sebagai pilihan pengobatan awal pasien yang mengalami gangguan pendengaran mendadak sensorineural idiopatik (Choi, et al., 2020).

Dari hasil Penelitian yang

dilakukan oleh Cavaliere et al pada tahun 2022 menunjukkan bahwa kombinasi terapi oksigen hiperbarik dengan oral steroid menunjukkan peningkatan signifikan lebih baik dari pada kelompok terapi oksigen hiperbarik saja ($p < 0,05$) dan oral steroid saja ($p < 0,05$). Pasien yang menjalani terapi oksigen hiperbarik memperoleh pemulihan lebih baik di banding dengan yang dirawat menggunakan oral steroid saja ($p < 0,05$). Kelompok terapi oksigen hiperbarik dan kelompok kombinasi terapi oksigen hiperbarik dengan oral steroid menunjukkan variasi yang signifikan sebelum dan sesudah perlakuan tiap kelompok ($p < 0,05$). Pada pemeriksaan audiometri Pasien dengan ambang pendengaran yang parah pada proses pemulihan menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara menggunakan terapi oksigen hiperbarik saja (9,3), steroid saja (8,3) dan terapi kombinasi oksigen hiperbarik + oral steroid (13,9) dengan ($p = 0,08$). Sedangkan ambang pendengaran upsloping menunjukkan hasil yang baik pada kelompok perlakuan yang dirawat dengan steroid oral (PO), steroid oral dan injeksi intratimpani (PO+IT), kombinasi terapi oksigen hiperbarik, steroid oral dan injeksi intratimpani (IT+PO+HBOT). Pasien yang diberikan terapi kombinasi (IT+PO+HBOT) pada gangguan pendengaran > 80 dB menunjukkan nilai pemulihan pendengaran yang rendah pada kelompok HBOT ($P = 0,076$). Dari hasil analisis statistik antar kelompok untuk setiap frekuensi PTA tidak memberikan hasil yang signifikan.

penggunaan terapi oksigen hiperbarik saja (14,8) dibandingkan dengan oral steroid saja serta terapi kombinasi oksigen hiperbarik dan oral steroid (13,9) dengan ($p < 0,05$). Pada ambang pendengaran downsloping dan flat menunjukkan hasil yang baik dengan terapi kombinasi oksigen hiperbarik dengan oral steroid (33,3/38,9) dibandingkan dengan oksigen hiperbarik saja (31,5/44,4) dengan ($p < 0,05$).

Dari hasil penelitian oleh Yücel A, & Özbuğday Y pada tahun 2020 Hasil penelitian menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok dalam rerata usia dan jenis kelamin ($p < 0,05$). Tingkat PTA sebelum dan sesudah perawatan adalah 65 dan 43 dB tiap kelompok. Tidak ada perbedaan signifikan tiap kelompok dalam hal nilai PTA pra perawatan dan peningkatan ambang pendengaran ($p > 0,05$).

Studi lainnya yang dilakukan oleh Anh et al pada tahun 2021 menunjukkan temuan bahwa dari 3

Hasil penelitian oleh Eski et al pada tahun 2020 terhadap 136 pasien penderita gangguan pendengaran mnedadak yang diperoleh dari rekam medis rumah sakit. 33 pasien menerima terapi oksigen hiperbarik (HBOT) dan 36 pasien menerima pengobatan injeksi intratimpani steroid (ITS) setelah sistemik steroid (SST). Didapatkan hasil bahwa waktu pemulihan lebih tinggi pada ITS (40%) dibandingkan HBOT (17%). Penelitian ini menunjukkan perbedaan antara sebelum dan sesudah pengobatan ITS ($p < 0,05$). Waktu untuk pemulihan lebih

tinggi pada kelompok pengobatan ITS dibandingkan kelompok HBOT.

Hasil dari 5 (lima) penelitian diatas menunjukkan bahwa terapi Oksigen Hiperbarik saja atau dikombinasi dengan pemberian terapi medikamentosa (steroid sistemik, intratimpani steroid) atau farmakologis saja memberikan hasil yang lebih baik pada perbaikan pendengaran dibandingkan pemberian terapi farmakologis saja. Terdapat 3 (tiga) jurnal penelitian menyatakan bahwa kombinasi terapi oksigen hiperbarik dengan medikamentosa tidak efektif.

Terapi oksigen hiperbarik dalam tingkatan penyembuhannya dipengaruhi oleh tekanan. Dari hasil penelitian tersebut, maka dapat diketahui bahwa untuk meningkatkan efektivitas dalam terapi oksigen hiperbarik, penggunaan tekanan akan sangat penting. Hal ini sesuai dengan prinsip bahwa pemberian tekanan yang lebih tinggi berbanding lurus dengan kelarutan gas. Semakin tinggi pemberian tekanan sampai 3 ATA ideal (Feng, et al., 2022).

Penelitian sejenis oleh Krajčovičová et al di tahun 2019 dengan menggunakan tekanan 2.0 ATM dan 2.5 ATM, diperoleh bahwa terapi oksigen hiperbarik dengan tekanan 2,5 ATM diketahui lebih efisien pada frekuensi rendah, sedangkan pada frekuensi yang tinggi diperoleh pendengaran yang lebih baik pada tekanan 2 ATM.

Maka dapat disimpulkan bahwa agar terapi oksigen hiperbarik efektif dalam pengobatan gangguan pendengaran mendadak, tekanan di

maka kemampuan difusi oksigen meningkat menjadi 4 kali lebih tinggi dibandingkan pada tekanan 1 ATA, sehingga dapat menyelamatkan jaringan supaya tetap hidup (Rosyanti, Hadi, Rayahu, & Birawida, 2019).

Pemberian terapi oksigen hiperbarik menggunakan tekanan antara 1,5 sampai 3 ATA untuk jangka waktu 60 hingga 120 menit sekali atau dua kali sehari menghasilkan perbaikan diperoleh pada 81% kasus gangguan pendengaran mendadak, melalui peningkatan pendengaran bervariasi antara 0 dan 60dB dengan rata-rata 20 dB. Penelitian lainnya disebutkan bahwa pemberian tekanan 1,8 ATA dan 2,2 ATA menghasilkan 1,8 ATA secara signifikan lebih tinggi daripada kelompok 2,2 ATA ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa terapi oksigen hiperbarik pada tekanan 1,8 ATA memiliki efek terapeutik yang lebih signifikan pada gangguan pendengaran mendadak, yang dapat meningkatkan sirkulasi telinga bagian dalam, meningkatkan suplai oksigen, dan mengembalikan tingkat pendengaran pasien dengan efek yang ruang hiperbarik selama terapi oksigen hiperbarik setidaknya berada pada tekanan 1,5 – 1,8 ATA, sehingga berkontribusi pada peningkatan signifikan dalam radius difusi oksigen dari kapiler ke jaringan sekitarnya. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tekanan maksimal selama terapi oksigen hiperbarik lebih tinggi dari 2,5 ATA tidak memberikan manfaat apa pun untuk pemulihan pendengaran; Sehingga, tekanan udara pada 2,0 hingga 2,5 ATA dapat direkomendasikan untuk perawatan gangguan pendengaran mendadak

(Olex-Zarychta, 2020)

Penelitian lain menunjukkan adanya pengaruh jumlah sesi terapi yang diberikan kepada pasien penderita gangguan pendengaran mendadak juga berpengaruh. Studi oleh (Chin, Lee, Chen, & Wu, 2022) menyatakan bahwa pemberian terapi oksigen hiperbarik yang dibagi menjadi dua kelompok, yakni kelompok pertama mendapat terapi selama 1 sampai 5 sesi sebanyak 102 pasien dan kelompok kedua mendapat terapi selama 6 sampai 10 sesi dengan melibatkan 46 pasien. Lebih lanjut hasil penelitian menyatakan bahwa pasien yang diberikan terapi oksigen hiperbarik selama 1-5 sesi, sebanyak 45 dari 102 pasien (44,1%) menunjukkan peningkatan perbaikan pendengaran ($p < 0,000$). Sementara itu, pemberian terapi oksigen hiperbarik setelah 6-10 sesi tidak menunjukkan peningkatan yang signifikan.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dan berbagai hasil yang didapatkan, maka pemberian terapi oksigen hiperbarik sedini bila dikombinasikan dengan terapi utama berbasis kortikosteroid, terutama pada pasien dengan gangguan pendengaran mendadak dengan derajat keparahan tinggi (Bayoumy & De Ru, 2019)

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka kesimpulan yang dapat ditulis dalam penelitian ini adalah:

1. Pasien yang mengalami gangguan pendengaran mendadak memiliki gambaran karakteristik berdasarkan jenis kelamin terbanyak

mungkin akan meningkatkan hasil perbaikan klinis. Berbagai bukti sesuai dengan tinjauan yang dilakukan dalam penelitian menunjukkan hasil yang baik bila terapi oksigen hiperbarik diberikan dalam 2 minggu sejak onset gangguan pendengaran, termasuk pada pasien menunjukkan perbaikan klinis dari derajat gangguan pendengaran mendadak berat menjadi gangguan pendengaran sedang (Choi, et al., 2020). Terapi oksigen hiperbarik yang diberikan lebih dari 2 bulan sejak onset gangguan pendengaran menjadikan pemulihan sulit dan lambat (Chin, Lee, Chen, & Wu, 2022).

Terapi oksigen hiperbarik dimaksudkan untuk meningkatkan mikrovaskularisasi di dalam koklea. Oksigenasi yang baik akan menutrisi elemen sensorik dan saraf di koklea, meningkatkan metabolisme sel dan mengaktifkan pompa $\text{Na}^+ \text{K}^+$, sehingga akan menimbulkan pemulihan homeostasis fungsi elektrofisiologis koklea. Penggunaan terapi oksigen hiperbarik juga diketahui terbukti secara klinis efektif

adalah pria, berdasarkan usia sering terjadi pada usia produktif (< 50 tahun) dan dipengaruhi oleh faktor penyebab seperti diabetes melitus dan hipertensi.

2. Terapi oksigen hiperbarik dengan kombinasi memiliki pengaruh terhadap perbaikan gangguan pendengaran mendadak.

SARAN

Berdasarkan penelitian yang lain dilakukan, maka saran yang dapat ditulis dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian selanjutnya dapat meneliti berbagai yang mempengaruhi

efektivitas pemberian terapi oksigen hiperbarik terhadap perbaikan gangguan pendengaran mendadak.

2. Pemberian terapi oksigen hiperbarik dapat menjadi salah satu terapi adjuvan yang dapat diberikan kepada pasien di Indonesia.

3. Penelitian selanjutnya dapat menganalisis pemberian terapi hiperbarik terhadap pasien dengan gangguan pendengaran mendadak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada berbagai pihak terkait yang berandil besar bagi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abitter, Y., & Yaşar, Ö. (2020, February 21). Comparison of Steroid Treatment with and without Hyperbaric Oxygen Therapy for Idiopathic Sudden Sensorineural Hearing Loss. ORIGINAL ARTICLE J Audiol Oto, 129-130.
2. Ahn, Y., Seo, Y. J., & Lee, Y. S. (2021). The effectiveness of hyperbaric oxygen therapy in severe idiopathic sudden sensorineural hearing loss. The Journal of International Advanced Otolaryngology, 17(3), 215-220.
3. Andriani, W. (2022). Penggunaan Metode Sistematis Literatur Review dalam Penelitian Ilmu Sosiologi. Jurnal PTK dan Pendidikan, 7(2).
4. Bayoumy, A. B., & De Ru, J. A. (2019). The Use of Hyperbaric Oxygen Therapy in Acute Hearing Loss: A Narrative Review. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology, 276(7), 859-1880.
5. Buckey, C. J. (2019). Use of Gases to Treat Cochlear Conditions. Frontiers in Cellular Neuroscience, 13(1), 155.
6. Cahya, K. K., Saputra, K. A., Asthuta, A. R., & Dwi, S. W. (2021). KARAKTERISTIK PENDERITA YANG MENJALANI PEMERIKSAAN PENDENGARAN DI POLIKLINIK THT-KL RSUP SANGLAH DENPASAR TAHUN 2018.
7. E-Jurnal Medika Udayana, 10(8), 62-67. Chadha, S., Cieza, A., Varughese, C., Reyes, K., & Toroyan, T. (2020). WHO ear and hearing: survey handbook. apps.who.int. Chandrasekhar, S. S., Tsai Do, B. S., Schwartz, S. R., Bontempo, L. J., Faucett, E. A., & Finestone, S. A. (2019). Clinical practice guideline: sudden hearing loss (update). Otolaryngology–Head and Neck Surgery, 161(1), S1-S45.
8. Chen, C. H., & Young, Y. H. (2017). N-acetylcysteine as a single therapy for sudden deafness. Acta Oto- Laryngologica, 137(1), 58-62.
9. Chen, X., Fu, Y. Y., & Zhang, T. Y. (2019). Role of Viral Infection in Sudden Hearing Loss. Journal of International Medical Research, 47(7), 2865-2872.
10. Chin, C. S., Lee, T. Y., Chen, Y. W., & Wu, M. F. (2022). Idiopathic Sudden Sensorineural Hearing Loss: Is Hyperbaric Oxygen Treatment the Sooner and Longer, the Better? Journal of Personalized Medicine, 12(10).
11. Choi, Y., Choi, H. L., Jeong, A. Y., Kang, W. S., Park, H. J., Chung, J. W., & Ahn, J. H. (2020). Hyperbaric oxygen (HBO) therapy as an effective approach to the treatment of patients with severe idiopathic sudden sensorineural hearing loss. Acta Oto-Laryngologica, 140(5), 383-386.
12. Choudhury, R. (2018). Hypoxia and Hyperbaric Oxygen Therapy: A Review. International Journal of General Medicine, 11(1), 431.
13. Chrisna, S., Savitri, P. M., & Harjono, Y. (2021). Hubungan Usia, Derajat Ketulian, dan Onset Tuli Mendadak dengan Perbaikan Pendengaran setelah Hyperbaric Oxygen Therapy. Journal Kedokteran Indonesia, 9(1), 13.
14. Çiçek, T., Acar, G. Ö., & Özdamar, O. İ. (2021). Evaluation of Neutrophil/Lymphocyte and Platelet/Lymphocyte Ratios in Sudden Sensorineural Hearing Loss and Relationship with Hyperbaric Oxygen Therapy. The Journal of International Advanced Otolaryngology, 17(2), 96-102.
15. Drake, R., Drake, R. L., Vogl, W., & Mitchell, W. (2012). Gray's basic anatomy. Elsevier Health Sciences.
16. Eryani, Y. M., Wibowo, C. A., & Saftarina, F. (2017). Faktor Risiko Terjadinya Gangguan Pendengaran Akibat Bising. Jurnal Medula, 7(4), 112-117.
17. Eryigit, B., Ziylan, F., Yaz, F., & Thomeer, H. G. (2018). The effectiveness of hyperbaric oxygen in patients with idiopathic sudden sensorineural hearing loss: a systematic review. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology, 275(12), 2893-2904.
18. Eski, E., Babakurban, S., Yilmaz, S., Yilmazer, C., Erkan, A. N., Çaylaklı, F., &

- Yilmaz, İ. (2020). Comparing the efficiencies of hyperbaric oxygen therapy and intratympanic steroid treatment for sudden hearing loss. *The Journal of International Advanced Otolaryngology*, 16(2), 263.
19. Feng, X., Dong, S., Wang, J., Yang, J., Wang, Y., Zhang, D., & Luo, J. (2022). Clinical Efficacy of Hyperbaric Oxygen Therapy at Different Pressures in the Treatment of Sudden Deafness. *Proceedings of Anticancer Research*, 6(2), 39-42.
20. Fu, Q., Duan, R., Sun, Y., & Li, Q. (2022). Hyperbaric Oxygen Therapy for Healthy Aging: From Mechanisms to Therapeutics. *Redox Biolog.*
21. Hara, S., Kusunoki, T., Honma, H., Kidokoro, Y., & Ikeda, K. (2020). Efficacy of the additional effect of hyperbaric oxygen therapy in combination of systemic steroid and prostaglandin E1 for idiopathic sudden sensorineural hearing loss. *American Journal of Otolaryngology*, 41(2).
22. Hosokawa, S., Hosokawa, K., Takahashi, G., Sugiyama, K. I., Nakanishi, H., Takebayashi, S., & Mineta, H. (2018). Hyperbaric oxygen therapy as concurrent treatment with systemic steroids for idiopathic sudden sensorineural hearing loss: a comparison of three different steroid treatments. *Audiology and Neurotology*, 23(3), 145-151.
23. Howell, R. S., Criscitelli, T., Woods, J. S., Gillette, B. M., & Gorenstein, S. (2018). Hyperbaric oxygen therapy: indications, contraindications, and use at a tertiary care center. *AORN Journal*, 107(4), 442- 453.
24. Imsuwansri, T., Poonsap, P., & Snidvongs, K. (2012). Hyperbaric oxygen therapy for sudden sensorineural hearing loss after failure from oral and intratympanic corticosteroid. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, 5(1), 99-102.
25. Ketut Widyastuti. (2015). TULI SENSORINEURAL MENDADAK.
26. Kirby, J. P. (2019). Hyperbaric Oxygen Therapy As An Elective Treatment. *Missouri Medicine*, 116(3), 184.
27. Krajčovičová, Z., Meluš, V., Zigo, R., Matišáková, I., Večeřa, J., & Králová, E. (2019). Hyperbaric oxygen therapy in treatment of sudden sensorineural hearing loss: finding for the maximal therapeutic benefit of different applied pressures. *Undersea Hyperb Med*, 46(5), 665-762.
28. Kuo, C. Y., Chung, C. H., Wang, C. H., Chien, W. C., & Chen, H. C. (2019). Increased Incidence in Hospitalised Patients with Sudden Sensorineural Hearing Loss: A 14-Year Nationwide Population-based Study. *International Journal of Audiology*, 58(11), 769-773.
29. Adriano , M., Massimo, R., Luisa , S., . . . Arianna
30. La Rakhmat, W. A. (2019). ERILAKU KESELAMATAN DAN KESEHATAN PENYELAMAN PADA PENYELAM TRADISIONAL BERBASIS HEALTH ACTION PROCESS APPROACH Studi
31. Kasus pada Penyelam Tradisional di Provinsi Maluku. Doctoral dissertation, Universitas Airlangga
32. LAKESLA, & Drs. Med. R. Rijadi S., P. (2021). Buku Ajar Ilmu Kesehatan Penyelaman dan Hiperbarik. Lembaga Kesehatan Kelautan TNI AL.
33. LEE, K. (2016). KJ Lee's Essential Otolaryngology (Vol. 12). (Y. Chan, & J. Goddard, Eds.) New York: Mc Graw Hill.
34. Li, G., You, D., Ma, J., Li, W., Li, H., & Sun, S. (2018). The role of autoimmunity in the pathogenesis of sudden sensorineural hearing loss. *Neural Plasticity*, 2018.
35. Mathieu, D., Marroni, A., & Kot, J. (2017).
36. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non- accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. *Diving and hyperbaric medicine*, 47(1), 24.
37. Matteo , C., Pietro , D., Alfonso , S.,
38. , D. (2022, October 7). Combination of Hyperbaric Oxygen Therapy and Oral Steroids for the Treatment of Sudden Sensorineural Hearing Loss: Early or Late? *Medicina*, 2-6.
39. McTaggart, R. A., Moldovan, K., Oliver, L. A., Dibiasio, E. L., Baird, G. L., Hemendinger, M. L., & ... & Jayaraman,
40. M. V. (2018). Door-in-door-out time at primary stroke centers may predict outcome for emergent large vessel occlusion patients. *Stroke*, 49(12), 2969-2974.
41. 2974.
42. Newsted, D., Rosen, E., Cooke, B., Beyea, M. M., Simpson, M. T., & Beyea, J. A. (2020). Approach to Hearing Loss.
43. Canadian Family Physician, 66(11), 803-809.
44. 809.
45. Olex-Zarychta, D. (2020). Hyperbaric oxygenation as adjunctive therapy in the treatment of sudden sensorineural hearing loss. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(22).
46. Ortega, M. A., Fraile-Martinez, O., García-

47. Montero, C., Callejón-Peláez, E., Sáez, M. A., Álvarez-Mon, M. A., & Canals, M. L. (2021). A general overview on the hyperbaric oxygen therapy: Applications, mechanisms and translational opportunities. *Medicina*, 57(9), 864.
48. Putra, R. M., Munilson, J., Edward, Y., Wardo, N., & Rosalinda, R. (2018). Injeksi Kortikosteroid Intratimpani Sebagai Salvage Therapy pada Pasien Tuli Mendadak. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 7, 96-103.
49. Rahayu, P., & Pawenang, E. T. (2016). Faktor yang berhubungan dengan gangguan pendengaran pada pekerja yang terpapar bising di Unit Spinning I PT. Sinar Pantja Djaja Semarang. *Unnes Journal of Public Health*, 5(2), 140-148.
50. Rahayu, S., & Hosizah, H. (2021).
51. Implementasi Sistem Rujukan Layanan Kesehatan: Systematic Literature Review. *Indonesian of Health Information Management Journal (INOHIM)*, 9(2), 138-152.
52. Rosyanti, L., Hadi, I., Rayahu, D. Y., & Birawida, A. B. (2019). Mekanisme yang Terlibat dalam Terapi Oksigen Hiperbarik: theoritical review hyperbaric oxygen therapy/HBOT. *Health Information: Jurnal Penelitian*, 11(2), 182-204.
53. Sugiyono, P. D. (2017). Metode Penelitian Kuantitatif dan R&D.
54. Suyono, H. (2018). Terapi Oksigen Hiperbarik (TOHB) Pada Kasus Pasien Anak Tuli Mendadak Akibat Mumps. *Jurna Widya Medika*, 4(2), 84-94.
55. Thompson, N. J., Dillon, M. T., Buss, E.,
56. Rooth, M. A., King, E. R., Bucker, A. L., & ... & Brown, K. D. (2020). Subjective benefits of bimodal listening in cochlear implant recipients with asymmetric hearing loss. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 162(6), 933-941.
57. Tong, B., Niu, K., Ku, W., Xie, W., Dai, Q.,
58. Hellström, S., & Duan, M. (2021). Comparison of therapeutic results with/without additional hyperbaric oxygen therapy in idiopathic sudden sensorineural hearing loss: a randomized prospective study. *Audiology and Neurotology*, 26(1), 11-16.
59. Trune, D. R., & Nguyen-Huynh, A. (2012). Vascular pathophysiology in hearing

60. disorders. *Seminars in hearing*, 33, pp. 242-250. Thieme Medical Publishers.
61. Wahyudiasih, D. P., Handoko, E., & Retnoningsih, E. (2011). Hubungan jenis bakteri aerob dengan risiko tuli sensorineural penderita otitis media supuratif kronis. *Oto Rhino Laryngologica Indonesiana*, 41(2), 86-94.
62. Windasari, M. P., & Wiranadha, I. M. (2022). Hubungan Profil Lipid dengan Kejadian Tuli Mendadak di RSUP Sanglah, Bali, Indonesia. *Intisari Sains Medis*, 13(1), 274-279.
64. Xie, W., Dai, Q., J., L., Liu, Y., Hellström, S., & Duan, M. (2020). Analysis of Clinical and Laboratory Findings of Idiopathic Sudden Sensorineural Hearing Loss. *Scientific Reports*, 10(1), 1-8.
65. Yoshida, T., Sone, M., Kitoh, R., Nishio, S. Y.,
66. Ogawa, K., Kanzaki, S., & ... & Usami,
67. S. I. (2017). Idiopathic sudden sensorineural hearing loss and acute low- tone sensorineural hearing loss: a comparison of the results of a nationwide epidemiological survey in Japan. *Acta oto-laryngologica*, 137, S38-S43.
68. Zdenka Krajčovičová. (2018). Efficacy of hyperbaric oxygen therapy as a supplementary therapy of sudden sensorineural hearing loss in the Slovak Republic, 368